

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok XV.

15 Maja 1933 r.

Zeszyt 10.

Redaktor inż. WACŁAW PAWŁOWSKI

Warszawa, Czackiego 5, tel. 690-23.

STAŁE NAPRZÓD!

Tadeusz Czaplicki,

Prezes Stowarzyszenia Elektryków Polskich.

Pomimo dotkliwego kryzysu, przeżywanego przez kraj nasz wraz zresztą z całym światem, rozwój naszego Stowarzyszenia nie uległ zahamowaniu. Kolejne doroczne sprawozdanie z działalności Stowarzyszenia wykaże, że normalne prace, należące do stałego programu naszej działalności i rozpoczęte dawniej, posuwały się w roku ubiegłym pomyślnie naprzód.

Na tem miejscu pragniemy jedynie zwrócić uwagę na jedno niezwykłe wydarzenie w naszym życiu oraz na kilka nowych poczynań, które mają być wcielone na stałe do programu naszej działalności.

Wizyta czechosłowacka.

Tegoroczne walne zgromadzenie Stowarzyszenia będzie uświetnione wizytą niezwykłą. Przybędą do nas nasi koledzy czechosłowaccy. Nie luźna garstka techników - turystów, nie grupa wydelegowanych osób, nie gromadka prywatnych gości przybędzie do nas, lecz zjedzie do nas gremialnie pokrewna nam organizacja „Elektrotechnický Svaz Československý”. Ta olbrzymia i silna korporacja elektryków czechosłowackich (przeszło 3 000 członków) zjedzie do nas po to, by w tym roku tu, na naszej ziemi, w naszej stolicy, wśród nas i wspólnie z nami odbyć swe oficjalne doroczne walne zebranie. Z połączenia dwu walnych zgromadzeń utworzy się prawdziwy polsko - czechosłowacki kongres elektryczny.

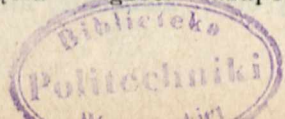
Należy oczekiwać, że zjazd naszych członków na tegoroczne walne zgromadzenie będzie jeszcze liczniejszy, niż w latach ubiegłych. Położenie miejsca zjazdu w środku kraju i właśnie w stolicy, piękna i dogodna pora roku, bogaty program obrad i pokazów technicznych i przemysłowych, wspaniała wycieczka pozjazdowa nad morze, wyjątkowo niskie koszta udziału w zjeździe, wreszcie, co najważniejsza, obecność gości zagranicznych, — wszystko to nadaje w oczach naszych dużo specjalnego powabu zjazdowi tegorocznemu.

Powinniśmy się zjechać licznie nie tylko dlatego, żeby zamanifestować swą radość z powodu wizyty naszych sąsiadów, nie tylko dlatego, żeby w myśl staropolskiej gościnności godnie czynić honory domu, oraz żeby przez osobisty współudział w przyjęciu gości

uczynić ich pobyt w naszym kraju możliwie ciekawym i przyjemnym, lecz i dlatego, żeby przez bezpośrednie obcowanie z gośćmi zadzierżnąć węzły osobistej przyjaźni z nimi i w ten sposób wzmocnić nici serdecznych stosunków, które łączą dwa bratnie narody, a także dlatego, żeby w debatach fachowych nauczyć się niejednego od kolegów czechosłowackich, — wszak przyjadą oni z kraju, w którym elektryfikacja sięgnęła już głębiej, niż u nas, i w którym przemysł elektrotechniczny fabryczny jest starszy i dalej posunięty, niż nasz. Trudności językowych obawiać się nie należy. Osluchanie się z czechszczyzną w ciągu godziny wystarczy Polakowi do wcale zadawalającego porozumiewania się z Czechem i odwrotnie, to też projektujemy urządzenie na zjeździe dla obu stowarzyszeń wspólnych posiedzeń dyskusyjnych.

Żeby ułatwić gościom czechosłowackim zapoznanie się z naszym dorobkiem na polu elektrotechniki, przygotowaliśmy specjalną księgę pod tytułem „Elektrotechnika w Polsce”, zawierającą zbiór 41 artykułów, z których każdy jest napisany przez wybitnego znawcę przedmiotu. Księga wyjdzie z druku na zjazd w języku czeskim i będzie wręczona każdemu uczestnikowi zjazdu. Odwrotnie, wiadomości o współczesnej elektrotechnice w Czechosłowacji, przygotowane dla nas przez „Svaz”, znajdziemy w specjalnym numerze „Przeгляdu Elektrotechnicznego”.

Specjalną siłą przyciągającą miąć będzie na zjeździe tegorocznym starannie przygotowywana przez nas wystawa polskiego przemysłu elektrotechnicznego. Wierni idei służenia rodzimej wytwórczości, wykonywamy dobrowolnie na siebie nałożony obowiązek popierania w miarę swych możliwości krajowego przemysłu fabrycznego. Urządzamy pokaz produkcji elektrotechnicznej polskiej po to, aby uczestnicy zjazdu zapoznali się z tem, co potrafimy już w kraju wyrabiać, i jakie postępy nasz młody przemysł czyni z roku na rok. Na wystawę zgłosiło się około 60 firm krajowych, Wielką ozdobą tegorocznego pokazu będzie jego szata zewnętrzna, mianowicie prześliczna architektura pomieszczenia wystawowego (wielka hala Politechniki Warszawskiej). Bardzo ciekawem uzupełnieniem polskiej wystawy elektrotechnicz-



nej będzie osobny dział czechosłowacki, obejmujący ekspozycje szeregu firm czechosłowackich.

Pomoc koleżeńska.

Uchwałę zeszłorocznego walnego zgromadzenia w Łodzi w sprawie zorganizowania pomocy dla kolegów bezrobotnych wykonaliśmy. Wbrew przewidywaniom sceptyków nie tylko udało nam się urzeczywistnić życzenie walnego zgromadzenia, lecz udało się to uczynić w formie, którą się słusznie możemy chlubić. Powodzenie swej akcji zawdzięczamy przede wszystkim głębokiemu poczuciu obowiązku obywatelskiego i solidarności koleżeńskiej, nurtującym w łonie Stowarzyszenia. Dumni jesteśmy, że członkowie nasi gorąco odezwali się na apel Zarządu Głównego, chętnie zgłaszając ofiary dobrowolne. Komisji zaś Pomocy Koleżeńskiej winniśmy wdzięczność za mądre, oszczędne i przezorne rządzenie składkowym groszem. Jak wiadomo z ogłoszonych sprawozdań, Komisja w zasadzie nie udziela zasiłków tak zwanych nieprodukcyjnych, lecz obraca fundusz pomocy przede wszystkim na opłatę pożytecznej pracy, którą sama wyszukuje dla bezrobotnych członków w odpowiednich instytucjach społecznych, nie rozporządzających środkami na pensje dla swych współpracowników.

Wydawanie statystyki elektrycznej.

Ministerstwo Przemysłu i Handlu powierzyło naszemu Stowarzyszeniu publikowanie urzędowej statystyki elektrycznej, zbieranej i opracowywanej przez Biuro Elektryfikacji. Na uprzejmą propozycję Ministerstwa podjęliśmy się tego zadania z jaknajwiększą gotowością, zdając sobie sprawę z jego doniosłości nie tylko dla sfer elektrotechnicznych, lecz dla życia gospodarczego w ogóle. Ambicją naszą było dokończenie wszelkich starań, aby materiały statystyczne były ogłaszane jaknajśpieszniej, to znaczy bez opóźnień, które znacznie obniżają ich wartość. Cel ten osiągnęliśmy w zupełności w stosunku do obu rodzajów statystyki, a mianowicie zarówno bieżącej statystyki miesięcznej, jak i wyczerpujących zestawień całorocznych.

Dzięki bardzo przychylnemu poparciu sprawy przez administrację i redakcję „Przeł. Elektrotechnicznego”, ten nasz organ już blisko od pół roku ogłasza co miesiąc biuletyn statystyczny (ostatnio, mianowicie od początku 1933 r., poważnie rozszerzony). Szybkość w ogłaszaniu jest taka: statystykę za styczeń znajdujemy w numerze „Przeł. Elektrotechnicznego” z dnia 15 marca, następne zaś biuletyny — w odstępach miesięcznych. Jeżeli sobie uprzytomnimy, że cyfry, na których opiera się statystyka za styczeń, są odczytywane w poszczególnych elektrowniach w nocy z 31 stycznia na 1 lutego, że cyfry te muszą być zebrane z całego kraju drogą ankiet, zestawione w tablice, zsumowane, ujęte w wykresy, no i — wydrukowane, to nie możemy nie przyznać, że większego pośpiechu w publikowaniu materiału statystycznego trudno byłoby wymagać.

Co się tyczy statystyki rocznej, książkowej, to na mocy wspomnianego wyżej porozumienia z Ministerstwem Stowarzyszenie nasze wydaje obecnie wielką księgę, obejmującą urzędowy ma-

teriał statystyczny za trzy ostatnie lata (1930, 1931 i 1932). Materiał ten zawiera obszerniejsze dane dla większych zakładów (powyżej 1000 kW) oraz najgłówniejsze informacje dla wszystkich innych zakładów aż do najdrobniejszych. Kompletny wykaz polskich elektrowni będzie ogłoszony w tem wydawnictwie po raz pierwszy. Księga wyjdzie z druku na początku czerwca, a więc i tu osiągniemy śpieszność rekordową. Możliwość szybkiego wydawania obu rodzajów statystyki zawdzięczamy przede wszystkim bardzo sprawniej pracy wydziału statystycznego w Biurze Elektryfikacji.

Należy tu podkreślić, że wydanie statystyki książkowej mieliśmy ułatwione dzięki pomocy finansowej, którą w bardzo miłej formie specjalnie na ten cel zaofiarowała nam samorzutnie grupa naszych członków, rozszerzona następnie przez dalsze grono członków Stowarzyszenia, chętnie popierających każde pożyteczne poczynanie. Pomoc ta umożliwiła nie tylko ukazanie się kosztownego wydawnictwa, lecz i udostępnienie go ogółowi naszych członków po niezwykle niskiej cenie. Za ten piękny czyn przyjaciół, którzy otaczają opieką naszą pracę, składamy im tu ogólne podziękowanie, a uczynimy to raz jeszcze w innej formie na innym miejscu.

Prace techniczne z dziedziny zagadnień ruchu.

Dążąc do pogłębienia działalności Stowarzyszenia, Zarząd Główny uchwalił, aby na każdym walnym zgromadzeniu, począwszy od tegorocznego, była obowiązkowo organizowana specjalna sekcja dla inżynierów ruchu. Znaczy to, że (1) na każde walne zgromadzenie ma być przygotowywana serja referatów, obejmujących zagadnienia ruchu w urządzeniach elektrycznych wszelkiego rodzaju, a przede wszystkim elektrowniach i sieciowych (kotłowniach, maszynowniach, rozdzielniach, transformatorniach, sieciach napowietrznych, sieciach kablowych, urządzeniach u odbiorców, urządzeniach elektrycznych w fabrykach różnej specjalności i t. d.), (2) na dyskusję na powyższe tematy mają być zarezerwowane na zjeździe osobne godziny, wreszcie (3) dla inżynierów ruchu mają być organizowane podczas zjazdu specjalne wycieczki celem zwiedzania nowoczesnych urządzeń elektrycznych, fabryk elektrotechnicznych i t. d.

Zadaniem w ten sposób pomyślanej sekcji ma być najpierw wzajemne zapoznanie się i zbliżenie na gruncie zainteresowań fachowych naszych specjalistów z dziedziny ruchu, którzy, stanowiąc pokątną kategorię członków Stowarzyszenia, rozsiani są po całym kraju, a następnie ułatwienie wzajemnej wymiany doświadczenia między inżynierami ruchu i pogłębienie tą drogą ich wiedzy. Wydaje nam się, że właśnie dla inżynierów ruchu, którzy dla braku czasu zazwyczaj pisać nie lubią, coroczne dyskusje zjazdowe będą najwłaściwszą i najdogodniejszą formą wzajemnego komunikowania sobie o tem, co ci specjaliści wiedzą z własnej praktyki i do czego ich własne obserwacje oraz własne wysiłki doprowadziły.

Reforma działu referatowego na walnych zgromadzeniach.

Dotychczas referaty, zgłaszane na walne zgromadzenie, albo wcale nie były drukowane, albo

były drukowane dopiero na sam zjazd. Uczestnicy zjazdu nie mieli więc możliwości zapoznania się z nimi wcześniej i referaty musiały być wygłoszone, co zabierało wiele drogiego czasu, który mógłby być obrócony na wymianę poglądów w ustnej dyskusji. W dodatku zwykłe zmęczenie zjazdowe utrudniało szybkie ogarnięcie obfitego materiału, zawartego w licznych kolejno wygłoszonych referatach, i w rezultacie najcenniejsze możliwości, które daje zgromadzenie specjalistów w jednym miejscu, szły na marne.

Postanowiliśmy na przyszłość stan ten zmienić na lepszy. Referaty powinny być wydrukowane i rozesełane uczestnikom walnego zgromadzenia przynajmniej na miesiąc przed zjazdem, aby każdy mógł spokojnie w domu przestudjować interesujące go prace i przygotować się do dyskusji, która dopiero w takich warunkach może dać wyniki o większym pożytku. Wygłaszanie referatów na zjeździe jest wtedy zbyt ciężkie. Wystarczy, jeżeli referenci generalni lub sami autorzy zapoczątkują dyskusję, a osoby dobrze obeznane z treścią referatów będą nią kierowały. Wyniki dyskusji powinny być protokołowane i w następstwie w należytym opracowaniu ogłaszane drukiem.

Ponadto uważamy za pożądane, aby referaty na zjazd były dobierane planowo, to znaczy, by tematy nie były rozproszone, lecz by, o ile możliwości, grupa referatów miała pewną łączność wewnętrzną, by się obracała koło pewnego wspólnego zagadnienia, które w ten sposób, na podstawie kilku referatów, mogłoby być na zjeździe oświetlone w sposób bardziej wyczerpujący. Referaty powinny być podzielone na sekcje według specjalności, by uczestnicy zjazdu mogli ograniczyć się do interesującej ich dziedziny, oraz by dla lepszego wyzyskania czasu możliwa była równoległa praca dyskusyjna nad kilku działami. Oczywiście, nie wszystkie sekcje mają powtarzać się co rok.

Ograniczeniem ilości referatów, zgłaszanych na walne zgromadzenie, mogą być chyba tylko względy finansowe, t. j. brak środków na ogłoszenie prac drukiem, ale też wdzięcznym zadaniem Stowarzyszenia będzie wyszukanie funduszy, pozwalających dorocznego dorobek naukowy jego członków opublikować w całości. Prac, odznaczających się nowością tematu, oryginalnością myśli i wogóle poważnym ciężarem gatunkowym przy treściwości wykładu, nigdy nie będzie za dużo. Ogłoszone drukiem, będą one na dłuższy czas źródłem pożytecznych wiadomości dla ogółu elektryków polskich i świadectwem naszego postępu.

Walne zgromadzenia odbywają się w drugim kwartale roku kalendarzowego. Mając to w pamięci, autorzy powinni tak przygotowywać swe prace, aby dojrzały plód ich myśli był gotów w formie rękopisu na styczeń, najdalej luty. Wtedy prace będą wyzyskane racjonalnie i wtedy nasze walne zgromadzenia przekształcą się dla polskiego świata elektrotechnicznego w uroczyste doroczne święto owocobrania.

Tegoroczny program referatowy.

W roku bieżącym czynimy pierwszą próbę zorganizowania działu referatowego walnego zgro-

madzenia na nowych zasadach, wyłuszczonej wyżej. Pierwsza część zadania, mianowicie przygotowanie w porę materiału do dyskusji, w znacznej mierze udało nam się. Druga część zadania — obfity wynik dyskusji — będzie zależała od liczby i zainteresowania uczestników zjazdu.

Ze względu na wyjątkowy charakter zjazdu tegorocznego wskutek obecności kolegów czechosłowackich przygotowaliśmy aż 6 sekcji: 1) Zagadnienia ruchu i ogólnej elektryfikacji, 2) Trakcja, 3) Oświetlenie, 4) Miernictwo, 5) Teletechnika i 6) Radjotechnika.

Największy dział stanowi sekcja zagadnień ruchu, do której dołączyliśmy kilka referatów z zakresu ogólnej elektryfikacji, najpierw wskutek bliskiej łączności zagadnień, a następnie, by nie zwiększać ilości sekcji. Również duży dział stanowi dziedzina radjotechniki, przygotowana przez ruchliwą i bardzo energicznie pracującą Sekcję Radjotechniczną S. E. P. oraz Instytut Radjotechniczny. Referaty z zakresu radjotechniki są wydrukowane w jednocześnie ukazującym się numerze „Przeгляdu Radjotechnicznego”.

W sekcji I (zagadnienia ruchu i ogólnej elektryfikacji) przedmiotem dyskusji poza referatami będą zapowiedziane już wcześniej (Prz. El., str. 181) i powtórzone niżej raz jeszcze (str. 307) wolne tematy. Zwracamy na te tematy specjalną uwagę uczestników zjazdu. Dotyczą one zagadnień niezmiernie ciekawych, żywotnych, posiadających wagę pierwszorzędą. Wszeczhronne i wyczerpujące oświetlenie tych zagadnień w dyskusji zjazdowej byłoby wspaniałym sukcesem tegorocznego naszego zgromadzenia.

Plan naszych przygotowań, zawarty w niniejszym zeszycie „Przeгляdu Elektrotechnicznego”, i w specjalnym zeszycie „Przeгляdu Radjotechnicznego”, jest dość okazały, choć byłby on jeszcze większy, gdyby nie to, że szereg autorów nie zdążyło wykończyć swych prac na czas. Każdy członek Stowarzyszenia znajdzie wśród podanych tutaj referatów niejedną cenną pracę, która go bliżej zainteresuje i nasunie mu bądź uwagi uzupełniające, bądź potrzebę usłyszenia dalszych wyjaśnień. Zarówno wszelkie przyczynki, wzbogacające materiał, zawarty w wydrukowanych dalej referatach, jak i wszelkie zapytania do autorów, mają właśnie stanowić przedmiot dyskusji, która się będzie odbywać na zjeździe.

Oddając w ręce uczestników zjazdu zeszyt niniejszy, doskonale zdajemy sobie sprawę z tego, że ta pierwsza próba urzeczywistnienia działu referatowego na walnym zgromadzeniu w nowej formie nie jest wolna od usterek. Prosimy jednak kolegów o uprzytomnienie sobie, jakie trudności wypadło pokonać w obecnych warunkach, żeby osiągnąć nawet taki rezultat. Postęp w porównaniu z dawnym stanem rzeczy jest niezawodny i to nam daje prawo liczyć na wyrozumiałość zarówno dla poszczególnych uchybień, jak i dla całości wyników naszego tegorocznego wysiłku. W przyszłych latach będzie coraz lepiej, bo dewizą naszą był, jest i zawsze pozostanie nakaz, zawarty w dwu wyrazach: „Stale naprzód!”.

Sekcja I.

ZAGADNIENIA RUCHU I OGÓLNEJ ELEKTRYFIKACJI

AUTOMATYZACJA KOTŁOWNI.

Inż. P. Sławiński.

Obsah. Krátká charakteristika požadavků, kterým musí vyhovovati zařízení pro automatickou regulaci provozu průmyslových podniků. Popis automatické regulace chodu kotelny elektrárny „El. Okřegu Warszawskiego“ o velmi nerovnoměrném zatřžení, kde udržetí přislušný tlak v kotlích ručně byloby nemožné a působilo značné obtřže a ztráty v chodu kotlů a turbin. Odstranění těchto nedostatků automatické kotelny. Výsledky srovnávacích pokusů chodu automatického a ručního. Úspory na uhlí dosažené touto automatizací.

Streszczenie. Krótka charakterystyka wymagań, którym powinny odpowiadać urządzenia do automatycznej regulacji ruchu zakładów przemysłowych. Opis automatycznej regulacji ruchu kotłowni w Elektrowni Okręgu Warszawskiego o bardzo wahliwym obciążeniu, przy którym ręczne utrzymanie stałego ciśnienia pary w kotłach było niemożliwe, co powodowało dodatkowe trudności i straty w ruchu kotłów i turbin. Usunięcie tych trudności i strat przez zautomatyzowanie kotłowni. Wyniki prób porównawczych ruchu automatycznego z ręcznym. Oszczędność na węglu, spowodowana przez zautomatyzowanie kotłowni.

1. Uwagi ogólne.

Równomierna regulacja ruchu we wszystkich przedsiębiorstwach technicznych ma bardzo ważne znaczenie. Od niej zależy ekonomiczność ruchu i moc użytkowa maszyn. Naprzykład, turbina o określonej mocy nominalnej przy 14 atn i 325° C pary dolotowej, pracując przy obciążeniu zbliżonym do normalnego i będąc zasilana z równoważnej grupy kotłów, staje się bardzo wrażliwa na spadek ciśnienia pary, naprzykład do 13 atn, gdyż w tym wypadku zapotrzebowanie pary przez turbinę mocno wzrasta, powodując jeszcze większy spadek ciśnienia pary, tak że kotły nawet przy forsownym ruchu nie są w stanie pokryć zapotrzebowania i zachodzi potrzeba dodania jeszcze jednego kotła. Gdybyśmy natomiast ciśnienie pary utrzymali na normalnej wysokości niezależnie od chwilowych raptownych zmian obciążenia, to poprzednia ilość kotłów bez trudu umożliwi nawet przeciążenie tej turbiny o 10%.

Jasne jest, że utrzymanie normalnego ciśnienia pary dolotowej na stałym poziomie niezależnie od chwilowych raptownych zmian obciążenia zmniejsza zużycie pary przez turbinę i umożliwia pełne wyzyskanie mocy maszyny.

W wielu przypadkach od równomierności odpowiednich czynników, np. temperatury, ciśnienia, szybkości i t. d., zależy również w wysokim stopniu dobroć produkcji.

Obsługa ludzka nie jest w stanie zaspokoić wysokich wymagań, stawianych obecnie pod względem równomierności ruchu. W wielu razach człowiek nie może we właściwym czasie zapobiec zmianom stanu danego czynnika, gdyż działa na podstawie obserwacji przyrządów, które wskazują, że zmiana stanu już zaszła; wykonuje on zatem odpowiednie czynności zawsze z pewnym opóźnieniem. Poza to natężona i uważna obserwacja nie może być długotrwała, gdyż prędko męczy człowieka, a zatem pewność jego obsługi jest ograniczona.

Z tych powodów zachodzi potrzeba stosowania do regulacji urządzeń mechanicznych, które samoczynnie i natychmiast usuwają każde najmniejsze odchylenie od stanu normalnego.

Urządzenia do samoczynnej regulacji wogóle muszą odpowiadać warunkom następującym:

a. najwyższa czułość na najmniejsze zmiany stanu normalnego,

b. największa szybkość w przywracaniu stanu normalnego, przyczem odpowiedni przebieg regulacji musi być aperiodyczny — bez kołysania względem wartości, odpowiadającej stanowi normalnemu,

c. najwyższa pewność w pracy i niewrażliwość na różnego rodzaju przeszkody i uszkodzenia.

Niestety, warunki te trudno jest pogodzić ze sobą: wysoka pewność w ruchu wymaga mechanicznie solidnych części składowych, zaś dążność do wysokiej czułości prowadzi przeważnie do konstrukcyj bardzo subtelnych, wrażliwych na zanieczyszczenia i wymagających starannej obsługi. Jest to słabą stroną większości systemów regulacyjnych.

W Elektrowni Okręgu Warszawskiego przeprowadzono w r. 1930 dokładne porównanie pod tym względem trzech systemów regulacyjnych, z których wybrano najodpowiedniejszy.

2. Warunki pracy Elektrowni Okręgu Warszawskiego, które były powodem zautomatyzowania kotłowni.

W ciągu doby powszedniej obciążenie E. O. W. wahało się w r. 1930 od ok. 6 000 kW przed i po południu do 900 kW ok. godz. 2-jej w nocy. Obok tych długotrwałych zmian obciążenia przyłączenie do sieci E. O. W. wielkich pieców elektrycznych zakładów metalurgicznych (Lilpop, Rau & Loewenstein) spowodowało zjawienie się krótkotrwałych raptownych uderzeń, dochodzących do — 1 200 kW.

W tych warunkach maszyny i kotły nie mogą pracować równomiernie przy ręcznym prowadzeniu ruchu kotłowni nawet przy największej gorliwości pierwszorzędných palaczy i kotłowych.

Tak duże procentowo wahania obciążenia sprawiały wiele trudności obsłudze kotłowni i wymagały od niej stale nadzwyczaj naprężonej i uważnej pracy. Przy największych wysiłkach nie można było osiągnąć wyników lepszych, aniżeli podane na rys. 7 (góra), gdzie widzimy wahania ciśnienia do 2,0 atn przy przebiegu obciążenia kotłów, podanym na rys. 8 (góra).

Dość rozległa sieć przewodów napowietrznych E. O. W. 35 000 V i 5 500 V o łącznej długości ok. 307 km znajduje się na terenie, nawiedzanym przez częste letnie burze, w czasie których bezpośrednie czy pośrednie uderzenia piorunów powodują częste zwarcia w sieci. Raptowne spadki obciążenia generatora o 30% do 90% na krótkotrwałem przeciążeniu powodowały przy ręcznym prowadzeniu kotłów nagły wzrost ciśnienia pary w kotłach, zrywanie klap bezpieczeństwa, zamęt i bieganinę w kotłowni, przyczem raptowne przemykanie zasłon w kanałach dymowych poszczególnych kotłów nasuwało za każdym razem obawę wybuchu gazów w paleniskach.

Aby usunąć te trudności i podnieść pewność ruchu oraz uniknąć strat, związanych z nierównomiernem ciśnieniem pary, zainstalowano urządzenia, całkowicie automatyzujące ruch kotłowni. Urządzenia te samoczynnie regulują ilość doprowadzanego do palenisk węgla drogą zmiany szybkości posuwu rusztów jednocześnie we wszystkich czynnych kotłach przez ciągłą zmianę ilości obrotów silników do napędu rusztów; prócz tego indywidualnie dla poszczególnych kotłów regulują one ciąg przez przestawianie zasłon w kanałach dymowych, a przez przestawianie zasłon powietrznych przed paleniskami ew. w kanałach podmuchowych — ilość powietrza, doprowadzanego do palenisk. Poziom wody w kotłach niezależnie od powyższych urządzeń utrzymują automatyczne regulatory syst. „Copes”.

Ponieważ urządzenia do całkowitej automatyzacji kotłowni w elektrowniach nie są jeszcze rozpowszechnione i stosunkowo mało znane, przeto zmuszono firmę „Arca - Regler, Berlin”, instalującą te urządzenia, do przyjęcia warunków, że należność za instalację i montaż spłacana będzie wyłącznie z oszczędności, osiągniętych przez elektrownię dzięki zautomatyzowaniu ruchu kotłowni.

Po wykonaniu szeregu prób w celu zbadania instalacji pod względem ekonomji, pewności i bezpieczeństwa instalacja automatów kotłowych została przejęta do ruchu w maju r. 1931 i do chwili obecnej pracuje bez zarzutu.

3. Opis kotłowni.

Kotłownia E. O. W. posiada dwie grupy kotłów, wytwarzających parę o ciśnieniu przy wyjściu z przegrzewacza 15 atn i 350° C.

Grupa I: cztery kotły wodnorurkowe sekcyjne systemu Babcock - Wilcox o powierzchni ogrzewalnej po 400 m² każdy, o wydajności pary normalnej 12 t/h i maksymalnej 16 t/h. Przegrzewacze pary są po 108 m². Kotły te pracują bez pod-

muchu. Ruszta są podwójne, łańcuchowe, o powierzchni 18,2 m² w każdym kotle. Napęd obu rusztów każdego kotła tej grupy odbywa się po zautomatyzowaniu za pomocą jednego silnika prądu stałego o mocy 3,3 kW, 45 do 220 V napięcia i 184 do 1 650 obr/min. Każdy z tych silników przez przekładnię ślimakową obraca wał z dwoma kołami łańcuchowymi, z których praca za pomocą łańcuchów Gall'a przenosi się do czterostopniowych skrzyń biegów przy poszczególnych rusztach.

Ruszta kotłów grupy 1-ej są zamknięte z przodu zapomocą skrzyń z blachy żelaznej, posiadających w przedniej ścianie zasłonę 1 × 4 m, osadzoną na osi poziomej i zaopatrzoną w dźwignię do umożliwienia ręcznego i automatycznego regulowania ilości powietrza, dopływającego pod ruszta. Dźwignie są tak zbudowane, że w każdej chwili umożliwiają natychmiastowe przejście z ruchu automatycznego na ręczny lub odwrotnie.

Gazy spalinowe po wyjściu z kotła przechodzą przez nadbudowany na kotle kanał do osobno stojącego podgrzewacza wody z rur gładkich o pow. 243 m².

W tym kanale nad każdym kotłem grupy 1-ej umieszczona jest zasłona, osadzona na osi poziomej i służąca do ręcznej i automatycznej regulacji ciągu. Te zasłony również zaopatrzone są w dźwignie, umożliwiające natychmiastowe przejście z ruchu automatycznego na ręczny i odwrotnie bez potrzeby wykonywania jakichkolwiek rozłączeń mechanicznych.

Co dwa kotły wyposażone są we wspólną instalację sztucznego ciągu, składającą się z dwóch osobnych wentylatorów, z których każdy może pracować na oba kotły. Oba wentylatory przyłączone są do wspólnego komina o wys. 22 m nad pow. rusztów i średnicy 2,2 m i zaopatrzone są w specjalne zasłony, umożliwiające ręczne włączenie tego lub innego wentylatora. Każdy wentylator napędzany jest za pomocą osobnego silnika asynchronicznego o mocy 20 kW, Cos φ = 0,9, 1 450 obr/min, 220/380 V.

Komin wspólny dla dwóch kotłów obliczony jest tak, że przy normalnych warunkach atmosferycznych umożliwia jednoczesne obciążenie obu kotłów do 50% bez włączania wentylatorów. Włączenie i wyłączenie wentylatorów odbywa się ręcznie.

Kotły tej grupy przy pracy bez wentylatorów (zwłaszcza przy małych obciążeniach) posiadają nadzwyczaj małą różnicę ciągów (rzędu 1 do 2 mm sł. w.), mierzonych przed zasłoną nad kotłem i w komorze paleniskowej. Ta okoliczność była warunkiem bardzo trudnym dla automatycznych regulatorów ciągu i powietrza, gdyż automaty te pracują z tem większą łatwością i pewnością, im różnica ciągów jest większa.

Grupa II: dwa kotły wodnorurkowe sekcyjne systemu Babcock - Wilcox o powierzchni ogrzewalnej 431 m² każdy i o wydajności pary normalnie 13 t/h i maksymalnie 17 t/h. Kotły te pracują z podmuchi. Do podmuchu pod każdym kotłem ustawiony jest osobny wentylator podmuchowy, napędzany zapomocą silnika asynchronicznego o mocy 26 KM, 380 V, 725 obr/min, 40 A. Podmuchi regulowany jest automatycznie zapomocą zasłony w kanale podmuchowym za wentylatorem, przy-

czem przejście na regulację ręczną odbywa się równie łatwo, jak i przy zasłonach powietrznych przy kotłach grupy I.

Ruszt są, jak i w kotłach grupy 1-ej, podwójne łańcuchowe o powierzchni 17,8 m² w każdym kotle, jednak napęd każdego rusztu odbywa się za pomocą osobnego silnika prądu stałego o mocy 0,1/0,75 kW, 45/220 V, 120 do 1 080 obr/min, umieszczonego bezpośrednio przy czterostopniowej skrzynce biegów.

Stojące osobno podgrzewacze wody z rur gładkich przy tych kotłach są po 235 m², przegrzewacze pary po 143 m².

Oba kotły tej grupy mają wspólny komin średnicy 2,2 m i wysokości 22 m nad pow. rusztów i wspólną instalację sztucznego ciągu, składającą się z dwóch wentylatorów, napędzanych przez silniki asynchroniczne każdy o mocy 42 KM, 485 obr/min, 380 V, 66 A.

Do automatycznej ew. ręcznej regulacji ciągu tych kotłów służą zasłony, umieszczone za podgrzewaczami wody w sztucerach ssących przed wentylatorami ciągowymi. I tu przejście z automatycznej regulacji ciągu na ręczną odbywa się momentalnie bez żadnych rozłączeń mechanicznych.

Kotły tej grupy są mniej ekonomiczne, aniżeli kotły grupy I-ej, gdyż wymagają stałej pracy zarówno wentylatorów podmuchowych, jak i wentylatorów ciągu. Są one natomiast bardzo wygodne dla automatycznej regulacji ciągu i powietrza, gdyż wytwarzają znaczne spadki ciśnienia.

Dźwignie zasłon ciągowej i powietrznej przy wszystkich kotłach obu grup połączone są linami stalowymi z serwowatorami olejowymi regulatorów samoczynnych przy odpowiednim kotle.

4. Zadania regulacji kotłów.

Obciążenie w ciągu doby waha się w E. O. W. w stosunku 1 : 7. Poza to codziennie w ciągu kilku lub kilkunastu godzin występują stale powtarzające się nagłe rzuty obciążenia, dochodzące do $\pm 1 200$ kW. Maksymalne dotychczasowe kwadransowe obciążenie elektrowni wynosi 8 140 kW. Roczne zużycie węgla wynosi obecnie około 31 000 t, przy czym stosuje się miał o grubości ziarna 0 do 15 mm z różnych głębokich kopalń Górniego Śląska o przeciętnej dolnej wartości opałowej 5 900 Kal.

Przed zainstalowaniem urządzeń do automatycznej regulacji ruchu kotłowni przeciętne w ciągu roku 1930 jednostkowe zużycie węgla wynosiło 1,061 kg na 1 kWh wyprodukowaną.

Automatycznym regulatorom postawione zostało zadanie stałego utrzymywania najlepszej możliwej przy ruchu ręcznym sprawności i ewentualne podniesienie jej o kilka procentów przez usunięcie strat, związanych ze stałym wahaniem się ciśnienia pary w kotłach, oraz przez właściwy podział całkowitego obciążenia na poszczególne kotły różnej budowy.

Oprócz tego od automatyzacji wymagano gwarancji pewności ruchu przy prostym i przejrzystym układzie przyrządów oraz usunięcia trudności w prowadzeniu ruchu turbin.

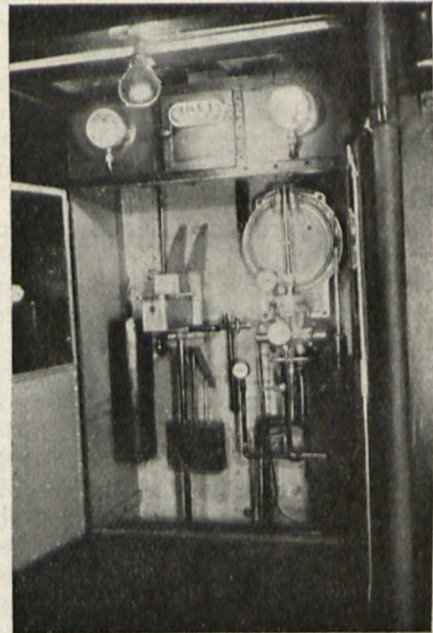
Niezbędną była również zdolność urządzeń regulatorów do indywidualnego dostosowywania się

do właściwości poszczególnych kotłów. Poza to naturalnie wymagane były możliwie niskie koszty zakładowe.

Pomimo różnorodności usytuowania poszczególnych jednostek kotłowych, urządzenia do automatycznej regulacji ruchu kotłowni dały się z łatwością dostosować do warunków miejscowych.

5. Instalacja regulatorów kotłowych *).

Wszystkie regulatory do automatycznego regulowania sześciu kotłów rozmieszczone są w siedmiu szafkach blaszanych, mianowicie w jednej szafce głównej i w sześciu szafkach kotłowych. Szafka główna, t. zw. prowadząca, zawiera główny regulator oraz wspólny dla wszystkich kotłów regulator paliwa (węgla). Wnętrze szafki głównej pokazane jest na rys. 1. Z lewej strony widoczny jest



Rys. 1.
Wnętrze szafki głównej.

regulator główny, przetwarzający impulsy, otrzymywane z kolektora parowego, na odpowiednie impulsy olejowe, które są doprowadzane do wszystkich pozostałych regulatorów (patrz rys. 5). Z prawej strony na rys. 1 widoczny jest regulator paliwa, który w zależności od impulsów, otrzymywanych od regulatora głównego, zmienia szybkość posuwu rusztów jednocześnie we wszystkich kotłach. Regulator paliwa pozwala rozdzielać ogólną ilość węgla równomiernie na poszczególne kotły oraz zmieniać w czasie pracy ogólną ilość doprowadzanego do kotłów węgla. Przewidziane w tej szafce przyrządy pomiarowe dają możliwość zorientowania się w ogólnym obciążeniu kotłowni oraz w ogólnej ilości doprowadzanego w danej chwili węgla.

Z tyłu za szafką regulatora głównego znajduje się tablica rozdzielcza dla silników, napędzających

*) Patrz art. Inż. A. Heinig w „Brennstoff- und Wärmewirtschaft”, 1932, Heft 1: „Leistungsregelung in einem Elektrizitätswerk”.

ruszta, na której silniki te mogą być przełączane z systemu szyn, zasilanego przez 1-szy zespół Leonarda na system, zasilany przez zespół 2-gi.

Te dwa zespoły Leonarda, czynny i rezerwowo, przewidziane są dla umożliwienia wygodnej regulacji obrotów silników, napędzających ruszta. Składają się one ze sprzężonych mechanicznie silnika asynchronicznego o mocy 32 kW, $\cos \varphi = 0,9$, 1 450 obr/min, 220/380 V, prądnicy obcowzbudnej prądu stałego o mocy 21 kW, 93,5 A, z napięciem na zaciskach regulowanym automatycznie lub ręcznie w granicach 45 V do 250 V, oraz wzbudnicy o mocy 1 kW, 4,35 A, 230 V, bocznikowej, która utrzymuje stałe napięcie 225 V wzbudzenia tak dla powyższej prądnicy, jak i dla wszystkich silników rusztowych. Moc każdego z zespołów Leonarda obliczona jest z rezerwą na rozszerzenie kotłowni.

Regulacja obrotów silników do napędu rusztów odbywa się drogą zmiany napięcia na zaciskach tworników tych silników, wytwarzanego przez prądnicę obcowzbudną w zespole Leonarda przy stałym napięciu wzbudzenia. Napięcie prądnicy obcowzbudnej regulowane jest automatycznie przez serwomotor 4 regulatora paliwa 3 w szafie regulatora głównego (rys. 5) zapomocą regulatora opornikowego 5 o 60-ciu kontaktach w obwodzie wzbudzenia tej prądnicy. Duża ilość kontaktów regulatora opornikowego umożliwia wygodną i ciągłą w szerokich granicach regulację obrotów silników rusztowych. W ten sposób silniki rusztowe przy kotłach grupy I zmieniają obroty w granicach od 184 do 1 650 na minutę, zaś przy kotłach grupy II — od 120 do 1 080 obrotów na minutę.

Silniki rusztowe są budowy zamkniętej ze względu na duże ilości pyłu, wydobywającego się z kotłów grupy II, pracujących z podmuchem. Każdy silnik rusztowy zaopatrzony jest w rozrusznik z wyzwalaczem zanikowym i może być łatwo podczas pracy kotła przełączony z jednego zespołu Leonarda na drugi.

Dla przejścia z samoczynnej regulacji paliwa na ręczną uruchamia się przedewszystkiem drugi zespół Leonarda i wzbudza się go do napięcia normalnego, następnie pokolei przełącza się silniki rusztowe na ten zespół i zamyka się kran na dopływie oleju pod ciśnieniem do regulatora paliwa 3 w szafce regulatora głównego. Wówczas samoczynnie zostaje zniesione wzbudzenie pierwszego zespołu Leonarda.

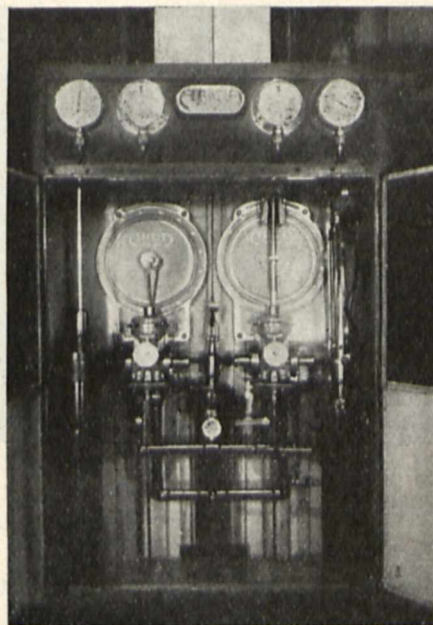
Regulatory opornikowe wzbudzenia obu zespołów Leonarda zaopatrzone są w przekładnię, umożliwiającą mechaniczne połączenie każdego z nich z regulatorem samoczynnym. Oba zespoły maszynowe znajdują się w maszynowni, regulatory zaś opornikowe do nich — w kotłowni, na tylnej ściance szafki regulatora głównego.

Na wypadek, gdyby z powodu katastrofy szyny zbiorcze 380/220 V do własnych potrzeb elektrowni pozbawione zostały napięcia na czas dłuższy, niż 2 do 3 minut, przewidziana jest możliwość ręcznego utrzymania ruchu kotłów przy zasilaniu silników rusztowych z baterji akumulatorów.

Dla umożliwienia ściślejszego dostosowywania szybkości posuwu rusztów w poszczególnych kotłach do rodzaju węgla przy centralnej regulacji tej szybkości jednocześnie dla wszystkich kotłów, przewidziane są przy poszczególnych silnikach

rusztowych dodatkowe regulatory bocznikowe do ręcznej zmiany ilości obrotów w granicach do 15%.

Szafka kotłowa zawiera regulator ciągu i regulator powietrza dla jednego kotła. Wnętrze jednej z sześciu szafek kotłowych pokazane jest na rys. 2.



Rys. 2.
Wnętrze szafki kotłowej.

Z prawej strony znajduje się regulator ciągu 8 (rys. 5), połączony z prawym cylindrem serwomotoru, którego tłok zapomocą linki stalowej przestawia zasłonę obrotową 9 w kanale dymowym nad kotłami grupy I, ew. zasłonę 12 przed odpowiednim wentylatorem ciągu przy kotłach grupy II.

Z lewej strony umieszczony jest regulator powietrza 10, połączony z cylindrem środkowym, którego tłok zapomocą linki stalowej wpływa na dopływ powietrza pod ruszta zapomocą zasłony 11 przed rusztami kotła grupy I ew. zasłony 13 w kanale podmuchowym przy kotle grupy II. Regulator ten wyrównuje ciśnienie w palenisku przy różnych obciążeniach kotła.

U góry na przedniej ścianie szafki kotłowej umieszczone są przyrządy następujące:

- manometr, wskazujący ciśnienie pary w kotle,
- ciągomierz, wskazujący ciąg w komorze paleniskowej,
- ciągomierz, wskazujący ciąg w kanale dymowym przed zasłoną do regulacji ciągu,
- manometr, wskazujący impulsy olejowe, otrzymywane od głównego regulatora.

Prostota i pewność ruchu osiągnięte zostały przez zastosowanie prostych olejowych urządzeń sterowniczych, umieszczonych w osobnej dla każdego kotła szafce. Mimo ograniczone miejsce w kotłowni szafki te z łatwością dały ustawić się przy każdym kotle w miejscach wygodnych dla obsługi, jak widać z rys. 3 i 4.

Szafki są szczelnie zamknięte od kurzu. Z każdej szafki wychodzą tylko dwie linki stalowe do przestawiania górnej zasłony, regulującej ciąg, i — dolnej, regulującej dopływ powietrza do paleniska.

Możność zastosowania linek stalowych do napędu zasłon, umieszczonych na niewygodnej dla bezpośredniego napędu olejowego wysokości 8 do 10 m, umożliwia nadzwyczaj proste przejście z regulacji samoczynnej na ręczną i odwrotnie, co jest

4. korygowanie ciągu niezależnie od podwiewu i odwrotnie,

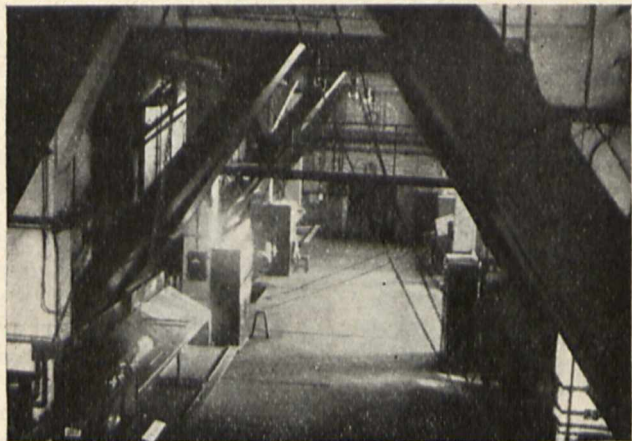
5. przełączenie na ręczną regulację ciągu i podwiewu.

6. Działanie automatycznych regulatorów kotłowych.

Działanie regulatorów kotłowych polega na tem, że one stale dostosowują produkcję pary do chwilowego jej zużycia. Odbywa się to drogą stałego i równomiernego podregulowywania paliwa i niezbędnego powietrza odpowiednio do obciążenia kotłów. Przytem ogólne obciążenie kotłowni rozkłada się równomiernie na poszczególne kotły.

Mierzone wartości ilości zużywanej w danej chwili pary przenoszą się do regulatorów poszczególnych potłów zapomocą regulatora głównego, wykonanego jako hydrauliczny przetwarzacz ciśnienia. Jako impuls, odpowiadający zużyciu pary, wyzyskany jest spadek ciśnienia między normalnym ciśnieniem pary w kotłach a ciśnieniem pary w przewodzie, doprowadzającym parę do turbiny. Spadki ciśnienia, zmieniające się w stosunku kwadratów do ilości pary, zostają przetworzone w regulatorze głównym na odpowiednie impulsy olejowe.

W tym celu do regulatora głównego 1 (rys. 5) doprowadzone jest stałe ciśnienie oleju ze zbiornika 2, umieszczonego na wysokości 15 metrów nad poziomem podłogi kotłowni, w którym olej utrzymuje się automatycznie na stałym poziomie. Stałe ciśnienie oleju doprowadzone jest do komory w dolnej części regulatora głównego. Komora ta ma w górnej części dyszę, przykrywaną w większym lub mniejszym stopniu przez odpowiednią dźwignię. Przy zamkniętej dyszy ciśnienie oleju w komorze odpowiada wysokości zawieszenia zbiornika olejowego 2, przy otwieraniu zaś dyszy ciśnienie odpowiednio się zmniejsza. Te zmiany ciśnienia przenoszone są zapomocą impulsywnego przewodu olejowego 17 do regulatora paliwa 3 i do re-



Rys. 3.
Ogólny widok kotłowni.

wielką zaletą przy pełnej automatyzacji ruchu całej kotłowni.

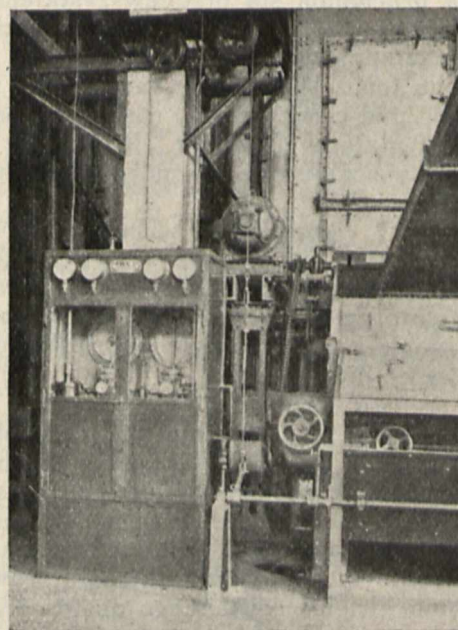
Przez zamknięcie jednego tylko kranu na przewodzie olejowym tłoczącym w szafce zostaje dokonane przełączenie i obsługa otrzymuje urządzenie do ręcznej regulacji bez wykonywania jakichkolwiek dalszych rozłączeń mechanicznych. W ten sposób przełączenie trwa tylko kilka sekund. Na przykład, przełączenie regulacji ciągu i powietrza odbywa się w sposób następujący: umieszczona na wysokości 8 m nad podłogą kotłowni dźwignia zasłony ciągowej połączona jest zapomocą strzemionka (patrz rys. 5) i linki stalowej z regulatorem ciągu w ten sposób, że przy najniższym położeniu, zajmowanym przez strzemionko pod wpływem ciężaru, po wyłączeniu regulatora dźwignia może być swobodnie poruszana w obie strony ręcznie zapomocą osobnej liny i dźwigu ręcznego. Wobec tego wystarczy zamknąć dopływ oleju do regulatora ciągu, żeby strzemionko przeszło do najniższego położenia i oswoodziło dźwignię do regulacji ręcznej.

Korzyść łatwego przełączania kotłów z regulacji samoczynnej na ręczną uwydatnia się w wypadku nagłej potrzeby takiego przejścia, na przykład, jeżeli wskutek niedopatrzenia zabraknie oleju obiegowego lub jeżeli nastąpi przerwa w dopływie prądu zmiennego do pomp olejowych.

Dzięki prostocie obsługi personel kotłowni łatwo zaznajomił się z automatami i wyćwiczył się w niezbędnych czynnościach podczas normalnej pracy kotłowni.

Każda z sześciu szafek kotłowych umożliwia:

1. zorientowanie się w ogólnym obciążeniu kotłowni i w obciążeniu danego kotła,
2. zmianę obciążenia danego kotła niezależnie od innych,
3. sprawdzenie, czy ciąg ew. podwiew znajdują się we właściwym stosunku do obciążenia,



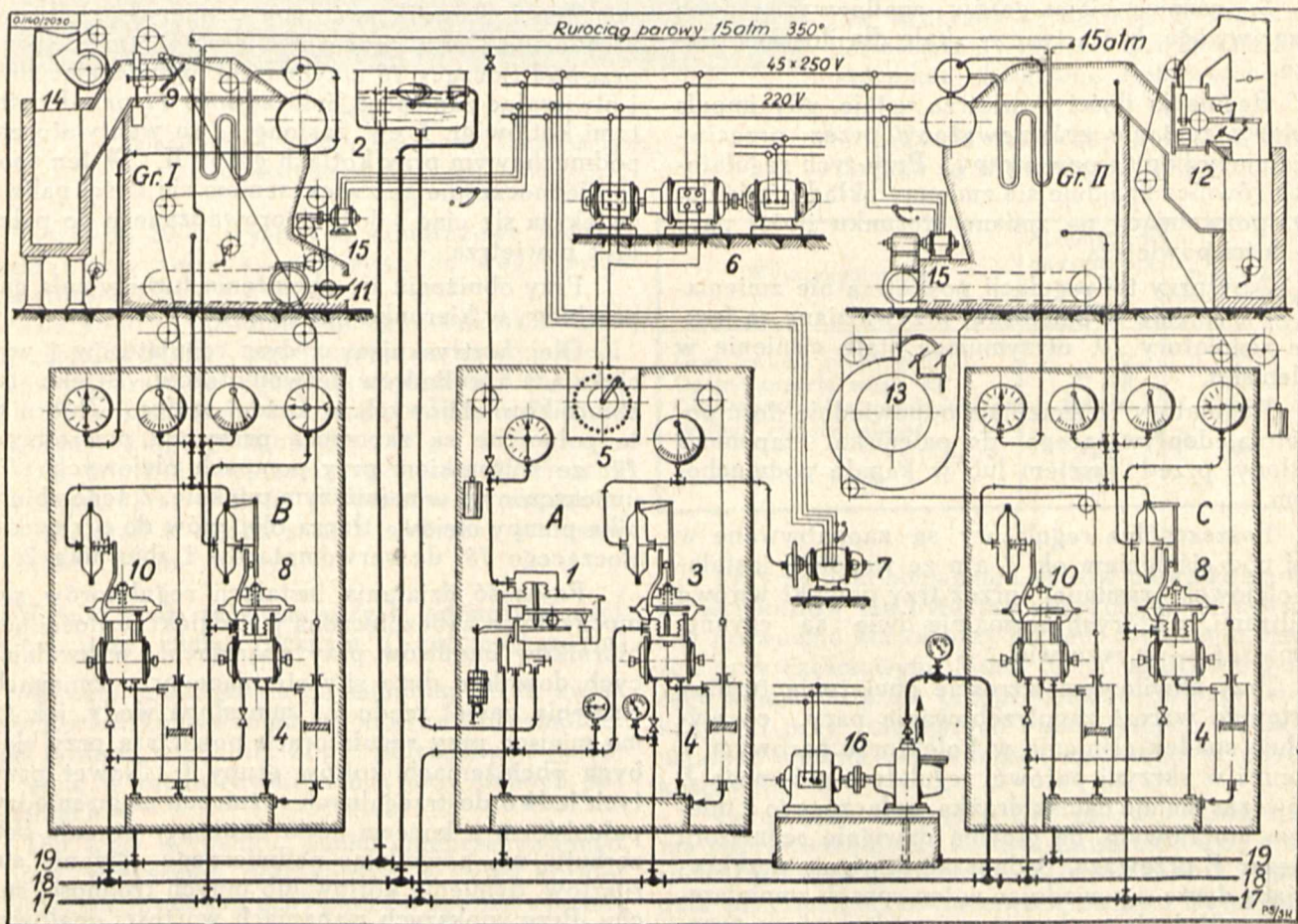
Rys. 4.
Szafka kotłowa przy kotle.

gulatorów ciągu 8 w szafkach poszczególnych kotłów.

W górnej części regulatora głównego znajduje się skrzynia parowa wysokiego ciśnienia, połączona zapomocą grubościennej rurki miedzianej bez szwu z kolektorem parowym kotłowni. Impulsy parowe działają w skrzyni parowej regulatora głów-

Regulacja paliwa jest wspólna dla wszystkich kotłów. Regulator paliwa 3 (rys. 5) znajduje się pod wpływem:

1. impuls regulatora głównego, t. j. ilości pary, przepływającej przez kolektor parowy, oraz
2. nastawialnej wartości pomiarowej ilości paliwa.



Rys. 5.

Schemat regulatorów kotłowych syst. Arca

A. szafka regulatora głównego. B i C. szafki kotłowe, 1) regulator główny, 2) zbiornik oleju na wys. 15 m, 3) regulator paliwa, 4) cylinder serwowatora, 5) regulator opornikowy, 6) zespół Leonarda, 7) wentylator pomocniczy, 8) regulator ciągu, 9) zasłona ciągu nad kotłem, 10) regulator powietrza, 11) zasłona powietrzna, 12) zasłona ciągu przed wentylatorem, 13) zasłony powietrzne podmuchowe, 14) dodatkowa zasłona wentylatorowa, 15) silnik do napędu rusztów, 16) pompa olejowa, 17) przewód olejowy impulsowy, 18) przewód olejowy łączący, 19) przewód olejowy powrotny.

nego na metalowy miech, który zapomocą dźwigni wywiera odpowiednie ciśnienie na główną dźwignię regulatora, zrównoważoną przez ciężar P.

Regulator główny dla indywidualnego dostosowania automatów do istniejącego charakteru rurociągów posiada przyrząd nastawczy, umożliwiając dostosowanie wartości siły równoważącej do każdej wartości mierzzonej ilości pary. W ten sposób określony zakres regulacji ciśnienia oleju, na przykład od 0,2 do 1,2 atn, może być dostosowany do zupełnie różnych spadków ciśnienia pary w przewodach, które mogą być rozłożone na ten stały zakres pomiarowy ciśnienia oleju 1 atn. W tym regulatorze, jako jedna z sił równoważących dźwignię, wyzyskane jest ciśnienie strumienia oleju, wytyskującego z dyszy na dźwignię przestawialną.

Ostatnia wartość pomiarowa równoważy przebieg regulacji, dzięki czemu przy powstałej zmianie zużycia pary następuje zawsze zakończony przebieg regulacji i aperiodyczne uspokojenie się bez kołysania.

Impuls równoważący pochodzi od pomocniczego wentylatora pomiarowego 7, napędzanego przez regulowany zespół Leonarda i wytwarzającego odpowiedni spadek ciśnienia przy membranie regulatora paliwa 3. Regulator ten steruje opornikowym regulatorem 5 w obwodzie wzbudzenia głównej prądniczy układu Leonarda 6. Impulsy regulatora głównego działają w regulatorze paliwa na metalowy miech, zaś impulsy równoważące przenoszą się na bardzo czułą membranę. Oba te układy miernicze są związane ze sobą zapomocą

zmiennego układu dźwigniowego, pozwalającego zmieniać stosunek ilości pary do ilości węgla.

Regulatory (8) powietrza, potrzebnego do spalania, są wykonane w sposób podobny. Na te regulatory działa:

1. impuls regulatora głównego, t. j. ilość pary i
2. różnica ciągu gazów spalinowych, jako przeciwwaga, która tworzy skalę dla ilości powietrza.

Regulacja ilości powietrza ustaje, gdy impuls olejowy zostanie zrównoważony przez przeciwdziałający impuls powietrzny. Przy tych regulatorach również znajduje się zmienny układ dźwigniowy, pozwalający na zmianę stosunku ilości pary do ilości powietrza.

Aby przy tej regulacji powietrza nie zmieniało się ciśnienie w palenisku, przewidziane są jeszcze regulatory 10, utrzymujące stałe ciśnienie w palenisku.

Regulatory te zmieniają odpowiednio ilość powietrza, dopływającego do paleniska, zapomocą zasłony przed rusztem lub w kanale podmuchowym.

Poszczególne regulatory są zaopatrywane w olej pod ciśnieniem ok. 4 atn ze wspólnej instalacji olejowej, zasilanej przez trzy pompki wirowe z filtrami, z których normalnie dwie są czynne, jedna zaś — w rezerwie.

Przy chwilowym wzroście obciążenia turbiny następuje wzrost zapotrzebowania pary, co wywołuje spadek ciśnienia w kolektorze parowym, a zatem i w skrzyni parowej regulatora głównego 1. Wówczas maleje nacisk drążka, połączonego z miechem metalowym, na główną dźwignię regulatora i ciężar P przeważa, podnosząc dźwignię przykrywającą dyszę, i powodując w ten sposób zmniejszenie się ciśnienia w komorze impulsowej, w przewodzie impulsowym 17 oraz w odbiornikach impulsów przy regulatorach paliwa 3 i powietrza 8. W regulatorze paliwa 3 miech metalowy rozpręża się i zmniejsza ciśnienie na dźwignię, która pod wpływem sprężyny przechyla się i przemyka dyszę, wywołując wzrost ciśnienia oleju z prawej strony skrzyni sterującej serwowym. Wskutek tego nastawnik walcowy w tej skrzyni przesuwają się w lewo i otwiera dostęp oleju z przewodu tłoczącego 18 do cylindra 4, którego tłok opuszcza się i zapomocą linki stalowej przestawia regulator opornikowy 5, wywołując wzrost napięcia na zaciskach tworników wszystkich silników rusztowych i odpowiednie zwiększenie się ilości obrotów ich, t. j. zwiększenie ilości węgla, doprowadzanego do palenisk. Jednocześnie ten sam impuls olejowy w odbiornikach impulsów przy regulatorach powietrza 8 powoduje również rozprężanie się miechów metalowych, przemykanie dysz przez odpowiednie dźwignie, wzrost ciśnienia z prawej strony skrzyń sterujących, przesunięcie walcowych nastawników w lewo i połączenie przewodu tłoczącego olej 18 z cylindrami serwowym. Tłoki tych cylindrów opuszczają się i zapomocą linek stalowych otwierają zasłony 9 ew. 12, zwiększając ciąg. Zwiększenie się ciągu powoduje wzrost de-

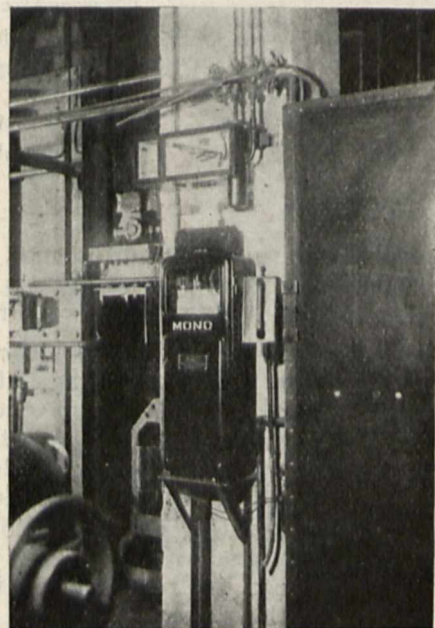
presji w komorze paleniskowej i w połączonej z tą komorą przestrzenią zamkniętą przed membraną regulatora ciśnienia w palenisku 10. Wobec tego dźwignia tego regulatora przechyla się w lewo i otwiera dyszę, powodując zmniejszenie się ciśnienia oleju z prawej strony skrzyni sterującej serwowym i przesunięcie w prawo nastawnika.

Ten nastawnik jest typu odmiennego od poprzedniego i przy przesunięciu się w prawo łączy przewód tłoczący 18 z cylindrem, opuszczając tłok i otwierając zapomocą linki zasłony 11 przed rusztami kotłów gr. I, ew. zasłony 13 za wentylatorem podmuchowym przy kotłach grupy II. W ten sposób jednocześnie ze zwiększeniem się ilości paliwa zwiększa się ciąg i ilość doprowadzanego do palenisk powietrza.

Przy obniżeniu się obciążenia turbiny cała gra przebiega w kierunku odwrotnym.

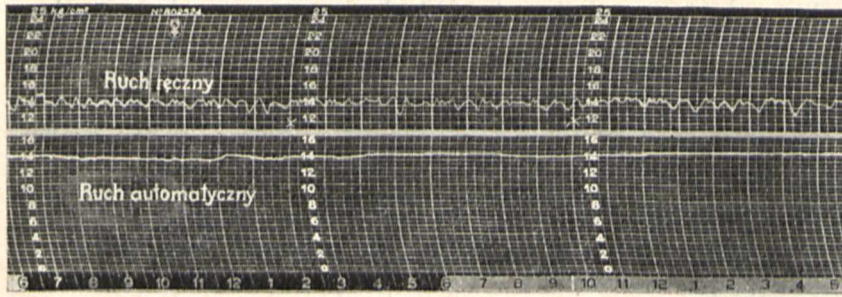
Olej, wytryskujący z dysz regulatorów i wyciekający z cylindrów serwowym, ścieka do zbiorników olejowych w każdej szafce. Zbiorniki te połączone są zapomocą przewodu powrotnego 19 ze zbiornikiem przy pompach olejowych 16, umieszczonym w najniższym punkcie. Z tego zbiornika pompy olejowe tłoczą olej znów do przewodu tłoczącego 18, do serwowym i zbiornika 2.

Pewność działania instalacji regulatorów samoczynnych zabezpieczona jest dzięki czułości odbiorników impulsów przy aparatach, wyzwalających dowolnie duże siły sterujące przy zmianach ciśnienia nawet rzędu 0,1 mm słupa wody, jak to ma miejsce przy regulatorach powietrza przy słabych obciążeniach kotłów grupy I. Nawet przy tych ledwo dostrzegalnych różnicach ciągu między paleniskiem a końcem kotła automaty pracują bez zarzutu, nie powodując nadmiernego grzania się rusztów, dymienia kotłów lub innych trudności ruchu. Przy większych wahaniami wartości opałowej węgla, które w znacznych odstępach czasu mogą



Rys. 6.

Regestrujący paromierz i analizator gazów.



Rys. 7.

Ciśnienie przed turbiną przy ruchu ręcznym (górze) i automatycznym (dół) przy próbie.

dochodzić do 20%, wystarcza jednorazowe ręczne przestawienie stosunku powietrza do węgla przy regulatorach ciągu 8 (rys. 5).

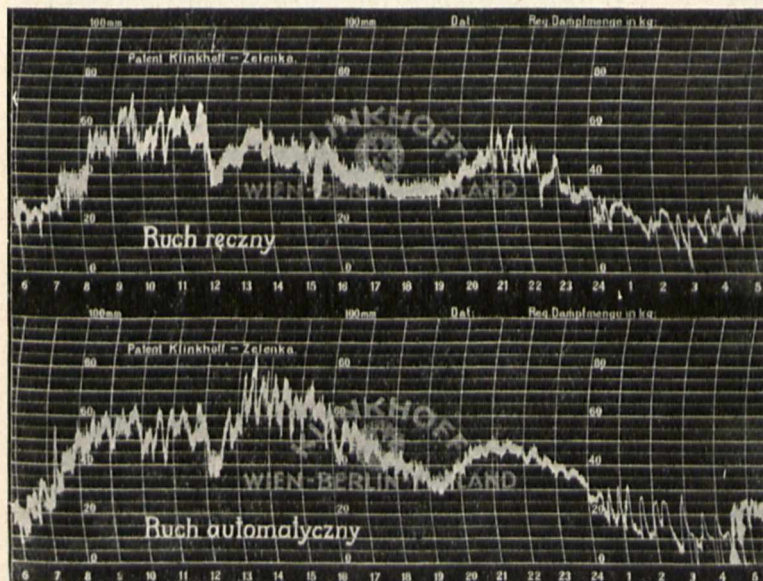
Dla kontroli spalania zainstalowane są 4 aparaty „Duplex-Mono”, przełączalne na każdy z 6-ciu kotłów. Aparaty te rejestrują zawartość CO₂ oraz CO + H₂ w spalinach, wykonując od 15 do 28 analiz spalin w ciągu godziny.

Dla kontroli obciążenia poszczególnych kotłów używane są w E. O. W. paromierze rejestrujące Klinkhoff a. Jeden z nich widoczny jest nad aparatem „Mono” na rys. 6.

7. Wyniki prób porównawczych odparowalności kotłów przy ruchu ręcznym i automatycznym.

W celu zmniejszenia do minimum strat, związanych z zatrzymywaniem i ponownym uruchamianiem kotłów, wszystkie kotły, potrzebne w dzień, pozostają w ruchu również nocą przy słabych obciążeniach.

Dla tego wypadku ruchu nieprzerwanego w nocy wszystkich potrzebnych w dzień kotłów były przeprowadzone próby porównawcze ręcznego i automatycznego prowadzenia kotłów przy prawie zupełnie jednakowych warunkach obciążenia.



Rys. 8.

Obciążenie jednego z kotłów przy ruchu ręcznym (górze) i automatycznym (dół) przy próbie.

Przebieg ciśnienia w przewodzie parowym przed turbiną przy automatycznym ruchu kotłowni, jak widać z rys. 7 (dół), jest daleko bardziej równomierny, aniżeli przy ruchu ręcznym (górze), gdzie widoczne są wahania ciśnienia o ± 1 atm (od 13 do 15 atm). Odpowiedni przebieg obciążenia kotłów widoczny jest z rys. 8, który w dostatecznej mierze charakteryzuje szarpiące obciążenie elektrowni.

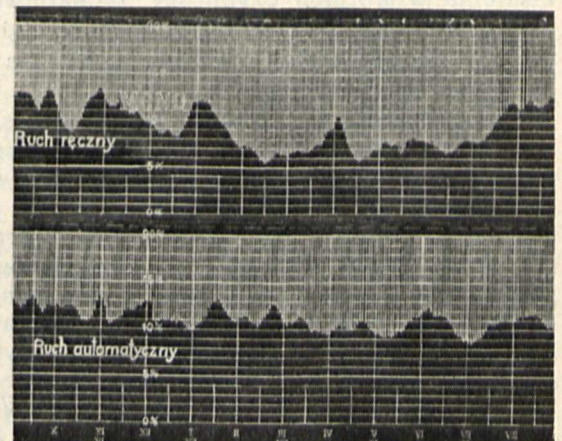
Wyniki tej próby porównawczej podane są w poniższej tablicy.

Wyszczególnienie	Automatyczna regulacja ruchu kotłów	Ręczna regulacja ruchu kotłów
Czas trwania próby godz.	12	12
Ogólne zużycie węgla kg	37 198	38 012
Odparowana ilość wody kg.	268 600	260 180
Średnia odparowalność kg p./kg w.	7,22	6,84
Ekonomja na węglu %	5,56	—

Przy pełnym obciążeniu kotłów poprawa sprawności kotłów nie była tak znaczna, gdyż łatwiej jest prowadzić kocioł przy pełnym obciążeniu, aniżeli przy częściowym. Mimo to na podstawie szeregu kolejnych prób, przeprowadzonych przy większych i przy mniejszych obciążeniach, została ustalona średnia oszczędność na węglu w wysokości 4%.

Porównanie wykresów CO₂ na rys. 9 uwidocznia poprawienie pracy kotłów. Zawartość CO₂ przy ruchu ręcznym (górze) była nierównomierna i spadała przy małych obciążeniach do 6%. Natomiast przy ruchu automatycznym nawet przy najmniejszych obciążeniach zawartość CO₂ wynosiła ok. 9 i 10%.

Należy nadmienić, że kotłowi i palacze przy próbach porównawczych wszelkimi siłami starali się osiągnąć przy ręcz-



Rys. 9.

Wykresy CO₂ jednego z kotłów przy ruchu ręcznym (górze) i automatycznym (dół) przy próbie.

nym ruchu wyniki lepsze, aniżeli są w stanie dać automaty, gdyż obawiali się, że w razie przeciwnym ulegną redukcji. Jasne jest, że w normalnych warunkach pracy, bez nastroju „wyjściowego”, wahania ciśnienia w kotłach mogą osiągnąć amplitudę większą, aniżeli na rys. 8 (górze), powodując jeszcze bardziej niespokojną pracę kotłów i maszyn i obniżając ogólną sprawność zakładu.

Automatyczne regulatory kotłowe (powietrza i paliwa) utrzymują stałe ciśnienie pary w kotłach z tolerancją $\pm 0,1$ do $0,2$ atn przy wszystkich szarpaniach i zmianach obciążenia w stosunku 1 do 7 przez dokładne dostosowanie ilości powietrza i paliwa do zapotrzebowania pary.

8. Gospodarcze znaczenie automatycznej regulacji kotłów dla „E. O. W.”

Automatyzacja ruchu kotłowni nie miała na celu zmniejszenia personelu, obsługującego kotły. Natomiast oczekiwano od automatyzacji zwiększenia pewności ruchu, gdyż zakład użyteczności publicznej, jakim jest elektrownia okręgowa, nie może być narażony na przerwy w ruchu lub postoje w czasie strajków. Ten cel został osiągnięty.

Pozatem kotłowi i palacze dzięki zautomatyzowaniu ruchu kotłów uzyskali dużo wolnego czasu i możliwość skierowania całej swej uwagi na stan ognia oraz bardziej starannej, aniżeli poprzednio, obserwacji tworzenia się płomienia i pilnowania spalania.

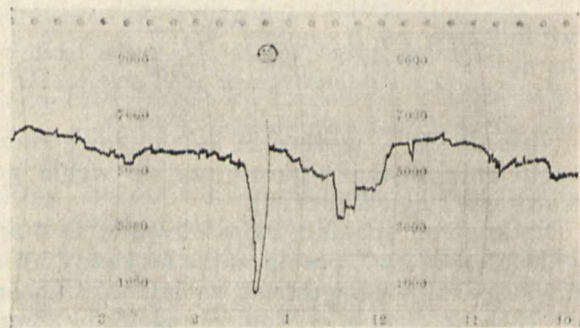
Przed uruchomieniem automatów spokojny ruch kotłów był niemożliwy do osiągnięcia z powodu stałych zmian ciśnienia pary, powodujących trudności w ruchu kotłów i turbin. Przez wprowadzenie samoczynnej regulacji ruchu kotłów, związane z tym szkody i straty maszynowe i kotłowe zostały zredukowane do minimum. Automaty były początkowo wrogo przyjęte przez kotłowych i palaczy. Jednak w krótkim czasie, po pierwszej letniej burzy, uzyskały ich sympatię i stały się w ich ręku wygodnym narzędziem do łatwego osiągania lepszych wyników eksploatacyjnych.

Zwłaszcza przy zwarcjach w sieci automaty oddają obsługę nieocenione usługi, ponieważ spełniają wszystkie niezbędne do utrzymania stałego ciśnienia w kotłach czynności daleko wcześniej, aniżeli obsługa mogłaby się zorientować, że nastąpił spadek obciążenia wskutek odcięcia niektórych podstacyj.

Naprzekąd dn. 16.XII.1931 podczas sztucznie wywołanych zwarć na jednym z odcinków pierścienia sieci 35 kV przy próbach selektywnego zabezpieczenia tej sieci nastąpiło wskutek przepięcia przebicie izolacji transformatorów prądowych 35 kV w dwóch fazach na przyłączeniu głównych transformatorów do szyn zbiorczych 35 kV, które spowodowało zwarcie i wyłączenie szyn zbiorczych 35 kV w rozdzielni elektrowni. Obciążenie elektrowni wskutek tego nagle spadło, jak widać z wykresu rejestrującego kW-mierza, z 5900 kW do 600 kW, t. j. o ok. 90%. (Rys. 10 godzina 1²⁰).

Automaty natychmiast pozamykały zasłony ciągowe i powietrzne i zatrzymały ruszta jednocześnie przy wszystkich kotłach, przyczem ciśnienie pary przed turbiną, jak wskazuje podany na rys. 11 wykres, manometru rejestrującego wzrosło tylko o 0,5 atn.

Jak podano wyżej, ekonomja na węglu, ustalona przy badaniu kotłów na odparowalność, wyniosła przy pracy automatów 4% w stosunku do najlepszego wyniku ręcznego. Na podstawie tej

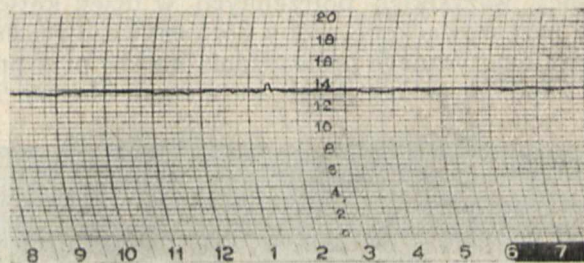


Rys. 10.

Wykres kW-mierza rejestrującego. O godz. 1²⁰ spadek obciążenia wskutek wyłączenia szyn zbiorczych.

ekonomji ustalone zostały raty do spłacenia kosztów całej instalacji automatów.

Należy jednak zauważyć, że rentowność urządzenia automatów jest pewna już wówczas, jeżeli przy automatycznej regulacji osiąga się sprawność, równą najlepszej sprawności, osiągalnej przy ręcznej regulacji, gdyż automaty utrzymują tę sprawność stale, niezależnie od zręczności, sumiennosci i natężenia pracy obsługi.



Rys. 11.

Przebieg ciśnienia pary przed turbiną, odpowiadający podanemu wyżej obciążeniu. O godz. 1²⁰ wzrost ciśnienia pary o 0,5 atn.

Z biegiem czasu ze wzrostem obciążenia elektrowni i ze zjawieniem się konieczności utrzymania w ruchu 4-ch i 5-ciu kotłów uwydatniła się i ta zaleta automatów, że pozwalają bez trudu ekonomicznie utrzymywać w ruchu w razie potrzeby nawet wszystkie kotły przy obsłudze, składającej się z jednego kotłowego i jednego palacza.

Oczywiście przy ręcznym prowadzeniu ruchu kotłowni przy bardzo wadliwym obciążeniu E. O. W. byłoby to zupełnie niemożliwe.

KONTROLA RUCHU NOWOCZESNEJ KOTŁOWNI.

Inż. K. Bendarzewski.

Obsah. Referát pojednává všeobecně o kontrolování tepelného hospodářství v moderní kotelně, používající černého uhlí. Autor zabývá se otázkami, spojenými s napájecí vodou, s měřícími a kontrolními přístroji a sestavováním tepelné bilance.

Streszczenie. Referat omawia w zarysach ogólnych kontrolę gospodarki cieplnej w nowoczesnej kotłowni, pracującej na węglu kamiennym. Autor porusza sprawy, dotyczące węgla, wody zasilającej, przyrządów pomiarowych i kontrolnych oraz zestawienia bilansu cieplnego.

Kontrola całokształtu gospodarki cieplnej w nowoczesnej elektrowni przypada w znacznej mierze na kotłownię, w której odbywa się główna przemiana zawartej w paliwie energii na energię przemysłową. Na tym odcinku pracy kierownictwo ruchu może najwięcej wpływać na dobre wyzyskanie surowca—paliwa i wyciągać jaknajwięcej korzyści w postaci użytecznych kaloryj. W maszynowni natomiast mniejsze jest pole do działania, gdyż rola maszyn jest tu daleko większa, a od ich budowy tylko zależy, ile przetworzą one użytecznie otrzymanej z kotłowni energii w postaci pary na ostateczny produkt — energię elektryczną.

Prowadzenie ruchu w kotłowni polega na utrzymaniu instalacji w należyтым porządku, podniesieniu jej sprawności do najwyższych możliwych granic, doborze odpowiednich gatunków paliwa do posiadanych palenisk, uzupełnieniu budowy kotłów i mechanizmów odpowiednio do danych warunków, a niekiedy, przy t. zw. „nowościach technicznych”, doprowadzeniu ich do stanu, nadającego się do stałej pracy, doborze i wykszoleniu i odpowiedniemu wyzyskaniu personelu, oraz zorganizowaniu kontroli ruchu w ten sposób, aby była ona przejrzysta i pozwalała od razu ujawnić wszelkie zaburzenia w normalnej pracy.

Poniżej przedstawimy sposób prowadzenia kontroli ruchu kotłowni, pracującej na węglu kamiennym, przyczem za podstawę przyjęte będą w dużej mierze wyniki, otrzymane w wysokopiętnej kotłowni nowej centrali Elektrowni Łódzkiej.

Całą kontrolę ruchu kotłowni można podzielić na trzy etapy:

I. Węgiel: odbiór, magazynowanie, kontrola ilościowa i jakościowa.

II. Woda: przygotowanie i stała kontrola jej jakości.

III. Spalanie węgla pod kotłami, paleniska, przyrządy pomiarowe, żużel i popiół.

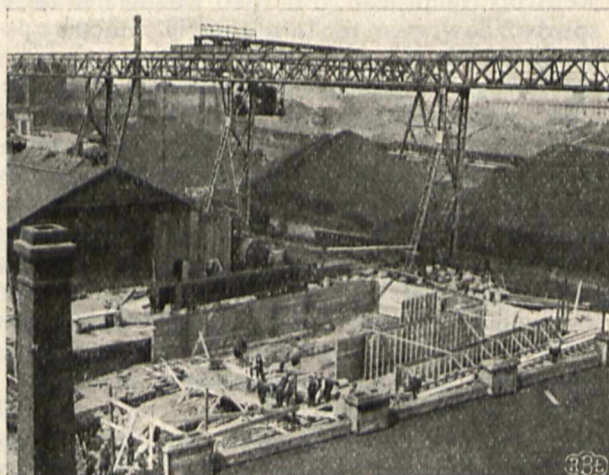
IV. Bilans cieplny kotłowni.

I. Węgiel.

Przy dużym zapotrzebowaniu węgla nie jest możliwe używanie jednego tylko gatunku, gdyż kopalnia niezawsze jest w stanie dostarczyć na czas pożądaną ilość paliwa. Zwykle zawiera się umowę z pewnym koncernem, który ma w swym rozporządzeniu kilka, a nawet kilkanaście oddzielnych kopalni. Jeżeli zaś przyjąć pod uwagę,

że ze względów handlowych niezawsze jest pożądanе uzależnianie się umową od jednego koncernu, to z tego wynika, że ruch ma zazwyczaj do swej dyspozycji większą ilość gatunków węgla, z których może robić pewien wybór.

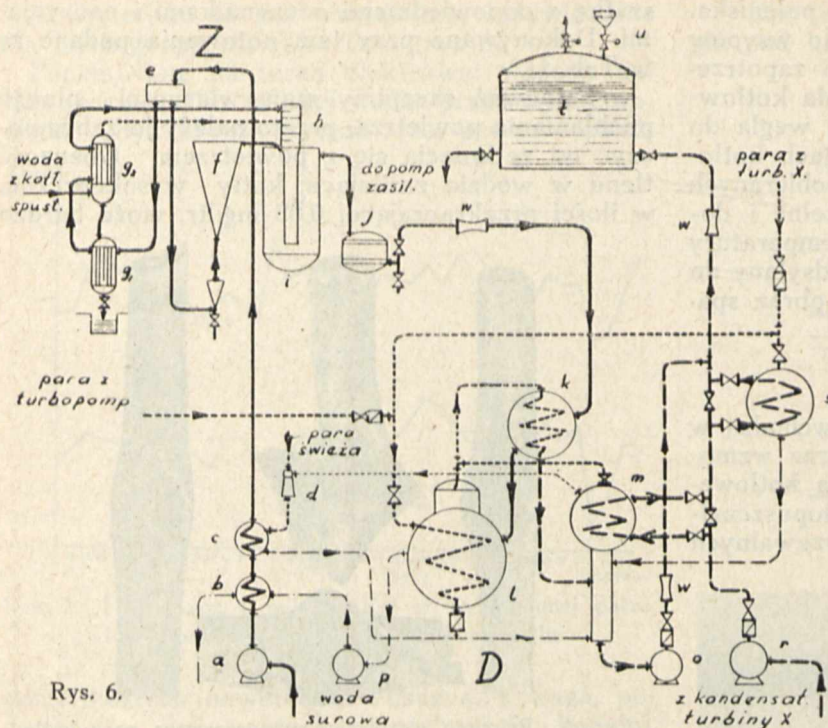
W elektrowniach użyteczności publicznej zachodzi potrzeba magazynowania paliwa w ilości półtora do dwumiesięcznej rezerwy. Ograniczony teren niezawsze pozwala na wydzielenie większego placu na ten cel, wobec czego przechowywanie węgla podług gatunków jest bardzo utrudnione i węgiel zwykle leży w zwałach zmieszany. Jednak dla dostaw próbnych partij węgla należy mieć specjalne miejsce, chociażby niewielkie. Przy zakupie węgla należy liczyć się z tem bardzo, gdyż tanie gatunki, zwłaszcza miał, nie nadają się do magazynowania w dużych zwałach, t. zw. hałdach; z tego też powodu nie należy zakupywać miału w dżdżystych porach roku.



Rys. 1. Skład węgla.

Wyższe gatunki węgla, jak np. górnośląskie groszki i grysiki, mogą leżeć przez dłuższy czas w hałdach wysokich do 10 m (rys. 1), wobec czego niekiedy lepiej się kalkuluja droższe gatunki groszku i grysiku, niż taniego miału. Należy jednak pamiętać, że wysoka wartość cieplna danego gatunku węgla bynajmniej nie decyduje o jego stosowaniu w danych warunkach pracy elektrowni.

Na podstawie bilansu cieplnego (o czem będzie mowa dalej) jaskrawo uwydatnia się błędność dość rozpowszechnionej metody oceny węgla podług jego kaloryj. Niekiedy wysokokaloryczny węgiel, wykazujący pozornie dobrą kalkulację handlową, w rzeczywistości okazuje się zbyt drogim dla pewnej instalacji, gdyż wskutek swych własności nie spala się należycie na danych rusztach. Wobec tego przy wyborze gatunku węgla należy przeprowadzać kalkulację na podstawie ceny kaloryj pary, wytworzonej przy spalaniu tego węgla pod kotłami danej instalacji. Oczywiście



- Z — Zmiękcacz.
 - D — Destylator.
 - a — Pompa wody surowej.
 - b — Chłodnik ługu.
 - c — Kondensator pompy próżniowej.
 - d — Skrzynka rozdzielcza.
 - e — Zbiornik z roztynem wapna.
 - f — Zbiornik z roztynem wapna.
 - g₁ g₂ — Wymieniacze ciepła.
 - h — Podgrzewacz kaskadowy.
 - i — Reaktor.
 - j — Filtr.
 - k — Odgazowywacz.
 - l — Wyparnik.
 - m — Kondensator oparów.
 - o — Pompa do destylatu.
 - p — Pompa do ługu.
 - r — Pompa do kondensatu.
 - s — Podgrzewacz kondensatu.
 - t — 2 zbiorniki wody zasilającej.
 - u — Urządzenie gazochronne (odtleniacz).
 - w — Wodomierze.
- Rurociągi wody surowej.
 - - - " kondensatu i destylatu.
 - · - · " pary.
 · · · · " ługu.
 · · · · " powietrza.

Rys. 6.

turbinowych, co zwłaszcza jest niebezpieczne przy stosowaniu do chłodzenia kondensatorów wody zakwaszonej kwasem solnym. Przy bardzo dużych ilościach odparowywanej wody w nowoczesnym kotle minimalne ilości zawartych w niej soli szybko koncentrują się i w końcu stwarza się taki stan, przy którym woda w kotle zaczyna burzyć się i zostaje porywana przez parę do przegrzewacza, tworząc tam kamień i powodując przegrzanie i pęknięcie węzownic. Przy większych zaburzeniach, zwłaszcza przy obecności soli mag-

w w wodzie kotłowej, stosuje się specjalne urządzenie dla ciągłego odwadniania kotła, przez które stale odchodzi od 1 — 2% wody nazewnątrz. Aby uniknąć strat cieplnych, wodę tę używamy do podgrzewania wody dodatkowej. Jednakże wszystko to nie zwalnia kierownictwa ruchu od stałego czuwania nad stanem wody kotłowej. W tym celu raz na dobę pobiera się przez specjalne rozprężacze wodę z kotłów, a także z przewodu zasilającego, do analizy chemicznej. Wzór podobnej analizy podany jest w Tab. III.

Tablica III.

Analiza wody

dn. 193 r.

Zbiornik	W litrze wody tlenu O ₂				mg/L	t° C	U w a g i:				
"	"	"	"	"	"	"					
"	"	"	"	"	"	"					
"	"	"	"	"	"	"					
Destylator	"	"	"	"	"	"					
"	"	"	"	"	"	"					
"	"	"	"	"	"	"					
Pompa	Twardość całkowita N°	Alkaliczność sumaryczna N°	Alkaliczność ługowa N°	Alkaliczność sodowa N°	Na OH mg/L	Na ₂ CO ₃ mg/L	Liczba ługowa mg/L	Na CL mg/L	O ₂ mg/L	Sucha resztko po odpar. mg/L	Sucha resztko pary mg/L
"											
Odgazowywacz											
Kocioł											

Wydajność zmiękczacza za dzień za godz. m³
 Kondensat. turb. chloru

nezjowych (MgCl₂; Mg(OH)₂, MgCO₃ i t. d.), mogą te sole przedostawać się nawet do turbiny i spowodować korozję łopatek.

Dla uniknięcia nadmiernej koncentracji soli

III. Kotłownia.

Wobec kolosalnych wymiarów nowoczesnych kotłów budowa ich, ze względu na ograniczone miejsce, idzie przeważnie wwyż, i wysokość

jednostki kotłowej sięga niekiedy wraz z niezbędnymi mechanizmami do kilkudziesięciu metrów. Olbrzymie ilości spalanego na ruszcie węgla, wysokie temperatury oraz liczne mechanizmy pomocnicze wymagałyby bardzo dużej ilości ludzi do obsługi, a co główne — bardzo dokładnego skoordynowania ich pracy. I tu właśnie przychodzi z pomocą nadzwyczajny rozwój techniki w dziedzinie przyrządów kontrolnych, pomiarowych, sygnalizacyjnych oraz wszelkich przekaźników. Dzięki tym aparatom, osoba, prowadząca palenie kotła, czyli — używając przestarzałej nazwy — „palacz”, może orientować się w prawidłowości procesu palenia, kierować nim, a także zapobiegać wszelkim zaburzeniom w pracy kotła i mogącym powstać uszkodzeniom.

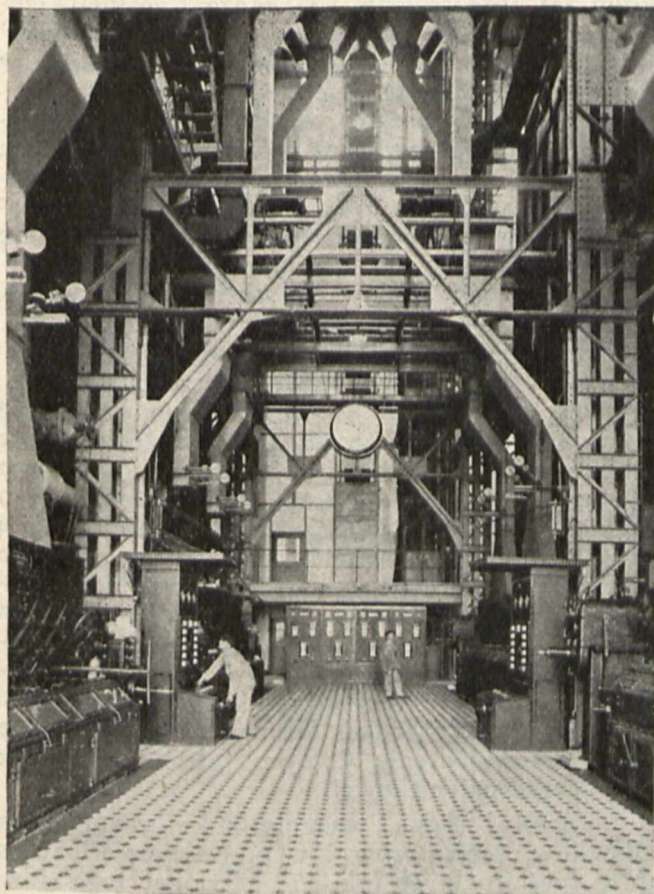
Co się tyczy przeznaczenia wspomnianych tu przyrządów, — można je podzielić na trzy zasadnicze grupy, a mianowicie:

1) przyrządy do bieżącej kontroli pracy kotła; są one przeważnie niezbędne dla ruchu kotła;

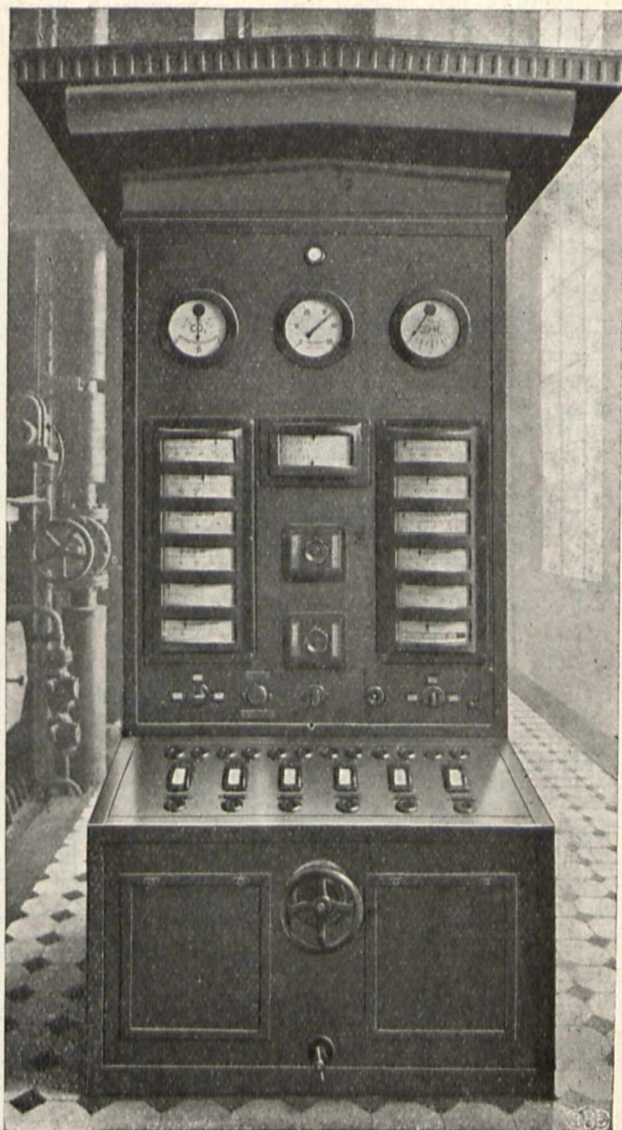
2) aparaty rejestrujące (samopiszące) i licznikowe; służą one do kontroli ruchu przez zwierzchnictwo, a także do zestawień statystycznych i sporządzania bilansu cieplnego kotła;

3) do ostatniej grupy można zaliczyć urządzenia, służące do sterowania na odległość prawie wszystkimi silnikami pomocniczymi przy kotle, zasuwami błyskawicznymi i t. p.

Grupę pierwszą stanowią przyrządy wskaźnikowe, które służą do mierzenia: 1) temperatur



Rys. 7. Ogólny widok kotłowni.



Rys. 8. Tablica z przyrządami kontrolnymi.

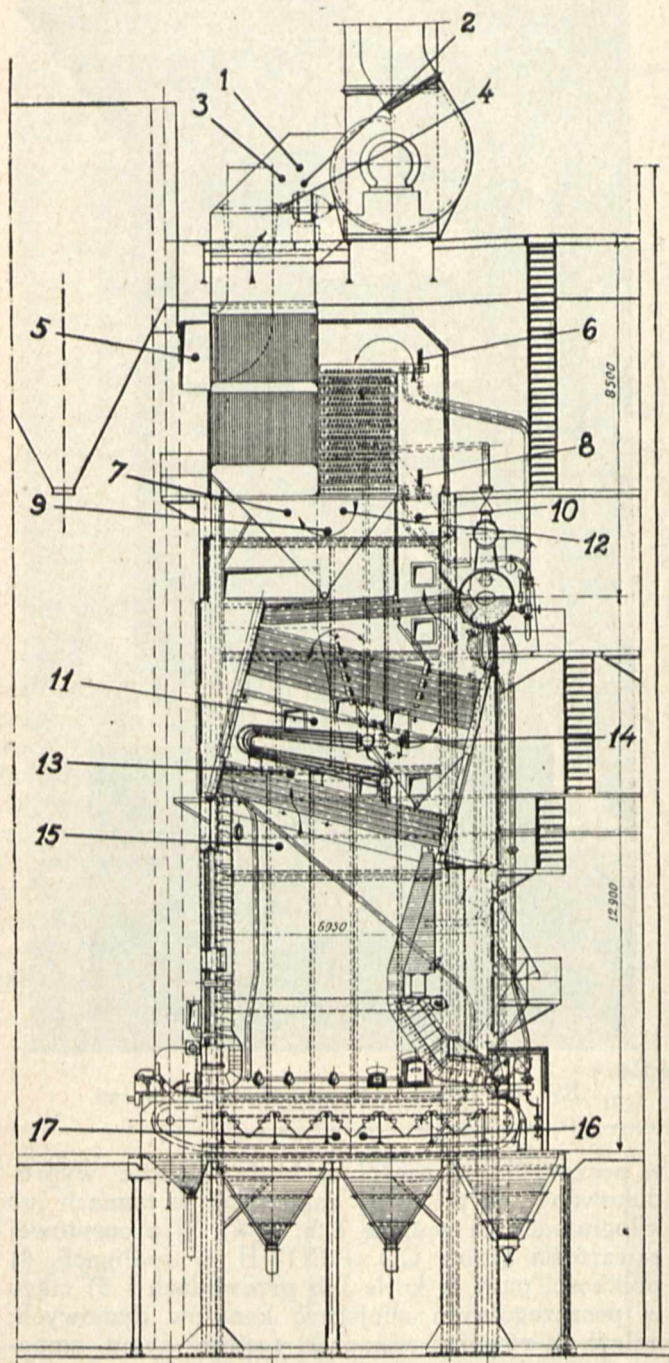
w poszczególnych częściach kotła, 2) ilości wyprodukowanej pary i wody zasilającej w tonnach lub kilogramach na godzinę (t/h, kg/h), 3) procentowej zawartości gazów CO_2 i $\text{CO} + \text{H}_2$ w spalinach, 4) prężności pary w kotle lub przewodach i 5) ciągu w poszczególnych miejscach kanałów dymowych; należą tu również wskaźniki gęstości dymu, amperomierze do poszczególnych silników, wskaźniki ilości obrotów tych silników i t. p.

Wszystkie te przyrządy muszą być dostatecznie dokładne, gdyż na podstawie ich wskazań prowadzi się cały ruch kotła (rys. 7).

Urządzenia pomiarowe składają się naogół z dwóch części: nadajnika, znajdującego się w miejscu pomiaru, i wskaźnika, umieszczonego na widocznym miejscu, przeważnie na przodzie kotła, na specjalnej tablicy (rys. 8).

Punktem ciężkości w tych urządzeniach jest właśnie nadajnika, gdyż wskaźnika jego zazwyczaj jest amperomierz, woltomierz, watomierz lub licznik, wycechowany w odpowiednich jednostkach. Rozmieszczenie niektórych z wyżej wymienionych przyrządów — nadajników przy kotle uwidocznione jest na rys. 9.

Wobec tak dużej ilości rozmaitych czułych i delikatnych przyrządów utrzymanie ich w nale-



Rys. 9. Rozmieszczenie przyrządów. 1. Nadajnik do pomiaru ciągu. 2. Nadajnik do mierzenia gęstości dymu. 3. Pirometr elektryczny — spaliny u wylotu. 4. Nadajnik ilości obrotów silnika. 5. Termometr oporowy — powietrze przed podgrzewaczem. 6. Termometr oporowy — woda za ekonomizerem. 7. Pirometr elektryczny — spaliny za ekonomizerem. 8. Termometr oporowy — woda przed ekonomizerem. 9. Pobieranie gazów spalinowych do nadajników CO_2 i $\text{CO} + \text{H}_2$. 10. Pirometr elektryczny — spaliny przed ekonomizerem. 11. Pirometr elektryczny — spaliny za przegrzewaczem. 12. Nadajnik do pomiaru ciągu. 13. Pirometr elektryczny — spaliny przed przegrzewaczem. 14. Pirometr elektryczny — para przegrzana. 15. Nadajnik do pomiaru ciągu. 16. Termometr oporowy — podwiew podgrzanego powietrza. 17. Nadajnik do pomiaru ciśnienia powietrza podwiewowego.

żytym porządku i stała kontrola prawidłowości działania jest rzeczą pierwszorzędnej wagi. Można z całą stanowczością powiedzieć, że tam, gdzie niema należytej obsługi, wszelkie wydatki na podobne urządzenia są niepotrzebnie wyrzuconymi pieniędzmi, gdyż wcześniej czy później przyrządy te przestaną działać i staną się tylko zewnętrznym upiększeniem kotłowni. Firmy zaś sprzedające przyrządy, robią sobie złą reklamę, starając się narzucić za wszelką cenę swój towar do podobnych instalacji.

W nowoczesnej dużej kotłowni obsługa całej instalacji przyrządów winna być powierzona osobnej sile fachowej, najlepiej specjalnemu inżynierowi. Do obowiązków jego powinno należeć utrzymanie instalacji w należyłym porządku, zapobieganie możliwym uszkodzeniom, cechowanie i kontrolowanie wskazań, wybór odpowiedniego miejsca do założenia nadajników i t. p.

Oprócz przyrządów pomiarowych i kontrolnych przy nowoczesnych kotłach stosuje się jeszcze szereg mniej lub więcej niezbędnych urządzeń, które znacznie podnoszą sprawność kotła i ułatwiają prowadzenie ruchu. Do tych urządzeń można zaliczyć: samoczynną regulację prowadzenia palenisk, podwiewów i ciągów w zależności od obciążenia i zawartości w spalinach CO_2 i $\text{CO} + \text{H}_2$; samoczynną regulację zasilania kotłów; specjalne zdmuchiwalce sadzy i popiołu z powierzchni ogrzewalnej kotłów podczas ich pracy, oraz wiele innych.

Co do samoczynnej regulacji palenisk należy zaznaczyć, że chociaż zaczęto ją stosować już od kilku lat (Elektrownia w Pradze Czeskiej), jednakże urządzenia te są jeszcze zbyt skomplikowane i bardzo wolno zdobywają sobie miejsce w kotłowni. Natomiast samoczynna regulacja zasilania kotłów w postaci aparatów Copes'a, Hanemana i t. d. przeszła już próbę ogniową i można śmiało powiedzieć, że obecnie już rzadko się spotyka nowoczesną instalację bez podobnych urządzeń. Z wykresów rys. 10 i 11 widać, jak duże wahania zachodzą przy zasilaniu ręcznym, co oczywiście nie może wpływać dodatnio na sprawność kotła.

Gorące gazy spalinowe, stykając się ze stosunkowo zimną powierzchnią ogrzewalną kotła, osadzają duże ilości sadzy, wzmocniony zaś ciąg porywa drobne cząsteczki węgla i żużła, które szybko zanieczyszczają powierzchnię kotła i tem samem silnie obniżają przewodność cieplną jego ścianek. Aby temu zapobiec, kocioł powinien być zaopatrzony w zdmuchiwalce, ustawione we wszystkich tych miejscach, gdzie zachodzi powyższe zanieczyszczanie. Ponieważ odmuśnianie całego kotła wymaga pewnego czasu i kilku ludzi obsługi, przeto nie może być zbyt często stosowane, jednakże nie powinno się ono odbywać rzadziej, niż co 6 godzin. Na rys. 12 uwidocznione jest zanieczyszczenie dolnych rzędów opłomek w kamerze paleniskowej.

Popiół i sadza, usunięte z kotła zapomocą ślimaków, aspiratorów i t. p., zawierają bardzo dużo części palnych (ok. 75%) i wobec tego mogą być spalane powtórnie wraz ze zbieranym prze-sypem węgla z pod rusztów.

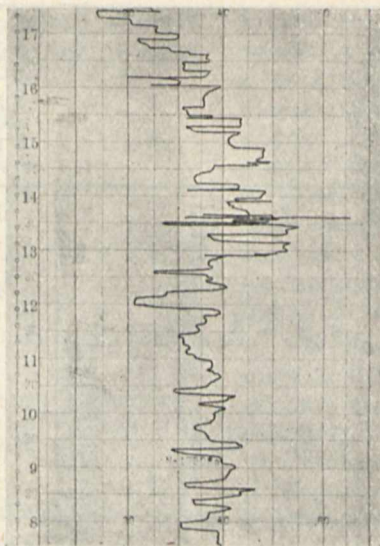
Tablica IV.
Sprawozdanie dzienne z pracy kotłów.

Czwartek dn. 2. III. 1933 r.

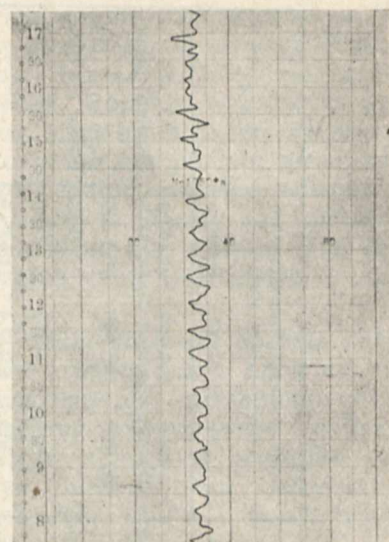
Z m i a n a	22 — 6			6 — 14			14 — 22			Suma z uwzględnieniem korekty lub średnia			U w a g i
	St. Centr.	N. Centr.	Razem	St. Centr.	N. Centr.	Razem	St. Centr.	N. Centr.	Razem	St. Centr.	N. Centr.	Razem	
Wyprodukowano . . . kWh		74 000		22 100	141 000		23 800	144 000		45 900	359 000	404 900	Stopień udziału w pracy: stara kotł. 22 ⁰ / ₀ nowa „ 78 ⁰ / ₀
Węgla spalono ogółem . . . kg		48 600		23 200	74 400		32 400	73 600		55 600	196 600	252 200	
Węgla spalono na kWh wyproduk. kg												0,62	
Wartość opałowa węgla . . . Kal		6 588		6 520	6 575		6 538	6 253		6 529	6 472	6 486	
Ogółem uzyskano z węgla Kal w milj.										363	1 272,4	1 635,4	Korekta: 2,5 ⁰ / ₀ na odwodnienie kotła.
Kaloryj na kWh wyprodukowaną . .												4 039	
Odparowano ogółem wody . . . kg		370 825		169 798	574 654		209 121	570 826		369 446	1 478 397	1 847 843	
Odparow. wody na kWh wyproduk. kg												4,56	
Średnia prężność pary . . . kg/cm ²		33,4		33,1	33,7		33,1	33,1		33,1	33,4		
Średnia temperat. przegrzania . . °C		419		383	415		395	414		389	416		
Średnia temp. wody przed ekon. °C		67		41	69		42	74		42	70		
Ciepło pobr. przez 1 kg odpar. wody Kal										721	708		
Ogółem Kal w parze w milionach . .										266,4	1.046,7	1313,1	
Wody dodatkowej kg													
Wody dodatkowej w. ⁰ / ₀													
Temperat. średnia wody chłodzącej °C													
Temperat. spalin w kominie . . °C		165		196	171		198	173		197	170		
Temp. powietrza przed wentylat. °C		33		30	25		30	27		30	28		
Zawartość CO ₂ ⁰ / ₀		9,6		9,7	10,6		10,6	10		8,7	10,1		
Zawartość CO + H ₂ ⁰ / ₀										—	—		
Straty kominowe ⁰ / ₀										12,3	9,1		
1 kg węgla odparował wody . . kg										6,64	7,52		
Spalono węgla na 1 kg wytworz. pary kg										0,151	0,133		
Sprawność cieplna kotłowni . . η _k										72,6	82,3	80,3	
Sprawność cieplna całej instalacji η												21,2	
Cena 1 tonny węgla zł										■	■	■	
Cena 1 miliona Kal w węglu . . zł										■	■	■	
Cena 1 miliona Kal w parze . . zł										■	■	■	

IV. Bilans cieplny.

Dla racjonalnej kontroli całej gospodarki cieplnej pod względem sprawności jednostek kotłowych, prawidłowego doboru gatunku węgla dla danych palenisk, sprawności obsługi i t. d. niezbędne jest zestawienie bilansu cieplnego. Wszystkie potrzebne do tego dane otrzymane są z okresowych notowań przyrządów wskaźnikowych i liczników, jak również z wykresów przyrządów samopiszących. Jedynie dane, które muszą być uzupełnione poza wyżej opisaną aparaturą, są to wartości ciepła paliwa, otrzymane z laboratorium.



Rys. 10. Regulacja ręczna zasilania kotła.



Rys. 11. Regulacja automatyczna zasilanie kotła za pomocą aparatu Copes'a.

Tablica V.

Kocioł Nr.

dn. 19... r.

Zmiana od godz. do godz.

Czas	Ciśnienie pary atn.	Temperat. pary przegrzanej		Temperatura wody przed ekon.	Temperat. gazów odlotowych		Temperat. zimnych końców termoelem.	Temperat. powietrza przed wentylat.	CO ₂ %	CO + H ₂ %	U w a g i
		lewa	prawa		lewa	prawa					

Tablica VI.

dn. 19... r.

Zmiana od godz. do godz.

Nr. kotłów		P a l i w o					W o d a		Czas uruchomienia	Czas odstaw.	Stała liczników		U w a g i
		Licznik mechan.		Licznik elektr.		Ilość spalonego węgla kg	Licznik	Odparowano wody kg			węgla	wody	
		lewy	prawy	lewy	prawy								
	koniec												
	początek												
	różnica												

Tablica VII.

Analiza paliwa

Data pobrania próby: Zmiana od godz. do godz.

dn. 1933 r.

Gatunek	A n a l i z a		U w a g i
Gryzik.	Wody	%	
Groszek	Popiołu	%	
	Części lotnych	%	
	Koksu czystego	%	
	Wartość opałowa w stanie suchym — górna . Cal.		
	Wartość opałowa w stanie pierwotnym — dolna Cal.		
	Stopień spiekania się		

Data wykonania analizy:

dn. 1933 r.



Rys. 12. Dolne opłomki w palenisku, pokryte warstwą sadzy i popiołu.

Wyżej podane są wyniki kontroli ruchu nowocześnie urządzonej kotłowni w Elektrowni Łódzkiej (Tab. IV).

Całkowite zestawienie bilansu cieplnego z ubiegłej doby jest gotowe w końcu bieżącego dnia. Niezbędne do tego dane otrzymuje się od obsługi kotłów po każdej zmianie na odpowiednich drukach (Tab. V i VI). Wartości opałowe wę-

gla, otrzymywane ze spalania w bombie Mahlera, podawane są dla obliczeń codziennie do godz. 14-ej (Tab. VII).

Na podstawie bilansów dziennych sporządza się wykres miesięczny, który daje plastyczny obraz całokształtu gospodarki cieplnej, oparty na pracy wszystkich aparatów.

ULEPSZANIE WODY KOTŁOWEJ.

Inż. St. Stanisław Odrzywolski.

Obsah. Moderní kotly snadno podléhají škodlivým účinkům kotelního kamene a ve vodě se rozpouštějících plynů a proto musí se napájeti jen měkkou vodou zbavenou plynů vodou. I ta nejlepší zařízení nezměkčují až do 0°, musí se pak dávat do kotle chemické látky pro sražení ostatních součástí kotelního kamene v podobě usazeniny, již je třeba odstraniti. Přidávání lučebnin má za účel také dodržení sodového čísla na potřebné výšce, co zabezpečuje proti korozi. Látky tyto jsou: soda, siran sodný a fosforečnan sodný. Přidávání siranů a fosforečnanů zmenšuje luhovou křehkost. Napájecí vodu je třeba stále kontrolovati chemicky i v kotlu, co dává možnost použití včas vhodných prostředků k zamezení škodlivých činitelů.

Streszczenie. Z powodu wrażliwości nowoczesnych kotłów na ujemne działanie kamienia kotłowego i gazów rozpuszczonych w wodzie, winny kotły te być zasilane wyłącznie wodą zmiękczoną i odgazowaną. Ponieważ nawet najlepsze urządzenia nie zmiękczały wody do 0°, należy w samym kotle dodawać chemikalię celem wytrącenia pozostałych tworników kamienia w postaci mułu, który należy stale odprowadzać. Dodawanie chemikalię ma również za zadanie otrzymanie liczby ługowej w przepisanej wartości, co jest dobrem zabezpieczeniem przeciwko korozjom. Jako chemikalię dodaje się sodę, siarczanu sodu i fosforanów sodu. Dodawanie siarczanów i fosforanów zmniejsza kruchość ługową. Wodę zasilającą i w kotle należy stale chemicznie kontrolować, co umożliwi w razie zauważenia szkodliwych składników zastosowanie na czas środków zapobiegawczych.

Coraz większy rozwój kotłów wysokopięnych (ponad 20 atn) zmusza do zwrócenia baczonej uwagi na odpowiednie przygotowanie wody zasilającej, gdyż, jak praktyka wykazała, stwierdzono znaczną ilość wypadków korozji, spowodowanych niedostatecznym ulepszeniem wody zasilającej. Nowoczesne kotły są znacznie więcej wrażliwe na działanie wody z powodu stosowania wyższych ciśnień i temperatur, tembardziej, że pojemność wodna nowszych systemów kotłów jest bardzo mała przy znacznej odparowalności z 1 m²/godz.

Z tego powodu w czasie znacznie krótszym, niż przy systemach dawnych, następuje takie zgęszczenie wody, że, jeżeli nawet używamy wody zmiękczonej, która jednak posiada zawsze pewną twardość, tworzy się cienki twardy kamień kotłowy, który przy znacznej ilości ciepła, przenikającej w godz. przez 1 m² powierzchni ogrzewalnej kotła, a dochodzącej w pierwszych szeregach opłomek kotłów opłomkowych do 300 000 Kal/m²/godz, może doprowadzić do lokalnego przegrzania blach, zwłaszcza jeżeli kamień jest krzemionkowy, którego współczynnik przewodnictwa przy grub. 1 cm wynosi tylko 0,2—0,07 Kal/m²/godz.

Nie należy ograniczać się do ulepszenia wody przed kotłem, ale i w kotle należy ją poddać stałemu chemicznemu dozorowi i stosować dalsze środki w celu uniemożliwienia tworzenia się twardego osadu, powstałego z pozostałej twardości.

Wybór urządzeń do ulepszenia wody nie jest łatwy, gdyż jeden i ten sam system może być w jednym przypadku wystarczający, w drugim może zawieść prawie w zupełności.

Przed wyborem urządzenia zmiękczonego należy dokładnie zbadać warunki lokalne, a nawet lepiej dopiero po zasięgnięciu opinii doświadczonego bezstronnego rzeczoznawcy przystąpić do zamówienia urządzenia.

Systemy zmiękczenia.

Systemy zmiękczenia możemy podzielić na 4 grupy, a mianowicie: chemiczny, wymiany zasad, ciepłno-chemiczny, destylacyjny.

1) *System chemiczny.* Najwięcej rozpowszechnionym z systemów chemicznych jest system sodo-wapienny, który nadaje się do wód o znacznej twardości węglanowej i o znacznej zawartości CO₂. Przy zamawianiu tego systemu należy zwrócić uwagę, aby zbiornik reakcyjny był możliwie duży i wynosił 2—4-krotną pojemność godzinnej odparowalności kotła, lub wody dodatkowej, co nieraz ze względów na cenę instalacji nie jest przez firmy konkurujące stosowane.

Przy dużym zbiorniku reakcyjnym i możliwie wysokiej temperaturze reakcji, wynoszącej ok. 90° C, instalacje działają bez zarzutu, a przy stosowaniu stałego odmulania kotłów można utrzymać twardość wody w granicach 0,5—1° niem. twardości.

Potrzebną ilość chemikalię łatwo jest obliczyć z wzoru:

$$\text{dla wapna } \frac{(V + Mg + CO_2) \cdot 28.1,10 \text{ g/m}^3}{a}$$

$$\text{dla sody } \frac{(Ca + Mg - V) \cdot 53.1,10 \text{ g/m}^3}{b}$$

gdzie V oznacza twardość dwuwęglanową w miliekwiwalentach, Mg oznacza twardość magnezową w miliekwiwalentach, Ca oznacza twardość wapieniową w miliekwiwalentach, CO₂ oznacza zawartość wolnego kwasu węglowego w miliekwiwalentach a—zawartość CaO w wapnie, b—zawartość Na₂CO₃ w sodzie.

System sodo-ługowy, gdzie zamiast wapna dodaje się ługu sodowego, nadaje się do wód o du-

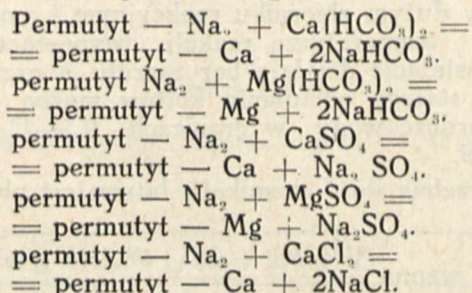
żej twardości i dużej zawartości soli magnezowych. System sodowy, gdzie jako odczynnika używa się tylko sody, może znaleźć zastosowanie przy wodach o małej twardości węglanowej, nie zawierających soli magnezu.

Aby zmiękczacze dobrze funkcjonowały, konieczną jest stała kontrola wody surowej, gdyż zależnie od jej składu należy dawkować chemikalia. Niektóre firmy zastosowały regulatory twardości: obsługa aparatu nastawia rączkę na liczbę twardości, umieszczoną na odpowiedniej tarczy. W tym przypadku aparat sam dozuje chemikalia automatycznie, a dozór kontroluje tylko twardość wody.

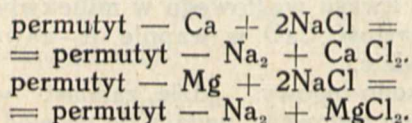
Do systemów chemicznych zmiękczenia zalicza się jeszcze instalacje, które używają jako odczynników soli baru, glinu lub fosforan sodu. Z tych systemów największym rozpowszechnieniem w Ameryce i Niemczech cieszy się system, stosujący fosforan. Według badań, wykonanych przez Darmstackie Stow. dozoru kotłów, system ten (rozpowszechniony przez fabrykę Budenheim w Moguncji, daje wyniki bardzo korzystne. Sama instalacja do zmiękczenia jest nadzwyczaj prosta i może być wykonana we własnym warsztacie każdego większego przedsiębiorstwa. Rozpowszechnieniu tego systemu leży na przeszkodzie wysoka cena fosforanów. Firmy, wyrabiające fosforany i propagujące ten system, twierdzą, że fosforany zabezpieczają również przeciwko korozjom. Twierdzenie to nie jest jednak dostatecznie udowodnione, gdyż, jak wykazały badania Dr. Inż. Hofera, przy stosowaniu fosforanów w pewnych wypadkach mogą również nastąpić zjawiska korozji.

System wymiany zasad. System ten polega na tym, że wodę surową przepuszcza się przez filtr, napełniony masą, składającą się z krzemianów glinowo-sodowych, które znajdują się w naturze w skałach wulkanicznych i nazywają się zeolitem, lub też są wyrabiane chemicznie i znane pod nazwą: permutyt, neopermutyt, inwertyt.

Masy te mają tę właściwość, że przy przepuszczaniu przez nie wody wymieniają zawarty w nich sól na wapno lub magnez:



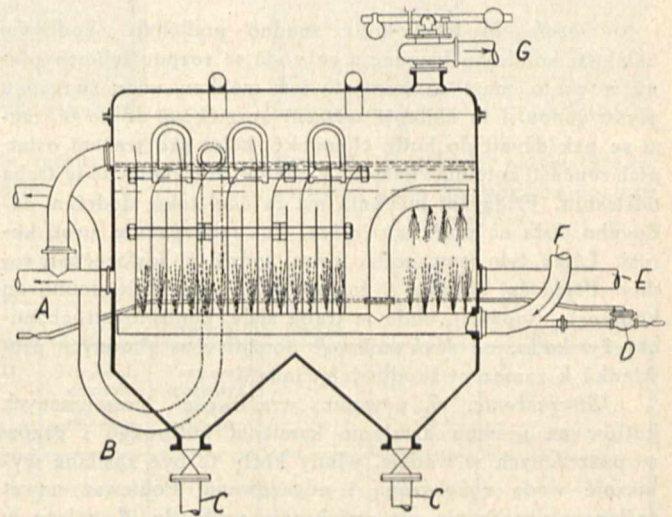
Jak widzimy, tworniki twardości pozostają w masie filtracyjnej, a do kotła dostają się łatwo rozpuszczalne sole, które odpuszczamy przy odmulanu. Po pewnym czasie należy masę regenerować przez przepuszczanie przez masę roztworu soli kuchennej, wskutek czego masa się regeneruje podług wzoru:



System ten nadaje się do wód o zmiennym składzie, dużej twardości siarczanej, lecz małej twardości węglanowej i małej zawartości CO_2 .

Przy znacznej twardości węglanowej system ten jest niekorzystny, gdyż wprowadza do kotła duże ilości CO_2 .

System ciepłno-chemiczny. System ten, budowany przez firmę Balcke, polega na tym, że w zbiorniku zamkniętym, w którym jest wbudowany system płyt do wyjmowania, podgrzewa się przy pomocy pary wodę surową do temperatury $101-105^\circ \text{C}$, przez co dwuwęglany zamieniają się w węglany i osiadają w formie szlamu lub kamienia na dnie zbiornika lub na płytach.



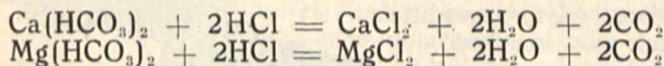
Rys. 1. A—odpływ wody, B—przelew, C—odpuszczenie szlamu, D—doprowadzenie pary świeżej, E—doprowadzenie wody, F—doprowadzenie pary odlotowej, G—odciąg oparów.

Co pewien czas należy płyty oczyścić ze szlamu i kamienia, co skutecznia się po wyjęciu płyt najlepiej za pomocą piasecznicy. System ten nadaje się głównie dla wód o dużej twardości węglanowej a małej twardości stałej, dla usunięcia której dodaje się do aparatu sody. System ten ma te zalety, że, ponieważ reakcje odbywają się przy temperaturze wrzenia wody, zmiękczonej woda jest praktycznie wolna od rozpuszczonych gazów i posiada również dostateczną alkaliczność, a twardość jej wynosi $0,3 - 0,5^\circ$ niem.

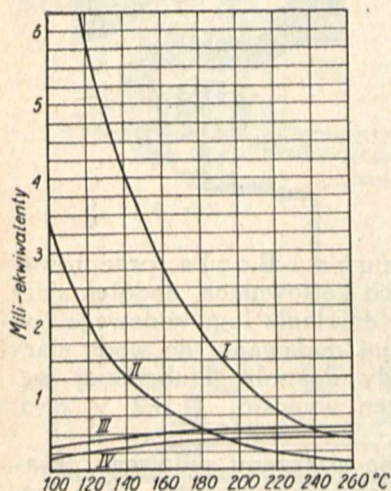
Destylacja. Destylatory dostarczają wody o najmniejszej pozostałej twardości, bo dobry aparat jest w stanie zmiękczyć wodę do $0,1^\circ$ niem. Destylatory budują się jako jednostopniowe i wielostopniowe, w których opary z 1-szego stopnia kondensują się w następnym stopniu. W destylatorach należy zważać na dostateczną powierzchnię odparowalności, gdyż im większa powierzchnia, tem — czystszy destylat. Przy obciążeniu powierzchni wyparnej $1500 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ godz}$. otrzymuje się jeszcze dobry kondensat.

Z destylatorów należy stale albo perjodycznie odpuszczać pewną ilość wody, aby uniknąć zagełszczenia soli, rozpuszczonych w wodzie, które — podobnie jak w kotle — sprzyjają tworzeniu się kamienia. Osadzający się w destylatorach kamień kotłowy zmniejsza w dużym stopniu wydajność cieplną destylatora i sprawia znaczne kłopoty przy czyszczeniu. Dlatego też przy wodach twardszych

ponad 10° niem. stosuje się uprzednie zmiękczenie wody wzgl. zakwaszenie, przez co tworniki twardości przechodzą w chlorki wg. reakcji:



Ponieważ chlorki są w wodzie w dużej ilości rozpuszczalne, nie tworzy się w destylatorze szkodliwy kamień kotłowy. Destylatory buduje u nas fabryka H. Cegielski w Poznaniu.

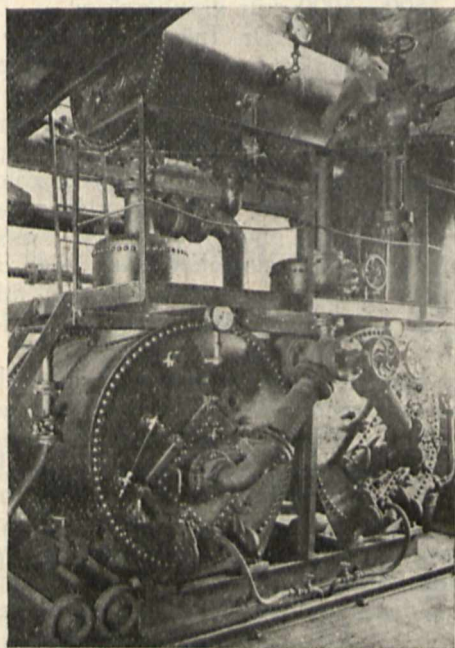


Rys. 2.

- I. Krzywa rozpuszczalności gipsu w czystej wodzie.
- II. Krzywa rozpuszczalności gipsu w wodzie, zawierającej 3 g/l soli glauberskiej.
- III. Krzywa rozpuszczalności węglańu wapnia w czystej wodzie.
- IV. Krzywa rozpuszczalności węglańu wapnia w wodzie, zawierającej 0,25 g/l sody.

Jak wiadomo, żaden z wymienionych systemów nie jest w stanie zmiękczyć wody do 0°, gdyż nawet przy destylatorach pozostała twardość dochodzi do 0,5°, a ponieważ destylatory używa się tylko w tych instalacjach, gdzie zasila się kotły kondensatem, a tylko brakujący kondensat uzupełnia się wodą świeżą, można przy tym systemie spotkać się z twardością wody w kotle, dochodzącą do kilku stopni, co wynika z nieszczelności kondensatorów i przedostawania się wody chłodzącej do kondensatu.

Wskutek nieszczelności kondensatorów lub rurociągów dostaje się do wody zasilającej również tlen, który — jak wiadomo — jest łatwo rozpusz-



Rys. 3. Destylator w wykonaniu f-my H. Cegielski i S-ka.

czalny w wodzie destylowanej, z którą dostaje się do kotła, powodując groźne korozje, wzgl., dostawszy się parą do turbiny, działa nadgryzająco na części turbin.

Zawartość tlenu w wodzie jest szczególnie niebezpieczna przy kotłach wysokoprężnych, gdyż przy wyższych temperaturach i ciśnieniu działa agresywniej, niż przy niższych. Doświadczenia, poczynione przez Związek właścicieli kotłów wysokoprężnych w Niemczech, wykazały, że najwyższa dopuszczalna zawartość tlenu w wodzie może wynosić najwyżej 0,02 mg/l. Badania, przeprowadzone w szeregu kotłowni w Polsce, stwierdziły zawartość tlenu, dochodzącą aż do 2—3 mg/l. Nic też dziwnego, że w kotłach tych powstały korozje bardzo prędko, gdyż w jednym wypadku już po 3 miesięcznej pracy kotła.

Niebezpieczeństwo rozpuszczonych gazów w wodzie zasilającej było dotychczas dziwnie niedoceniane i często widzi się najnowocześniejsze kotłownie, posiadające różne drogie instalacje ze stacją destylatorów, a nie posiadającą urządzeń do odgazowywania wody.

Odgazowywanie wody może się odbywać 3-ma metodami, t. j. cieplną, mechaniczną i chemiczną.

1) sposób cieplny polega na odgazowywaniu wody przy temperaturze wrzenia, przy której woda jest praktycznie wolna od rozpuszczonych gazów;

2) metoda mechaniczna polega na odciąganiu z wody gazów przy pomocy próżni;

3) metoda chemiczna polega na dodawaniu do wody siarczynu sodu, który łączy się z tlenem, zawartym w wodzie, na siarczan sodu.

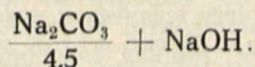
Kontrola.

Bardzo ważną sprawą w gospodarce wodnej kotłowni jest sprawa stałej chemicznej kontroli wody surowej, wody zmiękczonej i wody zawartej w kotle.

Badanie wody surowej polega na zbadaniu twardości węglanowej za pomocą miareczkowania 1/10 norm. HCl i na zbadaniu twardości ogólnej roztworem mydła wg. Boutron-Boudet lub Clarka, wzgl. dokładniej metodą Blachera. Wodę zmiękczoną należy badać na alkaliczność i twardość wg. przepisów, jakie daje firma, dostarczająca instalację zmiękczejącą.

Wodę z kotła bada się na twardość, gęstość i alkaliczność.

Doświadczenia Związku właścicieli kotłów wysokoprężnych w Niemczech wykazały, że utrzymanie wody w kotle na pewnej alkaliczności jest najpewniejszym zabezpieczeniem kotłów od korozji i tworzenia się twardego kamienia, gdyż przy odpowiedniej alkaliczności pozostała twardość wody strącamy w postaci luźnego mułu, odprowadzanego z kotła przy odmulaniu. Stopień alkaliczności oznacza się t. zw. liczbą ługową, która winna wynosić 400 — 2000, a którą oznacza się wzorem



Do analizy bierze się 100 cm³ wody z kotła i po przefiltrowaniu dodaje 2 krople 2% roztworu fenolftaleiny i miareczkuje 1/10 norm. HCl. Ilość zużytego kwasu w cm³ zapisujemy w rubryce p na

karcie do badania wody, następnie dodajemy kilka kropel metyloranżu i miareczkujemy w dalszym ciągu aż do zmiany barwy żółtej roztworu na cebulasto czerwoną. Ilość zużytego kwasu łącznie z zużytym kwasem przy poprzednim miareczkowaniu zapisujemy w rubryce *m*.

Z otrzymanych danych wyliczamy:

$$1) p - (m-p) \cdot 40 = (2p-m) \cdot 40 \text{ mg/l NaOH}$$

$$2) (m-p) \cdot 2.53 = (m-p) \cdot 106 = \text{mg/l Na}_2\text{CO}_3$$

Jeżeli *m* jest większe, niż 2 *p*, oznacza to, że w wodzie nie ma ługu sodowego, tylko część sody przez działanie kwasu węglowego zamieniła się na dwuwęglan, a w tym przypadku

$$3) 2p \cdot 53 = 106p = \text{mg/l Na}_2\text{CO}_3$$

$$4) (m-2p) \cdot 84 = \text{mg/l NaHCO}_3$$

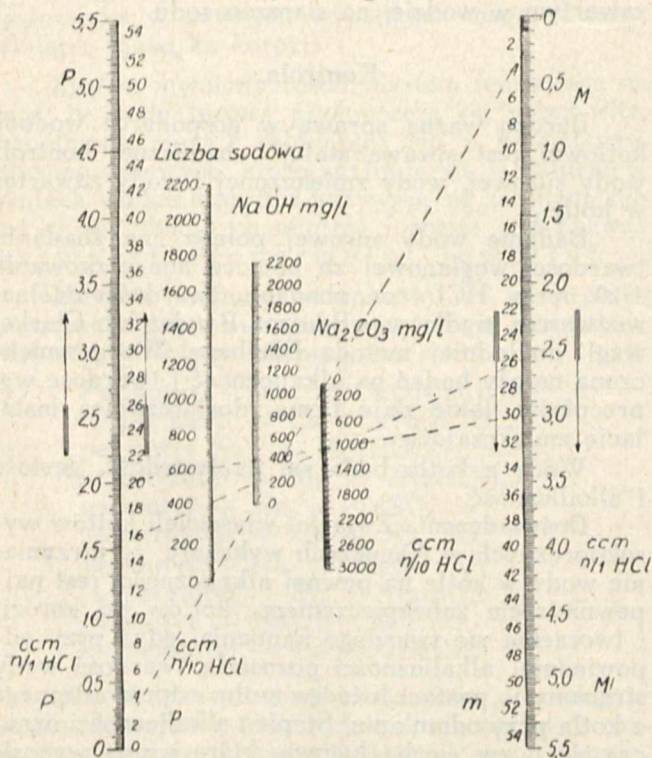
Jeżeli *p* = 0, to w wodzie znajduje się tylko dwuwęglan i wtedy do obliczenia stosujemy tylko wzór „4”.

Wszystkie powyższe analizy są łatwe i może je wykonywać inteligentniejszy starszy palacz lub wermistrz.

Dla wyliczenia liczby ługowej najlepiej posługiwać się poniższym nomogramem (rys. 4).

Gdy w nomogramie połączymy linią prostą znaną wartość *p* ze znaną wartością *m*, to linia ta winna przeciąć wszystkie 3 linie środkowe, wskazujące zawartość NaOH w mg/l, Na₂CO₃ w mg/l i wartość liczby ługowej. Jeżeli ona tych linii nie przetnie, to coś jest nie w porządku i należy zawiadomić kierownika kotłowni.

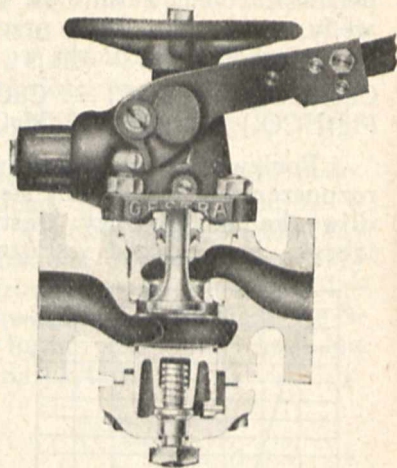
Dla większych firm, mogących sobie zaangażować inżyniera specjalistę, wskazana jest kontrola jeszcze bardziej szczegółowa.



Rys. 4. Nomogram dla oznaczania liczby ługowej, zawartości sody i ługu sodowego w wodzie kotłowej.

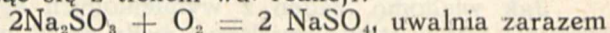
Przykład 1. *p* = 20 cm³, *m* = 30 cm³, zawartość sody 1060 mg/l, zawartość ługu sodowego 400 mg/l, liczba ługowa 630. Przykład 2. *p* = 15,4 cm³, *m* = 25,8 cm³, zawartość sody 110 mg/l, zawartość ługu sodowego 200 mg/l, liczba sodowa 444. Na rys. zamiast liczby ługowa omyłkowo podano „sodowa”.

Za dużą zawartość ługu sodowego w kotle jest dla kotła szkodliwą, gdyż powoduje tak zw. kruchość ługową, przy której łatwo powstają rysy w okolicy nitów. Jednak nawet mimo utrzymania liczby sodowej w przepisanych granicach możliwe jest powstanie lokalnego nadmiaru ługu sodowego, — zwłaszcza w miejscach, w których cyrkulacja wody jest niedostateczna. Jak wykazały badania Parr'a, Straub'a i Berl'a, przeprowadzone w amerykańskich kotłowniach, dodatek siarczanów powstrzymuje działanie ługu sodowego i w tym celu proponują oni dodawanie do wody siarczanów. Stosunek sody do soli glauberskiej wg. ich doświadczeń winien wynosić 1 : 0,2 × ciśn. w atm.



Rys. 5

Zamiast dodawania siarczanu sodowego, uważam za wskazane dodawanie siarczynu, gdyż ten, łącząc się z tlenem wd. reakcji:



uwalnia zarazem wodę od niebezpiecznego tlenu. Dodawanie siarczanów zwiększa jednak znacznie zawartość soli w wodzie, co jest znów szkodliwe ze względu na burzenie się wody w kotle, a znów przy niskiej liczbie sodowej sprzyja wydzielaniu się gipsu, co ilustruje rys. 2.

Ci sami więc uprzednio wspomniani badacze proponują zamiast dodawania siarczanu dodawanie trójfosforanu sodowego (Na₃PO₄ + 10 H₂O), którego dla zapewnienia tej samej ochrony, co siarczany, wystarczy dodawać jedną część na 100 części NaOH, a więc przy zachowaniu liczby ługowej 400—1000 wystarczy 4—10 mg/l fosforanu zamiast 1500—5000 soli glauberskiej.

Nowsze badania Dr. Inż. Hofera w Düsseldorfie²⁾, jak również badania, wykonane przez laboratorium fabr. Sulzer w Winterthur, wykazały, że w pewnych przypadkach dodawanie fosforanów może być dla kotłów niebezpieczne, gdyż przy stosowaniu fosforanów tworniki kamienia zbierają się w wiotkie płatki, które, wolno opadając na blachy kotła, więżą w sobie pęcherzyki pary, a osadziwszy się na blasze kotła wskutek izolacyjnego działania pęcherzyków pary mogą spowodować miejscowe przegrzanie blach i nadżarcia wg. reakcji $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$.

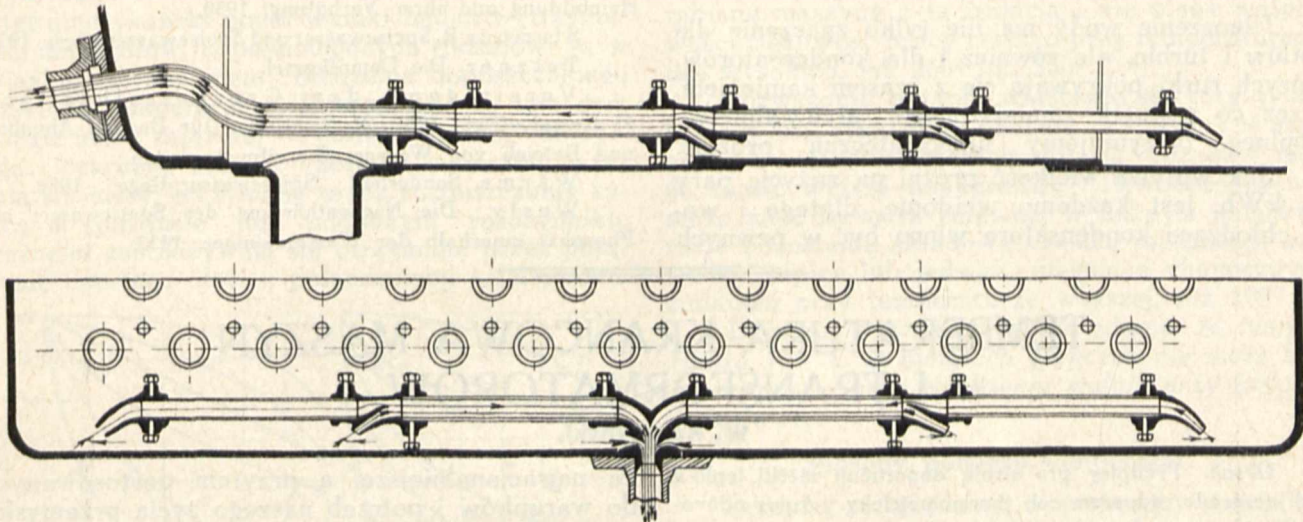
Aby zapobiec temu zjawisku, należy dbać o to, aby twardość wody doprowadzanej do kotła nie była większa, niż 0,3° n. wzgl. aby utrzymać pewną koncentrację jonów SO₄, które działają koagulująco i przyspieszają osadzanie płatków, niezawierających pęcherzyków pary. Fosforany mogą również działać bezpośrednio na blachy kotłowe, gdyż przy temperaturach wyższych trójfosforan rozkłada się na dwufosforan i fosforan, wytwarzając ług

¹⁾ Wg. czasopisma Chem. Fabrik. Nr. 42 z roku 1932.

²⁾ S. T. Z. Nr. 33 i 34 z roku 1932.

sodowy, który — jak wiadomo — przy małej koncentracji ułatwia powstawanie korozji, a przy wielkiej — powoduje kruchość ługową, jak widzimy, i w tym przypadku jest konieczne stałe kontrolowanie liczby ługowej, gdyż w granicach tejże ług sodowy nie tylko nie jest szkodliwy, ale działa dodatnio.

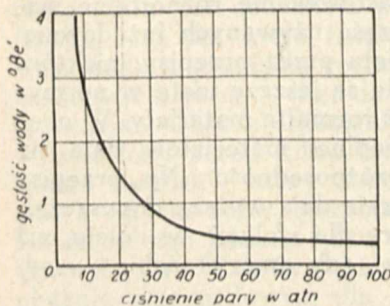
Dodawanie różnych chemikaliów do wody uprzednio zmiękczonej i przeprowadzanie dalszych reakcyj w samym kotle jest obecnie bardzo szeroko stosowane.



Rys. 6. Ejektor do szlamu w komorze i walczaku kotła.

Przy postępowaniu tem należy jednak dbać o to, aby opadający szlam był z kotła odprowadzany. Odprowadza go się też z kotła albo sposobem ciągłym, albo okresowo.

Przy odprowadzaniu okresowem nie mogą być używane do tego celu zawory zwykłe, gdyż przy nich nie da się odmulać kotła przy wysokim ciśnieniu, a pozatem powodują one za wielkie straty, gdyż razem ze szlamem odpuszcza się z kotła znaczne ilości wody. Do tego celu budują zawory specjalne, jak przedstawiony poniżej zawór „Gestra” budowany przez firmę Gustaw Gerds w Bremie, rys. 5.



Rys. 7.

Przy dodawaniu chemikaliów do kotła nie można dopuścić, aby ich koncentracja przekroczyła pewną normę.

Najwyższa dopuszczalna łączna zawartość różnych soli w kotle jest uzależniona od ciśnienia, panującego w kotle i systemu kotła. Zależność od ciśnienia podaje wykres rys. 7, który jest ważny dla kotłów o dużej odparowalności.

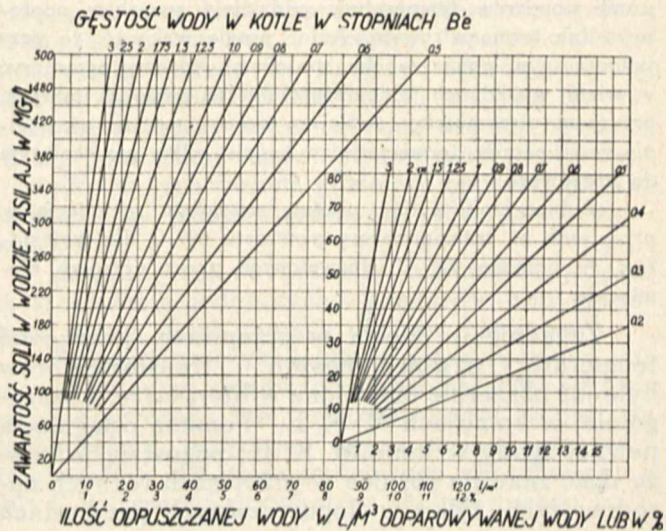
Dla kotłów o mniejszem obciążeniu można przyjąć cyfrę podwójną. Aby nie dopuścić do zwiększenia

koncentracji soli w wodzie, należy pewną ilość wody stale odpuszczać. Ilość ta jest zależna od ilości soli, doprowadzanych w 1 m³ wody zasilającej, i od koncentracji, jaką chcemy w kotle utrzymać. Dla obliczenia ilości wody, którą należy opuścić, służy wykres rys. 8.

Jak wynika z powyższych rozważań, sprawa gospodarki wodnej w kotłowniach jest bardzo skomplikowana i wymaga dużego doświadczenia.

Należyte postawienie gospodarki wodnej jest dla każdego przedsiębiorstwa sprawą pierwszo-

rzędnej wagi, a zwłaszcza dla elektrowni, gdzie wartość instalacji kotłowej przedstawia zwykle ok. 25% wartości całego przedsiębiorstwa. Ponieważ zaś najpoważniejszą rubrykę w kalkulacji ceny prądu stanowią koszty amortyzacji, powinniśmy dążyć do tego, aby przez staranne utrzymanie in-



Rys 8

stalacji mieć możliwość amortyzacji na dłuższy okres.

Dlatego też w wielkich przedsiębiorstwach opłaci się z pewnością utrzymanie inżyniera specjalisty od gospodarki wodnej, a małe przedsiębiorstwa mogłyby wspólnie zatrudniać jednego specjalistę, któryby przedsiębiorstwa te kolejno objeżdżał.

Nadzór taki byłby z pewnością bardzo korzystny dla przedsiębiorstw, gdyż inżynier taki siłą

rzeczy rozporządzałyby w krótkim czasie większym doświadczeniem, niż stały kierownik jednej kotłowni.

Stosunkowo niewielki wydatek na taką kontrolę z pewnością się opłaci, gdyż istniejące urządzenia do ulepszania wody będą napewno zawsze funkcjonowały należycie, a ewentualne ujemne skutki związków, rozpuszczonych w wodzie, będą w porę spostrzeżone, przez co niebezpieczeństwo uszkodzeń kotłów wskutek nieodpowiedniej wody będzie zredukowane do minimum.

Ulepszenie wody ma nie tylko znaczenie dla kotłów i turbin, ale również i dla kondensatorów, których rurki pokrywają się z czasem kamieniem, przez co wskutek zmniejszonego przewodnictwa cieplnego otrzymujemy niedostateczną próżnię.

Jak wpływa wielkość próżni na zużycie pary na kWh, jest każdemu wiadome, dlatego i woda chłodząca kondensatora winna być w pewnych

przypadkach ulepszana. O ile instalacja posiada wieżę chłodniczą, to najwięcej wskazane jest stosowanie zakwaszania wody chłodzącej.

LITERATURA.

- Balcke H. Die Neuzeitliche Speisewasseraufbereitung 1930.
 Lunge - Berl. Chemisch-Technische Untersuchungsmethoden.
 Spalckhaver-Schneider. Die Dampfkessel. 1924.
 Stumper. R. Die Physikalische Chemie der Kesselsteinbildung und ihrer Verhütung. 1930.
 Stumper R. Speisewasser und Speisewasserpflege. 1931.
 Tetzner. Die Dampfkessel.
 Vereinigung des Groskesselbesitzer:
 1) Kesselbetrieb. 1931. 2) Richtlinien für Bauart, Abnahme und Betrieb von Wasseraufbereitungsanlagen.
 Wärme Sonderheft „Speisewasserpflege“. 1930.
 Wesly. Die Nachenthärtung des Speisewassers mit Phosphat innerhalb der Wasserreiniger. 1933.

TEMPERATURA KRAŃCOWA MASZYN I TRANSFORMATORÓW.

W. Kopczyński.

Obsah. Předpisy pro stroje doporučují měřiti teplo u bud' nezávísle odporom neb thermometricky. Autor odůvodňuje, že při současném měření oběma způsoby můžeme omeziti v mnoha případech oteplení strojových částí a mimo to obdržíme přesnější úsudek o stroji, zvláště, kdy měření teploměrem bude pouze pomocné pro měření odporom. Prozatím autor doporučuje uvést v předpisech pro transformátory oteplení 60° C pro materiály A, ačkoliv německé předpisy dovolují 70° C.

Streszczenie. Przepisy na maszyny zalecają dokonywanie pomiarów temperatury oddzielnie sposobem oporowym lub termometrowym. Autor pragnie wykazać, że przy jednoczesnym pomiarze obu sposobami możemy ograniczyć w wielu wypadkach temperaturę miejsc gorących maszyn, przyczem otrzymujemy ściślejszą ocenę maszyn, szczególnie jeśli pomiar termometrowy będzie tylko pomocniczym do oporowego.

Jednocześnie autor pragnie uzasadnić przyjęcie w przepisach na transformatory przyrostu 60° C dla materiałów A, pomimo 70° C, dozwolonych przez przepisy niemieckie.

Zagadnienie ujęcia w przepisach krańcowej temperatury uzwojeń maszyn i transformatorów było już obszernie omawiane w literaturze, a szczególnie w komisjach M. K. E. Pomimo osiągnięcia pewnej zgody w łonie M. K. E., pozostają jednakże dość znaczne różnice w przepisach różnych narodów nie tylko w dopuszczalnych przyrostach temperatury i maksymalnej temperatury otoczenia, lecz także w szczegółach sposobów pomiarów temperatury. Daje się odczuwać, że narodowe komisje w M. K. E. broniły najczęściej zasad przepisów swego narodu, pomimo rozmaitych wad lub nieścisłości tych przepisów. Jesteśmy w tem szczęśliwym położeniu w porównaniu z narodami, posiadającymi już stare wraz z rozwojem przemysłu i potrzebami życia stworzone przepisy, że nie jesteśmy związani błędami lub tylko nieaktualnościami takich starych przepisów, gdyż możemy tworzyć nasze przepisy podług zasad, uznanych

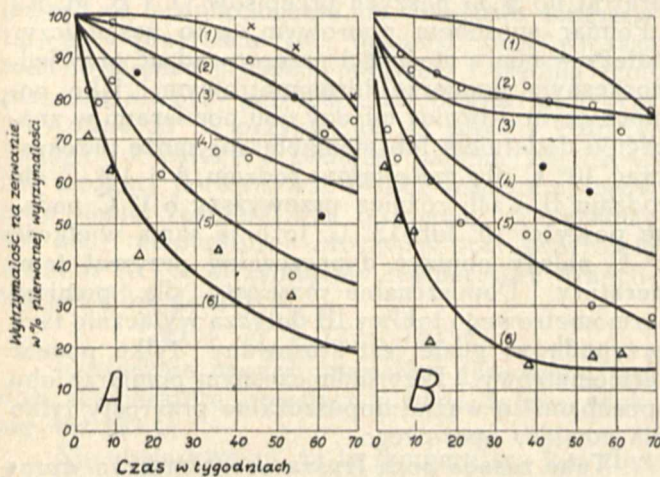
za najracjonalniejsze, a przytem dostosowanych do warunków i potrzeb naszego życia przemysłowego. Dziś już życie nasze przemysłowe wymaga, aby tylko racjonalność techniczna i gospodarcze względy przemawiały za przyjęciem tego czy innego punktu przepisów, a nie sympatja lub antypatja do tego czy innego narodu.

Poniżej pragnę podać kilka argumentów za wprowadzeniem zmian do przepisów na maszyny, ograniczających w wielu wypadkach temperaturę gorących miejsc uzwojeń, oraz za wprowadzeniem dopuszczalnego przyrostu temperatury 60° C dla materiałów izolacyjnych rodzaju A w transformatorach, pomimo 70° C w przepisach niemieckich RET/1930.

Wytrzymałość cieplna materiałów izolacyjnych. W rozmaitych maszynach co do wielkości i napięcia znajdują zastosowanie różnorodne materiały izolacyjne. Część używanych już dawniej materiałów została ujęta przez przepisy, niektóre zaś nowe materiały nie są jeszcze ujęte w normy; różne kraje stosują też rozmaite materiały. W ocenie wytrzymałości cieplnej materiałów daje się też odczuwać pewną różnorodność. Np. przepisy niemieckie lub szwedzkie dają wyższe dopuszczalne granice temperatury dla izolacji w oleju, niż w powietrzu, podczas gdy amerykańskie — odwrotnie.

Przepisy nasze na maszyny podzieliły materiały izolacyjne na cztery rodzaje, oznaczone literami O, A, B, C, zgodnie z propozycją M. K. E., przyczem rodzaj O znosi najniższą temperaturę, a rodzaj C najwyższą. Tablica III naszych przepisów na maszyny wyznacza dopuszczalne przyrosty tylko dla rodzajów A i B, co jest słuszne, gdyż te dwa rodzaje otrzymują najczęstsze zastosowanie w maszynach. Jeśli idzie o maszyny średniej wielkości, to największe zastosowanie znajduje rodzaj A, t. j. bawełna, jedwab, papier i t. p. materiały, nasycone w masie zalewanej lub zanurzone w oleju.

Uwaga do § 37 naszych przepisów na maszyny wyjaśnia w sposób podobny do innych przepisów, co należy nazywać izolacją nasyconą. Jest rzeczą oczywistą, że trudno jest ująć w przepisy, niekrepujące postępu, pojęcia nasycenia w masie zalewnej, a to wobec różnorodności środków stosowanych tu. Lecz jeśli ktoś pragnął dowodzić, że masa zalewna, używana przez niego, posiada większą wytrzymałość cieplną, to powinienby podać sposób łatwego sprawdzenia tej wytrzymałości. W komisjach M. K. E. tylko komitet amerykański podał wyniki badań wytrzymałości materiałów, odpowiadających rodzajowi A, w związku z żądaniem obniżenia dopuszczalnego przyrostu temperatury. Rozróżniane są tam dwa rodzaje masy zalewnej — żółtej i czarnej, lub żółtego i czarnego lakieru. Żółtymi lakierami nazywają się masy, otrzymane przez rozpuszczenie żywicy w spirytusie lub podobnym rozpuszczalniku. Czarnymi zaś nazywają się otrzymane przez połączenie czystego oleju z połączeniami asfaltowymi.



Rys. 1. Krzywe starzenia się płótna 0,3 mm grub., nasyczonego masą żółtą. Rys. 2. Krzywe starzenia się płótna 0,3 mm grub., nasyczonego masą czarną.

(1) przy temp. 90°C w powietrzu. (2) przy temp. 100°C w powietrzu. (3) przy temp. 110°C w powietrzu (4) przy temp. 90°C w oleju. (5) przy temp. 100°C w oleju. (6) przy temp. 110°C w oleju.

Masa żółta jest doskonała przy niskich temperaturach, lecz ma wiele tracić przy wysokich po wysuszeniu i usunięciu rozpuszczalnika. Masa ta ma się stawać kruchą, a więc dawać pęknięcia, podług orzeczenia General Electric Co *), zalecającego wynaleziony przed kilku laty, t. zw. czarny „bitumen varnish”, który zupełnie niemal wyrugował z użycia żółty, pozostawiając zakres stosowania żółtego lakieru tylko do oleju, t. j. do transformatorów. Czarny lakier stał się w Ameryce obecnie standardowym dla maszyn. Również i Westinghouse Co używa czarnego związku bitumenowego, dającego poza innymi zaletami mniejsze straty dielektryczne.

Rys. 1 i 2 były podane w wydawnictwie M.K.E. R. M. 78, na str. 5, jako argument komitetu amerykańskiego za obniżeniem dopuszczalnego przyrostu temperatury transformatorów. Krzywe wskazują jednak, że oba gatunki lakieru, jak żółty tak i czarny, wykazują w oleju daleko szybsze starzenie się, niż w powietrzu.

*) The Electrician Dec. 2, 1932, pg. 717, High Voltage Generators.

Przytoczyłem tu tak obszerne wywody amerykańskiego komitetu dlatego, że wykazuje on pewne wady nawet ich doskonałej izolacji, co już zasługuje na zupełne zaufanie.

Wspomnę tu jeszcze, że materiały, posiadające jedną lub kilka cech wybitnie lepszych, np. większą wytrzymałość cieplną lub mechaniczną, częstokroć nie mogą być stosowane do izolacji z powodu pewnych wad. Jest oczywiste, że np. izolacja azbestowa nie zalicza się do rodzaju A, nie jest ona wogóle ujęta w normy, chociaż są wyrabiane maszyny z tą izolacją i nie ulega wątpliwości możliwość pracy maszyn przy temperaturach tak wysokich, jak 260° lub 350° C.*).

Rozważanie pytania właściwie dotyczy tylko kwestji, czy stosowana obecnie najczęściej w maszynach i transformatorach izolacja rodzaju A może znosić wyższą temperaturę. Pewne znaczenie może mieć tu masa zalewna, w każdym jednakże razie pozostanie składową częścią tej izolacji bawełna, papier lub jedwab, ulegające chemicznym zmianom przy temperaturze wyższej, niż 100° C.

Daje się wyczuwać ogólne zdanie, że temperatura 105° C w punktach gorących nie może być przekraczana przy obciążeniu stałym przy izolacji rodzaju A.

Sposoby pomiaru temperatur.

Przepisy uwzględniają trzy sposoby pomiarów temperatury, a mianowicie: sposób termometryczny, oporowy i wskaźników wbudowanych. Ten ostatni stosowany jest tylko do większych maszyn; w maszynach mniejszych, a więc najczęściej, będą stosowane pozostałe dwa sposoby, t. j. oporowy i termometryczny.

Termometrem mierzymy w istocie temperaturę tego miejsca uzwojeń, do którego jest on przyłożony, a sposobem oporowym mierzymy średnią temperaturę uzwojeń. Przepisy nasze zalecają stosowanie jednego lub drugiego sposobu, a nie obu jednocześnie. Gdzie jest to możliwe do wykonania, przepisy nasze zalecają pomiar oporowy (§ 33), pomiar zaś termometryczny ma być stosowany tylko w tych razach, gdzie ani oporowy ani też wskaźników wbudowanych nie może być stosowany.

Zauważę tu, że przepisy niemieckie zalecają stosowanie jednoczesne pomiarów obu sposobami i dają jedną granicę dla obu pomiarów.

Przepisy amerykańskie, o których tu też jest mowa, zalecają stosowanie dowolnie jednego sposobu, oporowego lub termometrycznego, a nie obu jednocześnie, przyczem dopuszczalne przyrosty temperatury dla termometrycznego sposobu są o 10° C wyższe od przyrostów dla oporowego.

Różnice temperatur w uzwojeniach.

W uzwojeniach maszyn tworzą się dość znaczne różnice temperatur. Różnice te wzrastają w miarę obciążenia. W maszynach nieprzewietrzanych oraz w transformatorach u dołu jest znacznie niższa temperatura, niż u góry. W środku przekroju zwojnic temperatura jest wyższa, niż na powierzchni. Dobrze przewietrzane części są chłodniejsze, niż źle lub zupełnie nieprzewietrzane. Naj-

*) Electrical World z 29 stycznia 1927 r., o czym wzmianka w The Electrician z 1929 r., 29 lipca, str. 665.

gorętsze miejsce jest w niektórych maszynach w żłobkowych częściach zwojnic, w innych zaś — w głowicach zwojnic. Dane statystyczne podkomisji niemieckiej M. K. E., podane w ETZ, 1931 r. str. 935, w artykule Jacottet'a i Hildebranda, wykazały, że przeciętnie temperatury, mierzone termometrem są o $8,5^{\circ}\text{C}$ niższe, niż mierzone sposobem oporowym. Lecz różnice między obu rodzajami pomiarów dochodzą od $+27^{\circ}\text{C}$ do -45°C , t. j. termometrem były mierzone o 27°C wyższe i o 45°C , niższe temperatury od średnich, mierzonych sposobem oporowym.

Proste rozumowanie przekonywa nas, że jeśli pomiary były ścisłe i jeśli w uzwojeniu jest miejsce o 45°C zimniejsze od temperatury średniej, to musi też być miejsce gorętsze w przybliżeniu o 45°C ; różnica ta może być trochę mniejsza, lecz może być też i większa. W każdym bądź razie, przy zastosowaniu obu sposobów jednocześnie, jak to było w zwojniku w Niemczech, różnica na plus czy też na minus wskazywała na istnienie miejsc gorętszych, które jedynie są groźne dla izolacji.

Krytyka przepisów amerykańskich i niemieckich.

Dane statystyczne wskazują, że około 20% badanych maszyn przy pomiarze termometrowym, wykazywało temperatury wyższe, niż przy oporowym, wobec czego przepisy niemieckie, wyznaczające jednakową granicę (60°C) dla obu rodzajów pomiarów, będą źle oceniały około 20% maszyn, posiadających najgorętsze miejsca w głowicach zwojnic. Pomiar termometrowy w tych razach mierzy temperaturę miejsc najgorętszych, a w pozostałych 80% pomiar oporowy posiada taką samą granicę dla temperatury średniej.

Przepisy amerykańskie również źle oceniają maszyny, jeśli rodzaj pomiaru może być dowolnie obrany, gdyż np. w naszych warunkach pomiar termometrowy mógłby być wymagany właśnie przy maszynach, posiadających w głowicach zwojnic najniższą temperaturę. Graniczne przyrosty przepisów amerykańskich mogłyby dawać dość ścisłą ocenę przy warunku jednoczesnego pomiaru obu sposobami, gdyż w tym wypadku, jeśliby pomiar termometrowy dawał wskazania niższe, to ocenę maszyny otrzymywałoby się z pomiaru oporowego. Z danych statystycznych, wspomnianych wyżej, tylko maszyny, których temperatura mierzona termometrem była więcej, niż o 10°C wyższą od mierzonej sposobem oporowym, nie czyniłyby zadość takim przepisom. W ten sposób ujęte przepisy amerykańskie przynajmniej częściowo uwzględniałyby temperaturę miejsc gorących, choć jeśli miejsca gorące będą w żłobkowych częściach zwojnic, a temperatura mierzona termometrem w głowicach będzie znacznie niższa od temperatury średniej, co każe wnioskować o istnieniu miejsc gorących, to tego rodzaju miejsc gorących przepisy takie nie ograniczyłyby.

Przepisy oceny i badań maszyn elektrycznych w porównaniu z poprzednimi dają daleko lepszą ocenę maszyn, gdyż opartą, gdzie to jest możliwe, na pomiarze oporowym. Tylko w razie niemożliwości stosowania pomiaru oporowego ma być stosowany pomiar termometrowy, dla którego, zgodnie z danymi statystycznymi, dopuszczalne przyrosty są o 10°C niższe, niż dla oporowego. Tylko część maszyn, mierzonych termometrem,

posiadających w miejscach dostępnych do pomiaru termometrowego temperaturę wyższą od średniej, lub tylko mniej, niż o 10°C niższą, będzie oceniona źle przez nasze przepisy, t. j. oceniona inną miarą, niż maszyny mierzone sposobem oporowym.

Propozycja.

Ponieważ przepisy powinny dawać możliwie ścisłą miarę do oceny maszyn elektrycznych, więc będzie racjonalne, jeśli ocena ta zostanie oparta na dążeniu do określenia temperatury miejsc gorących w maszynach. Do pewnego stopnia będzie to możliwe, jeśli wprowadzimy do naszych przepisów zasadę dokonywania obu pomiarów jednocześnie, z warunkiem, aby pomiar termometrowy był tylko pomocniczym, a przepisy nie ograniczyłyby wysokości temperatury, mierzonej termometrem, lecz tylko różnicę na plus czy na minus między obu pomiarami, podając graniczne przyrosty tylko dla pomiaru oporowego. Osiągnęlibyśmy to przez wprowadzenie następującej poprawki do § 33 naszych przepisów O. i B. M. E.: „Pomiar sposobem oporowym, jako zasadniczy, należy w miarę możliwości przeprowadzać przy jednoczesnym pomiarze termometrowym, jako pomocniczym. Różnica między obu pomiarami w znaczeniu dodatnim lub ujemnym nie może przekraczać 10°C dla materiałów rodzaju A i 15°C dla rodzaju B. Jeśli różnica przewyższy o $t^{\circ}\text{C}$ podane powyżej 10° lub 15°C , to o tę samą wielkość $t^{\circ}\text{C}$ należy obniżyć dopuszczalny przyrost temperatury. Dopuszczalne przyrosty dla pomiaru termometrowego tablicy III dotyczą wyłącznie tych przypadków, gdzie jest stosowany tylko pomiar termometrowy. Przy jednoczesnym pomiarze obu sposobami są ważne dopuszczalne przyrosty tylko dla pomiaru oporowego.

Taka zasada poza lepszą oceną maszyn wprowadzi jeszcze powiększenie ścisłości wykonania pomiarów obu sposobami, gdyż nieścisłości spowodowane czy to złym stykiem przy pomiarze oporowym, czy też złym umieszczeniem termometrów, będą unikane. Dane statystyczne wskazują, że są wypadki, gdy różnica między pomiarem termometrowym i oporowym wynosi 25° lub też 45°C . W tym ostatnim wypadku, przy temperaturze otoczenia 40°C i dopuszczalnym przyroście dla pomiaru oporowego 60° , otrzymujemy temperaturę miejsc gorących około 145°C .

Podana powyżej poprawka do przepisów ograniczy temperaturę miejsc gorących w wielu razach do 110°C . Poprawka ta powiększy tylko ścisłość pomiarów, co jest w interesie obu stron: dostawców i odbiorców.

Poprawka ta może być podstawą do wyznaczenia granic możliwości obciążania maszyn na zasadzie wytrzymałości cieplnej materiałów izolacyjnych pę. temperatury i czasu trwania tej temperatury w gorących miejscach uzwojeń.

Dopuszczalny przyrost temperatury uzwojeń transformatorów.

Przepisy nasze na transformatory nie zostały jeszcze ogłoszone, wobec czego na czasie będzie omówienie kwestji, jakimi powinny być dopuszczalne przyrosty temperatur. M. K. E. osiągnął pewną zgodę komitetów narodowych na dopuszczalny przyrost 60°C dla materiałów rodzaju A

w oleju przy pomiarze oporowym, pomimo uporczywych żądań komitetu Stanów Zjednoczonych, aby obniżyć tę wartość do 55° C. Komitet amerykański poparł swe żądanie dowodami starzenia się materiałów izolacyjnych rodzaju A, przedstawionymi na rys. 1 i 2, z których wynika mniejsza wytrzymałość tych materiałów w oleju. Podług zasad amerykańskich 105° C jest temperaturą krańcową dla gorących miejsc w uzwojeniach, która tylko przy pewnych zastrzeżeniach może być stale utrzymywana. Zauważę tu, że przy 40° C maksymalnej temperatury otoczenia i 55° C przyrostu temperatury średniej otrzymujemy 95° C jako temperaturę krańcową średnią. Podług niemieckich przepisów R. E. T./1930 dopuszczalny przyrost dla materiałów klasy A jest 70° C, co przy temperaturze otoczenia, przyjętej przez te przepisy na 35° C, daje 105° jako temperaturę krańcową średnią. Oczywista jest jednakże wielka różnica między niemieckim i amerykańskim ujęciem kwestji. Przyjmując, że różnice temperatur w uzwojeniach są proporcjonalne do przyrostu temperatur, przy przyroście 70° musimy mieć większą różnicę między gorącym miejscem i średnią temperaturą, niż przy przyroście 55° C. Jeśli więc przy przyroście 55° C przyjęto 10° C jako tę różnicę, to przy 70° należy ją podnieść najmniej do 13° C. Nie możemy porównywać dwóch transformatorów przy różnej temperaturze otoczenia. Przyjmując 40° jako temperaturę otoczenia przy przyroście średnim 70° C, otrzymujemy temperaturę krańcową punktów gorących.

$$40 + 70 + 13 = 123^{\circ} \text{ C.}$$

Faktycznie między miejscami gorącymi i średnią temperaturą powstają różnice daleko większe, niż 13° C.

Nie ulega kwestji, że ta temperatura jest zbyt wysoka. Można by zarzucić mym wywodom, że temperatura 40° C jest bardzo rzadką w Polsce. Oczywiście w pomieszczeniach zamkniętych w Polsce w rzadkich wypadkach temperatura przekracza letnią porą 25° lub 30° C. Lecz to może być właśnie głównym powodem, chroniącym przed zniszczeniem transformatory, wykonane na zasadach przepisów niemieckich. Przyjmując najczystsze warunki pracy transformatorów w Polsce, t. j. temperaturę otoczenia 25° C, otrzymalibyśmy przy dopuszczalnym przyroście 70° C graniczną temperaturę miejsc gorących:

$$25 + 70 + 13 = 108^{\circ} \text{ C,}$$

t. j. temperaturę, niewiele różniącą się od 105° C, zalecaną przez amerykańskie przepisy; lecz wte-

dy powinniśmy przyjąć jako temperaturę otoczenia 25° C.

Względy gospodarcze przemawiają za wprowadzeniem, jeśli by to było możliwe, nawet większego dopuszczalnego przyrostu, niż w Niemczech, gdyż wtedy stosowane i wyrabiane u nas transformatory byłyby nieco tańsze, niż niemieckie. Obliczoneby to jednak było na nieświadomość odbiorców, jakimi sposobami osiągnięte zostało zmniejszenie ceny naszych transformatorów.

Otóż mam wrażenie, że powyższe obliczenie jest niewłaściwe. Głównymi odbiorcami transformatorów są wielkie nasze elektrownie, których kierownictwo będzie zwracało ogromną uwagę na różnice między dopuszczalnymi przyrostami w konstrukcji transformatorów tak, jak dziś już zwraca uwagę na straty w transformatorach. Sądzę więc, że nic nie stoi na przeszkodzie, abyśmy nasze przepisy oparli na zasadzie technicznie racjonalnej i przyjęli dla transformatorów olejowych, izolowanych materiałem rodzaju A, jako dopuszczalny przyrost 60° C pğ. propozycji M. K. E. przy maksymalnej temperaturze otoczenia 40° C. Będzie to zgodne z przepisami na maszyny, które w § 37 mówią, że materiałem rodzaju A nazywa się „bawełna, jedwab, papier i temu podobne materiały, nasycone w masie zalewnej lub zanurzone w oleju“.

Powyższy materiał przy pomiarze sposobem oporowym, jedynie możliwym dla transformatorów olejowych, w tablicy III przepisów na maszyny, otrzymał już dopuszczalny przyrost 60° C. W transformatorach suchych zaś dla jednolitości przepisów powinny być przyjęte te same wartości, co i w maszynach, z zastrzeżeniami dla ograniczeń temperatury miejsc gorących.

LITERATURA.

1) Wydawnictwa M. K. E. RM 78. 2. Secretariat 214, str. 39. Proposals of the U. S. National Committee for the I. E. C. Stockholm Meeting of I. E. C., str. 14.

2) E. T. Z., 1931, str. 739. Belastung von Transformatoren nach dem Grade ihrer Erwärmung. V. M. Montsinger, wzmianka o artykule w I. Anr. Inst. El. Eng. V. 49, pg. 293.

3) The Electrician 1932, Dec. 2., pg. 717. High Voltage Generators, o masie zalewnej, w tymże, na str. 709 o stosowaniu izolacji azbestowej.

4) The Electrician, 1927, 29 lipca, str. 665, wzmianka o izolacji azbestowej pğ. artykułu „Electrical World“ z dn. 29 stycznia 27 r.

5) E. T. Z., 1931, str. 281, H. G. Nolen, „Temperaturverteilung in Oeltransformatoren“.

RACJONALNA GOSPODARKA OLEJAMI IZOLACYJNEMI.

Dr. Stefan Namysłowski.

Obsah. Autor pojednává všeobecně o hospodaření isolačními oleji. Popisuje změny elektrické pevnosti, čištění a sušení oleje a transformátoru. Poukazuje, že doba práce oleje a transformátoru závisí nejen na druhu oleje, ale i na teplotě transformátoru v chodu. Zaznamenává nezbytnost příslušné konservace, pak navrhuje kontrolu a evidenci transformátorů a vypínačů. V odstavci o racionalisaci hospodaření doporučuje užívatí jen jediný druh oleje pro trans-

formátory a vypínače a podotýká, že polské oleje nafténové o bodu tuhnutí nižším než — 35° C vůbec se rovnají svou jakostí olejům ruským.

Streszczenie. Autor poniższego artykułu, organizator i kierownik Laboratorium Olejowego Pomorskiej Elektrowni Krajowej „Gródek“, przedstawia rys gospodarki olejami izolacyjnymi. Opisuje zmiany wytrzymałości elektrycznej, oczyszczanie i suszenie oleju i transformatora. Wskazuje, że

trwałość oleju i transformatora zależy nie tylko od gatunku oleju, ale i od temperatury, w której pracuje transformator. Charakteryzuje znaczenie i konieczność należytej konserwacji oraz podaje projekt kontroli i ewidencji transformatorów i wyłączników. Omawiając racjonalizację gospodarki, zaleca stosowanie jednego gatunku oleju dla transformatorów i wyłączników, przyczem podaje, że polskie oleje naftenowe o punkcie krzepnięcia poniżej -35°C nie ustępują co do swej wartości olejom rosyjskim.

Można śmiało zaryzykować twierdzenie, że wprowadzenie transformatorów olejowych skomplikowało jeszcze bardziej pracę elektryka. Transformatory te jednak, mimo wyższych kosztów budowy, wypierają swego konkurenta. Składa się na to wiele przyczyn. Możliwość przeciążania, a więc rezerwa dla pokrycia wierzchołków zapotrzebowania. Mniejsza wrażliwość na zwarcia i raptowne skoki obciążenia [1], mniejsze wymiary zewnętrzne i możliwość zastosowania praktycznych napięć, dochodzących obecnie już do 320 kV, — to nieliczne przykłady wyższości transformatorów olejowych nad transformatorami z izolacją i chłodzeniem powietrznym.

Transformatory olejowe tak się wcisnęły w życie elektryka, że o wyeliminowaniu ich obecnie mowy być nie może. Musimy się przeto z nimi dokładnie zapoznać, aby móc racjonalnie gospodarować. Jedną z rzeczy ciągle jeszcze dyskutowanych jest sprawa zmian wytrzymałości elektrycznej. Weźmy ją na pierwszy ogień.

Wytrzymałość elektryczna.

Wbrew częstym poglądom, wytrzymałość elektryczna zależy nietylko od samego oleju, ile od zanieczyszczeń, jakie się w nim znajdują. Każdy olej izolacyjny może być oczyszczony tak, że jego wytrzymałość elektryczna znacznie przekroczy 200 kV/cm. Nie stanie się on jednak przez to dobrym olejem izolacyjnym.

Najpospolitsze domieszki, spotykane w oleju, to — ciała obce, zawieszane mechanicznie: pył, cząstki bawełny, sadza, rzadziej osady, wydzielone z oleju. Dostają się one do oleju z naczyń, transformatorów i wyłączników, bądź też powstają w samym oleju wskutek przemian wewnętrznych. Obecność zanieczyszczeń mechanicznych obniża wytrzymałość elektryczną i dlatego też usuwamy je jak najstaranniej przed napełnieniem transformatora. Są one jednak złem stosunkowo najmniejszym i najłatwiejszym do usunięcia.

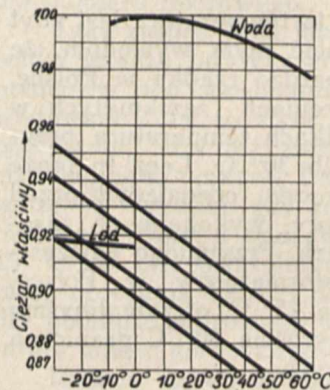
Najwięcej kłopotu sprawia nam woda, występująca w oleju w postaciach najrozmaitszych: jako woda, zawieszona mechanicznie w postaci mgły, jako woda, osiadła na dnie naczyń, i wreszcie jako woda, chemicznie związana.

Najpospolitszą postacią jest mgła, unosząca się w oleju. Składa się ona z bardzo drobnych cząstek, działających jak zawiesziny mechaniczne i obniżających w znacznym stopniu wytrzymałość elektryczną [2]. Jest też przyczyną niespodziewanych i nieumotywowanych pozornie przebiegów, wywołanych spadkiem wytrzymałości. Powstawanie mgły wodnej w oleju tłumaczymy faktem, że w gorącym oleju rozpuszcza się znacznie więcej wody, niż w oleju zimnym [3]. Po ostudzeniu przeto nadmiar wody wydziela się i tworzy subtelną zawiesinę. Wodę tego rodzaju wykrywamy przy oznaczaniu wytrzyma-

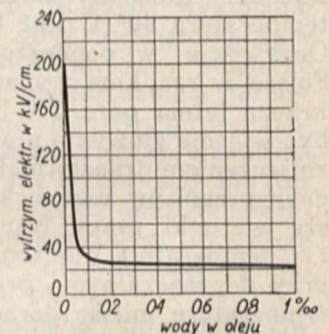
łości elektrycznej. Usuwamy ją przez wyparowanie lub sączenie. Przy tej okazji warto wspomnieć o innym wypadku podobnej mgły w oleju, pochodzącej jednak z wytraconej parafiny [4]. Właściwości elektryczne są zupełnie podobne, usunięcie jednak jest możliwe tylko przez sączenie.

Drugim rodzajem wody jest woda, osadzona na dnie naczyń, przyczem olej nad nią jest zupełnie przezroczysty. W beczkach lub cysternach pochodzi ona z mycia tych naczyń. W transformatorach natomiast zbiera się stopniowo wskutek przemian, którym ulega olej w czasie pracy [5]. Woda tego rodzaju nie wpływa poważnie na wytrzymałość elektryczną [6] i może być szkodliwa jedynie w wypadku wymieszania z olejem, albo też osiągnięcia części, stojących pod napięciem. Należy ją przeto z transformatorów usuwać i korzystać częściej z kurka, jaki normalnie znajduje się w najniższym miejscu kadzi olejowej i służy do usuwania osadu i wody, nagromadzonej z biegiem czasu na dnie transformatora [7]. Przy wyłącznikach woda taka może być powodem wypadku zwłaszcza w okresie zimowym. Zależy to od ciężaru właściwego oleju, użytego do napełnienia wyłącznika. W miarę obniżania temperatury olej staje się coraz cięższy, natomiast ciężar właściwy lodu maleje stopniowo, dochodząc do 0,92. Jeżeli użyjemy oleju ciężkiego, lód znacznie wypływa na powierzchnię i może być powodem przebiecia wyłącznika do kadzi olejowej. Rola lodu w oleju jest bowiem identyczna z zanieczyszczeniem mechanicznym i tak samo osłabia wytrzymałość elektryczną.

Trzecim rodzajem jest woda, chemicznie związana. Znajduje się ona tylko w złe przygotowanych olejach. W tej postaci jest niebezpieczna dla transformatorów z tego względu, że w pobliżu części



Rys. 1. Zmiana ciężaru właściwego przy niskich temperaturach



Rys. 2. Wpływ zawartości wody na wytrzymałość elektryczną oleju pg. Staegera.

najbardziej rozgrzanych zamienia się na parę wodną. Pęcherz pary usuwa olej i między uzwojeniami tworzy się luka, pozbawiona płynu izolacyjnego. Może to być powodem przebiecia specjalnie w razie przeciążenia lub złego chłodzenia transformatora. W oleju świeżym ten rodzaj wody nie spotyka się prawie nigdy. Obecność jej da się wykryć jedynie metodami laboratoryjnymi, gdyż w temperaturze normalnej nie wpływa ona na wytrzymałość elektryczną oleju. Usuwamy ją przez odparowanie.

Dla zobrazowania wpływu wody na wytrzymałość elektryczną oleju, podajemy wykres na rys. 1. [8].

Spa'th podaje, że już obecność 0,05% wody w oleju obniża jego wytrzymałość z 230 na 22 kV/cm. [9].

Z tematem powyższym łączy się pytanie, jaką rolę odgrywa woda, stale się tworząca w oleju. Woda ta paruje stopniowo w temperaturze poniżej 90°C. Jeżeli transformator jest zaopatrzony w pochłaniacz wilgoci i konserwator, to wody na dnie jego nie znajdujemy prawie nigdy, a wytrzymałość elektryczna również nie ulega większym wahaniom. Jeżeli transformator pracuje okresowo — woda może się wydzielić. W tym wypadku wskazane jest sprawdzenie wytrzymałości elektrycznej po każdej dłuższej przerwie.

Z zestawienia widzimy, że szkodliwymi dla oleju są: zanieczyszczenia i woda. Te przeto czynniki musimy bezwzględnie usunąć, przystępując do napełnienia transformatora. Należy jednak pamiętać, że uzwojenia jego są bardzo higroskopijne i mogą pochłaniać znaczne ilości wody, która przechodzi do oleju i zanieczyszcza go. Również przed napełnieniem należy się upewnić co do jakości oleju. Badanie jednak nie leży w możliwościach elektryka, mniej go też ono obchodzi. Praktyk winien się zadowolić orzeczeniem zaufanego laboratorium olejowego, któremu prześle próbkę oleju dla oceny. W tych warunkach elektrykowi pozostaje należyte oczyszczenie oleju i upewnienie się o jego wytrzymałości elektrycznej.

Suszenie i napełnianie transformatorów.

Przedewszystkiem upewniamy się, czy transformator jest należycie wysuszony. O ile przyszedł z olejem, nie przedstawia to trudności, gdyż wystarczy określić wytrzymałość elektryczną oleju. Jeżeli przyszedł bez oleju — musimy sprawdzić, czy jest zamknięty hermetycznie. W razie wykrycia nieszczelności, przystępujemy do osuszenia.

Suszenie wykonujemy przy pomocy dmuchawy, umożliwiającej ogrzewanie powietrza w określonych potrzebą granicach. Wpychamy do transformatora powietrze ogrzane do 90°C (nie wyżej!). Suszenie trwa 2—15 dni. Należy zwrócić uwagę, aby powietrze zawilgocone odprowadzać z pomieszczenia, w którym odbywa się suszenie. W przeciwnym razie nawet najdłuższe trwanie zabiegu nie osiągnie całkowitego wysuszenia uzwojeń transformatora.

Inny sposób polega na usunięciu wilgoci przez przepłókiwanie transformatora zażrzanym olejem. Olej ten znajduje się pod zmniejszonym ciśnieniem i w tych warunkach szybko oddaje wodę. Zmniejszenie ciśnienia stosuje się bądź w samym transformatorze, o ile jest on specjalnie na ten rodzaj suszenia przygotowany, bądź też w naczyniu osobnym. W tym ostatnim razie gorący olej przepompowuje się przez transformator. Olej, suszony w próżni, chłonie bardzo chciwie zarówno wodę, jak i gazy [10] i dzięki temu osuszenie rdzenia następuje dość szybko.

W ostatnich czasach firma AEG wypracowała bardzo pomysłowy sposób osuszania oleju w temperaturze zwykłej. Nie mieliśmy okazji wypróbowania tego sposobu. Odznacza się on dużą prostotą i łatwością użycia. Zainteresowanych odsyłamy do AEG — Mitteilungen Nr. 1 r. b. Ponieważ olej, suszony w wysokiej próżni, chłonie bardzo silnie

wodę i ten sposób mógłby się nadawać do suszenia transformatora, a byłby równocześnie sposobem najbardziej „szanującym” olej dzięki zastosowaniu najniższej temperatury. Praktyka wykaże, czy nadzieje te są słuszne.

W każdym jednak razie należy unikać suszenia transformatorów przez wygrzewanie powyżej 100°C, jak to dawniej powszechnie praktykowano [11]. Sposób ten niszczy bardzo szybko nie tylko olej, lecz i izolację uzwojeń. V i d m a r [12] podaje, że temperatura 110°C jest dla bawełny już w krótkim czasie zabójcza. Sposób wygrzewania bezpośredniego powyżej 100°C należy przeto uznać za zupełnie nieodpowiedni i szkodliwy.

Po wysuszeniu transformatora przystępujemy do jego napełnienia olejem, co z reguły łączy się z oczyszczaniem oleju, gdyż na rdzeniu mogą się znajdować zanieczyszczenia w postaci pyłu lub szczątków bawełny, a te również należy usunąć.

Dla oczyszczania stosujemy: sączenie (filtrowanie), wirowanie bądź też łączymy te zabiegi w zespół uniwersalny. Najprostsze i najczęściej stosowane w elektrowniach jest sączenie. Aparat widzimy na rys. 3. Składa się on z prasy, posiadającej przegrody, napełnione wysuszonym przy 110°C papierem filtracyjnym (sączkami). Przez sączki przepływa olej pod ciśnieniem 2 do 5 atmosfer. Woda i zanieczyszczenia mechaniczne zostają całkowicie zatrzymane. Przepompowywanie oleju powtarza się kilkakrotnie aż do chwili, gdy olej wykaże pożądaną wytrzymałość elektryczną. Zwykle prasę załącza się tak, aby oczyszczanie odbywało się w sposób ciągły. Olej dopływa z dołu transformatora do prasy, po oczyszczeniu wpada do naczynia rezerwowego, w którym oddzielają się pęcherzyki powietrza, stąd dopiero wraca do transformatora. Pracę można uważać za ukończoną, gdy wytrzymałość el. przekroczy 150 kV/cm.

Przy sączeniu należy unikać ogrzewania, gdyż wtedy woda rozpuszcza się w oleju i usunięcie jej jest niemożliwe. Woda taka, jak to już poprzednio wspominaliśmy, wydziela się po ostygnięciu oleju i zmniejsza wytrzymałość. Ponieważ sączenie w temperaturze normalnej idzie powolnie, praktycy dla przyspieszenia niejednokrotnie ogrzewają olej. Tego błędu należy jak najkategoryczniej unikać, gdyż niweczy on całą pracę oczyszczania oleju.

Sączenie nadaje się bardzo dobrze dla ostatecznego oczyszczania olejów świeżych. Oleje używane zbyt prędko zabijają sączki. Trzeba je wymieniać, a to podnosi koszt sączenia. Ze względu na obecną cenę sączków oraz prostotę i łatwość użycia sączenie bywa powszechnie jednak i w tym wypadku stosowane.

Inny sposób oczyszczania polega na wirowaniu (centryfugowaniu) oleju. W tym celu przepuszczamy olej przez wirówkę, która odrzuca części stałe i wodę zawieszoną. Ujemną stroną wirówki jest podgrzewanie oleju, gdyż dopiero w temperaturze powyżej 50°C działanie wirówki może być skuteczne. W tej temperaturze wzrasta jednak zarówno rozpuszczalność wody, jak i ciążliwość asfaltowych, które w tej postaci nie dają się usunąć przez wirowanie i wydzielają się po ostygnięciu oleju [13]. Najnowsze konstrukcje wirówek przewidują przeto równoczesne odparowywanie wody przy za-

stosowaniu zmniejszonego ciśnienia. Cała praca odbywa się wtedy w wysokiej próżni. Wyniki tak otrzymane są przy nowych olejach zupełnie zadowalające.

Zaletą wirówki jest niewielki koszt oczyszczania oleju, [14] wadą — konieczność podgrzewania i jego następstwa. To też dla oczyszczenia olejów, silnie zabrudzonych, lecz jeszcze dobrych, stosuje się zespoły uniwersalne, łączące wszystkie opisane wyżej aparaty w jedną całość. Olej najpierw idzie do osadnika, zatrzymującego grubsze zanieczyszczenia. Następnie podgrzewa go się do 50—60°C i przepuszcza przez wirówkę, gdzie oddaje zanieczyszczenia mechaniczne drobniejsze. Wtedy dostaje się do naczynia ze zmniejszonym ciśnieniem i tutaj oddaje pochłoniętą wodę i gazy. Po ochłodzeniu przechodzi przez prasę i wraca do transformatora. Tego rodzaju zespoły okazały się w praktyce najodpowiedniejsze. Są one nie tylko uniwersalne i mogą służyć do oczyszczania nawet bardzo brudnych olejów (wyłączniki), ale jednocześnie — najtańsze i najsprawniejsze w działaniu.

Olej oczyszczony posiada właściwości, z którymi się należy liczyć. Chłonie on bardzo chciwie wilgoć powietrza oraz gazy. Trzeba go przeto trzymać w naczyniach szczelnie zamkniętych, albo też zabezpieczonych przed wilgocią za pomocą substancji, pochłaniających wilgoć.

Po dłuższej pracy transformatora, napełnionego nawet najstaranniej, spostrzegamy dopiero, czy olej jest dobry, czy zły. Wskazuje na to jego wygląd: przejrzysty lub mętny, wskazuje ilość osadu, wydzielanego w oleju. Barwa nie jest czynnikiem

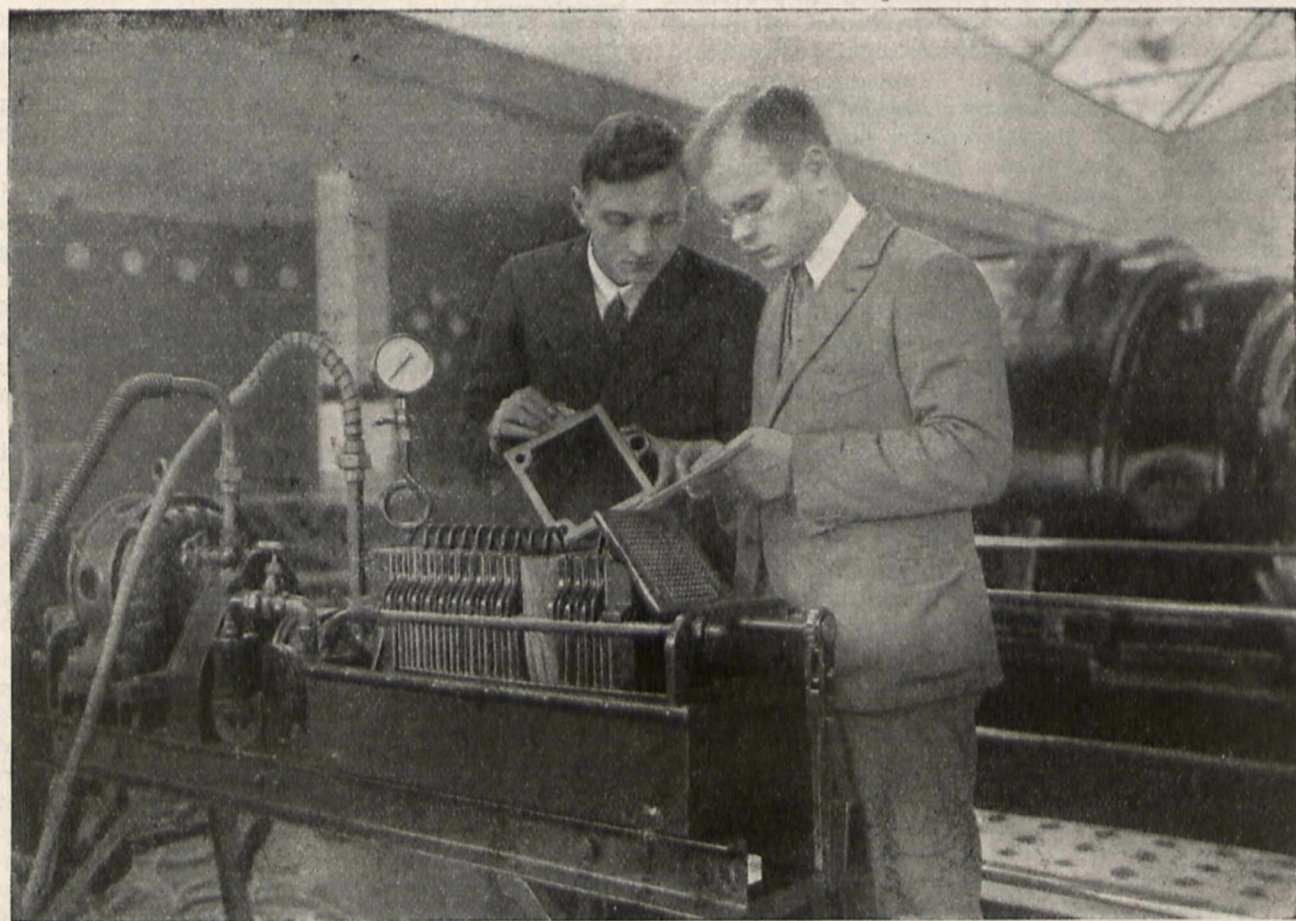
decydującym. Oleje zmieniają ją dość szybko, głównie pod wpływem lakierów i środków impregacyjnych [15], lecz nie może ona dać wskazówek co do wartości oleju. Zmiany te zachodzą samorzutnie, wolniej lub prędzej, lecz stale. Zorientujmy się w najważniejszych choćby właściwościach oleju.

Właściwości oleju izolacyjnego.

Olej nie jest środkiem idealnym, jakiegoby sobie życzyć mógł elektryk. Posiada on szereg wad, których przy obecnym stanie techniki usunąć nie potrafimy. Już sama różnorodność olejów, spotykanych w handlu, zmusza elektryka do wyboru i świadczy, jak dalecy jesteśmy od ideału.

Nawet najlepsze oleje prędzej lub później, zależnie od warunków, w których pracują, ulegają rozkładowi. Wydzielają osady, utrudniają chłodzenie transformatora, tworzą kwasy i zmieniają wytrzymałość elektryczną [16]. Zmiany te zachodzą stopniowo, lecz stale. Uchwycenie momentu, gdy zaczynają zagrażać transformatorowi, jest bodaj najtrudniejszym zadaniem, z jakim spotykamy się w praktyce.

Zachowanie się oleju w transformatorach zależy od gatunku ropy, z jakiej został przygotowany, a przede wszystkim od sposobu przeróbki w rafinerjach. Rozróżniamy dwa zasadnicze rodzaje olejów: olej naftenowy i parafinowy. Oleje te posiadają właściwości różne. Nie wdając się w omawianie szczegółów chemicznych, ograniczamy się do rozpatrzenia najważniejszych różnic, jak również klasyfikacji ogólnej tych olejów.

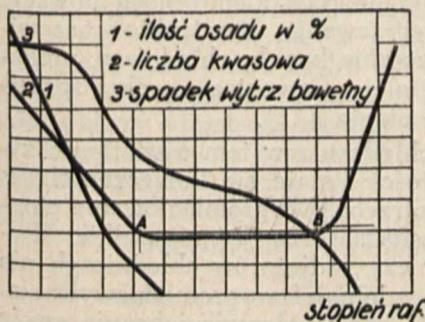


Rys 3. Prasa do sączenia oleju systemu ASEA.

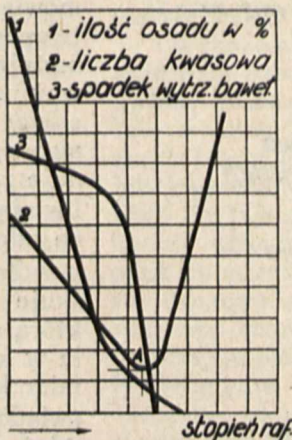
Olej surowy, otrzymany przez destylację ropy naftowej, zostaje poddany dalszemu uszlachetnieniu przez działanie różnych czynników chemicznych. Nazywamy to rafinowaniem oleju. Zależnie od ilości użytych chemikaliów, siły i czasu ich działania, otrzymujemy oleje rafinowane słabo lub mocno, bądź też przerafinowane. Rafinacja decyduje o właściwościach olejów i ich zachowaniu w transformatorze. Dla sprawdzenia przydatności i ich klasyfikacji poddano ten sam olej różnym stopniom wyrafinowania i określono wpływ tak otrzymanych olejów na bawełnę, oraz oznaczono ilość kwasów i osadów, wytworzonych w tych olejach pod wpływem identycznych warunków [17]. Rys. 4 i 5 podają wykresy dla obu rodzajów oleju. Krzywe oznaczają ilości osadu, kwasów oraz spadek wytrzymałości bawełny. Widzimy, że w miarę powiększania stopnia wyrafinowania olejów ilość osadu spada, kwasowość wzrasta w olejach przerafinowanych, natomiast wytrzymałość bawełny stale, lecz powolnie maleje.

Rys. 4 wykazuje, jak się zachowuje olej naftenowy (bezparafinowy). W punkcie A ilość wytworzonego kwasu przestaje się zmieniać przez czas dłuższy. Zdolność tworzenia osadów zaraz za tym punktem spada do zera. Gdyby nie porównawcza wartość bawełny, można by sądzić, że oleje, silnie rafinowane, są najodpowiedniejsze do celów elektrotechnicznych. Nie wytwarzają one osadów, utrudniających wymianę ciepła, a ich kwasowość nie ulega większej zmianie. Rzeczywiście te oleje stosowano przez długi czas w Anglii (marynarka), obecnie jednak zarzucono je. Powód do tego dał silny wpływ olejów przerafinowanych na bawełnę. Widzimy bowiem, że w miarę zanikania osadu, spada również raptownie i wytrzymałość bawełny. Tłumacząc to na język praktyka, można powiedzieć, że bawełna ulega przedwczesnemu zniszczeniu. Musimy przeto iść na kompromis i wybrać taki olej, który wprawdzie wytwarza nieznaczne ilości osadów, lecz nie nadwyręża bawełny przedwcześnie.

Wykres na rys. 5 wykazuje zachowanie się olejów parafinowych w tych samych warunkach. Spadek wytrzymałości bawełny jest tutaj bez porównania raptowniejszy. Skoki kwasowości wykazują, że w oleju zachodzą jakieś niespodziewane zmiany. Punkty przejścia od oleju dobrego do złego są niezwykle raptowne. Cecha ta świadczy, że otrzymywanie dobrego oleju parafinowego jest bezporównania trudniejsze i małe różnice w rafinowaniu mają już ogromny wpływ na właściwości tych olejów. Że tak jest



Rys. 4. Rafinacja i utlenienie oleju naftenowego pg. Staegera.

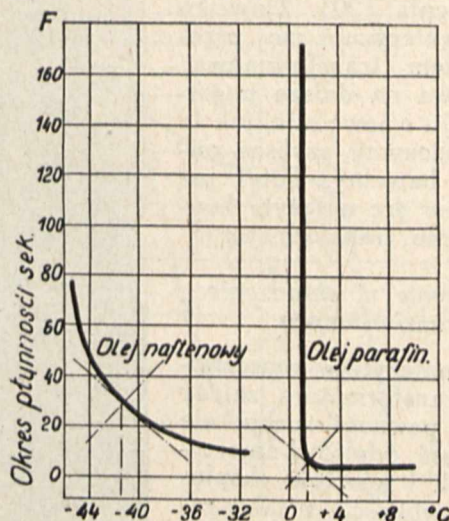


Rys. 5. Rafinacja i utlenienie oleju parafinowego pg. Staegera.

rzeczywiście, świadczy najlepiej silne wahanie wartości olejów, znajdujących się w handlu.

Elektrykowi jednak chodzi o towar możliwie równomierny, gdyż wtedy jego kłopoty z zakupem oleju znacznie maleją. Tym może faktem należy tłumaczyć zjawisko, że oleje parafinowe nie znalazły szerszego zastosowania.

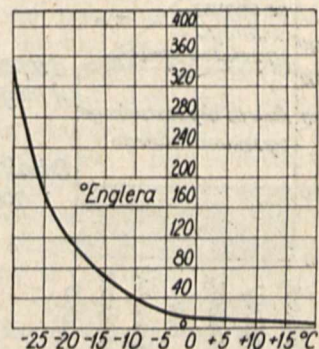
W Europie bowiem dla celów izolacyjnych prawie powszechnie stosuje się oleje naftenowe, odznaczające się równocześnie znaczną płynnością w niskich temperaturach. Cecha ta jest bardzo pożądana dla oleju wyłącznikowego, specjalnie w wypadku umieszczenia go na otwartym powietrzu. Oleje parafinowe nie nadają się bowiem do tego celu zupełnie, gdyż zastygają już około 0°C.



Rys. 6. Krzepnięcie olejów przy niskiej temperaturze.

Wybierając olej dla napelnienia transformatora czy wyłącznika, należy żądać, aby był on możliwie lekkopłynny [18], nie zamarzał w niższych temperaturach, nie był łatwopalny i nie ulegał zbyt szybko zmianom. Czynniki te decydują przede wszystkim o konieczności wymiany oleju, a to zawsze pociąga za sobą koszty i przerwę w pracy.

Nie wdajemy się w omawianie wszystkich właściwości, gdyż one niewiele mówią elektrykowi. Wskazówki znajdziemy zawsze w przepisach na oleje izolacyjne, a i tak zmuszeni będziemy do zasięgnięcia rady u zaufanych specjalistów olejowych. Laboratorium olejowe, do którego mamy zaufanie, da w tym wypadku najlepszą radę, jak to już poprzednio wspominaliśmy.



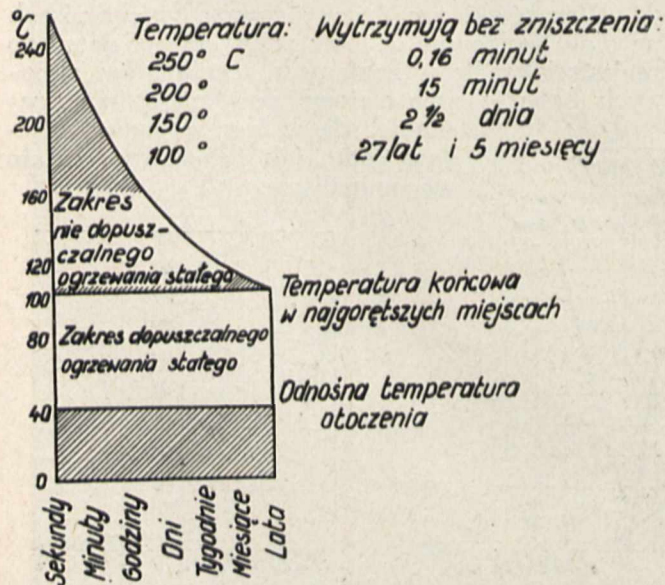
Rys. 7. Zależność lepkości (lepkości) od temperatury.

Wracając do sprawy zachowania się oleju w transformatorze, zmiany, które w nim zachodzą, nazywamy starzeniem oleju. Charakteryzuje się ono początkowo dość szybkim wzrostem kwasowości, zawilgoceniem transformatora, aż pewnego dnia olej zaczyna wydzielać osady. I to jest chwila, w której należy olej wymienić. Sączenie, czy wirowanie, to — pomoc na kilka miesięcy, — potem wraca stan pierwotny [19]. Osady te zmniejszają wytrzymałość elektryczną i pokrywają uzwojenia i ściany transformatora warstwą, utrudniającą intensywną wymianę ciepła [20]. Zjawisko to charakteryzuje się przegrzewaniem transformatora, co wpływa na dalsze pogorszenie oleju i powoduje, jak to niżej zobaczymy, szybsze zniszczenie bawełny. Tutaj już wchodzi w grę należyte konserwowanie transformatora.

Ustawienie i chłodzenie transformatora.

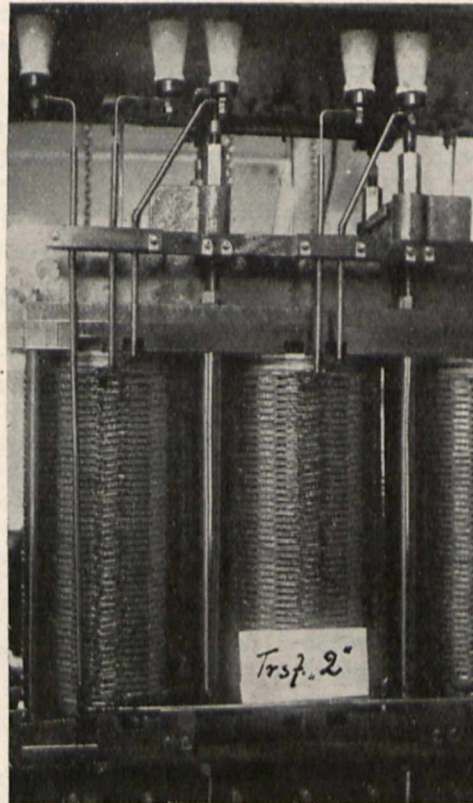
Od należytego konserwowania transformatora zależy nie tylko pewność ruchu, ale i wysokość odpisów amortyzacyjnych i kosztów eksploatacji. Szybkość, z jaką zachodzą zmiany w oleju, zależy w ogromnym stopniu od temperatury, w której pracuje transformator. O temperaturze jednak decyduje intensywność chłodzenia, a więc i wybór miejsca, w którym stanie transformator. Jak z tego widać, konserwacja rozpoczyna się już w chwili ustawienia.

Miarodajną dla trwałości transformatora i bezpieczeństwa ruchu jest przede wszystkim tempe-



Rys. 10. Dopuszczalne ogrzewanie stałe organicznych materiałów izolacyjnych pg. Hobarta.

ratura jego uzwojeń w czasie pracy. Obok żelaza, miedzi i oleju w każdym transformatorze znajdują się: bawełna, papier bakelizowany, preszpan, drzewo, lakier, masa do zalewania izolatorów i t.p. składniki organiczne. Materiały te służą nie tylko do izolowania uzwojeń, ale tworzą niejako szkie-



Rys. 8. Rdzeń transformatora po 8-iu latach pracy w dobrym oleju. „Gródek”.



Rys. 9. Rdzeń transformatora, pokryty osadem ze złego oleju.

let spajający, który zapewnia należyłą pozycję cewek i uzwojeń. Zniszczenie ich uniemożliwia naprawę nawet drobnych uszkodzeń i powoduje z reguły zanieczyszczenie oleju i zmniejszenie jego wytrzymałości elektrycznej. Rys. 10 podaje, jak się zachowują te materiały przy różnych temperaturach [21].

Z zestawienia tego wynika, że np. trwałość bawełny, użytej do izolacji w temperaturze powyżej 200°C liczy się zaledwie na minuty. Inaczej mówiąc w tym czasie ulega ona zniszczeniu. W temperaturze poniżej 100°C ta sama bawełna pozostaje przez lata całe bez większej szkody. Ponieważ uzwojenia transformatora zagrzewają się najsilniej i w nich przede wszystkim mogą powstać niebezpieczne przegrzewania, konstruktor przewiduje z góry specjalne kanały chłodnicze, umożliwiające krążenie oleju wewnątrz cewek i sprawne odprowadzenie ciepła [22].

Zagadnienie chłodzenia w tem oświetleniu dyskuje na wyrazistości i staje się koniecznością, z którą się liczyć potrzeba. Wypromieniowanie ciepła w każdym transformatorze jest niewielkie. Wymiar kieszeni, rur czy radiatorów chłodniczych nie świadczy wcale o zdolności wypromieniowywania, gdyż zacierają się one wzajemnie i kasują swoje działanie [23]. Czynnikiem istotnym w chłodzeniu transformatora jest przewodnictwo ścian oraz na-

leżyte przewietrzanie pomieszczenia. Są to czynniki, które uwzględniamy już przy wyborze miejsca.

Pod uwagę możemy wziąć dwa wypadki, najczęściej spotykane: ustawianie na otwartem powietrzu lub w pomieszczeniu zamkniętym.

Ustawianie na otwartem powietrzu jest jeszcze stosunkowo nowe. Do niedawna ustawiano transformator w budkach blaszanych, obecnie coraz częściej umieszcza się go bez dodatkowych osłon. Oba wypadki — z budką czy bez — w rozumieniu cieplnym można traktować pod wspólnym kątem widzenia [24]. Chcąc ustawić transformatory większych mocy na otwartem powietrzu, wybieramy miejsca przewiewne, o ile możliwości nie wystawione na bezpośrednie działanie słońca. Ustawienie w miejscu ciasnym, ze wszystkich stron obudowaniem nie zapewnia należytego chłodzenia.

Przy ustawieniu pod dachem, przedewszystkiem zwracamy uwagę na izolację cieplną ścian. Jest to czynnik, który może sprowadzić rolę elementów chłodniczych kadzi olejowej do zera, przeszkadza bowiem i tamuje wymianę ciepła. Przewidujemy zawczasu jaknajlepszą wentylację, umożliwiającą dopływ powietrza zimnego (dołem) i odprowadzenie nagrzanego (góraj) [25]. W razie przeciążenia transformatora przewietrzanie naturalne może się okazać niedostatecznym. Stosujemy wtedy wentylator. Przy silnych i długotrwałych przeciążeniach używamy w „Gródku” rurę dziurkowaną, umieszczoną na wysokości $\frac{2}{3}$ transformatora. Otwory rury są zwrócone ukośnie na kieszenie kadzi olejowej. Przez rurę włączamy silny strumień powietrza, pozostawiając swobodny odpływ przez górny otwór wentylacyjny. Przy takim urządzeniu nawet przy przeciążeniu 35% nad normę utrzymujemy temperaturę w granicach normalnych.

Przy kontroli chłodzenia nieocenione wprost usługi oddaje systematyczny pomiar temperatury. Najlepiej nadaje się termometr elektryczny, wykazujący bezpośrednio temperaturę uzwojeń. Lecz i zwykły termometr, umieszczony w najwyższych, a więc i najgorętszych warstwach oleju, może również wiele powiedzieć. Trzeba tylko pamiętać, że uzwojenia mają temperaturę o 10—30°C wyższą od temperatury oleju. Różnica ta dotyczy transformatora napełnionego olejem dobrym. W innych wypadkach może być ona znacznie wyższa.

Gdy temperatura maksymalna transformatora nie przekracza 60°C, olej konserwuje się bardzo dobrze.

Jeżeli chłodzenie transformatora uległo stopniowo zmianie, bez widocznych powodów, przyczyną może być osad, wydzielony w oleju. Tworzy on dodatkową warstwę izolacyjną, utrudniającą wymianę ciepła. W tym razie należy oczyścić transformator i wymienić olej w czasie możliwie krótkim. Podtrzymywanie ruchu tak chorego transformatora prowadzi do przedwczesnego zużycia ze wszystkimi ujemnymi skutkami i możliwościami.

Bezpośrednio z tym tematem łączy się sprawa uzupełniania i wymiany oleju.

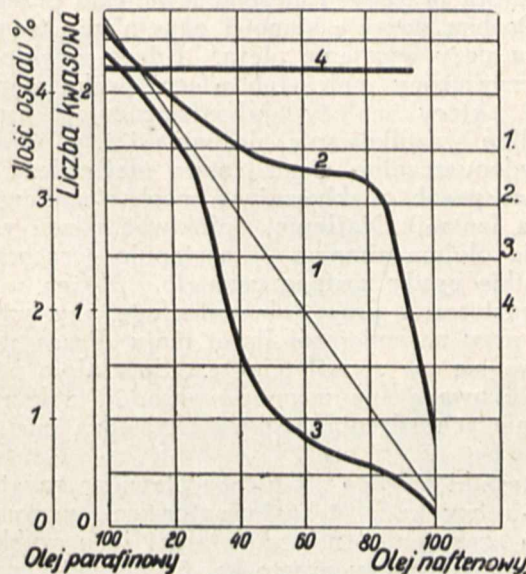
Uzupełnianie i wymiana oleju.

W miarę ubywania oleju w transformatorze, musimy go uzupełniać tak, aby kadź olejowa była wypełniona. Do uzupełniania należy używać tego samego gatunku oleju. Staeger podaje, że na-

wet mieszanie olejów o różnym stopniu wyrafinowania nie jest wskazane. Zmiany, zachodzące w oleju mieszanym różnych gatunków, wykazuje załączona rycina (Rys. 11). [26].

Krzywe kwasowości i ilości osadów przebiegają nierównomiernie, udowadniają tem samem, że oleje zmieszane nabierają innych właściwości, nie dających się obliczyć teoretycznie.

Z doświadczeń „Gródka” podajemy, że mieszanie oleju rosyjskiego z pierwszorzędnym olejem naftenowym polskim, nie budzi obaw. Mieszanki zachowują się bez większych zmian. Wskazuje to na duże podobieństwo olejów izolacyjnych polskich i rosyjskich, mających markę najlepszych olejów świata.



Rys. 11. Zachowanie się mieszanin olejów p.g. Staegera.
1—L. kwas. przed utlen., 2—l. kwas po utlen., 3—ilość osadu, 4—spadek wytrzymałości bawełny.

Drugą kwestją jest wymiana oleju. Trudno tutaj dać wskazówki ogólne. Znamy oleje, które po 10 latach są jeszcze zdadne do użytku. Są jednak i takie, które po dwu latach wymagały zamiany. Zależy to nie tylko od oleju, ale i od warunków pracy transformatora. Ilość lat, w ciągu których pracował olej, nie może być absolutnie miarą dalszej przydatności. Im wyższa temperatura transformatora, im bardziej niedbała konserwacja, im bardziej różnorodne oleje stosowano do uzupełniania — tem prędzej olej ulega zepsuciu.

Wskazówki co do wartości oleju używanego daje nam oznaczenie liczby kwasowej i zmydlenia. Liczba kwasowa oleju nie powinna przekraczać 1,2. Kwasowość wzrasta szybko w ciągu pierwszych pięciu lat, potem — powolnie. Już przy liczbie kwasowej = jedności olej wykazuje skłonność do tworzenia osadów. Liczba zmydlenia wykazuje powstawanie kompleksów, przyspieszających tworzenie osadów. Jako uzupełnienie stosuje się oznaczenia liczby smołowej i popiołu. Liczba smołowa charakteryzuje skłonność do tworzenia osadów, popiół podaje, czy w oleju nie wytworzyły się mydła metaliczne, np. przy zastosowaniu uszkiełek ołowianych. O konieczności badania wytrzymałości elektrycznej mówiliśmy już uprzednio.

Badania chemiczne oleju wymagają znacznego przygotowania fachowego, a przedewszystkiem

praktyki, umożliwiającej należytą ocenę uzyskanych wyników, to też ich wykonywanie należy powierzać tylko zaufanej instytucji.

Aby skutecznie wymianę w czasie właściwym, należy oleje systematycznie badać. Transformatory duże — 1—2 razy do roku, małe — co 3—4 lata. Wskazówką dla częstości badania są jedynie warunki pracy transformatora. Jeżeli transformator zagrzewa się zbyt, jeżeli jest przeciążony, jeżeli temperatura przekracza często normalne granice, tem częściej należy przeprowadzać kontrolę. Kwota, wydatkowana na przeprowadzenie badań oleju, jest niewspółmiernie nikła w porównaniu z wartością transformatora i pewnością ruchu. Jest jakby najtańszem ubezpieczeniem transformatora przeciwko niespodziewanemu przebiciu.

Osobną pozycję stanowi napełnianie transformatora przy wymianie oleju. Rdzeń zwykle jest zanieczyszczony mniej lub więcej grubą warstwą osadu, który należy jaknajstaranniej usunąć. Wszelkie szczerki, drapania i t. p. uzwojeń są niedopuszczalne. Osad i stary olej należy usuwać w sposób, wykluczający mechaniczne uszkodzenia izolacji. Najlepiej spłókiwać rdzeń wielokrotnie olejem zimnym i następnie gorącym, aż wszystkie osady zostaną usunięte. Można w tym celu zastosować prasę lub centryfugę, aby uzyskać efekt przy najmniejszej ilości oleju. Praca wtedy odbywa się w sposób ciągły. Specjalnie należy zwrócić uwagę na usunięcie osadów z kanałów chłodniczych rdzenia, w których siedzą one dość silnie.

Resztki starego oleju, pozostawione czy to na rdzeniu czy kadzi transformatorowej, przyczynią się do „zarażenia” nowego oleju i jego szybkiego zniszczenia. Należy przeto każdą (kieszenie, radjatory) jak najstaranniej oczyścić mechanicznie. Przyczyni się to do lepszego przewodnictwa ciepła i intensywniejszej jego wymiany. Po starannem oczyszczeniu wszystkich części spłókuje się olejem świeżym i dopiero przystępujemy do napełnienia transformatora w sposób opisany w poprzednich rozdziałach.

Przy tej okazji już samo obserwowanie ścian kadzi i pokrywy mówi nieraz wiele. Na pokrywie transformatorów spotykamy często grubą warstwę „rdzy”. Są to rzeczywiście związki żelaza i powstają w tym wypadku, gdy transformator nie był całkowicie wypełniony i para wodna, wydzielająca się z oleju, miała dostęp do pokrywy. Zastosowanie konserwatora i uzupełnianie oleju uniemożliwiło to zjawisko. Rdza siedzi dość słabo. Jeżeli przy pracy transformatora dostanie się między uzwojenia — efekt łatwo przewidzieć. Mówi nam to o sposobie konserwowania transformatora. Umiejętna obserwacja rdzenia i kadzi w czasie oczyszczania może dać wiele cennych wskazówek.

Ze sprawą tą łączy się kwestja, czy warto regenerować oleje we własnym zakresie. Biorąc pod uwagę koszt urządzenia regeneracyjnego i ilość oleju, corocznie podlegającego wymianie w przeciętnej elektrowni polskiej, uznać należy regenerowanie przez zakłady za rzecz zbyt kosztowną. Urządzenie takie opłacić się może dopiero przy regeneracji dziesiątków tonn rocznie.

Osobna wzmianka należy się wyłącznikom olejowym. Przy ich napełnianiu i oczyszczaniu stosuje się sposoby te same, co przy transformato-

rach. Wszystko, powiedziane wyżej w sprawie oleju, można przeto rozciągnąć na wyłączniki. Są jednak pewne różnice.

Wyłączniki olejowe.

Wyłączniki olejowe, o ile chodzi o konserwację, mają mniejsze wymagania od transformatorów. Części ich wewnętrzne są prostsze i odporniejsze, a więc i wpływ oleju na nie mniejszy. Nie dotyczy również wyłącznika kwestja chłodzenia. Temperatury, powstające przy wyłączaniu, często przekraczają 3000°C. W tych warunkach każdy olej ulega rozkładowi. Tworzy się sadza i gazy, które muszą mieć swobodny wylot, gdyż inaczej rozerwą wyłącznik. Im dłużej trwa wyłączanie, im bardziej jest obciążony wyłącznik, tem więcej niszczy i zanieczyszcza olej i tem silniej „pluje”.

Musimy przeto osiągnąć jak najszybsze gaszenie łuku. Osiągamy to przez zastosowanie możliwie najbardziej płynnego oleju. Użycie wyłącznika z olejem zamrożonym jest niemożliwe, gdyż części wewnętrzne są unieruchomione. W oleju zbyt gęstym i bliskim zastygnięcia, wyłączenie może się odbyć z największym trudem, łuk jednak trwa przeciętnie dwa razy dłużej, a ilość ciepła i gazów jest bardzo znaczna. Wyłączenie w tych warunkach jest zawsze związane z ryzykiem, mogącem spowodować eksplozję wyłącznika i pożar oleju.

Dla wyłączników elektrycznych trzeba przeto z reguły stosować oleje o niskim punkcie krzepnięcia, a więc oleje naftenowe. Zestalenie oleju może następować nie prędzej, niż przy —35°C.

Punktem ciężkości, jeżeli chodzi o oleje wyłącznikowe, jest ich płynność, punkt krzepnięcia [27] i wytrzymałość elektryczna, mniejszą natomiast rolę odgrywa trwałość oleju [28]. Można przeto do napełniania wyłączników użyć nawet tych olejów, które już pracowały w transformatorach. Należy jednak częściej sprawdzać ich wytrzymałość elektryczną. Kontrola jest pożądana po każdym cięższym wyłączeniu ze względu na spadek wytrzymałości, spowodowany systematycznym wydzieleniem się sadzy.

Czyszczenie wyłączników ze względu na ich konstrukcję nie nasuwa większych trudności, pomijamy przeto jego opis.

Racjonalna gospodarka.

Zagadnienie gospodarki możemy podzielić na dwa działy. Pierwszy—to konserwacja oleju i transformatora. Omówiliśmy ją obszernie poprzednio, jednak dla przeglądu zestawiamy ją w formie możliwie lapidarnej.

1. Oleje naftenowe są najlepsze i najtańsze w użyciu.

2. Olej przed zastosowaniem należy oczyścić i osuszyć. Niewłaściwe suszenie — to efekt na chwilę.

3. Chłodzenie transformatora decyduje o czasie, w ciągu którego będziemy mogli korzystać z oleju i transformatora. Oleje, pracujące w transformatorach o maksymalnej temperaturze 60°C, mogą nawet po 10-ciu latach być zdadne do użytku.

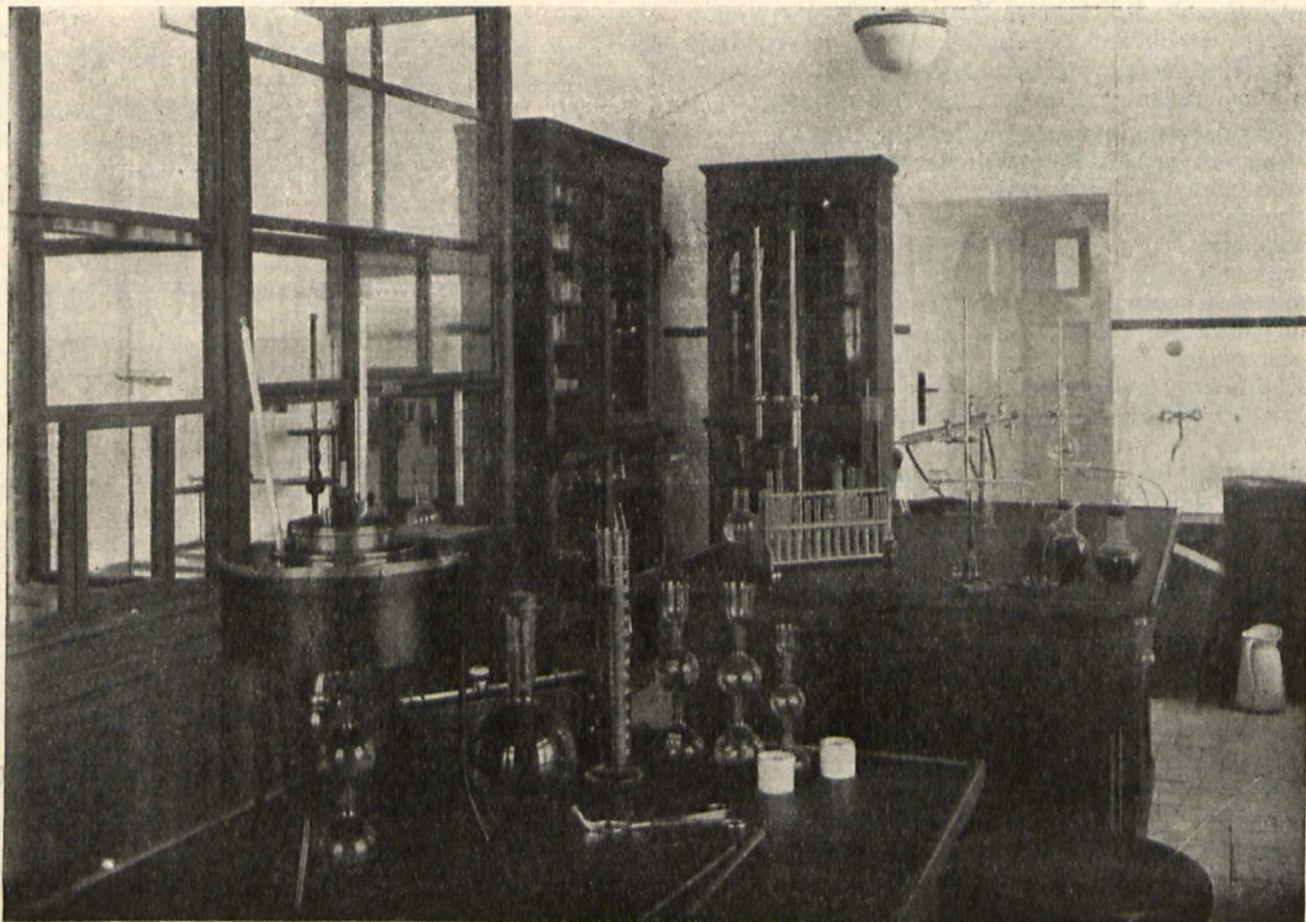
4. Dla wyłączników olej musi być bardzo płynny i nie powinien zamarzać nawet w czasie największych mrozów.

5. Olej trzeba pielęgnować. Sprawdzenie systematyczne wytrzymałości elektrycznej i właściwości chemicznych oleju to najtańsza asekuracja przed niespodziewanym przebiegiem. Zastosowanie konserwatora jest bardzo pożądane.

6. Uzupełniać olej transformatorów i wyłączników należy zawsze tym samym olejem. Mieszanie różnych gatunków oleju niszczy olej i transformator.

zo, różnych typów, różnej mocy i napięć, tam na pewno istnieje mniej lub więcej dokładna ich ewidencja. Zaprowadzenie szczegółowych kart, obejmujących obok danych elektrycznych, warunków pracy, miejsca ustawienia oraz przeróbek i poprawek transformatora jeszcze i stronę olejową, jest bardzo wskazane. Karty te w sprawie olejowej winny zawierać następujące punkty: [29]

1. rodzaj oleju, użytego do napełniania, jego



Rys. 12. Oddział olejów izolacyjnych w Laboratorium „Gródka”.

7. Gdy liczba kwasowa oleju przekroczy 1 — olej wymaga wzmożonej opieki i kontroli.

8. Oleju, wydzielającego osady, nie warto stosować dla transformatorów nawet po oczyszczeniu. Po krótkim czasie osad znowu wydziela się. Napełnienie takim olejem jest zawsze niepewne w skutkach. Olej taki należy wymienić lub poddać go regeneracji.

Drugi dział — to organizacja gospodarki. W większości przedsiębiorstw transformatory i wyłączniki napełniano w różnym czasie. Kiedy, jakim olejem — rzadko kto pamięta. Jeżeli w międzyczasie zmieniło się kierownictwo i personel, odszukanie danych w tej sprawie jest nielatte, a czasem niemożliwe. W tem samym przedsiębiorstwie znajdują się oleje najróżnorodniejsze. Mieszanie różnych gatunków przy uzupełnianiu i jego skutki są na porządku dziennym. Czyby nie należało uproszczyć tego zagadnienia? Wystarczy zaprowadzić karty transformatorowe i wyłącznikowe i zunifikować gatunek oleju.

Gdzie transformatorów i wyłączników jest du-

najważniejsze właściwości (płynność, punkt krzepnięcia), dokładna marka fabrykatu, data napełnienia oraz szczegóły, dotyczące oczyszczenia) sączony, wirowany, suszony przy ...° C i t. p.).

2. Wykaz dopełniania transformatora i wyłącznika, marka oleju, ilość dolana, data.

3. Kontrola wytrzymałości elektrycznej, data, wynik badania.

4. Kontrola badań chemicznych, data pobrania próbki, badania, wynik i orzeczenie.

Pożądane jest również notowanie najwyższych temperatur, osiąganych przez transformator w ruchu.

Następnym zagadnieniem jest ujednostajnienie oleju, używanego dla celów izolacyjnych. Stosując olej o niskim punkcie krzepnięcia (około -35°C), uzyskujemy znaczne ułatwienia. Odpada potrzeba podtrzymywania biegu jałowego w czasie mrozów, konieczność trzymania na składzie dwu rodzajów oleju. Zyskujemy możliwość dowolnego umieszczania transformatorów i wyłączników zarówno na otwartym powietrzu, jak i pod dachem,

zmniejszamy znacznie zapasy oleju, przeznaczonego do uzupełniania, unikamy pomyłek, spowodowanych mieszaniami olejów przy uzupełnianiu.

Zmian gospodarki nie potrzebujemy przeprowadzać rewolucyjnie. Wystarczy, jeżeli każdy transformator przy najbliższej wymianie oleju napełnimy olejem tej samej marki, uznanym za najlepszy. W Polsce oleje naftenowe krajowe nie ustępują co do swej dobroci olejom zagranicznym, a dziwnym zbiegiem okoliczności są tańsze od parafinowych. Jak ta zagadka powstała, nie wiemy. Istnieje jednak ten fakt, korzystny dla elektryków. W tych warunkach zaprowadzenie unifikacji olejów nie powinno napotykać na żadne trudności.

Z organizacją wiąże się jeszcze i inna sprawa. W naszych przedsiębiorstwach zbyt często jeszcze o zakupach decyduje wyłącznie oddział kupiecki. Wskutek tego popełnia się błąd, przyjmując, że „niska cena” i „najtaniej” to jedno i to samo. Tak jednak nie jest. „Najtaniej” to znaczy z uwzględnieniem kosztów amortyzacyjnych, z uwzględnieniem pewności ruchu. Cena samego towaru — to dopiero część wydatków! Weźmy dla przykładu olej! Musimy uwzględnić, jak się będzie zachowywał w transformatorze, jakiej wymaga konserwacji, kiedy go będziemy musieli wymienić. Suma tych wydatków plus straty, spowodowane utrudnieniami ruchu — to dopiero daje nam właściwą cenę. I dlatego najtańszy będzie zawsze olej najlepszy.

Podobnie sprawa ma się z wyposażeniem transformatorów. Winno ono być nieodłączne od transformatora. Termometr — to niejako przyrodzony składnik, niezbędny dla postawienia diagnozy co do stanu transformatora i oleju. Daje on możliwość przewidywania i zapobiegania uszkodzeniom [30].

Podobnie i konserwator napotyka na niesłuszne uprzedzenia. Dostęp powietrza i wilgoci powoduje silne utlenienie oleju, a co za tem idzie jego przedwczesne zanieczyszczenie i starzenie. I w tym przeto wypadku oszczędność nie jest na miejscu.

Kwestje, omawiane powyżej, mają za sobą już okres próbny. Zostały one zastosowane w „Gródku” i dały wyniki jaknajlepsze. Unifikacja oleju uprościła znacznie gospodarkę i uniemożliwiła pomyłki. Karty transformatorowe i wyłącznikowe umożliwiają szybki przegląd tego, co robiono z danym aparatem. Umożliwiają zbieranie doświadczeń, tak niezbędnych kierownikowi większego przedsiębiorstwa.

Elektryk nie może osobiście zajmować się sprawami chemicznymi oleju. Na to brak mu czasu i warunków. Współpraca elektryka z chemikiem daje dobre wyniki. Ocena oleju nowego, systematyczna kontrola wszystkich aparatów, napełnionych olejem — zapewnia bezpieczeństwo i ciągłość ruchu. Umożliwia przewidywanie trudności i pozwala na usuwanie ich w czasie i terminie, nie krępującym normalnej pracy elektrowni.

Artykuł powyższy nie rości sobie pretensyj do szczegółowego omówienia poruszonych zagadnień. Na to trzebaby napisać kilkanaście artykułów. Przedstawia on niejako konspekt tych wszystkich zagadnień, które w czasie odczytów w Gdyni, Katowicach, Lwowie, Łodzi, Poznaniu i Warszawie budziły tak bardzo ożywione dyskusje. Jeżeli zachęci do realizacji choćby części zagadnień — rola jego zostanie spełniona.

LITERATURA.

- [1] H. Kyser: Elektrische Kraftuebertragung, str. 287 i nast.
- [2] Gyemant: Wissenschaftliche Veroeffentlichungen aus Siemens Konzern, V, 211 (1926).
- [3] Staeger: Fortschritte in der Reinigung v. Isolieroelen, str. 6.
- [4] Drewnowski: Przepisy odbiorcze na oleje izolacyjne, str. 7.
- [5] Vidmar: Der Transformator im Betrieb, str. 297.
- [6] Flueckiger: Bulletin d. SEV 172 (1926).
- [7] Vidmar: Der Transformator im Betrieb l. c.
- [8] Staeger: Elektrotechnische Isoliermaterialien, str. 50.
- [9] Spath: Bulletin d. SEV 159 (1924).
- [10] Tobler: Bulletin d. SEV 375 (1924).
- [11] Schering: Die Isolierstoffe der Elektrotechnik, str. 353.
- [12] Vidmar: Der Transformator in Betrieb, str. 272.
- [13] Tobler: Bulletin d. SEV 376 (1924).
- [14] Bulletin d. SEV 58 (1925).
- [15] Pechmann: Arch. f. Elektrotechnik, str. 46—57 (1932).
- [16] Flueckiger: Bulletin d. SEV 172 (1926).
- [17] Ryciny zaczerpnięte z Staegera: Elektrotechnische Isoliermaterialien, str. 20—21.
- [18] Vidmar: Der Transformator im Betrieb, str. 267.
- [19] Flueckiger: Bulletin d. SEV 170 (1926).
- [20] Vidmar: Der Transformator im Betrieb, str. 256 i 271.
- [21] pg. Hobarta. Porównaj: Staeger: Elektrotechnische Isoliermaterialien, str. 247.
- [22] Vidmar: Der Transformator im Betrieb, str. 253.
- [23] Vidmar: l. c., str. 254.
- [24] Vidmar: l. c. 251.
- [25] Kyser: Elektrotechnische Kraftuebertragung, str. 265 i nast.
- [26] pg. Staegera Elektrotechnische Isoliermaterialien, str. 40.
- [27] Tobler: Bulletin d. SEV 374 (1924). Patrz również ryc. 6 tego artykułu.
- [28] Schering: Die Isolierstoffe der Elektrotechnik, str. 354.
- [29] Patrz również: „Die Oellewirtschafung”, wydawnictwo: Vereinigung der Elektrizitaetswerke E. V., str. 64 i następane.
- [30] Vidmar mówi: „Ein Transformator ohne Thermometer... ist eigentlich unzuulaessig. Das Oel kann verschmutzen und deshalb schlechter kuehlen. Das Oelthermometer verraet es.”.

ZAGADNIENIA MECHANICZNE W KONSTRUKCJACH KABLI NISKIEGO NAPIĘCIA.

Inż. Stanisław Bładowski.

Obsah. Konstrukci kabelů a vodičů silnoproudých nn zabývá se technická literatura poměrně málo. Většina spisů vydaných v posledním desetiletí týká se ponejvíce kabelů vysokého a nejvyššího napětí, pro kabely nn theoretických prací bylo málo. Chybí ještě data, která by dovolovala přesné určení namáhání, jež se vyskytují v látkách užívaných ke konstrukci kabelů nn, a která by také dovolovala projednání, pokud a v jakém stupni tyto látky byly využity v dovolených mezích. Tento uvodní referát slouží k přehledu o těchto činitelích a k analysování hodnoty namáhání, které mají rozhodující vliv na rozměry a stavbu kabelů nn.

Streszczenie. Budowa kabli i przewodów prądu silnego niskiego napięcia, znajduje stosunkowo mało uwzględnienia w literaturze technicznej. Większość prac, jakie w ostatnich dziesiątkach lat zostały ogłoszone, dotyczą przeważnie kabli wysokiego i najwyższego napięcia. Kablami niskiego napięcia zajmowano się teoretycznie stosunkowo niewiele. Brak nam jeszcze danych, któreby pozwalały na ściśle określenie naprężeń, jakie zachodzą w materiałach, stosowanych do budowy kabli niskiego napięcia, któreby pozwalały sprawdzić, czy i w jakim stopniu materiały te zostały w dozwolonych granicach wyzyskane.

Niniejsza praca wstępna ma na celu przedstawienie w najogólniejszych zarysach tych czynników i zanalizowanie jakościowe naprężeń, które mają decydujący wpływ na wymiary i ustrój kabli niskiego napięcia.

O ile przeprowadzenie linii kablowych wysokiego napięcia celem przesyłania energii na dalsze odległości, urzeczywistnić się może dopiero łącznie z wykonywaniem ogólnego planu elektryfikacji kraju, to tymczasem zamiana przewodów napowietrznych niskiego napięcia na przewody kablowe w miarę rozbudowy miast, jest zagadnieniem zawsze nadzwyczaj aktualnym.

Czynnikiem, decydującym o założeniu linii kablowej, jest oprócz wielu innych, nie mniej ważnych, rentowność. Zależy ona nie tylko od kosztów zakupu i ułożenia kabla, ale też od wielkości mocy przesyłowej.

Koszt kabla zależy, jak wiadomo, od typu kabla, przekroju miedzi i ilości żył.

Moc przesyłowa w kablach niskiego napięcia zależy, dla danego przekroju miedzi, od warunków chłodzenia, a więc przede wszystkim od typu i konstrukcji, a potem od sposobu ułożenia kabla. Im bliżej zewnętrznego obwodu kabla znajdować się będą żyły miedziane, im większą będzie ich powierzchnia, zwrócona na zewnątrz, tem lepsze będzie chłodzenie.

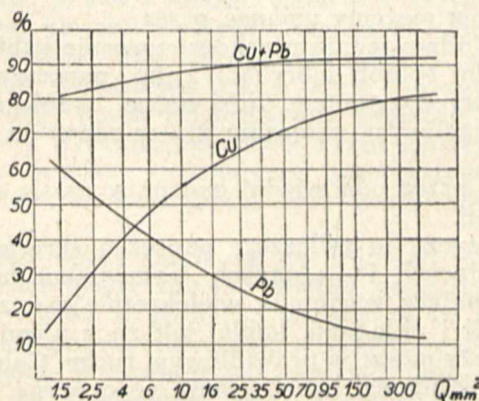
Z tego względu kable z żyłami sektorowymi będą miały lepsze warunki odprowadzenia ciepła nazewnątrz, aniżeli kable z żyłami okrągłymi.

Zmniejszając średnice kabla pod ołowiem, dla danego przekroju moglibyśmy poprawić warunki chłodzenia, koszt kabla zmieni się przez to tylko nieznacznie, gdyż, jak widać z rys. 1, 80 do 90% kosztów materiału stanowi tutaj sama miedź i ołów.

Średnica kabla pod ołowiem zależy dla danego przekroju miedzi i ilości żył od grubości izolacji między żyłami i ziemią.

Grubość izolacji w kablach prądu silnego zależy od:

- maksymalnych wartości naprężeń elektrycznych w dielektryku,
- maksymalnych naprężeń mechanicznych, jakie występują w czasie fabrykacji, układania i pracy kabla.



Rys. 1. Stosunek kosztów miedzi oraz ołowiu do ceny materiałów w kablach ołowionych gołych niskiego napięcia wg. konstrukcji normalnych P. N. E.

Przewody niskiego napięcia charakteryzuje niewielkie maksymalne natężenie pola elektrycznego w izolacji. Dla przykładu przeliczyliśmy naprężenia pola elektrycznego w kablach niskiego napięcia prądu trójfazowego dla napięcia między żyłami 380 V i grubości izolacji wedle P. N. E. 5.

Q przekrój mm ²	D śred. żyły mm	s gr. izol. mm	U V	K _{max} w kablu V/mm	K _{max} dla papieru impregnow. V/mm
3 × 4	2,26	2	380	235,3	20,000
3 × 10	3,57	2	380	197,5	
3 × 25	6,39	2	380	154,9	
3 × 50	9,15	2	380	131,8	
3 × 95	12,6	2	380	111,4	
3 × 120	14,21	2	380	105,1	

Naprężenia powyższe obliczone zostały według doświadczalnego wzoru Atkinsona:

$$K = \frac{0,5 U}{D \cdot \log \frac{1,155 \cdot (D + s)}{D}} \text{ V/mm}$$

Jak z powyższego zestawienia wynika, naprężenia elektryczne w izolacji kabla niskiego napięcia są tak znikome, że nie odgrywają tu żadnej roli.

Grubość izolacji kabli i przewodów niskiego napięcia zależy więc wyłącznie od wielkości naprężeń mechanicznych, jakim kabel podlegać może lub musi podczas fabrykacji lub układania.

Naprężenia mechaniczne, jakie występują w kablu niskiego napięcia, podzielić można na:

- 1) *naprężenia zginające* kabel, które powstają w czasie fabrykacji kabla przy każdym nawijaniu i odwijaniu na bęben, skręcaniu żył w rdzeń oraz w czasie układania kabla na krzywiznach;
- 2) *naprężenia skręcające*, które występują w czasie skręcania „bez odkrętu” żył izolowanych, a także podczas nieumiejętnego układania kabla;
- 3) *naprężenia zgniatające*, powstające skutkiem zewnętrznego nacisku, — najczęściej w czasie układania, a nawet pracy kabla;
- 4) *naprężenia ciągnące*, występujące w kablach wolnowiszących, nawijanych z naciąganiem na bębny, ułożonych w terenie ruchomym (np. w okręgach górniczych), w czasie układania przy przeciąganiu kabla przez długie rury i t. p.

Oddziaływania niektórych naprężeń na izolację kabla możemy unikać przez:

- a) odpowiednio przekonstruowanie kabla i odpowiedni sposób fabrykacji (np. pancerze, chroniące przed zgmiotem, linki nośne, kable z rdzeniem ciągliwym, skręcanie żył w rdzeń „z odkrętem”);
- b) przez odpowiedni nadzór w czasie układania kabli.

Dotyczy to zwłaszcza naprężeń skręcających, zgniatających i ciągnących. Tymczasem naprężenia zginające występują wielokrotnie w czasie fabrykacji i układania kabla, tak że z nimi liczyć się należy nawet w prawidłowym ruchu. Celem łatwego układania kabel musi wykazywać pewną giętkość, z tego względu naprężenia zginające uważać musimy za typowe i zasadnicze naprężenia mechaniczne, które wpływać będą dalej na wymiary i konstrukcję kabla niskiego napięcia.

Żadaną giętkość kabla uzyskać możemy:

- 1) przez odpowiedni dobór materiałów ciągliwych i elastycznych, jak: guma, ołów, miedź;
- 2) sztucznie, przez zastosowanie w konstrukcjach kabli linek i taśm. Dzięki skręceniu w spiralę można nawet z materiału o małej elastyczności budować elementa giętkie i elastyczne, unikając jednocześnie odkształceń trwałych.

Giętkość wedle naszej definicji określamy:

Wielkością pracy, potrzebnej do zgięcia danego pręta.

Doświadczalnie uzyskujemy łatwo cyfry porównawcze giętkości poszczególnych typów kabli przez przewijanie kabla na bęben o danej średnicy, mierząc przy tem ilość zużytej energii. Jeżeli ustalimy pewną szybkość przewijania i promień bębna, to dla uzyskania danych porównawczych wystarczy mierzyć wówczas tylko siłę, potrzebną do przewijania kabla na bęben. Odpowiednią aparaturę przedstawia nam w schemacie rys. 2. Giętkość określić możemy też wzorem:

$$G = \frac{1}{M \cdot \alpha} \text{ kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

przyczem M oznacza moment zginający, zaś α — kąt zginania. Rozpatrzmy dalej, jak drogą konstrukcyjną uzyskujemy odpowiednią giętkość kabla.

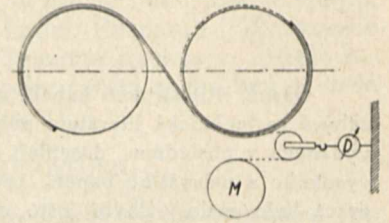
Mniejsze przekroje przewodników w kablu, np. do 16 mm², wykonywa się w formie pełnego pręta miedzianego; przekroje wyższe, celem uzy-

skania giętkości, dzieli się na większą ilość drucików, skręconych razem spiralnie w linkę.

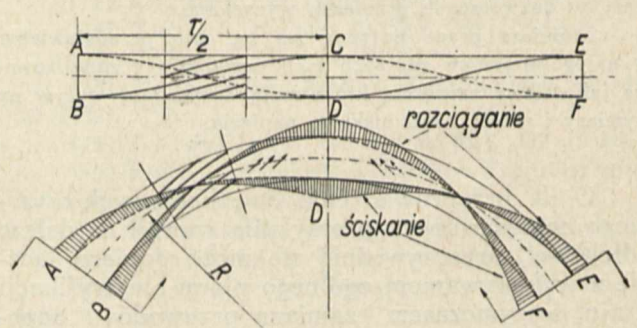
Zachodzi pytanie, czemu przypisać należy większą giętkość linki w porównaniu z pełnym prętem?

Jeżeli zginamy wolno pręt, to siły zginające możemy dla dowolnego elementu pręta zastąpić 2 parami sił, działających na dany przekrój pręta a (rys. 3). Siły te powodować będą rozciąganie włókien, leżących na zewnątrz, zaś ściskanie części pręta, znajdujących się po wewnętrznej stronie środka krzywizny. Ponieważ górne włókna są rozciągane, a dolne ściskane, wewnątrz leżeć będzie warstwa, której włókna nie zmieniają się w czasie zginania swej długości, t. zn. warstwa obojętna, przedstawiona na rysunku śladem, jako oś obojętna. Siły rozciągania i ściskania oraz odkształcenia włókien pręta proporcjonalne będą do odległości od osi obojętnej.

Jeżeli zgiąć będziemy linkę, złożoną ze spiralnie skręconych drucików, to na długości jedne-

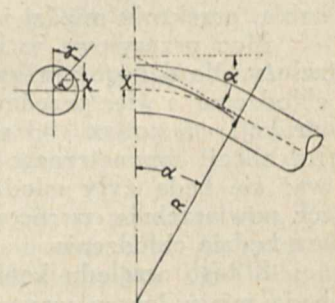


Rys. 2. Schemat urządzenia do pomiaru giętkości kabli. M — silnik napędowy dla przewijania kabli na bębnach. D — dynamometr.



Rys. 3.

go skoku drut linki będzie kolejno ściskany względnie rozciągany, zależnie od położenia w lince. Nastąpi przeto tendencja do wyrównania tych naprężeń w ten sposób, że elementy drutu ściskane przesuną się w kierunku rozciąganych. Przesunięcie to nastąpi na przestrzeni połówki zwoju. Kierunek przesunięcia zaznaczono na rys. 3 strzałkami. Równocześnie zmieni się nieznacznie skutkiem przesunięcia kąt skrętu linki w ten sposób, że po stronie ciągnącej mamy zmniejszenie, zaś po stronie ściskanej — zwiększenie kąta skrętu.



Rys. 4

Obliczymy dla dowolnej linki wielkość drogi przesuwu drutu, wywołanego zgięciem (rys. 4) linki. Jeżeli zginamy linkę o kąt $d\alpha$, to element linki, znajdujący się w odległości x od osi neutralnej, ulegnie wydłużeniu:

$$dL = x \cdot d\alpha \quad \dots \quad (1)$$

Jeżeli będzie to element drutu, spiralnie skręconego, to w każdym położeniu drutu wielkość x będzie różna zależnie od położenia drutu w lince. Jeżeli kąt, zawarty między płaszczyzną zginania a prostą, przechodzącą przez oś neutralną i oś linki, oznaczymy przez literę φ , to kąt ten będzie się zmieniał razem ze skretem spiralnym drutu od wartości 0° do 360° . Jeżeli zaczniemy liczyć kąt zginania φ wówczas, gdy kąt α równy jest zeru, otrzymamy zależność

$$\varphi = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{K} \cdot \alpha, \dots \dots \dots (2)$$

przyczem R oznacza promień krzywizny osi neutralnej linki, zaś K — wielkość skoku spiralnie skręconych drutów w lince.

Podstawiając otrzymujemy:

$$x = r \cos \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \alpha}{K}$$

oraz

$$dL = r \cdot \cos \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \alpha}{K} \cdot d\alpha.$$

Całkując otrzymujemy wartość przesuwu podczas zginania linki o kąt α

$$L = \int_0^\alpha r \cdot \cos \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \alpha}{K} d\alpha = \left(\frac{r \cdot K}{2 \cdot \pi \cdot R} \cdot \sin \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \alpha}{K} \right)_0 \dots \dots (3)$$

Największy przesuw uzyskujemy, gdy wartość sinus a równa się od 1 do -1 , czyli zginamy o kąt 180° . Wówczas przesunięcie

$$L = \frac{r \cdot K}{\pi \cdot R} \dots \dots \dots (4)$$

Zauważmy dalej, że wartości przesunięcia elementów drutu nie będą dla każdego elementu równe; zależą one od położenia elementu w lince. Powyższy wzór możemy napisać też:

$$L = \frac{r \cdot K}{2 \cdot \pi \cdot R} \cdot \sin \varphi, \dots \dots (5)$$

największe przesunięcie materiału zanotować należy w osi neutralnej, gdzie osiąga ono wartość dla $\varphi = 90^\circ$ i 270°

$$L' = \frac{r \cdot K}{2 \cdot \pi \cdot R} \dots \dots \dots (6)$$

W punktach górnych C i dolnym D przesuw równy będzie zeru, gdyż kąt φ równa się tam o względnie 180° .

Powyższe wzory przedstawiają wartości przesuwu względem nieruchomej osi obojętnej linki. Jeżeli mamy linkę, złożoną z kilku warstw drutów, skręconych każda w przeciwne strony, wówczas przesuw względny będzie sumą wartości przesuwu obu warstw drutów. Wielkość przesuwu L zależy dalej od konstrukcji linki. Przesuw zwiększać się będzie ze wzrostem wartości r , czyli odległość warstwy drutów od osi obojętnej linki. W linkach wielowarstwowych największy przesuw będzie w warstwach zewnętrznych. To samo dotyczy wielkości skoku K . Im skok będzie krótszy, tem długość drogi przesuwu jest mniejsza.

Podczas zginania druciki w lince winny przesuwać się, jak wyżej rozpatrzyliśmy, nadając

lince giętkość. W rzeczywistości cały przebieg komplikuje zjawisko tarcia, które uniemożliwia albo utrudnia swobodne przesunięcie się drucików w lince. Już w czasie skręcania drutów w linkę na maszynie skręcającej doznają one pewnego nacisku, który powoduje przyleganie poszczególnych drutów do rdzenia i między sobą. Przyleganie to utrzymuje linkę w spoistości. Nacisk ten, pomnożony przez współczynnik tarcia, określi nam opór, jaki przeciwstawia się wolnemu przesuwaniu elementów linki.

Wielkość oporów tarcia, pomnożona przez wielkość drogi przesuwu, oraz praca odkształcania drutów skutkiem zmiany kąta skręcania przedstawiają nam całkowitą pracę, potrzebną do zgięcia linki, której odwrotność odpowiada sformułowanemu przez nas pojęciu giętkości linki.

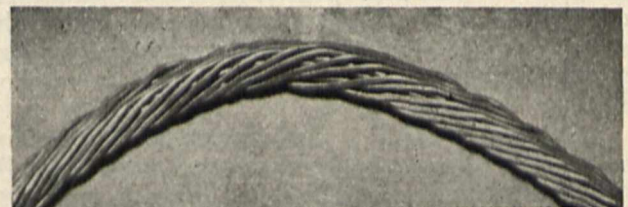
Chcąc przeto z danego materiału uzyskać linkę giętką, któraby wymagała mniejszej pracy zginania, trzeba albo drogę przesuwu L zmniejszyć, albo zredukować opory tarcia. Konstruktor ma możność przez zmniejszenie wielkości skoku zmniejszyć wielkość przesuwu. Przez zmniejszenie średnicy drucika uzyskujemy zmniejszenie siły przylegania, oporów tarcia oraz pracy odkształcania.

Jeżeli opory tarcia są znaczne lub materiał linki bardzo plastyczny (np. miedź), podczas zginania linki druty w górnych warstwach po stronie ciągniętej ulegają widocznym odkształceniom przez wydłużenie. W zewnętrznej warstwie linki zauważymy t. zw. „pęcznienie” linki. Skutkiem niemożności przesunięcia się elementów drutu wzdłuż spirali druty ściskane wyginają się nazewnątrz, gdzie znajdują opór stosunkowo niewielki, powodując odstawanie zwojów od rdzenia. Wielkość „pęcznienia” linki czyli wzrost obwodu linki zależy od wielkości przesuwu drutów w danej warstwie, a więc jest proporcjonalna do wielkości skoku i kąta ugięcia linki.

Pęcznienie linki jest niebezpieczne dla izolacji, powodując powstawanie w niej naprężeń rozrywających. Naprężenia te będą tem groźniejsze, im druty w lince będą grubsze.

Pęcznienie linki podczas zginania występuje nie tylko skutkiem znacznych oporów tarcia, utrudniających przesuw poszczególnych drucików w lince, ale też wynika z charakterystycznych własności zginania prętów spiralnych (p. I s a a c h s e n, V. D. I. 1907, str. 652).

Jeżeli zginamy np. pełny pręt stalowy, to jego oś neutralna posiadać będzie jednostajną krzywiznę i tworzyć będzie łuk koła. Jeżeli natomiast zginamy pręt, skręcony spiralnie, to zauważymy, że oś neutralna spirali przedstawi się nam jako krzywa o rozmaitej krzywiznie w poszczególnych miejscach, zależnie od tego, czy podwójnie zakrzywio-



Rys. 5.

ny element drutu jest zginany czy skręcany, czy też poddany obu naprężeniom jednocześnie.

Jeżeli teraz zgiąć będziemy linkę, to każdy z drutów, posiadając inną oś neutralną, o innej formie krzywizny, spowodować może również zjawisko pęcznienia, t. j. odstawania drutów w dolnej warstwie od rdzenia.

Zjawisko pęcznienia i siły rozrywające izolację, jakie powstają podczas zginania kabla, decydują o grubości izolacji kabli niskiego napięcia. Wytrzymałość warstw izolacji papierowych musi przeto pokonać opory tarcia między żyłami względnie drutami, oraz musi dać wszystkim drutom w lince wspólną oś neutralną podczas zginania. Z drugiej strony konstrukcja linki miedzianej winna być tak wykonana, by siły rozrywające izolację podczas zginania były o ile możności jak najmniejsze. Wspomnieliśmy, że można to osiągnąć przez wykonanie linki z cienkich drucików i o krótkim skoku. Jednakowoż oba te sposoby połączone są ze wzrostem kosztu fabrykacji linki.

Podczas zginania pręta występują jeszcze między jego włóknami naprężenia cisnące, skierowane ku warstwie neutralnej. Zdarzyć się przeto może, że gdy zginamy linkę, zbudowaną koncentrycznie, podczas zginania drut warstwy górnej przeskoczy pod wpływem sił cisnących do warstwy dolnej. Jeżeli żyłę zgiętą wyprostujemy z powrotem, to drut z górnej warstwy, w ciśnięty do środka, nie zawsze może powrócić do swego położenia, w wyniku czego następuje silne naprężenie, a nawet odkształcenie drucika, które powoduje powstawanie wewnętrznych naprężeń w lince. Nazewnątrz objawiają się one w postaci „kluczenia”, t. j. powstawania zwojów w kształcie pętli, które ze względu na swą silną krzywiznę są wielce niebezpieczne, gdyż mogą się stać przyczyną łamania drucików lub niszczenia izolacji. Powstawanie kluczek jest bardzo nieprzyjemne w przewodach do odborników ruchomych, dlatego tam przy zastosowaniu większej ilości drutów w żyłce miedzianej stosuje się skręty podwójne, poszczególne druciki skręca się w skrętki, a te dopiero — w linkę. Stosowanie skrętów koncentrycznych, a tem bardziej skrętów nieregularnych, ze względu na możliwość łatwego kluczenia się przewodów do odborników ruchomych uważać należy za mniej korzystne.

Jeżeli zginamy żyłę miedzianą, wykonaną z pełnego przekroju z nawiniętą na nią izolacją papierową, to niema tutaj zjawiska pęcznienia, jednak mogą występować naprężenia innego rodzaju. Jeżeli zginamy pełny pręt miedziany, to po przekroczeniu pewnej wielkości momentu zginającego zauważymy rodzaj wybożenia pręta. Pręt zginany doznaje nieraz w środku silnego zakrzywienia. Zjawisko to pochodzi prawdopodobnie skutkiem zmian w strukturze siatki krystalicznej materiału pręta. Izolacja, poddana w miejscu silnej krzywizny znacznym naprężeniom, ulega łatwo uszkodzeniu.

Sztwytność kabli z drutami pełnymi jest stosunkowo tak znaczna, że powyżej przekroju 16 mm² rzadko kiedy spotyka się w kablach żyły, wykonane z prętów pełnych, raczej odwrotnie — nawet przekroje mniejsze dzieli się nieraz na kilka

drutów, które skręca się razem celem uzyskania żądanej giętkości.

O wiele trudniej przedstawia się sprawa uzyskania giętkości w żyłach, profilowanych w kształcie sektorów. Linki sektorowe wykonywane są przeważnie w ten sposób, że rdzeń stanowi jeden pełny drut profilowy lub wiązka równoległe ułożonych lub skręconych drutów, dookoła których znajduje się warstwa skręconych spiralnie drucików.

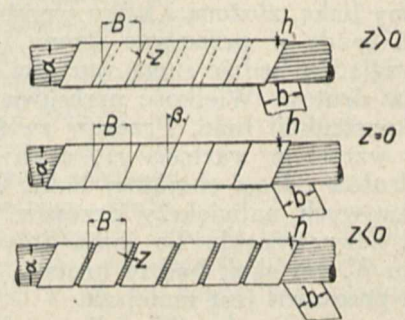
Ze względu na różnorodny moment oporu przekroju sektorowego giętkość linki sektorowej zależy od płaszczyzny zginania: największa będzie w kierunku osi mniejszej, najmniejsza — w kierunku wielkiej osi sektora. Ponieważ spirale skręconych drutów w warstwach zewnętrznych załamują się na krawędziach sektora, przeto przesuw drutów podczas zginania linki sektorowej jest tutaj ograniczony i bardzo utrudniony. Z tego względu giętkość linki sektorowej jest o wiele mniejsza, aniżeli linek okrągłych.

Zjawisko pęcznienia sektora występuje tutaj podczas zginania bardzo wyraźnie, powodując silne naprężenia, rozrywające izolację. Niekiedy wykonuje się sektory przez zwalcowanie linki okrągłej lub profilowanej w kształt sektora. Uzyskujemy przez to lepsze wyzyskanie powierzchni, mniejszą średnicę kabla pod ołowiem. Mimo to jednak linka ulega usztywnieniu skutkiem zwiększenia oporów tarcia i utwardnienia skutkiem zimnej obróbki. Jednak „pęcznienie” linek zwalcowanych może być tu niekiedy mniejsze, gdy przez silne zwalcowanie sektora druty zaklamrowują się wzajemnie, uniemożliwiając do pewnego stopnia wyskoczenie z linki podczas zginania.

Skutkiem większych oporów tarcia i utrudnionego przesuwu elementów w przekroju sektorowym podczas zginania, naprężenia rozrywające izolację, będą o wiele większe, aniżeli w żyłach o przekroju okrągłym.

Znaczny wpływ na giętkość kabla posiada warstwa izolacji, nawinięta na żyłę miedzianą. Ogólnie nałożenie izolacji usztywnia linkę miedzianą. Np. papier izolacyjny nie posiada wielkiej elastyczności. Jego wydłużenie sprężyste nie przekracza 1%. Chcąc przeto, aby żyły miedziane były jaknajbardziej giętkie, nakłada się papier izolacyjny spiralnie w kształcie taśm. Im taśmy papierowe będą węższe, tem usztywnienie kabla będzie mniejsze.

Nakładanie taśm izolacyjnych na żyłę wykonywać można (rys. 6):



Rys. 6. Sposoby nawijania izolacji papierowej.

zaś — gdy zakładka jest ujemna, luz między zwojami.

Wielki wpływ na giętkość kabla wywierają opory tarcia. Celem zmniejszenia tarcia między warstwami papierów izolacyjnych, stosuje się impregnację olejem kablowym. Ma ona na celu nie tyle zwiększenie własności izolacyjnych kabla, gdyż jak wspominaliśmy, naprężenia elektryczne są tutaj znikome, ale raczej właśnie zmniejszenie oporów tarcia podczas zginania kabla. Olej impregnacyjny dla kabli niskiego napięcia winien posiadać przeto doskonałą smarność i nie za wysoką wiskozę. Oleje kablowe, zlepiające warstwy izolacji papierowej, będą oddziaływać niekorzystnie. Również należy wspomnieć o szkodliwej własności niektórych olejów kablowych, które — zestalając się szybko — powodują, iż izolacja papierowa zwłaszcza w niższych temperaturach zlepiona, łatwo pęka przy zginaniu kabla.

Zauważamy dalej, iż celem uniknięcia pęknięcia izolacji podczas zginania dla każdego przekroju izolacji kabla zachowaną musi być wszędzie za-
leżność:

$$\mu \cdot \Sigma \cdot P < s \cdot 2 \cdot \pi \cdot \left(r + \frac{s}{2} \right) \cdot \sigma, \dots (16)$$

przyczem σ oznacza wytrzymałość poprzeczną taśmy papierowej. Podstawiając z uprzednich równań wartości, otrzymujemy dalej

$$\mu \cdot p < \frac{h}{b} \dots (17)$$

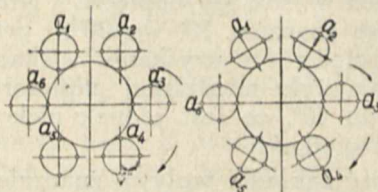
Im taśmy izolacyjne są cieńsze, tem muszą być zarazem i węższe, by uniknąć niebezpieczeństwa pęknięcia przy zginaniu kabla. Wybitnie usztywniającą rolę odgrywa położenie warstw papierowych w kablu. Jak wynika z wzoru 13 sztywność zależy od kwadratu średnicy warstw izolacyjnych, z tego względu warstwy izolacji rdzenia kabla będą miały wybitnie usztywniające znaczenie w konstrukcji kabla.

W kablach wielożyłowych żyły izolowane skręca się w rdzeń kablowy. Skręt w rdzeń wykonuje się w sposób dwojaki:

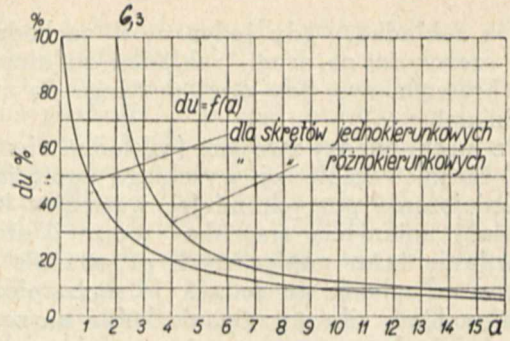
- a) z odkrętem,
- b) bez odkrętu.

Rys. 7 przedstawia zasadnicze sposoby skręcania żył względnie linek kablowych. Podczas skręcania z odkrętem żyły skręcane ulegają wyłącznie naprężeniom zginającym na promieniu krzywizny spirali. Osie skręcanej żyły zachowują stale ten sam kierunek względem osi skłębarki.

Podczas skręcania bez odkrętu, oś żyły stale skierowana jest promieniowo ku środkowi skłębarki. Żyły podczas skręcania podlegają tutaj naprężeniom zginającym, jak uprzednio, oraz napre-



Rys. 7. Sposoby skręcania żył izolowanych w rdzeń kabla: 1) z odkrętem, 2) bez odkrętu.



Rys. 8. Wzrost procentowy obwodu żyły miedzianej, skręcanej bez odkrętu, jako funkcja ilości skrętów żyły miedzianej na skręt rdzenia.

żeniom skręcającym, gdyż ulegają skłębieniu o 360° w czasie jednego obrotu kołosa skłębarki.

Żyły okrągłe oraz linki skręca się prawie z reguły z odkrętem. Natomiast żyły sektorowe muszą być stale skierowane swemi ostrzami ku środkowi kabla, przeto skręcać je trzeba bez odkrętu. Powoduje to szereg nowych naprężeń, jakie wytrzymać musi izolacja żyły.

Jeżeli żyłę kablową skręcamy bez odkrętu, to przy jednokierunkowym skłębieniu w rdzeń, t. zn. wykonanym w tym samym kierunku, co skręt linki miedzianej, doznaje ona skłębienia dodatkowego, przez co ilość skrętów linki miedzianej, przypadająca na jeden skręt rdzenia, zwiększy się o jeden. Odwrotnie, jeżeli będziemy skręcać w rdzeń przeciwnie do kierunku skrętu drutów w żyłę miedzianą, wówczas nastąpi zmniejszenie ilości skrętów linki, przypadającej na jeden skręt rdzenia też o jeden. Zmiana ilości skrętów powoduje zaraz zmianę długości drutów linki względnie obwodu żyły miedzianej. Jeżeli przez a oznaczymy ilość skrętów linki, przypadającą na 1 skręt żył w rdzeń, wówczas zmiana obwodu linki przy skłębieniu w rdzeń wyniesie:

$$dU = \frac{100}{a - 1} \% \text{ przy skłębieniu różnokierunkowym,}$$

$$dU = \frac{100}{a + 1} \% \text{ przy skłębieniu równokierunkowym}$$

(v. H. Müller, Herstellung v. Starkstromkabeln str. 20).

Możliwą jest również i zmiana długości poszczególnych drutów, skręcanych w linkę, powodując przesunięcie się warstw linki względem nieruchomego rdzenia (o ile rdzeń jest prętem pełnym). Jednak opory tarcia, jakieby podczas takiego przesuwu drutów wystąpiły, będą tak znaczne, że przesuw zostałyby szybko zahamowane, zaś całkowity skutek skrętu linki w rdzeń bez odkrętu uwydatni się w zmianie średnicy. Zmiany wielkości obwodu zależnie od ilości skrętów linki na jeden skok skrętu w rdzeń przedstawia nam rys. 8. Analogiczne rozważania odnosząc się będą do warstw izolacji papierowej, nawiniętej w postaci taśm na żyłę miedzianą, z tą tylko różnicą, iż ilość zwojów izolacji, przypadająca na 1 skok skrętu w rdzeń, będzie bardzo znaczna, skutkiem czego zmiany obwodu, wywołane skłębieniem w rdzeń bez odkrętu, będą minimalne.

Różnica przyrostu obwodów taśm papierowych i linki powoduje dodatkowy nacisk i powstawanie

dalszych naprężeń, rozrywających izolację. Stosując długie skręty w rdzeń, jak np. w kablach sektorowych — równy lub większy od 40-krotnej średnicy rdzenia, otrzymujemy znaczne zmniejszenie giętkości, jednak naprężenia izolacji, powstałe skutkiem zniekształcenia średnicy, przy skręcaniu bez odkrętu będą coraz mniejsze.

Jak wspominaliśmy, podczas skręcania żył sektorowych bez odkrętu powstają oprócz naprężeń zginających jeszcze naprężenia skręcające, gdyż podczas skręcania w rdzeń żyła izolowana doznaje na jeden obrót kosza skręćarki skręcenia o całe 360°. Powoduje to powstawanie dalszych naprężeń, pochodzących skutkiem niejednakowej sprężystości miedzi i papieru. Podczas skręcania części izolacji papierowej, znajdujące się na bokach sektora, zostają ściskane, łukowate zaś części są rozciągane. Niebezpieczne są tu naprężenia rozciągające działające na łukowatej części izolacji. Siły tu działające mogą być niekiedy tak wielkie, że nastąpić mogą podczas skręcania podłużne pęknięcia izolacji. Przez zmniejszenie tarcia między warstwami papieru oraz żyłą miedzianą umożliwiającymi wzajemny przesuw między żyłą miedzianą a papierem oraz unikamy niebezpieczeństwa uszkodzenia izolacji.

Celem uniknięcia wszystkich uprzednio opisywanych trudności, związanych ze sposobem skręcania bez odkrętu żył sektorowych w rdzeń, są próby zastosowania dla żyły sektorowej t. zw. skrętu wstępnego. Żyła miedziana przed izolowaniem zostaje skręcona tak, jak tego wymaga jej późniejsze położenie w kablu, poczem dopiero nawija się warstwę izolacji. Przy skręcaniu w rdzeń, żyły skręca się z odkrętem, przyczem skręcone już uprzednio wstępnie żyły sektorowe układają się teraz łagodnie w rdzeń. Unikając naprężeń, skręcających żyły izolowane, uzyskujemy równomierne układanie się izolacji na powierzchni sektora bez fałd i zmarszczek.

Przepisy, normalizujące konstrukcje kabli niskiego napięcia wymagają, by skręcone w rdzeń żyły izolowane posiadały jeszcze t. zw. izolację rdzenia. Grubość tej izolacji odpowiada grubości izolacji żyły. Naprężenia elektryczne w izolacji rdzenia będą równie znikome, jak i w izolacji żył. To też jedynie naprężenia mechaniczne mogłyby motywować zachowanie i wymiary izolacji rdzenia.

Tak jak uprzednio będziemy tu mieli naprężenia, występujące podczas zginania kabla. Naprężenia rozrywające, jakie powstałyby podczas pęcznienia rdzenia kablowego, są tu niewielkie, gdyż opory tarcia żył izolowanych, znajdujących się w masie izolacyjnej są nieznaczne. Wielkość skoku oraz promień zginania tak samo wpływa na przesuw żył izolowanych, jak wspominaliśmy uprzednio. Izolacja rdzenia jest jednak do pewnego stopnia wzmocniona przed naprężeniami rozrywającymi przez płaszcz ołowiany naprasowany na zewnątrz. Izolacja rdzenia ogółem usztywnia znacznie kabel. To też stosowanie jej jest pożądane tylko w pewnych przypadkach.

Podczas skręcania żył sektorowych w rdzeń bez odkrętu ulegają one, jak już mówiliśmy, zginaniu i skręcaniu. Dzięki swej sprężystości na skręcanie żyły izolowane posiadają zawsze pewną

tendencję do odkręcania się z rdzenia. Izolacja rdzenia ma na celu w kablach sektorowych wywołanie tak wielkiego momentu tarcia, by skompensował on moment odkręcający żył sektorowych w rdzeniu kabla skutkiem własnej sprężystości. Zwłaszcza w kablach sektorowych dwużyłowych o wyższych przekrojach miedzi (powyżej 300 mm²) tendencja do odkręcania się jest niekiedy tak silna, iż cienka izolacja rdzenia pęka. Z tego względu konstruktor jest zmuszony wyższe przekroje kabli dwużyłowych sektorowych dzielić na dwie części, tworząc kabel czterożyłowy, w którym potem w czasie montażu odpowiednie żyły zostają połączone równolegle.

W kablach sektorowych silna izolacja rdzenia okazuje się konieczną.

Stosując kabel goły w płaszczu ołowianym z bardzo giętką konstrukcją rdzenia, narażamy się na niebezpieczeństwo zbyt silnego zginania kabla podczas układania i możliwość łatwego uszkodzenia izolacji oraz płaszcza ołowianego. Przez nałożenie izolacji rdzenia uzyskujemy w tym przypadku zwiększoną ochronę mechaniczną kabla, gdyż przez usztywnienie utrudniamy tworzenie się ostrych zgięć podczas układania kabla.

W kablach gołych obojętnych stosowanie izolacji rdzenia uważać należy za celowe.

Natomiast w kablach opancerzonych nie widzimy konieczności zastosowania izolacji rdzenia. Elektrycznie jest ona, jak już wspomnieliśmy, zbędna, a utrudnia w dodatku odprowadzenie ciepła na zewnątrz do płaszcza ołowianego. Ochronę mechaniczną, jaką jeszcze była izolacja rdzenia w kablach gołych, spełnia tutaj pancierz żelazny. *To też uważamy za możliwe zredukowanie, a nawet zupełne opuszczenie, izolacji rdzenia w kablach opancerzonych z żyłami okrągłymi.* Przypominamy, że np. kable wysokiego napięcia typu Hochstädtera nie posiadają wcale izolacji rdzenia. *Przez usunięcie izolacji rdzenia uzyskujemy lepsze odprowadzenie ciepła, przez co kable z żyłami okrągłymi mogłyby dorównać, a nawet przewyższyć pod względem obciążalności kable opancerzone z żyłami sektorowymi.*

Giętkość kabli stanowi ważny czynnik, wpływający na kształtowanie się konstrukcji i fabrykacji kabli. Giętkość kabla jest zaletą, której domaga się przedsiębiorca, układający linje kablów. Dla odbiorcy giętkość jest już podrzędniejszego znaczenia, rzadko zaś kiedy spotyka się „kontredans” kablów, przerzucanie kabli z jednego miejsca w drugie. Kabel, raz ułożony w ziemi, spoczywa w niej przeważnie długie lata. Przy zwiększonej giętkości całego kabla zachodzić może uzasadniona obawa, iż taki kabel zostanie łatwo nadmiernie zginany podczas układania, izolacja i płaszcz ołowiany ulec mogą uszkodzeniu. Z tego względu zauważyć można w ostatnich czasach szereg konstrukcji kabli „odpornych na zginanie”, w których przez zastosowanie specjalnych panczerzy jest uniemożliwione zginanie na zbyt małym promieniu przez niewykwalifikowany personel monterski.

Jedną z takich konstrukcyj panczerza stanowi kombinacja panczerza z drutu płaskiego oraz jednej warstwy bednarki w wykonaniu firmy Felten-Guilleaume.

Kable opancerzone posiadają przeważnie pod pancerzami warstwę juty, która ma na celu ochronę płaszczki ołowianego przed wrzynającymi się podczas fabrykacji lub układania druty względnie taśmy pancerza.

Pod względem cieplnym stosowanie podkładki z juty jest bardzo niekorzystne, gdyż juta — a zwłaszcza zawarte w niej cząstki powietrza — stanowi doskonały izolator cieplny, utrudniający należyte chłodzenie kabla. Warstwa juty nasiąka łatwo solami względnie kwasami, znajdującymi się w ziemi, przyczynić się może do powstawania korozji.

Dlatego uważać można za bardzo celowe takie konstrukcje pancerzy, które nie wymagają podkładki jutowej, np. pancerz z bednarki z wygiętymi ku górze krawędziami. Zyskujemy przez to około 10 do 15% większą przeciążalność kabla.

Reasumując możemy stwierdzić:

1) *Naprężenia mechaniczne, występujące podczas zginania, są miarodajne na wymiary, kon-*

strukcję i fabrykację kabli ziemnych niskiego napięcia.

2) *Kabel opancerzony posiadać winien konstrukcję rdzenia jaknajbardziej giętką (giętkie żyły miedziane, odpowiednie nawinięcie taśm papierowych i t. p.). W ten sposób możemy znacznie zmniejszyć naprężenia, przenoszone na izolację papierową podczas zginania kabla.*

3) *Celem ochrony powłoki ołowianej kabla przed uszkodzeniem skutkiem zbyt silnego zgięcia kabla, z rdzeniem giętkim powyżej płaszczki ołowianego należałoby stosować środki usztywniające, np. odpowiednie pancerze ochronne.*

4) *Kable z żyłami okrągłymi przedstawiają się korzystniej pod względem naprężeń mechanicznych, aniżeli kable z żyłami sektorowymi.*

5) *Przez celowe przekonstruowanie kabli z żyłami okrągłymi, np. opuszczenie izolacji rdzenia, możnaby obciążalność ich w porównaniu z kablami sektorowymi zrównać, a nawet powiększyć.*

OBLICZANIE NAPRĘŻEŃ I ZWISÓW PRZEWODÓW NAPOWIETRZNYCH MIEDZIANYCH METODĄ NOMOGRAFICZNĄ.

Inż. B. Konorski.

Obsah. Metoda výpočtu namáhání a průhybu měděných vedení podle platných předpisů z r. 1932. Vedení zavěšené na podpěrných izolátorech. Universální nomogram. Různá výška závěsných bodů. Vedení na visutých izolátorech, napjaté: a) mezi dvěma odporovými stojany, b) mezi jedním stojanem odporovým a jedním přechodovým, c) mezi dvěma stojany přechodovými. Korekce pro řetězovku. Použití nomogramu pro vedení z jiných látek. Příklady.

Streszczenie. Sposób obliczania, wymagany przez obowiązujące przepisy urzędowe z 1932 r. Przewody, zawieszane na izolatorach stałych. Nomogram uniwersalny. Rozmaita wysokość punktów zawieszenia. Przewody zawieszane na izolatorach wiszących i rozpięte pomiędzy a) 2 słupami odporowymi, b) jednym słupem odporowym i słupem przelotowym, c) 2 słupami przelotowymi. Poprawka dla krzywej łańcuchowej. Zastosowanie nomogramu dla przewodów z innych materiałów. Przykłady.

A. Założenia rachunku, zgodne z przepisami urzędowymi b. Ministerstwa Robót Publicznych¹⁾.

1. Główne oznaczenia²⁾.

g — ciężar własny 1 metra przewodu w kg,
 g_s — ciężar sady normalnej w kg na długości 1 metra przewodu,
 $g'(g'')$ — ciężar 1 metra przewodu w kg przy dodat-

kowem obciążeniu sadią normalną (podwójną):

$$g' = g + g'_s; g'' = g + 2g'_s.$$

G — ciężar łańcucha izolatorów w kg,
 q — przekrój przewodnika w mm²,
 γ — ciężar właściwy przewodnika w kg/dm³:

$$\gamma = 1000 \frac{g}{q},$$

a — rozpiętość w metrach,
 l — długość przewodnika w metrach,
 l' — długość łańcucha izolatorów w metrach,
 h — rzut poziomy rozpiętości w metrach,
 f — zwis przewodu w metrach,
 α — współczynnik wydłużalności cieplnej przewodnika przy zwiększeniu temperatury o 1° C,,
 E — współczynnik sprężystości materiału przewodu w kg/mm²,
 s — naprężenie w środkowym punkcie przewodu (na połowie rozpiętości) w kg/mm².

Kreseczka u góry (np. a' , g' , f' i t. d.) oznacza, że dany symbol odnosi się do dodatkowego obciążenia sadią normalną.

2 kreseczki u góry (np. a'' , g'' i t. d.) oznaczają, że dany symbol odnosi się do dodatkowego obciążenia sadią podwójną.

Znaczniiki t , ϑ , -5 , -25 i t. d. u dołu (np. l_t , s_{-25} i t. d.) oznaczają, że dany symbol odnosi się do temperatury t , ϑ , -5°C , -25°C i t. d.

Znaczniiki „ kr ” u dołu oznacza, że symbol odnosi się do rozpiętości przelomowej (krytycznej).

¹⁾ Ob. Przepisy techniczne na linie elektryczne prądu silnego z dopiskami prof. St. Odrowąż-Wysockiego, wydane nakładem Stow. Elektr. Polskich, Warszawa, 1932 r.

²⁾ Pozostałe oznaczenia podane są w tekście.

2. Spółczynniki fizyczne dla miedzi.

$\gamma = 8,9 \text{ kg/dm}^3$ („I”, § 3)³⁾.

$\alpha = 17 \cdot 10^{-6}$.

$E = 13000 \text{ kg/mm}^2$.

3. Dopuszczalne naprężenia w kg/mm^2 („I”, § 8 i „II”, § 3).

	normalne	krańcowe	zmniejszone
Drut z twardej miedzi	12	34	9
Linka „ „	19	34	14

4. Sadź.

normalna

$g_s' = 0,155 \sqrt[1,55]{d}$ („I”, § 2, 4),

katastrofalna (podwójna)

$g_s'' = 0,310 \sqrt[1,55]{d}$ („I”, § 12b),

przyczem d oznacza średnicę przewodu w mm. (Wartości g_s' dla przewodów o rozmaitej grubości p. niżej tablica I).

Wagę sadzi normalnej na metr bieżący łańcucha izolatorowego przyjmuje się 2,5 kg („I”, § 10).

Wagę sadzi katastrofalnej na metr bieżący łańcucha izolatorowego przyjmuje się 5 kg („I”, § 12).

5. Sposób obliczenia, wymagany przez przepisy urzędowe.

a. Naprężenie przewodów.

Jeżeli obliczyć naprężenie, występujące w przewodach przy -25°C bez sadzi i naprężenie przy -5°C z sadzią normalną, to większa z tych wartości winna nie przekraczać normalnego dopuszczalnego obciążenia („I”, § 2, 9).

Dla przewodów wysokiego napięcia, wykonanych z innych materiałów niż miedź twarda, jest pozatem niezbędne dodatkowe sprawdzenie, czy naprężenie przewodów nie przekracza dopuszczalnego naprężenia krańcowego ani

a) przy najniższej (katastrofalnej) temperaturze, jaką w danej części kraju kiedykolwiek zaobserwowano, jednak nie wyższej nad -40°C , ani

b) przy temperaturze -5°C i podwójnej katastrofalnej) wartości sadzi („I”, § 12).

Przy skrzyżowaniu linii elektrycznych z innymi linjami i w innych wypadkach obowiązują t.zw. przepisy obostrzające 3-go stopnia, zgodnie z którymi naprężenie w przewodach nie powinno przekraczać dopuszczalnego naprężenia z mniejszością ani przy temperaturze -25°C bez sadzi, ani przy temperaturze -5°C z sadzią normalną („II”, § 20).

b. Zwis przewodów.

Stosownie do przepisów należy obliczyć największy zwis, który występuje („I”, § 2) bądź przy

³⁾ Przepisy techniczne na napowietrzne linje elektryczne prądu silnego oznaczone są w tym artykule przez „I”; przepisy techniczne na skrzyżowania i zbliżenia linii elektrycznych prądu silnego... i t. d. oznaczone są przez „II”.

temperaturze $+40^\circ\text{C}$ bez obciążenia dodatkowego, bądź przy temperaturze -5°C wraz z sadzią.

Pozatem jednak przeważnie oblicza się jeszcze zwis przy temperaturze -25°C , oraz przy przewodach wysokiego napięcia zwis, występujący przy temperaturze -5°C i podwójnej (katastrofalnej) wartości sadzi („I”, § 13).

B. Przewody, zawieszane na izolatorach nieruchomych.

Przypuszczając, że przewód został przecięty w punkcie B (rys. 1) możemy napisać przybliżone równanie dla dwóch działających na lewą połowę momentów (dla punktu A):

$sqf_1 = \frac{ga}{2} \cdot \frac{h}{4}$.

W równaniu tem nie czynimy żadnych założeń co do postaci krzywej ABC, natomiast przyjmujemy, że ciężar przewodu AB wynosi $\frac{ga}{2}$ zamiast, jak to ma miejsce w istocie, $\frac{gl}{2}$. Z dużym przybliżeniem można także napisać

$\frac{f_1}{f} = \frac{h}{a}$.

Z równań powyższych wynika

$f = \frac{ga^2}{8sq}$, (1)

zaś po wprowadzeniu oznaczeń

$\varphi = 100 \frac{f}{a}$, $\sigma = 100 \frac{s}{a}$ (2)

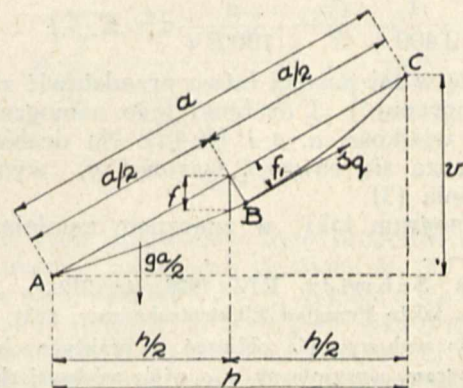
otrzymujemy

$\varphi = 1,25 \frac{\gamma}{\sigma}$ (3)

Jeżeli punkty zawieszenia A i C znajdują się na jednym poziomie, to, jak widzimy, równania powyższe swojej postaci nie zmieniają.

Jak wiadomo⁴⁾, nić ciężka, doskonale giętka i nierozciągalna, zawieszona w dwóch punktach A i C, przyjmuje kształt krzywej łańcuchowej o równaniu

$y = C \cos \text{hyp} \frac{x}{C}$, (4)



Rys. 1.

⁴⁾ p. na przykład: Wł. Folkierski. Zasady rachunku różniczkowego i całkowego, Warszawa, 1909, T. II, str. 308.

gdzie $C = \frac{1000 s_0}{\gamma}$, (5)

przyczem s_0 oznacza naprężenie (w kg/mm²) w punkcie krzywej, w którym stycznca równoległa jest do poziomu.

Przybliżona długość łuku AC wynosi podług Schmidta ⁵⁾

$$l = a \left(1 + \frac{g^2 h^2}{24 q^2 s^2} \right); \dots \dots \dots (6)$$

przybliżenie polega na tem, że w rozwinięciu szeregiem dla l opuszczone zostały wszystkie potęgi wielkości $\left(\frac{a \gamma}{1000 s} \right)$ powyżej czwartej. Równość (6) istnieje tylko przy założeniu pewnej określonej temperatury t ; przy zmianie temperatury z $t^\circ\text{C}$ na $\vartheta^\circ\text{C}$ zmienia się naprężenie s_q przewodu w punkcie B, a co za tem idzie i długość l w równaniu (6). Z drugiej strony długość pierwotna l zwiększy się przy tej zmianie temperatur o $l_t \propto (\vartheta - t)$, zaś jej elastyczne skurczenie wyniesie $l_t \frac{1}{E} (s_t - s_0)$. Możemy zatem napisać

$$l_0 - l_t = \frac{a g^2 h^2}{24 q^2 s_0^2} - \frac{a g^2 h^2}{24 q^2 s_t^2} =$$

$$= a l_t (\vartheta - t) - \frac{1}{E} l_t (s_t - s_0),$$

czyli, podstawiając $l_t \cong a$

$$\frac{g^2 h^2}{24 a q^2 s_t^2} - t - \frac{s_t}{\alpha E} = \frac{g^2 h^2}{24 a q^2 s_0^2} - \vartheta - \frac{s_0}{\alpha E} \quad (7)$$

Wyrażenia te, w podobny sposób sformowane dla każdej dowolnej temperatury, będą sobie zawsze równe. Możemy zatem napisać równanie podstawowe

$$\frac{g^2 h^2}{24 a q^2 s_t^2} - t - \frac{s_t}{\alpha E} = K, \dots \dots \dots (8)$$

gdzie K jest stałą, charakterystyczną dla danych warunków zawieszenia.

Jeżeli punkty A i C znajdują się na jednym poziomie, to równanie (8) przyjmuje postać

$$\frac{g^2 a^2}{24 a q^2 s_t^2} - t - \frac{s_t}{\alpha E} = K \dots \dots \dots (9)$$

Po wprowadzeniu oznaczeń (2) równanie (9) zmienia się na

$$\frac{1}{2400 a} \frac{\gamma^2}{\sigma^2} - \frac{a}{100 E \alpha} \sigma = K + t \dots \dots \dots (10)$$

i doje się w tej postaci łatwo przedstawić zapomocą nomogramu ⁶⁾. 3 drabinki tego nomogramu zawierają wielkości a , σ i $(K+t)$. Na drabince dla σ wyznacza się również wartości φ , wynikające z równania (3).

Nomogram taki w znacznem zmniejszeniu ⁷⁾

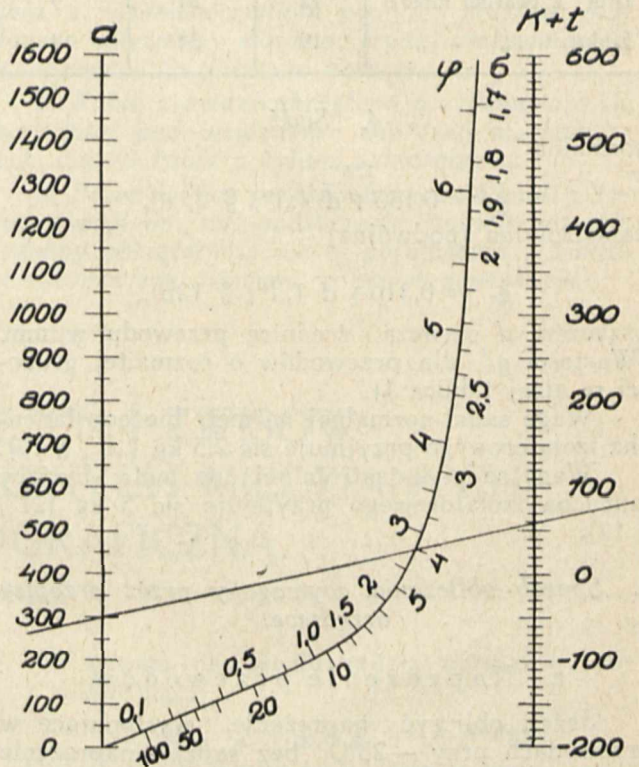
⁵⁾ G. Schmidt, ETZ, 1928, str. 212.

⁶⁾ p. także Przegląd Elektrotechniczny, 1931, str. 304.

⁷⁾ Do wykonywania obliczeń w praktyce konieczny jest nomogram, wyrysowany w o wiele większej skali. Dwa nomogramy o wymiarach 18 cm x 26 cm (do 150 i 1600 m), oparte na wywodach niniejszej pracy, wyszły z druku nakładem Stow. Elektryków Polskich w wydaniu, przystosowanem do użytku biurowego (na sztywnym papierze). Do nabycia w Sekr. Generalnym S. E. P.

przedstawiony jest na rys. 2; zawiera on na skali a rozpiętości od 0 do 1600 m. Te wielkie wartości rozpiętości potrzebne są nie ze względu na rozpiętości rzeczywiste, które są zwykle o wiele mniejsze, lecz ze względu na rozpiętości zastępcze a' (p. niżej), stanowiące wielokrotność rozpiętości rzeczywistych.

Użytkowanie nomogramu odbywa się, jak wiadomo ⁸⁾, w ten sposób, że na dwóch drabinkach odnajdujemy punkty, odpowiadające znanym dwu



Rys. 2.

wartościom zmiennym a , σ lub $(K+t)$. Prosta, łącząca te 2 punkty, przecina trzecią drabinkę w punkcie, który wyznacza szukaną wielkość trzeciej zmiennej, odpowiadającą podstawowemu równaniu (10). Z przykładu, zaznaczonego na rys. 2, widzimy, że przy rozpiętości $a = 300$ metrów, temperaturze $t = 20^\circ\text{C}$ i stałej charakterystycznej $K = 40^\circ\text{C}$ istnieć będzie w środkowym punkcie przewodu naprężenie $\sigma = 4 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}$. Najwygodniej

jest przytem posługiwać się przezroczystym linjałem (celulojdowym) lub cienką wyprężoną nitką.

Jak widzimy z powyższego, tak skonstruowany nomogram uzależniony jest wyłącznie od współczynników równania (10), t. j. od materiału, z którego wykonany jest przewód, natomiast niezależny jest od wszelkich przepisów, normujących temperatury i naprężenia. To też nomogram ten może być używany przy wszelkich przepisach i może być nazwany *uniwersalnym*. Jak zobaczymy poniżej, miano to jest tembardziej usprawiedliwione, że dziedzina stosowania opisanego nomogramu daje rozszerzyć się i do innych używanych sposobów zawieszania przewodów (izolatory łańcuchowe), do

⁸⁾ p. np. B. Konorski, Grundlagen der Nomenclographie, Berlin bei J. Springer.

przypadków rozmaitych poziomów punktów zawieszenia (np. w miejscowościach górzystych), a nawet i do materiałów innych, niż miedź twarda.

Przewód oblicza się w ten sposób, aby w najkrytyczniejszych warunkach (p. wyżej, przepisy) naprężenie jego nie przekraczało naprężenia dopuszczalnego, wzgl. aby mu było równe. Jednakże, przystępując do obliczenia, nie wiemy, czy owe najkorzystniejsze warunki zachodzą przy temperaturze -25°C , czy też przy temperaturze -5°C i dodatkowym obciążeniu sadyą. Dla pewnej wartości $a = c_{kr}$ w obu tych stanach w przewodzie istnieją jednakowe maksymalne naprężenia s_{max} . Wielkość a_{kr} otrzymujemy z równania

$$\frac{g^2 a_{kr}^2}{24 \alpha q^2 s_{max}^2} + 25 - \frac{s_{max}}{\alpha E} = \frac{(g + g_s')^2 a_{kr}^2}{24 \alpha q^2 s_{max}^2} + 5 - \frac{s_{max}}{\alpha E},$$

skąd, oznaczając $\frac{g + g_s'}{g}$ przez p' wynika

$$a_{kr} = q s_{max} \sqrt{\frac{480 \alpha}{2 g g_s' + g_s'^2}} = \frac{q s_{max}}{g} \sqrt{\frac{480 \alpha}{p'^2 - 1}} \quad (11)$$

Można dowieść⁹⁾, że dla rozpiętości mniejszych niż a_{kr} największe naprężenie zachodzić będzie przy mrozie -25°C , zaś dla rozpiętości większych niż a_{kr} — przy sady i temperaturze -5°C . Wielkość a_{kr} stanowi zatem kryterjum dla ustalenia, kiedy oczekiwać należy największego naprężenia w przewodzie. Takim samym kryterjum jest wielkość

$$\sigma_{kr} = 100 \frac{s_{max}}{a_{kr}} = \frac{\gamma}{\sqrt{48000 \alpha}} \sqrt{p'^2 - 1} \quad (12)$$

Jeżeli mianowicie wprowadzimy oznaczenie

$$\sigma_m = 100 \frac{s_{max}}{a}, \dots \dots \dots (13)$$

to możemy wnioskować z powyższego, że

jeżeli $\sigma_m < \sigma_{kr}$	jeżeli $\sigma_m > \sigma_{kr}$
to największe naprężenie zachodzi przy -5°C i sady	to największe naprężenie zachodzi przy -25°C

Posługiwanie się wielkością σ_{kr} jest wygodne z tego powodu, że, jak widzimy z wzoru (12), σ_{kr} zależne jest wyłącznie od materiału i od grubości przewodu.

W celu użytkowania opisanego nomogramu również i przy dodatkowym obciążeniu przewodu sadyą normalną lub katastrofalną wprowadzamy pojęcie rozpiętości zastępczej a' , a'' :

$$\frac{a'}{a} = \frac{g'}{g} = \frac{g + g_s'}{g} = p', \dots \dots (14)$$

$$\frac{a''}{a} = \frac{g''}{g} = \frac{g + 2g_s'}{g} = p'', \dots \dots (15)$$

Z pomocą tych wzorów równanie (10) można napisać w postaci

$$\frac{1}{2400 \alpha} \cdot \frac{\gamma^2}{\sigma'^2} - \frac{a'}{100 E \alpha} \sigma' = K + t, \dots \dots (16)$$

⁹⁾ p. na przykład R. Weil: Beanspruchung und Durchhang von Freileitungen.

przyczem

$$\sigma' = \frac{100 s}{a'} = \frac{\sigma}{p'} \dots \dots \dots (17)$$

Widzimy zatem, że i do tego przypadku nadaje się nasz nomogram ze zmianą a , σ na a' , σ' , względnie na a'' , σ'' .

Wielkości σ_{kr} , p' , p'' podane są w tabelicy I.

Tablica I¹⁰⁾.

	q	g_s'	$\sigma_{kr} = \Sigma_{kr}$	p'	p''
	mm ²	kg	kg/mm ² · m		
Drut	6	0,299	64,21	6,59	12,19
	10	0,352	47,93	4,96	8,91
	16	0,410	36,92	3,88	6,76
Linka	16	0,443	39,31	4,11	7,23
	25	0,508	30,82	3,28	5,57
	35	0,569	26,04	2,83	4,65
	50	0,640	21,90	2,44	3,87
	70	0,707	18,57	2,13	3,27
	95	0,791	16,32	1,93	2,87
	120	0,851	14,70	1,80	2,59
	150	0,920	13,41	1,69	2,38

W konsekwencji powyższych rozważań bieg obliczenia jest jasno wytknięty:

1) zapomocą podanego kryterjum ustalamy, w jakich warunkach nastąpi największe naprężenie przewodu;

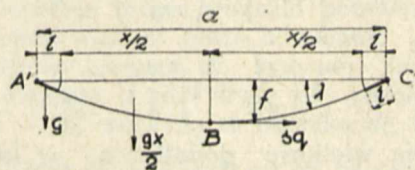
2) z nomogramu (dla ustalonych powyżej warunków), z danych a i σ_m (względnie a' i σ'_m) obliczamy stałą charakterystyczną K ;

3) z nomogramu dla dowolnej temperatury t z danych a i $(K+t)$ znajdujemy σ i φ , a co za tem idzie, naprężenie s i zwis f .

C. Przewody, zawieszane na izolatorach wiszących.

1.

Jak wiadomo, dla b. wysokich napięć używane są do zawieszenia przewodów wiszące łańcuchy izolatorów. Jeżeli przewód rozpięty jest pomiędzy dwoma słupami odporowymi, to przyjmuje on postać, jak na rys. 3. Obliczenie naprężeń



Rys. 3.

i zwisów tych przewodów było przedmiotem prac wielu autorów; zajmowali się niemi m. inn. Krzyżanowski, Guernndt¹¹⁾, Schenkely, Truxa, Robitschek¹²⁾, Sengel. Zatrzymamy się tu na metodzie Robiczka, jako jednej z najdokładniejszych i najbardziej nadającej się do następujących celów.

¹⁰⁾ Obliczał J. Wełyczko.

¹¹⁾ ETZ, 1922, str. 138.

¹²⁾ Elektrotechnik und Maschinenbau, 1924, str. 565.

Wprowadzając do równania Robiczka nasze symbole i oznaczając

$$a - 2l = x, \dots (18)$$

otrzymamy

$$\frac{g^2 x^2 E}{24 q^2 s_t^2} \left[6 \left(\frac{G + gx}{gx} \right)^2 \frac{l}{x} + 1 \right] - s_t - E \alpha t =$$

$$= \frac{g^2 x^2 E}{24 q^2 s_0^2} \left[6 \left(\frac{G + gx}{gx} \right)^2 \cdot \frac{l}{x} + 1 \right] - s_0 - E \alpha \vartheta,$$

a zatem na zasadzie naszych poprzednich rozważań możemy napisać

$$\frac{g^2 x^2}{24 \alpha q^2 s^2} \left[6 \left(\frac{G}{gx} + 1 \right)^2 \frac{l}{x} + 1 \right] - \frac{s}{E \alpha} - t = K. \quad (19)$$

Po wprowadzeniu następujących oznaczeń

$$m = \frac{x}{a} \sqrt{6 \left(\frac{G}{gx} + 1 \right)^2 \frac{l}{x} + 1}, \quad (20)$$

$$A = am, \quad (21)$$

$$\Sigma = 100 \frac{s}{A}, \quad (22)$$

równanie (19) przyjmuje postać

$$\frac{1}{2400 \alpha} \cdot \frac{\gamma^2}{\Sigma^2} - \frac{A \Sigma}{100 E \alpha} - t = K, \quad (23)$$

zupełnie podobną do wzoru (10). Aby i tu stosować nasz nomogram, wystarczy podstawić zamiast a i σ wielkości A i Σ . Po dokonaniu tego podstawienia wszystkie inne nasze rozważania dotyczące rozpiętości przełomowej A_{kr} , kryterjum Σ_{kr} i rozpiętości zastępczych A' , A'' pozostają bez zmiany. Otrzymujemy z łatwością

$$A_{kr} = \frac{q s_{max}}{g} \sqrt{\frac{480 \alpha}{\left(\frac{p' m'}{m} \right)^2 - 1}}, \quad (24)$$

$$\Sigma_{kr} = \frac{\gamma}{\sqrt{48000 \alpha}} \sqrt{\left(\frac{p' m'}{m} \right)^2 - 1}, \quad (25)$$

$$\frac{A'}{a} = p' m'; \quad \frac{A''}{a} = p'' m''. \quad (26)$$

Dla przewodów miedzianych otrzymujemy

$$\Sigma_{kr} = 9,852 \sqrt{\left(\frac{p' m'}{m} \right)^2 - 1}. \quad (25a)$$

Wyrażenie

$$6 \left(\frac{G}{gx} + 1 \right)^2 \frac{l}{x},$$

przedstawia wielkość dodatkową, w której odzwierciedla się wpływ izolatorów wiszących.

Jeżeli punkty A' i C' nie leżą na jednej wysokości, jak na rys. 3, lecz linia $A'C'$ tworzy z poziomem kąt δ , to zasadnicze równanie (23) nie zmienia swojej postaci; zamiast A piszemy w niem H , przyczem

$$H = mh = ma \cos \delta. \quad (27)$$

Dla obliczenia zwisu przypuszczamy, jak przedtem, że przewód w punkcie B jest przecięty (rys. 3). Z równowagi momentów wynika

$$sqf = \frac{Gl}{2} \cos \lambda + \frac{gx}{2} \left(\frac{x}{4} + l \cos \lambda \right);$$

kąt λ jest b. mały, oraz l jest o wiele mniejsze niż a , tak, że w przybliżeniu otrzymujemy¹³⁾

$$f = \frac{1}{8sq} (4Gl + ga^2). \quad (28)$$

Pierwszy wyraz tego równania przedstawia wpływ izolatorów wiszących na wielkość zwisu. Równanie (28) zachowuje swoją postać niezależnie od tego, czy punkty A' i C' znajdują się na jednakowym poziomie lub nie.

2.

Jeżeli przewód zawieszony jest w ten sposób, że jeden łańcuch izolatorów umocowany jest na słupie odporowym, zaś drugi na słupie przelotowym, to otrzymamy przypadek, wyobrażony na rys. 4.

Z równania (5) krzywej łańcuchowej wynika

$$\operatorname{tg} \lambda_1 = \sin \operatorname{hyp} \frac{a_1 \gamma}{2000 s_0},$$

$$\operatorname{tg} \lambda_2 = \sin \operatorname{hyp} \frac{a_2 \gamma}{2000 s_0};$$

jeśli założymy, że naprężenie s_0 jest w obydwu przewodach w punkcie C jednakowe, to otrzymamy zależność

$$\left[\operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\lambda_1}{2} \right) \right]^{a_2} = \left[\operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\lambda_2}{4} \right) \right]^{a_1},$$

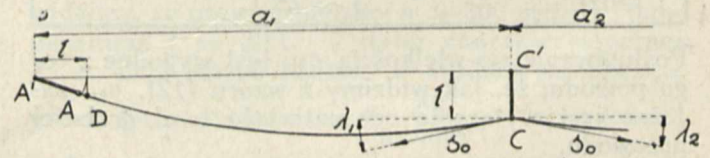
którą można zastąpić przybliżeniem równaniem

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{a_1}{a_2}. \quad (29)$$

Kąty λ_1 i λ_2 są bardzo małe. Tak np. mamy przy $s = 19$

dla $a = 100$ m,	$\lambda = 2' 40'$,	$\cos \lambda = 0,999$,
200 m,	$5' 20'$,	0,996,
500 m,	$13' 20'$,	0,973,

Jak widzimy z rys. 5 odchylenie punktu C od pionu jest mniejsze niż $\frac{1}{2} l (\lambda_2 - \lambda_1)$, czyli jest wielkością tak małą w stosunku do a , że może być odrzucona. Punkt C można zatem w układzie rys. 4

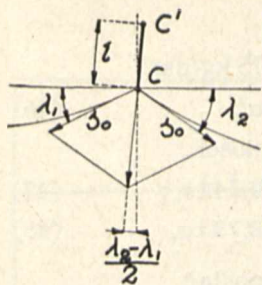


Rys. 4.

uważać za punkt nieruchomy. Dalszem uproszczeniem jest, że kierunek DC będziemy uważali za poziomy. Jeżeli po tych założeniach zastosujemy do przewodu rys. 4 metodę Robiczka, to dojdziemy do równania

$$\frac{g^2 (a - l)^2}{24 \alpha q^2 s^2} \left[3 \left(\frac{G}{g(a-l)} + 1 \right)^2 \frac{l}{a-l} + 1 \right] - \frac{s}{E \alpha} - t = K, \quad (30)$$

¹³⁾ Robiczek, l. c. Błąd jest $< \frac{gl'}{2sq}$.



Rys. 5.

które po wprowadzeniu oznaczeń (22), (31), (32) i (33)

$$a - l = z, \dots (31)$$

$$n = \frac{z}{a} \sqrt{3 \left(\frac{G}{gz} + 1 \right)^2 \frac{l}{z} + 1}, (32)$$

$$A = na, \dots (33)$$

przyjmuje znowu postać (23).

Jeżeli linia A'C' tworzy z poziomem kąt δ , to wyprowadzone powyżej zależności zmieniają się tylko o tyle, że zamiast A należy wprowadzić wielkość

$$H = nh = na \cos \delta. \dots (34)$$

Aby otrzymać wzór dla zwisu czynimy kilka założeń upraszczających (rys. 6). Zakładamy, że wielkość siły poziomej, działającej w punkcie A, jest równa s (p. niżej wzór (42)) i że wielkość siły pionowej w punkcie A wynosi

$$\frac{gz + G}{2}.$$

Wtedy

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{gz + G}{2s}.$$

Ponieważ λ jest przeważnie kątem b. małym, można bez wielkiego błędu przyjąć, że $\operatorname{tg} \lambda = \sin \lambda$. Zakładamy, że największy zwis przewodu występuje na połowie rozpiętości. Z rys. 6 wynika

$$f = QT = PR + RS + ST - PQ,$$

przyczem z zależności geometrycznych otrzymujemy

$$PR = \frac{1}{2}(v + l \sin \lambda),$$

$$RS = \frac{l}{2}, PQ = \frac{v}{2},$$

oraz

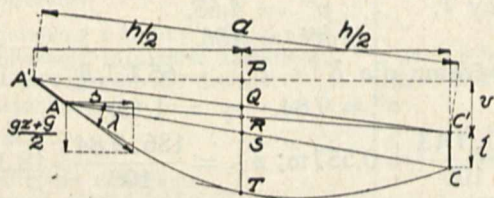
$$ST \approx \frac{ga^2}{8sq} \dots (1)$$

Stąd

$$f = \frac{ga^2}{8sq} + \frac{l}{2} \left(1 + \frac{gz + G}{2s} \right) \dots (34)$$

3.

Jeżeli przewód rozpięty jest pomiędzy dwoma słupami przelotowymi, to zgodnie z naszymi wnioskami, wyprowadzonymi wyżej w p. 2, obydwa punkty zawieszenia przewodu uważać można z wielkim przybliżeniem jako punkty nieruchome. W tym przypadku należy zatem stosować wzory, podane wyżej w dziale B.



Rys. 6.

D. Korekcje.

1. Korekcja dla zwisu.

Przy wielkich rozpiętościach i wysokich wartościach stałej charakterystycznej K zachodzi potrzeba jaknajdokładniejszego obliczenia zwisu i uwzględnienia błędu, jaki czynimy, zakładając we wzorze (1), że $a \approx l$. Z równania (4) krzywej łańcuchowej otrzymujemy (rys. 7)

$$f = C \left(\cos \operatorname{hyp} \frac{a}{2C} - 1 \right) \dots (35)$$

Jak wiadomo

$$\cos \operatorname{hyp} x = 1 + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} + \dots$$

Podstawiając do równania (35) pierwsze trzy wyrazy tego szeregu, otrzymujemy

$$f = \frac{a^2 \gamma}{8000s} + \frac{a^4 \gamma^3}{384 \cdot 10^9 s^3}, \dots (36)$$

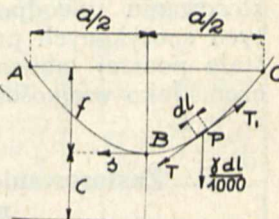
albo

$$\varphi = \frac{1,25 \gamma}{\sigma} + \frac{\gamma^3}{3840 \sigma^3} \dots (37)$$

Drugi wyraz tego równania

$$\psi = \frac{\gamma^3}{3840 \sigma^3} \dots (38)$$

stanowi korekcję, którą należy dodać do otrzymanej zwykłym sposobem z równania (3) wielkości φ . Wartość ψ dla przewodów miedzianych podana jest na wykresie rys. 8 w zależności od σ i dla wartości σ od 1,6 do 8. Dla $\sigma > 8$ korekcja ψ jest tak mała, że może być pozostawiona bez uwzględnienia nawet przy najdokładniejszych obliczeniach. Równania (36), (37), (38) nie zmieniają swej postaci przy ukośnym zawieszeniu przewodów.



Rys. 7.

2. Korekcja dla naprężenia.

W dotychczasowych naszych rozważaniach mieliśmy na uwadze zawsze naprężenie przewodu w jego punkcie środkowym (w połowie rozpiętości). W każdym innym punkcie przewodu naprężenie posiada wartość nieco odmienną.

Na każdy element dl krzywej łańcuchowej (rys. 7) działają 3 siły: dwie siły rozciągające T i $T_1 = T + dT$ oraz ciężar odcinka dl , wynoszący $\frac{\gamma}{1000} dl$. Suma rzutów tych sił na oś poziomą daje

$$T \frac{dx}{dl} - \left[T \frac{dx}{dl} + d \left(T \frac{dx}{dl} \right) \right] = 0,$$

albo

$$d \left(T \frac{dx}{dl} \right) = 0,$$

czyli

$$T \frac{dx}{dl} = \operatorname{Const} = s; \dots (39)$$

a zatem: składowa pozioma siły ciągnięcia nici jest stałą. Ściśle biorąc tylko w punkcie B naprężenie nici równa się s, nato-

miast w każdym innym punkcie jest cokolwiek większe. Dla punktu A wynika z zależności (39) i (4):

$$T = s_A = s \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} = s \cos \text{hyp} \frac{a}{2C} = s \left(\frac{f}{C} + 1\right),$$

czyli

$$s_A = s + \frac{f\gamma}{1000} \quad (40)$$

Przy ukośnym zawieszeniu (rys. 1) otrzymujemy

$$s_c \cong s + \frac{\gamma}{1000} \left(f + \frac{v}{2}\right), \quad (41)$$

$$s_A \cong s + \frac{\gamma}{1000} \left(f - \frac{v}{2}\right). \quad (42)$$

Wzory (40), (41) i (42) wprowadzają pewną korekcję dla obliczonej poprzednio wielkości s ; stosowanie ich jest szczególnie ważne wówczas, gdy przewody naciągane są zapomocą dynamometru.

Przyjmując dla glinu

$$\alpha_{al} = 23 \cdot 10^{-6}; \quad \gamma_{al} = 2,75 \text{ kg/dm}^3;$$

$$E_{al} = 7150 \text{ kg/mm}^2, \quad (46)$$

otrzymujemy następujące zależności:

$$s_* = 1,344 s_{al}; \quad s_{al} = 0,744 s_*; \quad (47)$$

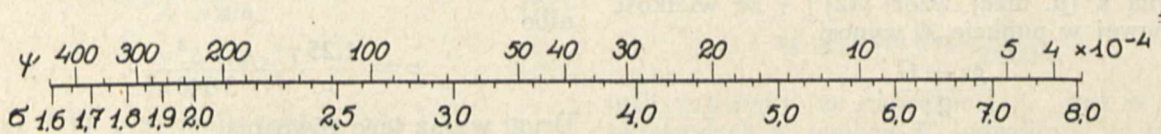
$$a_* = 0,366 a_{al}; \quad a_{al} = 2,733 a_*; \quad (48)$$

Wzór (25a) przyjmuje obecnie postać

$$\Sigma_{kr} = 2,598 \sqrt{\left(\frac{p' m'}{m}\right)^2 - 1}. \quad (49)$$

Pozatem pamiętać należy, że środkowej skali podwójnej dla obliczania wartości φ z danej wartości σ teraz już używać nie można. Pomiedzy temi wielkościami istnieje dla glinu zależność

$$\varphi_{al} = \frac{3,44}{\sigma_{al}} \quad (50)$$



Rys. 8.

E. Bieg obliczeń.

Ze względu na możliwość łatwych pomyłek przy stosowaniu nieodpowiednich wzorów w rozmaitych spotykanych przypadkach zamieszczona została poniżej tablica II, podająca kolejność obliczeń. Jako wielkości dane uważamy: s_{max} , q , a , h , G , g , l .

F. Zastosowanie do przewodów z innych materiałów.

Jeżeli chcemy zapomocą przedstawionej tu nomograficznej metody obliczyć zwis i naprężenie przewodów z innego materiału, np. z glinu, to najwłaściwszą drogą jest skonstruowanie specjalnego nomogramu¹⁴⁾. Można jednak drogę tę obejść i posilkować się nomogramem zbudowanym dla innego przewodnika, np. dla miedzi. Oznaczając zapomocą znacznika „al” wszystkie wielkości, dotyczące przewodu glinowego, możemy teraz napisać równanie (9) tak:

$$\frac{\gamma_{al}^2 a_{al}^2}{24 \cdot 10^6 \alpha_{al} \cdot s_{al}^2} - t - \frac{s_{al}}{\alpha_{al} E_{al}} = K. \quad (43)$$

Jeżeli teraz wprowadzimy do tego równania następujące wielkości rachunkowe:

$$a_* = a_{al} \left(\frac{\gamma_{al}}{\gamma} \cdot \frac{\alpha E}{\alpha_{al} E_{al}} \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_{al}}} \right) \quad (44)$$

$$s_* = s_{al} \frac{\alpha E}{\alpha_{al} E_{al}} \quad (45)$$

to równanie (43) przyjmie znowu postać (9) z tą różnicą, że zamiast a i s figurują w niem teraz a_* i s_* . Posilkując się temi rachunkowymi wielkościami możemy prowadzić cały rachunek tak jak gdybyśmy mieli do czynienia z przewodem miedzianym.

G. Przykłady.

1. Rozpiętość $a = 50$ m. Przewód tworzy z poziomem kąt δ , przyczem $\cos \delta = 0,8$.

Napięcie 35 000 V. Izolatory stałe. Przekrój 150 mm². Linka miedziana. $s_{max} = 19$ kg/mm².

Stosownie do kolumny II-ej tablicy II-ej znajdujemy:

$$h = 50 \cdot 0,8 = 40 \text{ m},$$

$$\sigma_m = 100 \cdot \frac{19}{40} = 47,5.$$

Z tablicy I: $\sigma_{kr} = 26,04$.

$\sigma_m > \sigma_{kr}$, czyli: najw. naprężenie przy -25°C . Z nomogramu dla $h = 40$ i $\sigma_m = 47,5$:

$$K + t = -85,1; \quad K = -60,1.$$

Z nomogramu dla $\sigma_m = 47,5$: $\varphi = 0,235$;

$$f_{-25} = \frac{50 \cdot 0,235}{100} = 0,118 \text{ m}.$$

Dla 40°C :

$$K + t = -20,1.$$

Z nomogramu dla $K + t = -20,1$ i $h = 40$:

$$\varphi = 0,72,$$

$$f_{40} = \frac{50 \cdot 0,72}{100} = 0,36 \text{ m}.$$

Dla -5°C i sadzi katastrofalnej:

Z tablicy I:

$$p'' = 4,65, \quad h'' = 186.$$

Z nomogramu dla $K + t = -65,1$ i $h'' = 186$:

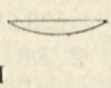
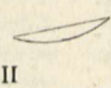
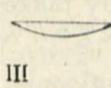
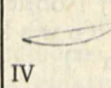
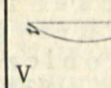
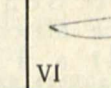
$$\sigma'' = 9,84, \quad \varphi'' = 1,13;$$

$$f_{-5} = \frac{50 \cdot 1,13}{100} = 0,557 \text{ m}; \quad s_{-5} = \frac{186 \cdot 9,84}{100} = 18,3 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}.$$

2. Przewód glinowy zawieszony równolegle do poziomemu na izolatorach łańcuchowych pomiędzy 2

¹⁴⁾ p. Przegląd Elektrotechniczny, 1931, str. 304.

Tablica II. Kolejny bieg obliczeń.

						
	I	II	III	IV	V	VI
Obliczamy wielkości i współczynniki pomocnicze	—	—	$x = a - 2t$ $m = \frac{x}{a} \sqrt{6 \left(\frac{G}{gx} + 1\right)^2 \frac{t}{x} + 1}$ $m' = \frac{x}{a} \sqrt{6 \left(\frac{G'}{g'x} + 1\right)^2 \frac{t}{x} + 1}$ $A = ma$ $H = mh$ $\Sigma_m = 100 \frac{s_{max}}{A}$ $\Sigma_m = 100 \frac{s_{max}}{H}$	$z = a - t$ $n = \frac{z}{a} \sqrt{3 \left(\frac{G}{gz} + 1\right)^2 \frac{t}{z} + 1}$ $n' = \frac{z}{a} \sqrt{3 \left(\frac{G'}{g'z} + 1\right)^2 \frac{t}{z} + 1}$ $A = na$ $H = nh$ $\Sigma_m = 100 \frac{s_{max}}{A}$ $\Sigma_m = 100 \frac{s_{max}}{H}$		
i z tablicy I notujemy dla danego q : poczem obliczamy:	—	σ_{kr}, p'	p'	$\Sigma_{kr} = 9,852 \sqrt{\left(\frac{p'm'}{m}\right)^2 - 1}$	p'	$\Sigma_{kr} = 9,852 \sqrt{\left(\frac{p'n'}{n}\right)^2 - 1}$
Największe naprężenie zachodzi przy -5°C ze sadzią żeżeli: Obliczamy rozpiętość zastępczą: oraz wielkość: poczem z nomogramu dla danych: znajdujemy ($K-5$) i obliczamy: Następnie obliczamy wielkość: poczem znajdujemy dla tej wielkości σ_m' na środk. drabince nomogramu wielkość ψ' i obliczamy:	$\sigma_m < \sigma_{kr}$ $a' = p' a$ $h' = p' h$ $\sigma_m = \frac{\sigma_m}{a}$ h', σ_m' a', σ_m' K $f'_{-5} = \frac{a\psi'}{100}$	$\Sigma_m < \Sigma_{kr}$ $A' = p'm'a$ $H' = p'm'h$ $\Sigma'_m = \frac{100 s_{max}}{A'}$ $\Sigma'_m = \frac{100 s_{max}}{H'}$ A', Σ'_m K $\sigma'_m = m' \Sigma'_m$ $f'_{-5} = \frac{G't}{2q s_{max}} + \frac{a\psi'}{100}$	$\Sigma_m < \Sigma_{kr}$ $A' = p'n'a$ $H' = p'n'h$ $\Sigma'_m = \frac{100 s_{max}}{A'}$ $\Sigma'_m = \frac{100 s_{max}}{H'}$ A', Σ'_m K $\sigma'_m = n' \Sigma'_m$ $f'_{-5} = \frac{t}{2} \left(1 + \frac{g'z + G'}{2 s_{max}}\right) + \frac{a\psi'}{100}$			
Największe naprężenie zachodzi przy -25°C żeżeli: Z nomogramu dla danych: znajdujemy ($K-25$) i obliczamy: Następnie obliczamy: poczem znajdujemy dla wielkości σ_m na środk. drabince nomogramu wielkość ψ' i obliczamy	$\sigma_m > \sigma_{kr}$ a, σ_m h, σ_m K $f_{-25} = \frac{a\psi'}{100}$	$\Sigma_m > \Sigma_{kr}$ A, Σ_m H, Σ_m K $\sigma_m = 100 \frac{s_{max}}{a}$ $\sigma_m = 100 \frac{s_{max}}{h}$ $f_{-25} = \frac{Gt}{2qs_{max}} + \frac{a\psi'}{100}$	$\Sigma_m > \Sigma_{kr}$ A, Σ_m H, Σ_m K $\sigma_m = 100 \frac{s_{max}}{a}$ $\sigma_m = 100 \frac{s_{max}}{h}$ $f_{-25} = \frac{t}{2} \left(1 + \frac{gz + G}{2 s_{max}}\right) + \frac{a\psi'}{100}$			
Dla znalezienia naprężenia przy -5°C i sadzi obliczamy rozpiętość zastępczą: poczem z nomogramu dla danych: znajdujemy: oraz: następnie obliczamy: i znajdujemy dla wielkości σ' na środk. drabince nomogramu wielkość ψ' , poczem obliczamy:	$a' = p'a$ $h' = p'h$ $(K-5), a'$ $(K-5), h'$ σ' $s'_{-5} = \frac{a'\sigma'}{100}$ $s'_{-5} = \frac{h'\sigma'}{100}$ $f'_{-5} = \frac{a\psi'}{100}$	$A' = p'm'a$ $H' = p'm'h$ $(K-5), A'$ $(K-5), H'$ Σ' $s'_{-5} = \frac{A'\Sigma'}{100}$ $s'_{-5} = \frac{H'\Sigma'}{100}$ $\sigma' = m' \Sigma'$ $f'_{-5} = \frac{G't}{2qs'_{-5}} + \frac{a\psi'}{100}$	$A' = p'n'a$ $H' = p'n'h$ $(K-5), A'$ $(K-5), H'$ Σ' $s'_{-5} = \frac{A'\Sigma'}{100}$ $s'_{-5} = \frac{H'\Sigma'}{100}$ $\sigma' = n' \Sigma'$ $f'_{-5} = \frac{t}{2} \left(1 + \frac{g'z + G'}{2 s'_{-5}}\right) + \frac{a\psi'}{100}$			
Dla każdej innej temperatury znajdujemy z nomogramu dla danych: wielkość: oraz: następnie obliczamy i znajdujemy dla wielkości σ na środk. drabince nomogramu wielkość ψ poczem obliczamy:	$(K+t), a$ $(K+t), h$ σ $s_t = \frac{a\sigma}{100}$ $s_t = \frac{h\sigma}{100}$ $f_t = \frac{a\psi}{100}$	$(K+t), A$ $(K+t), H$ Σ $s_t = \frac{A\Sigma}{100}$ $s_t = \frac{H\Sigma}{100}$ $\sigma = m \Sigma$ $f_t = \frac{Gt}{2qs_t} + \frac{a\psi}{100}$	$(K+t), A$ $(K+t), H$ Σ $s_t = \frac{A\Sigma}{100}$ $s_t = \frac{H\Sigma}{100}$ $\sigma = n \Sigma$ $f_t = \frac{t}{2} \left(1 + \frac{gz + G}{2 s_t}\right) + \frac{a\psi}{100}$			
Sprawdzenie dodatkowe dla -5°C i sadzi podwójnej. Obliczamy: i notujemy z tablicy I dla danego q : Obliczamy rozpiętość zastępczą: i z nomogramu dla danych: znajdujemy: oraz: Następnie obliczamy: poczem znajdujemy dla tej wielkości σ'' na środkowej drabince nomogramu wielkość ψ'' i obliczamy:	$a'' = p'' a$ $h'' = p'' a$ $(K-5), a''$ $(K-5), h''$ σ'' $s''_{-5} = \frac{a''\sigma''}{100}$ $s''_{-5} = \frac{h''\sigma''}{100}$ $f''_{-5} = \frac{a\psi''}{100}$	$A'' = p''m''a$ $H'' = p''m''h$ $(K-5), A''$ $(K-5), H''$ Σ'' $s''_{-5} = \frac{A''\Sigma''}{100}$ $s''_{-5} = \frac{H''\Sigma''}{100}$ $\sigma'' = m'' \Sigma''$ $f''_{-5} = \frac{G''t}{2qs''_{-5}} + \frac{a\psi''}{100}$	$A'' = p''n''a$ $H'' = p''n''h$ $(K-5), A''$ $(K-5), H''$ Σ'' $s''_{-5} = \frac{A''\Sigma''}{100}$ $s''_{-5} = \frac{H''\Sigma''}{100}$ $\sigma'' = m'' \Sigma''$ $f''_{-5} = \frac{t}{2} \left(1 + \frac{g''z + G''}{2 s''_{-5}}\right) + \frac{a\psi''}{100}$			

szyn synchronicznych. Autor, opierając się na doświadczeniu, zdobytem w Badeniu, Monachjum, Stuttgarcie i Berlinie, dzięki uprzejmości firm AEG, BBC, Dr. Paul Meyer i SSW oraz na podstawie literatury, wymienionej w końcu referatu, rozpatruje zasadę selekcji uszkodzonych odcinków sieci i dzisiejsze możliwości stosowania zabezpieczeń selekcyjnych w sieciach elektrycznych.

Coraz to intensywniejsze i wszechstronniejsze stosowanie energii elektrycznej w codziennym życiu gospodarstwa społecznego spowodowało tak wielką rozbudowę sieci, że pokrywają one już bardzo rozległe przestrzenie. Powszechność stosowania prądu elektrycznego z jednej strony była przyczyną przenikania sieci nawet do najdrobniejszych komórek organizmu społecznego, a więc i do najmniejszych gospodarstw domowych, skutkiem czego sieć zamyka się w coraz to drobniejsze oka, — a z drugiej strony wprowadziła do sieci moce stosunkowo bardzo duże.

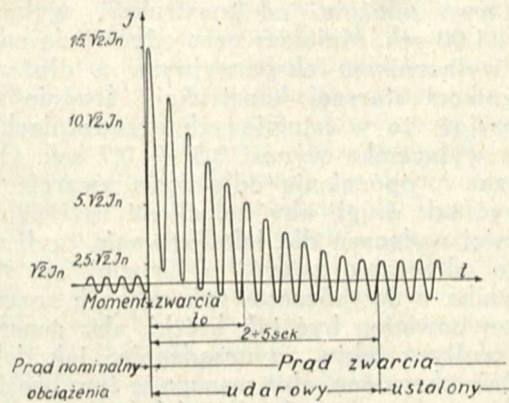
W miarę swego rozwoju sieć posiada znaczną większość odbiorców prądu o zapotrzebowaniu chwilowym czy też sezonowym, gdyż nieliczne tylko przemysły, a to głównie chemiczne i papiernicze, pracują stale, t. j. z mocą utrzymującą się mniej więcej na stałej wysokości, dzień i noc bez przerwy w ciągu całego roku. W ten sposób przepływają w sieciach moce znacznie różniące się w poszczególnych sezonach roku, a nawet różniące się bardzo nie tylko w dni powszednie i świąteczne, lecz także i w ciągu doby. Tak więc i moc jednostek prądowców, pracujących jednocześnie, jest nawet w ciągu doby różna. W ten sposób w jednym i tem samym miejscu sieci w różnym czasie, lecz w jednakowy sposób spowodowany prąd zwarcia będzie różny i, jak wskazuje praktyka pracy sieci amerykańskich i europejskich, prąd ten zależnie od mocy jednocześnie pracujących generatorów wahać się może od swej maksymalnej wielkości, którą oznaczmy 100%, do swej wielkości minimalnej, która wówczas będzie wynosiła np. 4%. Stosunek ten jest szczególnie jaskrawy przy zwiarcia, występujących w sieciach o bardzo dużych napięciach, w których wielka pojemność sieci bierze duży udział we wzbudzeniu generatorów, gdyż przy zwarcu, t. j. po „załamaniu się” pojemności, napięcie na generatorach bardzo silnie spada, tak że prąd zwarcia może stanowić jedynie drobną część nominalnego prądu obciążenia. Mamy więc w sieci do czynienia z prądami zwarcia, które mogą różnić się między sobą w stosunku 1:25. Oczywiście, że przy tak dużych różnicach w wielkości tych prądów zwarcie, które wystąpiło np. w dzień świąteczny, powoduje powstanie prądu zwarcia o natężeniu mniejszym od normalnego prądu roboczego w dniu powszednim. Stąd wniosek, że zabezpieczenia nadmiarowe, stosowane przez nas z powodzeniem w sieciach o mniej skomplikowanej pracy i w sieciach otwartych, nie mogą spełnić należyte swej roli w sieciach zamkniętych, a szczególnie przy współpracy elektrowni, gdyż skutkiem przepływu przez nie prądów zwarcia mniejszych od prądu nominalnego — nie działałyby. Tymczasem ze względu na skutki zwarcia musieliśmy już dawniej starać się ograniczyć czas trwania zwarcia do granic, zakreślonych wytrzymałością cieplną urządzeń, a obecnie skutkiem rozwoju sieci i współpracy elektrowni musimy wyłączyć z pracy miej-

sce zwarcia na jaknajmniejszym terenie sieci, t. j. przeprowadzić selekcję uszkodzonego odcinka sieci, aby w ten sposób umiejscowione zakłócenia ruchu ograniczyć do jaknajmniejszej ilości spożywców energii, względnie jej wytwórców.

Współpraca elektrowni uzupełnia jeszcze wyżej wymienioną konieczność ograniczenia czasu trwania zwarcia warunkami równowagi pracy równoległej, gdyż skutkiem zwarcia następuje silny spadek napięcia, tak że siła synchronizująca maleje, poszczególne generatory otrzymują nagle różne obciążenia, na które dynamicznie reagują rozmaicie, a co zatem idzie — następuje zmiana częstotliwości, dudnienia prądów wyrównawczych, starających się przywrócić ruch synchroniczny, i skutkiem tego rosnące z każdą chwilą kołysania wirników. W ten sposób największy dopuszczalny czas trwania prądu zwarcia w sieci ograniczony jest czasem osiągnięcia granicznej wielkości amplitudy wahań wirnika, przy której jeszcze zachowana jest równowaga pracy równoległej.

Jak wskazuje dotychczasowa praktyka współpracy elektrowni, czas ten — zależnie zresztą od warunków miejscowych — nie powinien o ile możliwości przekraczać 2 sekund, a conajwyżej 3 sekund.

Lecz i w zbyt krótkim czasie po powstaniu prądu zwarcia nie możemy go wyłączyć. W ten sposób rysuje się przed nami minimalna granica czasu odłączania, która spowodowana jest względami mechanicznymi. Jak widzimy, amplituda prądu zwarcia w pierwszym momencie swego powstania w nowoczesnych prądnicach przyjmuje wielkość równą około 15-tokrotnej wielkości amplitudy prądu nominalnego obciążenia generatora (rys. 1).



Rys. 1. Przebieg prądów zwarcia.

Prąd ten, t. zw. udarowy prąd zwarcia, zależnie od konstrukcji maszyn prądowców oraz miejsca w sieci, w którym nastąpiło zwarcie, w miarę upływu czasu, t. j. po około 2 do 5 sekund, przechodzi w prąd zwarcia trwały czyli ustalony. Tak więc amplituda udarowego prądu zwarcia maleje do wielkości dwu- (zwarcia trójfazowe), trój- (zwarcia dwufazowe) względnie pięciokrotnej (zwarcia jednofazowe) amplitudy prądu nominalnego obciążenia generatora szybkobieżnego. Przy pracy generatorów wolnobieżnych, t. j. z wydatnymi biegunami, prądy ustalone są jeszcze o 25% większe od wyżej podanych. Ustalony prąd zwarcia stanowi dla urządzeń naszych obciążenie cieplne, powodując w nich wzrost temperatury proporcjonalny do czasu przepływu prądu ustalonego i kwadratu wielkości skutecznej tego prądu. Nato-

miast prąd udarowy wywołuje obciążenie dynamiczne, charakteryzujące się porwaniem przewodów, połamaniem izolatorów i t. d., a proporcjonalne do kwadratu amplitudy prądu udarowego. Skutkiem prądu udarowego oczywiście również spowodowany jest wzrost temperatury, lecz skutek ten, wobec naogół krótkiego czasu działania tego prądu, nie stanowi dla urządzeń istotnego niebezpieczeństwa. Przez odłączenie udarowego prądu zwarcia nie jesteśmy w stanie uchronić urządzenia od obciążenia dynamicznego, gdyż odłączenie to musiałoby nastąpić przed zwarciem. Ze względu na uchronienie urządzenia od obciążenia dynamicznego niema celu wyłączanie go w chwili istnienia jeszcze prądu udarowego, gdyż obciążenie to stale się zmniejsza, mija i, o ile do tej pory nic się nie stało, to pod względem wytrzymałości mechanicznej urządzeniu już nic nie grozi. Natomiast wyłączenie w chwili trwania jeszcze prądu udarowego musiałoby się odbyć z efektem odpowiednim do wielkiej mocy odłączanej. Tymczasem nie wszystkie wyłączniki urządzenia naszego są zdolne znieść efekt odłączania udarowego prądu zwarcia w chwili, gdy on jeszcze nie zmniejszył się odpowiednio. Dlatego też odłączamy zwarcie po pewnym czasie t_0 od chwili jego powstania. Wówczas prąd udarowy zmniejszył się i skutkiem tego moc odłączania jest znacznie mniejsza. Konieczność uwzględnienia tego czasu szczęśliwie zbiega się z bezwładnością wyłącznika olejowego i przekazników. Bezwładność ta jest przyczyną, że całkowity przebieg odłączania kończy się po t_0 zw. własnym czasie wyłączania, który, liczony od chwili dania impulsu odłączenia do zakończenia całego przebiegu, trwa zależnie od konstrukcji wyłącznika 0,12 — 1,00 sek. Mniejszy czas odpowiada najnowszym wyłącznikom ekspansyjnym, a dłuższy — wyłącznikom starszej konstrukcji. Średnio możemy przyjąć, że w istniejących urządzeniach czas własny wyłącznika wynosi 0,5 — 0,7 sek. Oprócz tego czasu t_0 opóźnienia odłączenia zwarcia powinien być tak długi, aby umożliwić uszeregowanie kolejności wyłączeń dla lokalizowania czyli selekcyjnego odłączania zwarc. Z drugiej zaś strony, jak wynika z dotychczasowych naszych rozważań, czas ten powinien być tak krótki, aby generatory nie wypadły z taktu, a urządzenie tak dobrane względnie chronione, aby rosnące w tym czasie obciążenia cieplne nie były dla nich groźne.

Całe więc zagadnienie ograniczania czasu trwania zwarcia koncentruje się w doborze czasu, a raczej w doborze przez specjalny aparat, t. zw. przekaznik, chwili dania impulsu do wyłączenia.

Najczęściej stosowane w sieciach elektrycznych otwartych, bez współpracy elektrowni, przekazniki nadmiarowe z opóźnieniem zależnym od prądu, niezależnym lub z zależnością ograniczoną, różnicową i t. d. nie mogą roli swej spełniać zadowalająco w sieciach bardziej skomplikowanych, zamkniętych i przy współpracy elektrowni. Konieczność zmniejszenia różnicy czasu między chwila mi dania impulsu wyłączenia pomiędzy poszczególnymi wyłącznikami całego układu, nie pozwala na jedno- lub dwusekundowe różnice w nastawianiu poszczególnych przekazników, wymagane przez przekazniki zwykłe dla zachowania kolejności wyłączeń. Rów-

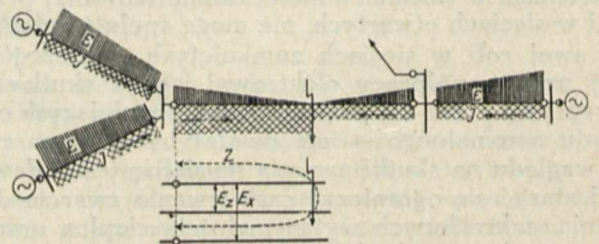
nież uzależnienie czasu dania impulsu wyłączenia jedynie od wielkości prądu nie może zapewnić selekcyjności. W pewnych przypadkach stosowane z powodzeniem przekazniki kierunkowe, oparte na zasadzie watomierzowej, nie zawsze w sieciach wielkich i okręgowych oddają należyłą usługę, gdyż przy silnych zwarciach wielkie spadki napięcia powodują, że przekazniki te nie działają — zawodzą. Cały szereg innych przekazników, stosowanych dla zapewnienia selekcyjności np. w sieciach kablowych lub w poszczególnych innych przypadkach, również nie nadaje się do ochrony sieci wielkich i okręgowych, zarówno ze względu na inne okoliczności, towarzyszące zwarciom w tych sieciach, jak i ze względu czy to na konieczność stosowania przewodów o specjalnej budowie (np. zabezpieczenia Z. D. Siemens'a wymagają kabli ze specjalną centralną żyłą izolowaną, czyli t. zw. Z. D. - kabli; podobnie system Pfannkuch, AEG, wymaga stosowania kabli o specjalnej konstrukcji), czy też na prowadzenie wzdłuż przewodów chronionych (zabezpieczenia różnicowe Merz-Price'a) — przewodów specjalnych, które są źródłem nie tylko większych kosztów, lecz i nowych możliwości zakłóceń ruchu. Wreszcie od selekcyjnych zabezpieczeń żądamy, aby oprócz dobrego działania nie wymagały przeprowadzania w nich zmian zasadniczych wraz ze zmianą konfiguracji sieci. Dlatego też dla sieci wielkich i okręgowych zbudowano w ostatnich latach specjalne przekazniki, oparte na zupełnie nowej zasadzie. Przekazniki te mają już za sobą dodatnie wyniki prób życiowych, a niektóre z nich, jak np. BBC, przeszły nawet próby ogniowe w sieci bawarskiej 110 kV, a przekazniki Dr. Paula Meyer'a w sieci wschodnio-pruskiej — 60 kV.

Tylko dzięki rozwiązaniu tej sprawy możemy dziś sprawnie prowadzić ruch sieci o takich pierścieniach zamkniętych i o współpracy z tak licznymi elektrowniami i sąsiednimi zespołami sieciowymi, jak to ma miejsce np. w sieciach bawarskich.

Przekazniki t. zw. odległościowe.

(n. Distanzrelais, — f. Relais à distance, — a. Distance relay).

W celu selekcyjnego odłączania odcinka sieci, w którym powstało zwarcie, zastosowano w ostatnich latach, t. j. od 1923 r., zarówno w Europie jak i w Ameryce specjalne przekazniki, których działanie oparte jest na spostrzeżeniach, że w razie zwarcia: a) napięcie spada, od źródła prądu licząc, do miejsca zwarcia w ten sposób, że praktycznie w miejscu zwarcia równa się zero, oraz b) prąd zwarcia płynie zawsze do miejsca zwarcia i w odcinku zwartym jest zawsze największy (rys. 2).



Rys. 2. Przebieg prądu i napięcia w sieci zwartej.

Stąd wynika, że dla uzyskania odłączania selekcyjnego te z przekaźników powinny działać szybciej, przez które przepływa większy prąd, a które jednocześnie znajdują się pod działaniem niższego napięcia. Innymi słowy, czas tego odłączania można wyrazić wzorem:

$$t_n = t_0 + k \cdot \left(\frac{E_n}{J_n} \right) = t_0 + k \cdot Z_n = t_0 + \frac{t_1 \text{ sek}}{1 \cdot \Omega} \cdot Z_n = t_0 + \text{tg } \alpha \cdot Z_n = t_0 + t_1,$$

gdzie n — oznacza n -ty z kolei przekaźnik w szeregu, licząc od miejsca zwarcia,

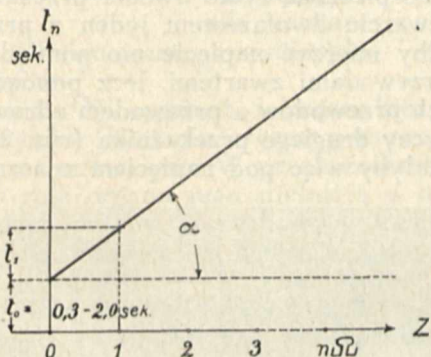
t_0 — czas własny zabezpieczenia, t. j. czas, po upływie którego spowodowane będzie odłączenie, gdy $E_n = 0$, a więc i $Z_n = 0$, t. j. gdy zwarcie wystąpi w bezpośrednim sąsiedztwie przekaźnika,

E_n — napięcie między przewodami w miejscu ustawienia danego przekaźnika, mierzone po wtórnej stronie miernikowego transformatora napięciowego,

J_n — prąd przepływający przez te przewody, mierzony po stronie wtórnej miernikowego transformatora prądowego,

k — stała danego przekaźnika.

Z łatwością zauważymy, że wyraz, stojący w nawiasie, jest niczem innym, jak roboczą impedancją Z_n chronionej części sieci. Widzimy więc, że przekaźnik spowoduje odłączenie danego odcinka tem później, im większa impedancja oddziela go od miejsca zwarcia (rys. 3). Ponieważ w sieciach



Rys. 3. Charakterystyka czasu odłączania przekaźników odległościowych.

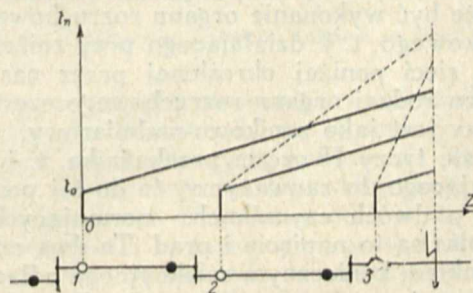
impedancja jest wielkością stałą, przeważnie proporcjonalną do długości linii elektrycznej, przeto przekaźnik ten został nazwany odległościowym.

Tak więc możemy powiedzieć, że im dalej od danego przekaźnika wystąpiło zwarcie, tem później będzie odłączone. Ponieważ opóźnienie działania przekaźnika, spowodowane jego bezwładnością, wynosi ok. 0,1 sek. lub nawet mniej, przeto zastosowanie metody selekcyjnego odłączania, uzależniającej czas dania impulsu wyłączającego od impedancji, pozwala nawet na dalej idące szeregowanie kolejności wyłączeń, niż pozwala na to bezwładność wyłączników nawet ekspansyjnych. Skutkiem tej bezwładności różnice czasu dania impulsu wyłączającego, normowane przez przekaźniki, a wynoszące mniej, niż wynosi czas własny wyłączników, a więc 0,12 ÷ 1,00 sek., nie mogą być tolerowane, gdyż istniejące w urządzeniu wyłączniki o różnej bezwładności, a więc o różnym czasie własnym, przy zwarcu wyskakiwałyby w kolejności przygodnej, a nie planowej. Zależnie więc

od bezwładności wyłączników, ich wytrzymałości odłączania, miejscowych warunków równowagi pracy równoległej i t. d., wprowadzamy do przekaźników pewne stałe opóźnienie, t. zw. zasadniczy czas przekaźnika, wahający się w granicach $t_0 = 0,3 \div 2,00$ sek. Dopiero po upływie tego czasu przekaźnik odlicza czas, zależny od impedancji chronionego obwodu. W ten sposób odstąpiliśmy od dawniejszej zasady uzyskiwania względnej selekcyjności w sieciach otwartych przez nastawienie na zgóry określony czas odłączania, — różny, lecz stały dla każdego poszczególnego miejsca założenia. Tak więc nowa metoda zmusza przekaźniki do samoczynnego nastawiania się na czas, zależnie od odległości miejsca zwarcia od danego przekaźnika. A ponieważ przekaźniki po działaniu wykazują specjalną wskazówką czas t_n w sekundach, to stąd sędzić możemy w pewnym praktycznym dopuszczalnym przybliżeniu o odległości miejsca zwartego od przekaźnika. Rzecz prosta, że określenie miejsca zwarcia jest niezmiernie ważne dla możliwie szybkiego zlikwidowania zwarcia i jego skutków, dlatego też tę zaletę przekaźników odległościowych należy specjalnie podkreślić.

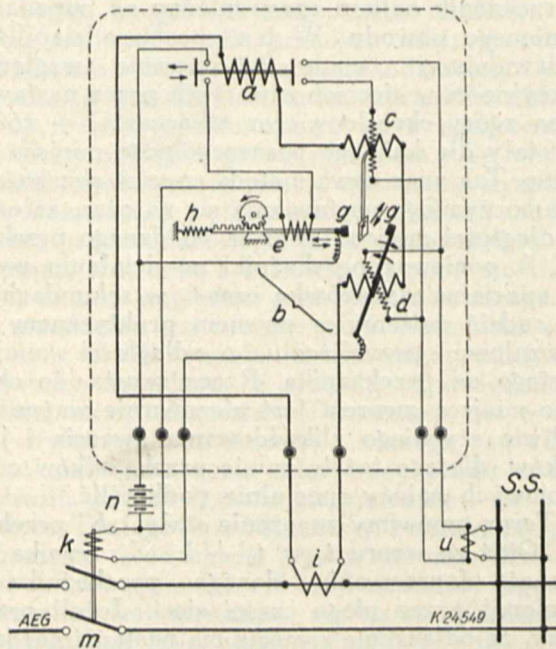
Teraz omówimy znaczenie stałej „ k ” przekaźnika. Otóż ze wzoru $t_n = t_0 + k \cdot Z_n$ wynika konieczność dopasowania danego przekaźnika do chronionej przez niego części sieci. Jeżeli przyjmiemy, że odłączenie zwarcia ma nastąpić najdalej po np. $t_n = 3$ sek., a czas własny przekaźnika nastawiliśmy na $t_0 = 0,5$ sek., wówczas pozostaje na czas zależny od impedancji $t_1 = k \cdot Z_n = 2,5$ sek. Zależnie więc od wielkości impedancji Z_n , spodziewanej w największym obwodzie zwarcia tego odcinka sieci, musi być stosownie dobrana wielkość stałej „ k ” danego przekaźnika, t. j. czas opóźnienia w sek. na każdy 1 om impedancji, tak aby t_n nie przekroczyło wymaganego przez nas czasu, jak w tym przypadku 3 sek. Oprócz tego stała „ k ” jest tg kąta α nachylenia charakterystyki, czyli przyrostem czasu odłączania na 1 om oporności przewodów (rys. 3). Nachylenie to musi być tak dobrane, aby charakterystyki poszczególnych przekaźników nie przecinały się z sobą. W przeciwnym razie, przekaźniki znajdujące się dalej od zwarcia, mogłyby spowodować odłączenie wcześniej, niż przekaźniki bliższe, tak że zamiast kolejności wyłączeń: 3—2—1 wynikającej z pełnych linii rys. 4, mielibyśmy kolejność: 1—2—3, określoną liniami przerywanymi.

W przekaźnikach odległościowych (rys. 5) różniamy cztery zasadnicze części, z których I, t. zw. organ rozruchowy „ a ”, niejako nadzoruje sieć i z chwilą, gdy obrane przez nas wielkości odpowiednio zmieniają się, organ ten uruchamia II część,



Rys. 4. Wpływ stałej „ k ” przekaźników na kolejność odłączeń.

stanowiącą organ ryglujący „c”, III-cią częścią przekaźnika jest organ pomiarowy „b”, który mierzy obraną przez nas oporność danej części sieci i stosownie do zmierzonej wielkości oporności nastawia IV-ty organ, t. j. zegar „e”, na odpowiedni czas odłączania.



Rys. 5. Ideowy schemat przekaźnika odległościowego.

Organ rozruchowy wykonywany jest zasadniczo w trojaki sposób, a mianowicie:

1) jako organ rozruchowy podimpedancyjny, który nie reaguje na impedancję roboczą, która np. przy obciążeniu 100 A i 50 kV wynosi: $50\ 000:100 = 500$ omów, lecz reaguje na impedancję zwartego obwodu (rys. 6). Wówczas napięcie na przekaźnikach jest bliskie zera, a prąd duży — tak, że przekaźniki te reagują dopiero przy wystąpieniu pewnej impedancji, obranej przez nas, lecz bardzo małej w stosunku do impedancji roboczej. Oczywiście, że przekaźniki o organach rozruchowych podimpedancyjnych nie chronią urządzeń od przeciążeń, lecz tylko od zwarc. Przekaźniki te stosujemy chętnie w sieciach, w których obciążenie jest nadzorowane w nastawni w sposób bezpośredni lub za pomocą pomiarów z odległości;

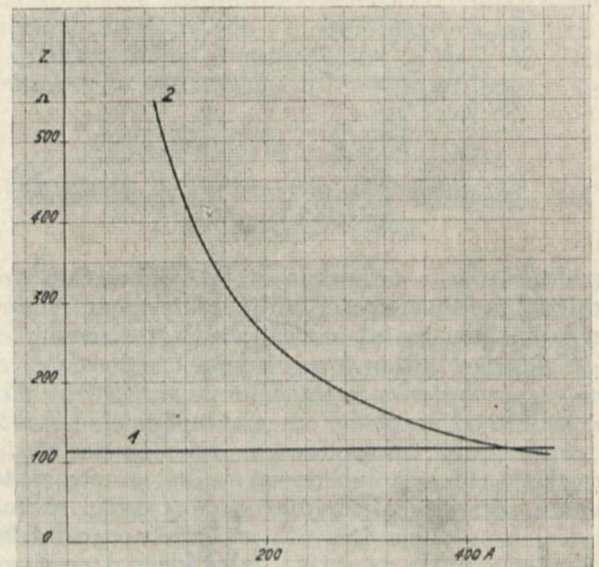
2) natomiast w sieciach, w których prąd zwarcia nie spada poniżej pewnej nominalnej wielkości, stosujemy przekaźniki odległościowe z organem rozruchowym, zbudowanym nadmiarowo, nastawianym zwykle na 100—200% obciążenia nominalnego;

3) wreszcie dla pewnych przypadków korzystnym może być wykonanie organu rozruchowego jako zanikowego, t. j. działającego przy зниzeniu się napięcia sieci poniżej określonej przez nas wielkości. Ten rodzaj organu rozruchowego często wykonywany jest jako zanikowo-nadmiarowy.

Co się tyczy II części przekaźnika, t. j. organu ryglującego, to zauważymy, że do tej pory mówiliśmy o dwóch czynnikach, normujących czas odłączania: są to napięcie i prąd. Te dwa czynniki są warunkiem koniecznym selekcyjnego odłączania, lecz niewystarczającym, gdyż, jeżeli weźmiemy pod uwagę szynę zbiorczą (Rys. 2), do której prąd doprowadzamy linią zabezpieczoną, a druga taka

linia odprowadza prąd i na niej właśnie powstało zwarcie, to — praktycznie rzecz biorąc — możemy powiedzieć, że przekaźniki zarówno jednej jak i drugiej linii, jako przyłączone tuż przy jednych i tych samych szynach, znajdują się pod tym samym napięciem i w dodatku prądy przepływające przez nie są lub mogą być równe. Przekaźniki te powinny więc spowodować jednoczesne odłączanie zarówno linii ze zwarcem, jak i linii doprowadzającej, skutkiem czego unieruchomione mogłyby być bez potrzeby linie zdrowe, odchodzące z tych samych szyn (Rys. 2). Aby to nie nastąpiło, do przekaźników odległościowych wprowadzono obok napięcia i prądu nowy — trzeci — czynnik, który już nie wpływa na czas odłączania, lecz nie dopuszcza do działania pewnych przekaźników, oznaczonych czarnym kolorem na rys. 4. Czynnikiem tym jest kierunek przepływu mocy elektrycznej. Powoduje on to, że dopuszczone są do działania tylko te przekaźniki, które znajdują się w obwodzie linii, odprowadzającej energię z szyn zbiorczych. Blokowanie to odbywa się na zasadzie dynamometrycznej lub indukcyjnej. Organ ryglujący w niektórych przekaźnikach stanowi mechanicznie część przekaźnika odległościowego (AEG, BBC), w innych znów organ ten stanowi osobny przyrząd (Dr. Paul Meyer, S & H).

Z wzoru na czas odłączenia t_n widzimy, że jest on ustalony pomiarem napięcia między przewodami zwartymi. Jeżeli więc linię trójfazową mieliśmy zabezpieczoną tylko dwoma przekaźnikami, to przy zwarciu dwufazowym jeden z przekaźników mógłby mierzyć napięcie nie pomiędzy temi dwoma przewodami zwartymi, lecz pomiędzy jednym z tych przewodów a przewodem zdrowym. To samo dotyczy drugiego przekaźnika (rys. 2). Przekaźniki stałyby więc pod napięciem znacznie wyż-



Rys. 6. Krzywe impedancji: roboczej (2) i chromej czyli rozruchowej (1).

szem, nie byłyby więc sterowane przez właściwą danemu zwarcu impedancję; czas wyłączenia byłby znacznie opóźniony, a co za tym idzie, nie mogłoby być mowy o jakimkolwiek porządkowaniu wyłączenia. Z tej też przyczyny, bez względu na to, czy punkt zerowy jest uziemiony czy też nie

należy bezwarunkowo w każdej fazie zakładać osobny przekaźnik, a więc w linii trójfazowej — trzy przekaźniki.

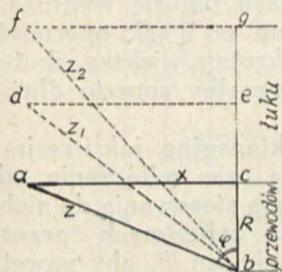
III. Organ pomiarowy. Przekaźniki odległościowe uzależniają czas odłączania od wielkości impedancji obwodu uszkodzonego. Jak wiemy, impedancja wyraża się wzorem (rys. 7):

$$Z^2 = R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2 = R^2 + X^2;$$

W szczególnych przypadkach oczywiście może być:

- 1) $R = 0$ wówczas $Z = X$ lub
- 2) $X = 0$ a wówczas $Z = R$

Rzecz prosta, że zamiast mierzyć Z , możemy przeprowadzić pomiar poszczególnych jej składników, a więc X lub R , a nawet możemy mierzyć jednocześnie np. R i tylko pewną część X i t. p.



Rys. 7. Trójkąt oporności obwodu zwartego metalicznie i łukowo.

Tak więc możemy w przekaźnikach odległościowych układ pomiarowy nastawić lub pobudować tak, aby mierzył żądane wielkości.

Stosownie więc do mierzonej oporności przekaźniki odległościowe dzielimy na: 1) przekaźniki impedancyjne, 2) przekaźniki reaktancyjne, 3) przekaźniki resistancyjne i 4) prze-

rezystancyjno - cząstkowo reaktancyjne.

Wreszcie IV organ, t. j. zegar, który stosownie do wyniku działania organu pomiarowego odmierza czas odłączania. W przekaźnikach odległościowych rolę organu tego spełniają w niektórych wykonaniach organy' rozruchowy i pomiarowy — dzięki samej zasadzie ich działania i odpowiedniej konstrukcji (AEG — Dr. Paul Meyer, Westinghouse); w innych znów wykonaniach organy te stanowią część konstrukcyjną przekaźnika (BBC, Siemens).

Zanim przejdziemy do rozpatrzenia poszczególnych przekaźników, zwrócić musimy uwagę na to, że w dotychczasowych rozważaniach przyjmowaliśmy, że zwarcie przewodów odbywa się bezopornowo, a więc metalicznie. Jednakże z praktyki wiemy, że zwarcia najczęściej powstają skutkiem łuku elektrycznego (rys. 8). Rzecz prosta, że wówczas zwarcie występuje poprzez mniejszą lub większą oporność.

Jak wskazują pomiary, przeprowadzone w r. 1925 ÷ 1928 przez BBC, Dr. Inż. Waltera (Dr. Paul Meyer, AEG) i SSW, przy zwarciu łukowym oporność zwarcia, t. j. łuku, jest prawie wyłącznie opornością rzeczywistą, która w pewnych warunkach może osiągnąć wielkość równą nawet 400 omom. Oporność łuku jest oczywiście tem większa, im większa jest długość tego łuku. A ponieważ im wyższe mamy napięcie, tem większe są odległości między-przewodowe, przeto przy wyższych napięciach łuk jest dłuższy, a więc i oporność większa. Z drugiej strony oporność łuku jest tem mniejsza, im większy jest prąd zwarcia, gdyż wówczas mamy duże nagrzanie, dużą jonizację. A ponieważ im silniejsze jednostki prądotwórcze pracu-

ją na sieć, tem większe mamy prądy zwarcia, przeto oporność łuku zwierającego jest tem mniejsza.

Jeżeli teraz zwrócimy uwagę na rys. 7, przedstawiający trójkąt oporności, to zauważymy, że w przypadku wystąpienia zwarcia łukowego zamiast ewentualnie powstałego w tem samym miejscu zwarcia metalicznego impedancja Z_1 obwodu, zwartego łukiem, jest mniej lub więcej większa od impedancji Z obwodu zwartego metalicznie. Rzecz prosta, że ten wzrost impedancji musi spowodować opóźnienie działania przekaźnika, tak że $(t_0 + k \cdot Z_1) > (t_0 + k \cdot Z)$. Tak więc czas odłączenia nie zależy już od odległości, lecz od rodzaju zwarcia, mamy tu zatem taki sam efekt, jakgdyby zwarcie metaliczne nastąpiło w miejscu odległym o kilka, kilkanaście lub nawet kilkadziesiąt kilometrów od rzeczywistego miejsca zwarcia łukowego. Krańcowo mówiąc, w przypadku zwarcia łukowego w bezpośrednim sąsiedztwie przekaźnika — przekaźnik ten spowodowałby odłączenie zwarcia ze zbyt dużym opóźnieniem. Co gorsza, łuk jest bardzo ruchliwy (rys. 9, 10 i 11); w miarę więc swego wydłużania lub skracania zmienia swą oporność w granicach np. $Z_1 \div Z_2$. Jest oczywiste, że kolejność odłączania przez poszczególne przekaźniki występowałaby nie wedle jakiejś określonej zasady, lecz raczej zależnie od przypadku, zbiegu okoliczności, tak że w tych warunkach o selekcyjności odłączania nie mogłoby być mowy.

Biorąc pod uwagę wszystko wyżej powiedziane, przejdziemy do rozpatrzenia poszczególnych rodzajów przekaźników odległościowych.

1. Przekaźniki impedancyjne.

W sieciach o napięciu wysokim, lecz stosunkowo niewielkim, a więc do 40 kV ÷ 60 kV, opór łuku jest prawie zawsze bardzo mały, tak że wów-



Rys. 8. Trójfazowe zwarcie łukowe w sieci 45 kV.

czas korzystnym jest stosowanie przekaźników impedancyjnych. Przekaźniki te stosujemy zarówno w sieciach napowietrznych, kablowych jak i mieszanych. Wobec tego, że czas odłączania jest w tych przekaźnikach niezależny od $\cos \varphi_z$, t. j. od kąta przesunięcia w fazie napięcia w stosunku do prądu zwarcia, przekaźniki te pracują jednakowo dobrze w sieciach bez dławików ochronnych, jak i w sieciach chronionych dławikami, oraz w linjach jednego napięcia, które w dalszym biegu linii trans-

formowane jest na inne napięcie. Również nie stanowi różnicy, czy sieć napowietrzna przechodzi w kablową czy też odwrotnie oraz czy zwarcie jest łukowe czy też metaliczne. Ta niezależność czasu odłączania przekaźników impedancyjnych od $\cos \varphi_z$, zazwyczaj wahającego się w granicach 0,3 — 1,0, jest również korzystna np. dla wielkowiejskich sieci kablowych, w których poszczególne odcinki chronione są dławikami o impedancji mniejszej lub stonkowo niewiele większej od impedancji chronionego odcinka. Przekaźniki te odłączają w czasie:

$$t_n = t_0 + k \cdot \frac{E_n}{J_n} = t_0 + k \cdot Z_n.$$

2. Przekaźniki reaktancyjne.

W sieciach wielkich napięć, a więc począwszy od 60 kV wzwyż, w których oporność łukowych zwarc jest wielka, koniecznym jest wyeliminowanie oporności rzeczywistej jako czynnika wpływającego na ustalenie czasu odłączania. Tak więc w danym przypadku czas odłączania wyraża się wzorem:

$$t_n = t_0 + k \frac{E_n}{J_n} \cdot \sin \varphi_n = t_0 + k \cdot X_n.$$

Zależność czasu odłączania od przesunięcia w fazie prądu zwarcia w stosunku do napięcia powoduje, że wtrącone w sieć indukcyjność, np. dławiki ochronne, powodowałyby bardzo znaczne opóźnienie czasu odłączania. Nie możemy więc przekaźników tych stosować w sieciach, chronionych dławikami, oraz w sieciach, połączonych transformatorami o wielkiej reaktancji. Również nie mogą one być stosowane w sieciach kablowych ze względu na znikomą małą indukcyjność tych sieci oraz w sieciach mieszanych kablowo-napowietrznych.

W sieciach o wielkich mocach zasilających lepiej zadanie swe spełniają przekaźniki impedancyjne. Jeżeli natomiast moce zasilające są słabe, to wówczas może okazać się korzystne zastosowanie przekaźników reaktancyjnych nawet przy napięciach niższych od 60 kV. Jednakże naogół możemy powiedzieć, że w sieciach napowietrznych do 40 kV stosujemy przekaźniki impedancyjne, od 60 kV do 220 wzgl. 380 kV — przekaźniki reaktancyjne, a w granicach 40 — 60 kV, zależnie od warunków miejscowych, od przypadku do przypadku decydujemy się na przekaźniki impedancyjne lub reaktancyjne.

3. Przekaźniki resistancyjne.

Ze względu na czas odłączania, który w przekaźnikach tych zależy jest od oporu rzeczywistego:

$$t_n = t_0 + k \frac{E_n}{J_n} \cdot \cos \varphi_n = t_0 + k \cdot R_n,$$

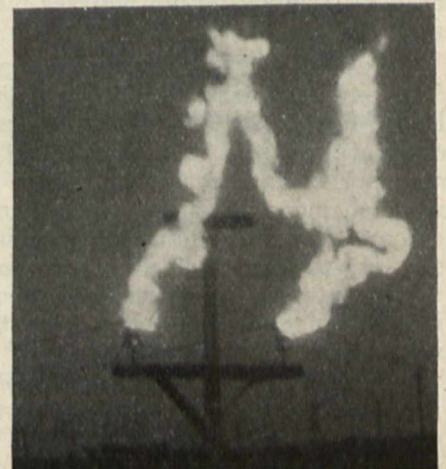
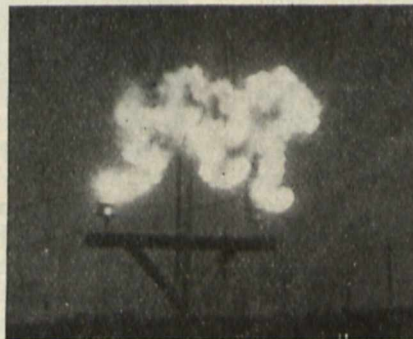
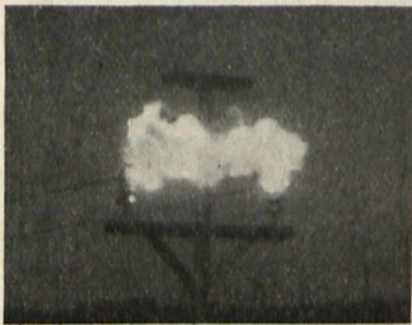
nie możemy liczyć na selekcję zwarc, którą w danym przypadku uniemożliwiają zwarcia łukowe oraz sama konstrukcja sieci chronionej; a więc poszczególne części obwodu zwartego mogą mieć bardzo znacznie różniące się między sobą oporności rzeczywiste, tak że zmiany przekrojów, materiału przewodowego, dławiki i t. d. zmieniałyby czas odłączania w sposób nie dający się ująć jakąś stałą skalą. Łuk elektryczny w pierwszym momencie swego powstania jest krótki, a więc o oporności małej. W miarę upływu czasu łuk się wydłuża, oporność jego rośnie tak, że np. po 2 sek. oporność ta może być już np. 25 — 30-krotnie większa, skutkiem czego przekaźnik odmierzałby corazto dłuższy czas odłączania t_n .

Zarówno przekaźniki reaktancyjne, jak i resistancyjne, t. j. uzależniające czas odłączania od $\cos \varphi$ względnie $\sin \varphi$, wymagają stosowania do nich transformatorów prądowych, zaliczonych przez VDE do klasy dokładności wskazań F , aby nawet przy dużych prądach zwarcia otrzymywać w samych transformatorach przesunięcie faz możliwie jaknajmniejsze.

4. Przekaźniki kombinowane resistancyjno-częstkowo - reaktancyjne.

Sieci kablowe chronimy przed skutkami prądów zwarcia dławikami, lecz wówczas faza prądu zwarcia w stosunku do napięcia może zmieniać się w bardzo szerokich granicach i w ten sposób również szeroko wpływać na czas, odmierzany przekaźnikami reaktancyjnymi i resistancyjnymi, powodując tem ich nieużyteczność dla tych przypadków.

Gdyby w dodatku skupiona impedancja tych dławików była wielka w porównaniu z równomiernie rozłożoną impedancją sieci chronionej, to również przekaźniki impedancyjne mogłyby działać niezbyt dokładnie. Przypadek ten występuje najczęściej w sieciach wielkowiejskich, w których często mamy kable o dużych przekrojach a stosunkowo krótkie. Wówczas reaktancja ich jest znikomą małą, a resistancja mała, tak że dla uzyskania



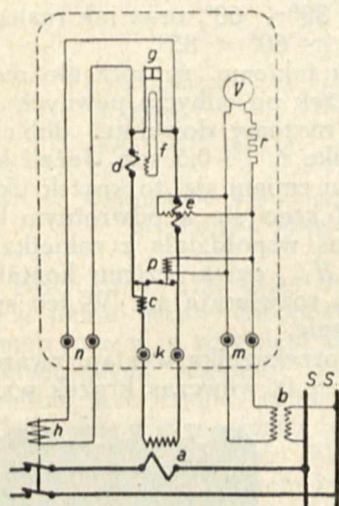
Rys. 9, 10 i 11. Zdjęcie filmowe f-my BBC zwarcia dwuprzewodowego linii napowietrznej wys. nap.: a) stadium początkowe, b) stadium środkowe, c) stadium końcowe.

selekcyjnego działania przekaźników korzystnym byłoby dla odmierzenia czasu odłączenia użyć obok resistancji odpowiednią część indukcyjności dławika. Dla tych przypadków firma BBC zbudowała przekaźniki t. zw. LK, których czas odłączania wyraża się wzorem:

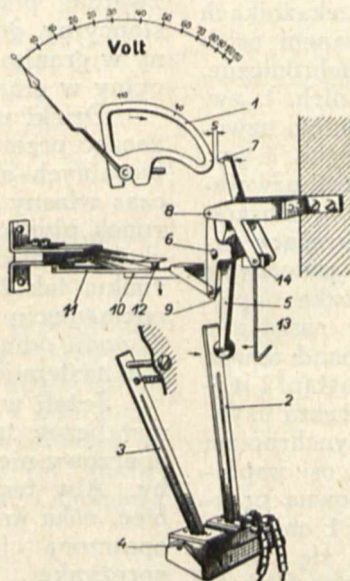
$$t_n = t_0 + k \cdot Z \cdot \cos(\varphi - \psi).$$

gdzie $\psi = 0^\circ \div 5^\circ \div 15^\circ$, tak że gdy $\psi = 0$, przekaźnik ten przyjmuje charakter działania przekaźnika czysto resistancyjnego i wówczas może

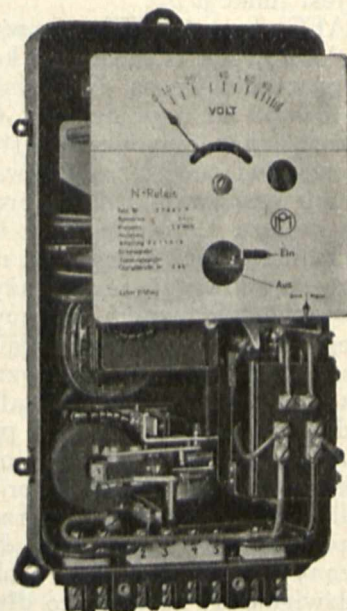
zyczeniami cyfrowymi oraz rys. 14) ustalenie czasu odbywa się przez zginającą się pętlę „f” wzgl. „2” pod wpływem różnego rozszerzania się dwu jej gałęzi, zrobionych z materiału o różnych współczynnikach rozszerzalności cieplnej, jaka występuje przy przepływie prądu przez pętlę. Aby jednakże ilość powstałego ciepła, a więc i wygięcie, proporcjonalne było nie do kwadratu, lecz do pierwszej potęgi prądu, zastosowano miernikowe transformatorki prądowe „a” o odpowiednio wielkiem nasyceniu i rozproszeniu, a wpływ temperatury zewnętrz-



Rys. 12. Schemat N-przekaźnika impedancyjnego firmy Dr. Paul Meyer (obecnie AEG).



Rys. 13. Kinematyka przekaźnika N firmy Dr. Paul Meyer.



Rys. 14. Przekaźnik impedancyjny N firmy Dr. Paul Meyer.

obsługiwać dłuższe linie kablowe o mniejszych, lecz jednakowych przekrojach i o tym samym materiale przewodowym.

Gdy $\psi = 5^\circ$, wówczas wzór na czas odłączania możemy napisać w postaci następującej:

$$t_n = t_0 + k (Z \cdot \cos \varphi \cdot 0,996 + Z \cdot \sin \varphi \cdot 0,087) = t_0 + k (0,996 \cdot R + 0,087 \cdot X).$$

Widzimy więc, że w tym przypadku czas odłączania przekaźników kombinowanych zależy od całej prawie resistancji i prawie od 9% reaktancji. Zależność tę możemy w razie potrzeby jeszcze zmienić dzięki nastawieniu przekaźnika na $\psi = 15^\circ$. Wówczas:

$$t_n = t_0 + k (0,966 \cdot R + 0,259 \cdot X).$$

Przekaźniki te BBC wykonywa jedynie z organem rozruchowym nadmiarowym, gdyż w wielkomijskich sieciach kablowych prąd zwarcia prawie zawsze jest większy od nominalnego, choć nie stoi nic na przeszkodzie, żeby w przekaźnikach tych stosownie do lokalnych warunków stosować którykolwiek inny z pośród poprzednio wymienionych przez nas organów rozruchowych.

Charakterystyka najważniejszych konstrukcji najnowszych przekaźników odległościowych.

Dr. Paul Meyer (AEG): w t. zw. N (Netzschutz-Relais) — przekaźnikach impedancyjnych (rys. 12 z oznaczeniami literowymi, rys. 13 z ozna-

nej został skompensowany dodatkową pętlą „3”. W ten sposób drążek „5” wprawia się w ruch z szybkością proporcjonalną do prądu na drodze „s”, ustalonej dzięki odpowiedniej formie segmentu „1”, poruszanego woltomierzem. Po przejściu drogi „s” punkt „7” drążka „5” opiera się o odpowiadającą wielkości wychylenia woltomierza punkt segmentu „1”, tak że zależnie od układu obwodu wyłączającego następuje rozwarcie kontaktów „10—11—12” lub też zwarcie ich „g” — dzięki następującemu od tej chwili obrotowi dźwigni „9” dookoła osi „8”.

$$\text{Czas odłączania } t_n \approx t_0 + k \frac{E_n}{J_n},$$

gdzie nienastawialne $t_0 = 0,5 \div 2,25$ sek. jest funkcją J_n . Człon ryglujący „e”, zbudowany na zasadzie elektrodynamometrycznej, umieszczony jest wewnątrz przekaźnika i, ciągnąc za dźwignię „13”, unieruchamia drążek „5” dociskiem do jego pleców młoteczka „14”. Organem rozruchowym są tu przekaźniki: nadmiarowy „c” i zanikowy „p”.

Westinghouse: w przekaźnikach impedancyjnych tej firmy odliczanie czasu odbywa się również dzięki samej zasadzie przekaźnika, lecz tym razem polegającej na obracaniu się krążka Ferraris’a pod wpływem zmiennego pola magnetycznego prądu z obwodu mierniczego transformatorka prądowego. Przy ruchu tym krążek naciąga sprężynkę, przymocowaną swym drugim końcem do krążka

wagowego, którego przeciwna strona zaopatrzona jest w rdzeń, wciągany w cewkę napięciową. Im niższe jest więc napięcie, a prąd większy, tem dłuższego czasu potrzeba, aby obracający się krążek, naciągając sprężynę, wywarł na drążek równoważący moment kręcący. Gdy prąd i napięcie tak się ustosunkują, że równowagi tej niema, wówczas drążek z odpowiadającą temu stanowi szybkością porusza się i zwiera odnośne kontakty w czasie $t_n \approx t_0 + k \frac{E_n}{J_n}$, gdzie nienastawialne $t_0 = 0 \div 0,4$ sek. jest funkcją J_n .

AEG: (rys. 15). W najnowszych przekazywach odległościowych o działaniu kombinowanym organem rozruchowym są dwa silniczki synchroniczne, zmontowane na wspólnej osi. Jeden z nich, t. zw. silniczek napięciowy, posiada stojan, którego uzwojenie stanowi cewka napięciowa; w drugim, t. zw. silniczku prądowym, cewka prądowa jest uzwojeniem stojana. Cewki te są w ten sposób dobrane, że przy normalnej pracy sieci moment kręcący silniczka prądowego równoważy się z przeciwnie działającym momentem kręcącym silniczka napięciowego tak, że wówczas silniczki nie ruszają z miejsca. Jeżeli w sieci prąd wzrośnie ponad pewną wielkość lub napięcie spadnie albo też nastąpi i jedno i drugie, wówczas silniczki prądowy rusza asynchronicznie, bardzo szybko osiąga synchronizm i wykonywa wówczas 3000 obr./min. Na osi wspólnej dla obu silniczków, poprzez stosowną przekładnię zmniejszającą obroty do około 1 obr./min., osadzony jest drążek, który obracając się nastawia dźwignię H_1 na coraz to dłuższe ramię S obrotu. W ten sposób długość „ a ” ramienia obrotu jest proporcjonalna do czasu kręcenia się silniczków, t. j. $a = c_1 \cdot t_1$. A ponieważ ramię to zaopatrzone jest z drugiej strony swej osi obrotu „ O ” w krążek Ferraris'a w kształcie rakiety, umieszczonej w zmiennym polu magnetycznym magnesu z cewką napięciową, tak że moment kręcący tej rakiety jest proporcjonalny do E_n^2 , to na końcu ramienia „ a ” w p. R działa na dźwignię siła $P_1 = c_2 \frac{E_n^2}{a} = c_2 \frac{E_n^2}{c_1 \cdot t_1}$

Drugi koniec tej dźwigni umocowany jest korbowo w p. P na obwodzie krążka Ferraris'a układu watomierzowego, którego moment kręcący, odwrotnie skierowany do momentu kręcącego rakiety, jest proporcjonalny, dzięki stosownemu wymiarowaniu trójrzędowego magnesu, do $J_n \cdot E_n \cdot \cos(\varphi_n - \psi)$, gdzie φ_n jest przesunięciem fazy prądu względem napięcia, a ψ przesunięciem fazy między strumieniem magnetycznym prądowym i napięciowym. W ten sposób krążek Ferraris'a wywiera na drążek H_1 w punkcie P siłę $P_2 = c_3 \cdot J_n \cdot E_n \cdot \cos(\varphi_n - \psi)$. Drążek ten znajdując się będzie w stanie spoczynku, gdy siły działające na jego krańce P i R będą sobie równe, t. j. gdy $P_1 = P_2$, czyli $c_2 \frac{E_n^2}{a} = c_3 \cdot J_n \cdot E_n \cdot \cos(\varphi_n - \psi)$. Jeżeli natomiast w tym momencie silniczek prądowy zwiększyłby nieco ramię obrotu „ a ”, wówczas byłaby siła $P_2 > P_1$, skutkiem czego drążek przesunąłby się naprzód, obracając przytem ośkę „ O ” ramienia obrotu „ S ”. Jednak ośka ta zaopatrzona jest w sprężynkę kontaktową „ K ” tak umocowaną, że mały obrót ośki, a więc w znikomo krótkim czasie, powoduje zwarcie kontaktów obwodu wyłączające-

go. W ten sposób możemy przyjąć, że czas obrotu silniczka prądowego, potrzebny do nastawienia ramienia obrotu praktycznie na długość „ a ”, jest czasem t_1 , po upływie którego następuje odłączenie uszkodzonego odcinka sieci.

Z równania wyżej wyprowadzonego wynika, że czas ten wynosi:

$$t_1 = k \cdot \frac{E_n}{J_n} \cdot \frac{1}{\cos(\varphi_n - \psi)}$$

Jeżeli kąt ψ nastawiony jest na 45° , wówczas przy kątach impedancji, występujących najczęściej przy zwarcu, przekazyk ten zachowuje się: jak rezystancyjny, gdy $\varphi_n \approx 20^\circ \div 30^\circ$; jak impedancyjny w granicach $\varphi_n \approx 30^\circ \div 60^\circ$, oraz jak reaktancyjny w granicach $\varphi_n \approx 60^\circ \div 85^\circ$.

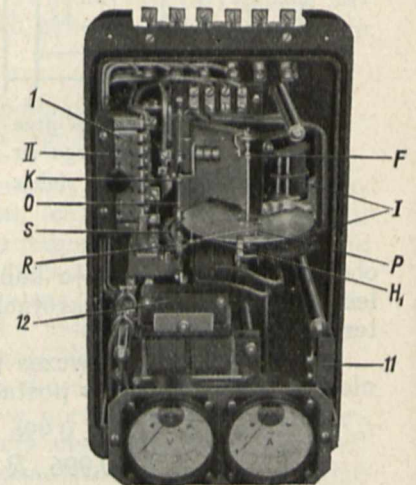
Dzięki urządzeniu takiemu, że sprzęgło może zacząć przesuwac drążek po odbyciu pewnych dobiegalnych obrotów, możemy dowolnie dobrać czas własny przekazyka $t_0 \geq 0,5$ sek. Jeżeli kierunek płynącego prądu zmieni się, to krążek układu watomierzowego I kręci się w odwrotnym kierunku, tak że wówczas współdziała z rakieta w odciążeniu dźwigni H_1 , dzięki czemu kontakty obwodu odłączającego rozwierają się. W ten sposób następuje ryglowanie.

Jeżeli w pobliżu przekazyka wystąpi zwarcie metaliczne, tak że $E_n = 0$, wówczas krążek watomierzowy nie działałby. Aby temu zapobiec, ośka krążka zaopatrzona jest w sprężynkę spiralną, zapewniającą krążkowi w takim przypadku odpowiednio duży moment kręcący. O ile moment kręcący silniczka napięciowego przeważa moment kręcący silniczka prądowego, wówczas przekładnia kręci się w kierunku odwrotnym i drążki, dźwignie i ramiona wracają do swych początkowych miejsc. Żeby przy zapaleniu się bezpiecznika napięciowego przekazyk nie spowodował odłączenia, to w tym celu na ośkę silników wywieramy sprężynką spiralną dodatkowy moment kręcący, zgodny w działaniu z silniczkiem napięciowym, tak że silniczek prądowy nie będzie działał i to zależnie od naciągnięcia sprężynki do 3, 4, 5 lub 6 A.

Czasami wymagamy, aby urządzenia były odłączone jaknajprędzej, a więc już po upływie t_0 sek., bez względu na odległość, w jakiej nastąpi zwarcie na pewnej określonej przez nas długości sieci od przekazyka. Charakterystyka czasu odłączania takiego przekazyka przedstawiona jest na rys. 16 i odpowiada wzorowi:

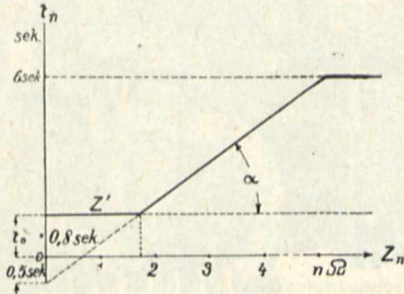
$$t_n = t_0 + \text{tg } \alpha_n [Z_n - (t_0 + 0,5) \text{ctg } \alpha_n] = \text{tg } \alpha_n \cdot Z_n - 0,5.$$

Wymagana długość sieci reprezentowana jest wielkością Z' . Jeżeli impedancja Z_n jest bardzo du-



Rys. 15. Przekazyk odległościowy AEG.

za, wówczas odłączenie następuje bez względu na jej wielkość, gdy dźwignia H_1 osiągnie największe ramię, t. j. po upływie granicznego czasu 6 sek., co jest uwidocznione na rys. 16. Dzięki odpowiednim zaczeptom II i częściom, dającym się regulować, możemy zmieniać osobno lub jednocześnie t_0 , Z' i α_n , a więc i całą charakterystykę, tak że przekaźnik można łatwo dopasować do miejscowych warunków pracy sieci i jej właściwości.

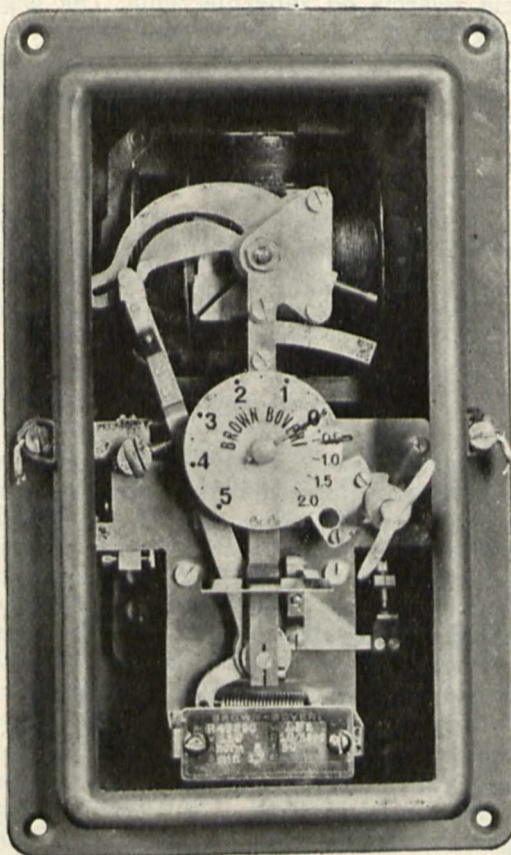


Rys. 16. Ograniczona charakterystyka czasu odłączenia przekaźnika odległościowego.

BBC: (rys. 17). Czas odłączenia regulowany jest z jednej strony omomierzem (rys. 18) dynamometrycznym z rdzeniem żelaznym, odpowiednio nastawiającym segment o stosownie dobranym kształcie, a z drugiej ramieniem, poruszaniem ze stałą szybkością zapomocą zegara (rys. 19), nakręcanego ręcznie co około 50 wyłączeń. Omomierz jest jednocześnie organem ryglującym.

$$t_n = t_0 + k \cdot \frac{E_n}{J_n} \cdot f(\varphi_n),$$

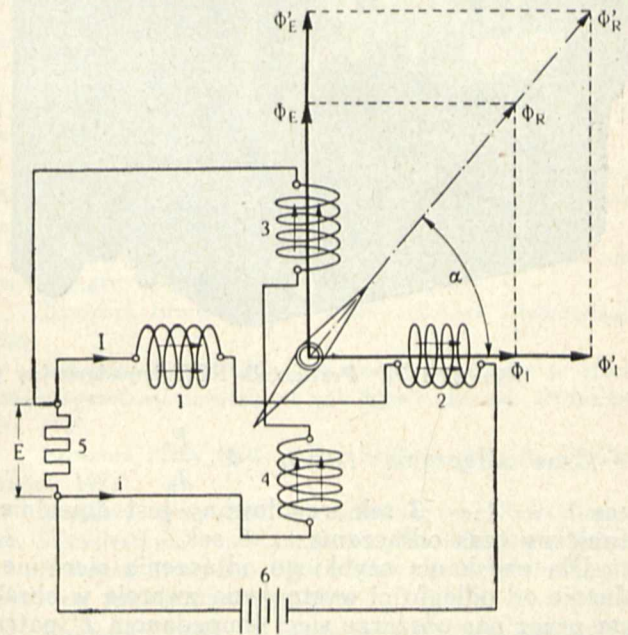
gdzie dla przewodów napowietrznych $f(\varphi_n) = \sin \varphi_n$,



Rys. 17. Przekaźnik odległościowy BBC.

a dla kablowych $f(\varphi_n) = \cos \varphi_n$. Czas $t_0 = 0,5 \div 2,0$ sek. jest regulowany dowolnie.

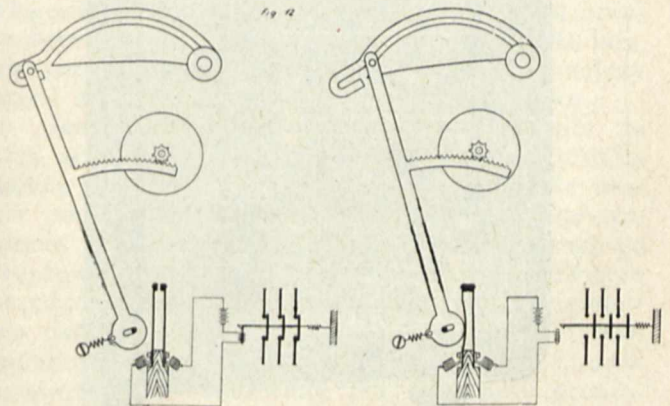
Siemens: (rys. 20 i 21). W przekaźnikach impedancyjnych $R \Omega$ 2 regulacja czasu odłączania następuje skutkiem stosownego do mierzonej impedancji ustawienia się kontaktu, umieszczonego na krążku Ferrarisowskim „o”, napędzanym w przeciwnych kierunkach zmiennymi polami magnetycznymi cewki prądowej „d” i napięciowej „f”.



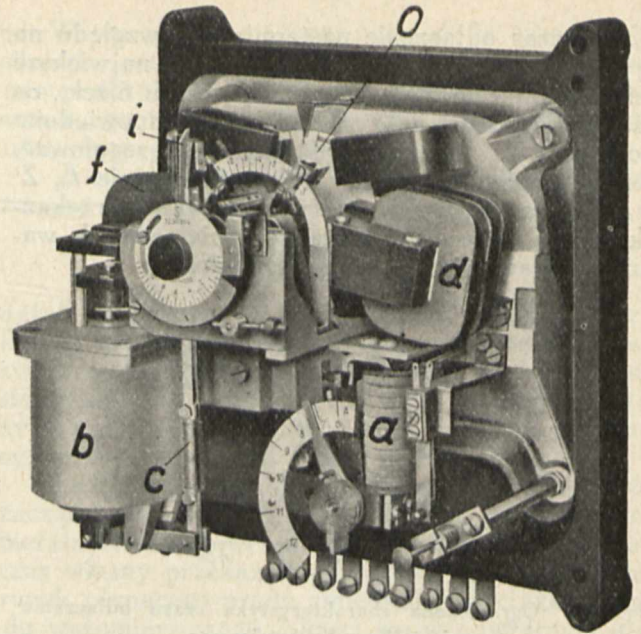
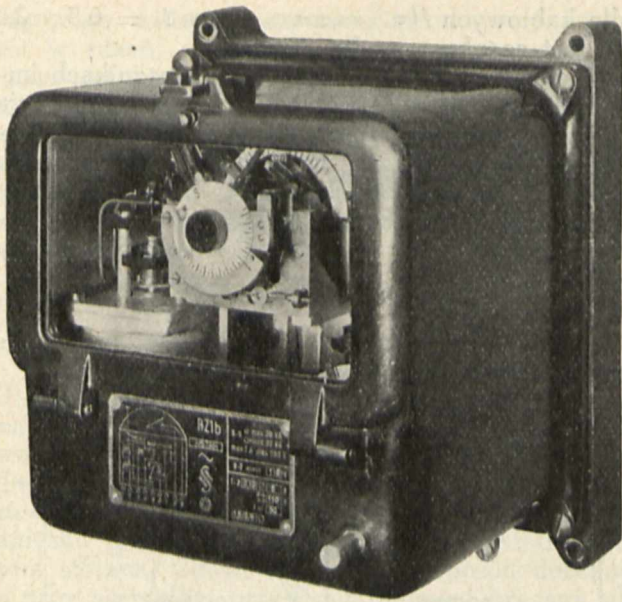
Rys. 18. Schemat omomierza dynamometrycznego z przekaźnika odległościowego BBC.

Proporcjonalność wychylenia tej płytki do impedancji osiągnięta jest dzięki zmiennemu zagłębianiu się krążka w polu prądowym, co otrzymuje się przez nadanie temu krążkowi stosownego kształtu. Do ustalonego w ten sposób kontaktu krążka zbliża się ze stałą szybkością drugi kontakt, umieszczony na ramieniu poruszaniem zegarem. Zegar ten jest poruszany sprężyną „c” naciągana magnesem „b”, uruchamianym zapomocą prądu stałego organem rozruchowym „a” nadmiarowym.

Ryglowanie odbywa się elektrycznie dzięki zastosowaniu osobnego aparatu o działaniu dynamometrycznym, trójfazowego, obsługującego trzy przekaźniki (rys. 22).



Rys. 19. Idea mechaniki odłączenia przekaźnika odległościowego BBC.



Rys. 20 i 21. Przekaznik RZ1b impedancyjny pospieszny S & H. Widok zewnętrzny i wewnętrzny.

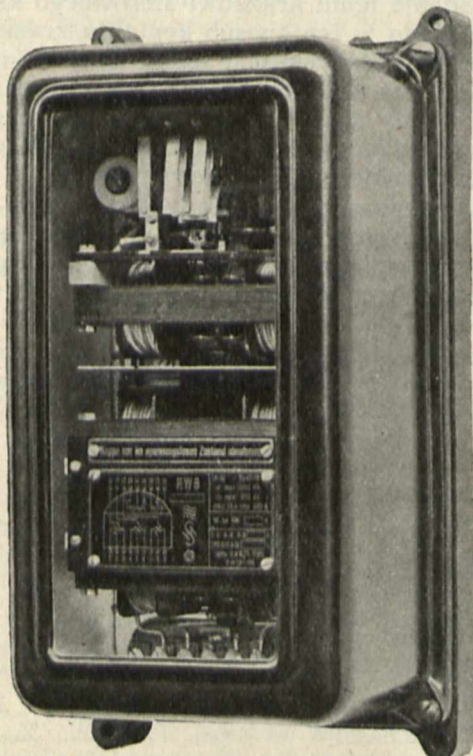
$$\text{Czas odłączenia: } t_n = t_0 + k \cdot \frac{E_n}{J_n}$$

Czas $t_0 = 1 \dots 3$ sek. regulowany jest dowolnie. Graniczny czas odłączenia = 6 sek.

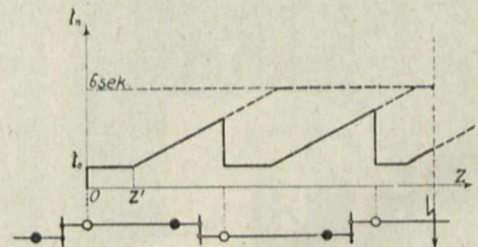
Dla uzyskania szybkiego odłączenia sieci niezależnie od odległości wystąpienia zwarcia w obranym przez nas obszarze sieci (impedancja Z' patrz rys. 16), w czasie stałym, uregulowanym w granicach $t_0 = 0,3 \div 0,5$ sek., krążek Ferraris'a ustawiony jest na początkowe położenie odpowiadające impedancji Z' a nie zeru. Wówczas czynny jest dzięki zegarowi dodatkowy kontakt „i”, t. zw. pospieszny, który odłącza. Jeżeli natomiast zwarcie nastąpi z impedancją większą od Z' , wówczas krążek Ferraris'a rusza z miejsca, wyłącza kontakt pospieszny i odłączenie następuje w sposób już wyżej opisany. Tak zmodyfikowany przekaźnik nazywa się pospiesznym i jest oznaczony RZ1b.

Z opisu przekaźnika pospiesznego Siemens oraz przekaźnika odległościowego AEG widzimy, że zwarcie, występujące na dłuższej części odcinka odległości między dwoma sąsiednimi zabezpieczeniami, ulega odłączeniu w dobranym przez nas czasie t_0 , uwarunkowanym jedynie wytrzymałością odłączania wyłączników samoczynnych, a nie odległością zwarcia od zabezpieczenia. Tak więc tylko resztę odległości między sąsiadującymi z sobą zabezpieczeniami wyzyskujemy dla uzależnienia

czasu odłączenia od oddalenia miejsca zwarcia. Ta „reszta” odległości określona jest różnicą impedancji ($Z - Z'$), gdzie Z oznacza impedancję całkowitej odległości, lecz tylko tak dużej, aby uzyskać kolejność odłączeń. W ten sposób zasada ta, przedstawiona na rys. 23, wprowadziła system zabezpieczeń odległościowych na bardzo szczęśliwe nowe tory, dzięki czemu odłączanie odbywa się po upływie możliwie najkrótszego czasu t_n .



Rys. 22. Organ ryglujący RW6 dynamometryczny trójfazowy S & H.



Rys. 23. Plan zabezpieczenia sieci przekaźnikami o ograniczonej charakterystyce.

Z powyższych rozważań widzimy, że dla każdej sieci i dla każdego warunków pracy sieci rozporządzamy odpowiednimi selekcyjnie działającymi przekaźnikami odległościowymi. Kilkoletnia już praktyka wskazuje, że przekaźniki te działają nienagannie, a możliwość zaopatrywania ich w orga-

ny

na rozruchowe, reagujące bądźto na przetężenie, bądźto na zanik napięcia lub też zwarcie, znacznie rozszerza zakres ich stosowalności. To też dziś przekaźnikami odległościowymi chętnie posługujemy się nawet do zabezpieczenia maszyn elektrycznych, jak np. transformatorów, zamiast stosowanego do tej pory zabezpieczenia różnicowego, które wymaga, jak wiadomo, albo nazbyt wielkiego znieczulenia go, albo doregulowywania zabezpieczenia do każdej zmiany zaczepów, t. j. przekładni transformatora.

W ten sposób przekaźniki odległościowe stały się najważniejszym zabezpieczeniem urządzeń elektrycznych.

LITERATURA.

E. Gross — Selektivschutz durch Distanzrelais. E. u. M. H. 39. 1927.

Dr. J. Sorge — Das Energierichtungsrelais in Selektivschutzschaltungen. Siemens-Z. H. 12. 1927.

Dr. Fischer — Erfahrungen mit dem Schutzsystem des Ostpreussenwerks. ETZ. H. 10. 1928.

J. Stoecklin — Impedanzrelais als Selektivschutz für Freileitungen. Schweiz. Elektr. Vereins-Bulletin Nr. 16. 1928.

Dr. J. Sorge u. Dipl. Ing. M. Wellhöffer — Impedanzschutz für Kabel und Freileitungen. Siemens-Z. H. 11. 1928.

Dr. Ing. H. Poleck und Dr. J. Sorge — Zeitstufen — Reaktanzschutz für Hochspannungsfreileitungen. Siemens-Z. H. 12. 1928.

Dipl. Ing. Adolf Schmolz — Die Entwicklung des Kurzschlusschutzes in den 110 kV-Leitungsanlagen der Bayernwerk-A. G. ETZ. H. 12. 1928; H. 17, 19. 1929.

Dr. Ing. M. Walter — Selektiv-Schutzeinrichtungen für Hochspannungsanlagen. München u. Berlin. 1929.

Dipl. Ing. Adolf Schmolz — Einbau und Kontrolle von Kurzschlusschutz-Einrichtungen in 100 kV — Netzen. ETZ. H. 14. 1931.

Dr. Ing. M. Walter — Fehlerortbestimmung in Freileitungsnetzen. ETZ. H. 33. 1931.

Dr. Ing. M. Walter — Die Distanzschutz-Schaltungen. Elektrizitätswirtschaft H. 8, 9. 1932.

Dr. Ing. M. Walter — Ueber die Richtungsglieder der Distanzrelais. ETZ. H. 20. 1932.

Dr. Ing. M. Walter — Der Kurzschluss-Lichtbogen in Drehstromnetzen und sein Einfluss auf die Arbeitsweise der Distanzrelais. ETZ. H. 44. 1932.

Broszura firmy AEG — Selektivschutz durch das neue Distanzrelais in den gebräuchlichsten Schaltungen. H. Borberg. 1932.

Broszura firmy AEG — Impedanzrelais für Kabel und Freileitungen. 1931.

Broszura firmy BBC — Brown-Boveri-Distanzrelais. 1928.

Broszura firmy BBC — Kurzschlussversuche in Hochspannungsnetzen, ausgerüstet mit Brown-Boveri-Distanzrelais. 1929.

Broszura firmy BBC — Der Selektivschutz für Freileitungen. 1931.

Broszura firmy BBC — Anleitung zur Projektierung von Selektivschutz von Kabelnetzen mit BBC-Distanzrelais.

Broszura firmy Dr. Paul Meyer — Selektivschutz nach dem Impedanzprinzip. 1928.

Broszura firmy Siemens — Eil-Impedanzrelais. Erweiterter Sonderdruck eines Aufsatzes von Dipl.-Ing. H. Neugebauer und Dipl.-Ing. F. Geise, aus der „Siemens Zeitschrift“ H. 2. 1932.

GOSPODARKA LICZNIKOWA ELEKTROWNI ŁÓDZKIEJ.

Inż. H. Wendt.

Obsah. Elektrárna v Lodži věnuje zvláštní péči hospodaření elektroměry, proto také některé otázky týkající se elektroměrů řeší jinak než ostatní elektrárny. Na př. 550 elektroměrů vn zkouší a cejchuje spolu s měřícími transformátory. Také její tarifní politika, která se liší od jiných a má velký vliv na hospodaření s elektroměry, o čemž svědčí skutečnost, že zavedením paušálního tarifu pro drobné odběratele dodala za 4 roky 40 000 omezovačů.

V referátu jsou uvedeny některé způsoby a zařízení hospodářství s elektroměry v elektrárně v Lodži.

Streszczenie. Elektrownia Łódzka, od czasu założenia, otacza specjalną opieką swą gospodarke licznikową, przy czem niektóre zagadnienia, tyżące się liczników, traktowane są przez nią inaczej, niż przez inne elektrownie. Naprzykład, liczniki wysokiego napięcia, których ilość w sieci Elektrowni sięga 550 sztuk, są sprawdzane i wzorcowane razem z transformatorami miernikowymi. Tak samo polityka taryfowa Elektrowni jest często odmienna, niż gdzieindziej i wkracza bardzo głęboko w dziedzinę gospodarki licznikowej, czego dowodem może służyć fakt, że z chwilą wprowadzenia taryfy ryczałtowej dla małych odbiorców ustawiono w ciągu czterech lat 40 tysięcy ograniczników. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie niektórych po-

czynnań i urządzeń Elektrowni Łódzkiej na tle ogólnych zagadnień gospodarki licznikowej.

Zakup liczników.

Pierwszą czynnością pracy Wydziału liczników jest zakup liczników. Ponieważ licznik pod względem elektrycznym i mechanicznym jest przyrządem precyzyjnym i służyć ma przez długie lata, nie przekraczając określonych uchybień, należy przed zakupem zbadać starannie typ licznika.

Jest rzeczą samo przez się zrozumiałą, że przy wyborze najodpowiedniejszego typu licznika należy przedewszystkiem poznać dokładnie licznik pod względem elektrycznym, badając go starannie w laboratorium. Należy również poznać go gruntownie pod względem mechanicznym. Dobrze urządzony warsztat naprawy, który ma wieloletnie doświadczenie przy naprawie różnych typów liczników, może tu oddać wielkie usługi. Licznik powinien być zbudowany tak, aby przy gruntownem czyszczeniu dał się łatwo rozebrać na poszczególne części, a po oczyszczeniu — szybko złożyć i na nowo wyregulować.

Przepisy G. U. M. wymagają, aby liczniki indukcyjne były legalizowane co 9 lat. Z chwilą zdjęcia z sieci, licznik indukcyjny w większości wypadków przechodzi przez warsztat naprawy. Im prostsza i bardziej przejrzysta jest konstrukcja danego licznika, a więc im łatwiej wymienić zużytą lub uszkodzoną jego część, tem łatwiejsza, a więc i tańsza jest jego naprawa i legalizacja. Należy wybrać taki typ, który wykonany jest jak najstaranniej i z najlepszych materiałów, aby wszystkie części ruchome licznika, nawet po długich latach pracy, nie zużywały się nadmiernie.

Z powyższego wynika, że przy wyborze typu licznika cena jego nie powinna odgrywać wyłączonej roli i bezwzględnie należy dać pierwszeństwo licznikowi, wykonanemu dokładniej i z lepszego materiału. Dobry licznik przetrwa napewno bez kosztownych napraw cały okres koncesyjny danego przedsiębiorstwa, a licznik tani z powodu kilkakrotnych napraw może okazać się droższym.

Po ustaleniu typu licznika, nadającego się najlepiej dla danej elektrowni, należy stale kupować jeden i ten sam typ w ciągu szeregu lat, a to dlatego, że przy małej ilości różnych typów laboratorium może szybciej legalizować liczniki, a warsztat naprawy elektrowni ma ułatwione zadanie przy czyszczeniu, naprawie i zamianie zużytych części starych liczników.

Każda fabryka liczników co kilka lat opracowuje nowy typ licznika i po pewnym czasie przestaje produkować typ dotychczasowy, wtedy to nastaje odpowiedni moment dla elektrowni, aby zastanowić się nad tem, czy pozostać przy dostawcy dotychczasowym, czy też wybrać licznik innej fabryki.

Obecnie mamy w kraju 3 fabryki liczników i wybór najodpowiedniejszego typu jest tem samem znacznie uproszczony.

Elektrownia Łódzka, pomimo że zawsze unikała zmiany typów, ma ich obecnie dwadzieścia kilka, a uwzględniając różne natężenia prądu i różne napięcia — około 200 rodzajów liczników. Możemy sobie wyobrazić, jaki olbrzymi magazyn części zamiennych musi posiadać warsztat naprawy, aby podołać swemu zadaniu.

Aby mieć jak najmniejszy skład liczników, kupować należy jedynie te same typy, o różnych obszarach mierniczych. Fabryki liczników produkują wprawdzie liczniki dla natężeń prądu: 1,5, 3, 5, 10, 15, 20, 50, 75 i 100 amperów. W rzeczywistości można obyć się daleko mniejszą ilością obszarów mierniczych. *) Zbyt daleko posunięta racjonalizacja, a mianowicie posługiwanie się przy 220 V jedynie licznikami 10 A, nie jest jednak wskazana, bo mamy obecnie i długo jeszcze mieć będziemy w sieciach naszych wiele liczników z rozruchem ok. 1%, t. j. 22 watów. W takim przypadku mały odbiorca o 1 — 5-ciu lampach, paląc lampę 15- lub 20-towatową, miałby tę część zużytego prądu za darmo. I dlatego dla instalacji jednofazowych przy 120 V wystarczą liczniki 10- i 15-toamperowe, a przy 220 V — 5- i 10-cioam-

perowe. Dla instalacji trójfazowych wystarczą liczniki 10, 20, 30, 50 i 100 A.

Zakup liczników przeważnie czyni się wtedy, gdy jest zapotrzebowanie, t. j. jesienią i zimą, a więc w tym czasie, kiedy fabryki liczników są najbardziej przeciążone. Dobrze jest, gdy można zawrzeć umowę z dostawcą latem, wyznaczając mu terminy dostawy poszczególnych partii liczników, gdyż takim sposobem można osiągnąć zazwyczaj niższą cenę liczników.

Magazynowanie i transport liczników.

Liczniki nowozakupione i stare, zdjęte z sieci, należy magazynować w odpowiednim miejscu. Pomieszczenie to powinno być jasne, o możliwie jednostajnej temperaturze, gdyż zbyt gorąco źle wpływa na przechowywane liczniki. Pod tym względem popełnia się często błąd, wybierając na skład liczników pomieszczenie pod strychem ciemne, a latem zbyt gorące.

Dla rozpakowywania liczników należy bezwarunkowo przeznaczyć oddzielne pomieszczenie, aby uniknąć wprowadzania kurzu i brudu do składu liczników.

Z zagadnieniem magazynowania wiąże się sprawa transportu liczników, która została rozwiązana w Elektrowni Łódzkiej w sposób następujący.

W składach liczników i we wszystkich miejscach pracy stoją drewniane półeczki, na których układa się po 100 liczników jednofazowych lub 40 liczników trójfazowych. W razie potrzeby podsuwa się pod daną półkę specjalny wózek (rys. 1), który podnosi nieco półkę i przewozi ją na miejsce przeznaczenia. Dźwиг towarowy, który łączy wszystkie piętra, pozwala na łatwe przewożenie półek z piętra na piętro. Jeden wózek i dwanaście półek drewnianych wystarczają zupełnie dla szybkiego transportu liczników i ograniczników.



Rys. 1.

Legalizacja liczników.

Jak wiadomo, każdy licznik przed ustawieniem go w sieci musi być zalegalizowany, dotyczy to zarówno liczników nowych, jak i starych oczyszczonych lub naprawionych.

*) Patrz art. Inż. B. Jabłońskiego w Przegl. Elektr. z dn. 1 października 1932 r.

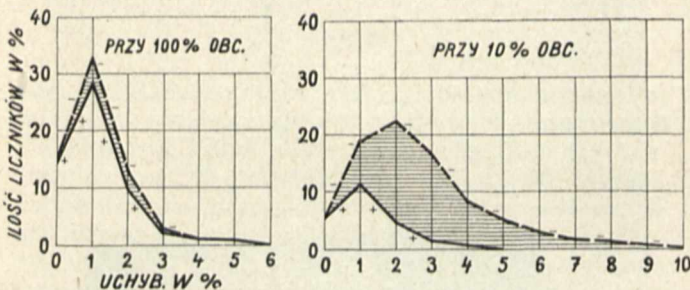
Legalizacja odbywa się pod kontrolą G. U. M. w Warszawie na zasadzie instrukcyj i rozporządzeń przezeń opracowanych. Robota laboratorjum nie powinna odbywać się schematycznie. Często zdarza się w praktyce, że liczniki, wyregulowane podług wskazań i przepisów, po pewnym czasie, z powodu ukrytego błędu w mechanizmie, wykazują za mało lub wręcz nawet przestają rejestrować. Dokładna kontrola mechaniczna licznika przed jego wzorcowaniem jest rzeczą niezmiernie ważną. Tyczy się to nie tylko liczników, naprawionych w warsztacie, ale i liczników nowych, dostarczanych przez fabryki.

Każda większa elektrownia prowadzi statystykę błędów tych liczników, które po przepracowaniu kilku lat wracają z sieci. Tym sposobem zbiera się obfity materiał, który pozwala wydać sąd o każdym typie licznika i daje łatwo poznać jego słabą stronę. Pracownicy, zatrudnieni w laboratorjum liczników, mając do dyspozycji taki materiał, wiedzą dokładnie, na co należy zwrócić specjalną uwagę przy legalizacji tego lub innego typu licznika.

Od dłuższego czasu wszystkie liczniki, zdejmowane u odbiorców, przechodzą w Elektrowni Łódzkiej przez laboratorjum.

Materiał statystyczny uchybień liczników, wracających z sieci, jest bardzo ciekawy. Dla przykładu na fig. 2 i 3 podane są wykresy dwóch różnych typów liczników. Są to liczniki, które pracowały po 8 lat; liczba ich dosięga ok. dwóch tysięcy. Wykresy dla typu A wskazują na to, że

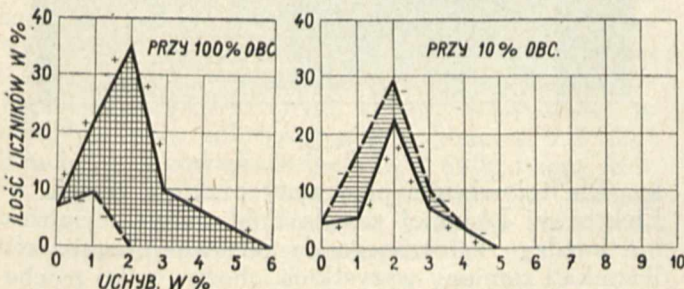
Typ A.



Rys. 2.

liczniki tego typu mają po pewnym czasie przy obciążeniu 10%, uchybienia ujemne, pozostające zresztą w granicach dopuszczalnych. Jest to objaw zupełnie naturalny. Natomiast liczniki ty-

Typ B.

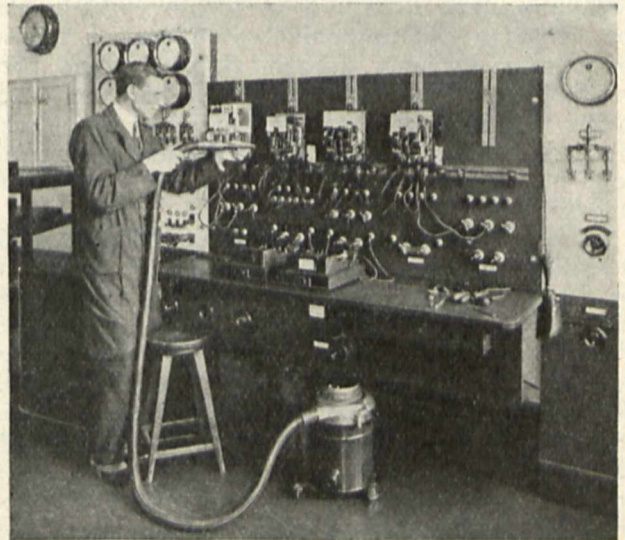


Rys. 3.

pu B mają przy pełnym obciążeniu uchybienia dodatnie, większe, niż przy legalizacji pierwotnej. Okazuje się, że liczniki tego typu mają nieodpowiednie magnesy. Wykresy typów innych, na tem

miejsu niepodanych, wskazują wyraźnie na pewne braki, z którymi Wydział liczników musi nieustannie walczyć.

Jako najnowsze ulepszenie dla ułatwienia pracy laborantów wprowadzone zostało przedmuchywanie liczników odkurzaczem, zamiast stosowanych dawniej dmuchaw ręcznych. Strumień powietrza, otrzymywany z dobrego odkurzacza jest silny, równy i nie zawiera pyłu. Oczywiście, nie należy używać tego samego odkurzacza do innych celów, naprz. do odkurzania (rys. 4).



Rys. 4.

Laboratorjum licznikowe Elektrowni Łódzkiej posiada 1 tablicę do sprawdzania liczników trójfazowych do 3000 V, 2 tablice do sprawdzania liczników trójfazowych do 380 V i 4 tablice do sprawdzania liczników jednofazowych.

Zasługuje na uwagę tablica do sprawdzania liczników wysokiego napięcia. Zastosowanie sprawdzania takich liczników razem z transformatorami posiada dwie zalety. Sprawdzając oddzielnie transformatory i licznik przy 100 V, nie mamy dokładnego obrazu sumarycznych uchybień licznika z transformatorami i zdarzyć się może, że duży odbiorca, pobierający miesięcznie dziesiątki tysięcy kilowatogodzin, ma liczoną energię elektryczną mniej dokładnie, niż mały — korzystający z kilku lampek. Gdy zaś sprawdzamy licznik wysokiego napięcia razem z transformatorami, jako całość, możemy zawsze przez odpowiednią regulację licznika skompensować uchybienia transformatorów i osiągnąć bardzo dużą dokładność wskazań licznika. Jest to jedna korzyść wzorcowania liczników wysokiego napięcia razem z transformatorami. Drugą nie mniej ważną jest ta, że licznik tego rodzaju, zmontowany na specjalnej więźbie żelaznej razem z transformatorami, sprawdzany jest jako całość w laboratorjum elektrowni i każdy błąd połączenia zostaje wykryty i usunięty niezwłocznie. Jak często zdarzają się takie błędne połączenia, a zatem i fałszywe wskazania liczników transformatorowych, świadczy o tem najlepiej obfita literatura tego działu miernictwa.

Każda tablica do wzorcowania liczników po-

siada odpowiednie watomierze. Tablice jednofazowe mają po 2 stałe watomierze z zakresem 0,5, 1, 2 oraz 5, 10, 20 A. Tablice trójfazowe, które służą do wzorcowania liczników od 5 do 100, a nawet do 200 A, zaopatrywane bywają dorywczo w 2 lub 3 watomierze o odpowiednim zakresie. Pociąga to za sobą potrzebę posiadania dużej ilości precyzyjnych watomierzy typu laboratoryjnego. Laboratorium Elektrowni Łódzkiej ma obecnie do tego celu 28, a z normalnymi — 34 watomierze o różnych zakresach pomiaru. Watomierze ustawia się na stole danej tablicy odpowiednio do legalizowanych liczników. Z tego wynika potrzeba częstego przenoszenia watomierzy z miejsca na miejsce. Wiemy dobrze, że precyzyjne przyrządy typu laboratoryjnego cierpią najwięcej przez wstrząsy mechaniczne przy ich przenoszeniu i dlatego od dawien dawna starano się uniknąć tego zła, lecz udawało to się tylko w pewnej mierze.

Ostatnio pojawiły się w handlu do celów mierniczych precyzyjne transformatory prądu. Ich błąd przekładni wynosi w granicach odpowiednich zakresów 1% i błąd kątowy nie przekracza $5'$. Postanowiono zatem przebudować w bieżącym roku 2 tablice trójfazowe w ten sposób, aby zastosować powyższe transformatory prądu dla watomierzy, przez co osiągnie się podwójną korzyść. Do każdej tablicy zastosowane będą tylko 3 watomierze 5-cio amperowe, a tem samym ilość potrzebnych watomierzy spadnie do minimum. Poza tem watomierze, wbudowane do danej tablicy, będą unieruchomione raz na zawsze.

Stosując powyższe transformatory, wprowadzamy świadomie dodatkowy błąd w granicach 1% i $5'$, lecz są to błędy tak małe w stosunku do dopuszczalnych uchybień licznikowych, że korzyści, które osiągnie się przez ich użycie, są niewspółmiernie większe.

Do prac laboratorium licznikowego należy stała ścisła kontrola watomierzy. Dotychczas watomierze sprawdzane były periodycznie za pomocą kompensatora Feussnera. Z biegiem czasu okazało się jednak, że kompensator ten ma pewne wady, które utrudniały bardzo pracę, należało więc pomyśleć o nowym.

W końcu ubiegłego roku został on zastąpiony przez całkowite nowe urządzenie, zbudowane w Wiedniu podług dokładnych naszych wskazówek (rys. 5).

Urządzenie to posiada 2 kompensatory: 1 z galwanometrem lusterkowym dla obwodu prądowego i 1 z galwanometrem wskazówkowym dla obwodu napięciowego. Takim sposobem sprawdza się jednocześnie zupełnie niezależnie od siebie obwód napięciowy i prądowy wzorcowanego watomierza.

Mając do periodycznej kontroli dużą ilość watomierzy z laboratorium i sporo innych jeszcze przyrządów, osiąga się przez nowe urządzenie kompensacyjne dużą oszczędność czasu.

Całe urządzenie wbudowane jest do jednego stołu o rozmiarach 90×200 cm. Opory do regulacji obwodu prądowego i napięciowego, dla ogólnego obciążenia do 125 watów, wbudowane są w stół za żaluzją, opory zaś większe znajdują się obok stołu w oddzielnej skrzynce, dla uniknięcia wpływu wydzielającego się ciepła na kompensatory.

Rączki do regulacji wszystkich oporów znajdują się w przedniej ściance stołu. Specjalny nacisk położono na to, aby wszystkie opory i kontakty — czy to w samych kompensatorach, czy też w oporach regulacyjnych — były łatwo dostępne dla ich rewizji i czyszczenia.

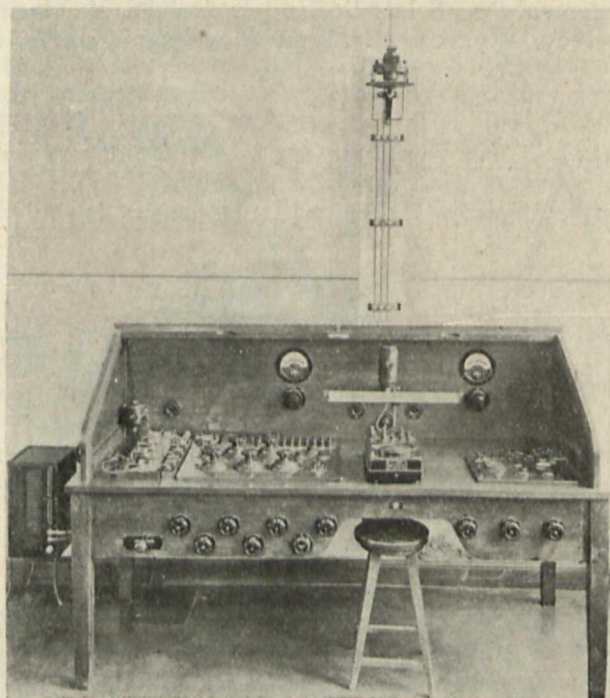
Cały stół zaopatrzony jest w ochronę dla prądów upływu.

Dzięki dobrej dyspozycji wszystkich przyrządów, wysiłek laboranta jest bardzo mały; praca jego stała się łatwa, znacznie szybsza i dokładniejsza, niż dotychczas.

Nie mniej ważną rzeczą jest codzienna kontrola sekundomierzy, któreimi posługują się laboranci przy wzorcowaniu liczników. Do tego celu umieszczony został w laboratorium licznikowym duży ścienny zegar sekundy, widoczny na rys. 4. Zegar napędzany jest z głównego zegara bardzo dokładnego, a znajdującego się w innym pomieszczeniu.

Warsztat naprawy.

Elektrownia Łódzka przy wyborze typu liczników kieruje się poglądem, że należy kupować tylko liczniki najlepsze. Licznik dobry po przepracowaniu 9-ciu lat w sieci wraca do naprawy często w takim stanie, że po pobieżnym oczyszczeniu mógłby iść do legalizacji. W praktyce okazuje się jednak, że oszczędność taka nie jest wskazana i mści się zawsze przy dalszej eksploatacji liczni-



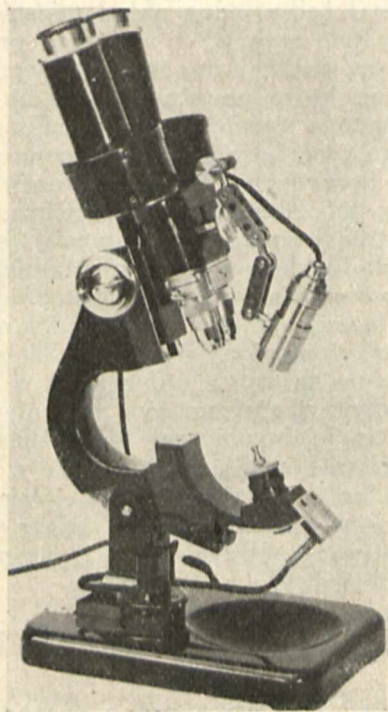
Rys. 5.

ka. Dla tej właśnie przyczyny przyjęta została w Elektrowni Łódzkiej zasada dokładnego czyszczenia każdego zgłoszonego do ponownej legalizacji licznika i zamiany wszystkich, choćby tylko trochę zużytych jego części, a mianowicie: kamieni, czopików, osiek, kółek cyfrowych i t. p. Śmiało przeto rzecz można, że stary licznik, naprawiony w warsztacie, w ciągu następnego 9-letniego okresu swej pracy w sieci zachowywać się będzie nie gorzej, niż licznik nowy, sprowadzony wprost z fabryki.

Tym sposobem unika się w miarę sił i możliwości fatalnych rozrachunków z odbiorcami z powodu wadliwie funkcjonujących liczników.

Poza wymianą uszkodzonych części licznika warsztat naprawy przeprowadza i inne większe roboty.

Po wojnie światowej, gdy w Elektrowni Łódzkiej nie stosowano jeszcze taryf ryczałtowych, a do



Rys. 6.

sieci przyłączono kilka tysięcy małych odbiorców, zakupiono większą ilość liczników 3-amperowych dla napięcia 120 V. Dziś liczniki te stały się anachronizmem. W porozumieniu z G. U. M. wszystkie te liczniki przebudowano na 10-amperowe. W ten sam sposób zmodernizowano niektóre stare typy, w szczególności zaś — liczniki pochodzenia niemieckiego z czasów wojennych i powojennych, w których znajduje się dużo materiałów zastępczych.

Jedną z łatwo psujących się części licznika jest łożysko dolne. Dla stwierdzenia, czy kamienie w łożysku są dobre i nie porysowane, próbowano je dawniej igielką mosiężną, a nawet stalową. Dawało to wyniki niepewne, przyczem nieumiejętne badanie mogło uszkodzić kamienie. Obecnie badanie kamieni odbywa się przy pomocy mikroskopu i dlatego poza istniejącym już mikroskopem o powiększeniu 20-to krotnym, sprowadzony został w ubiegłym roku mikroskop stereoskopowy o 2 okularach i o 2 powiększeniach: 32 i 64-krotnym, który oddaje bardzo cenne usługi (rys. 6). Obecnie z całą pewnością odróżnia się kamienie uszkodzone i pęknięte od nienaruszonych.

Montaż liczników.

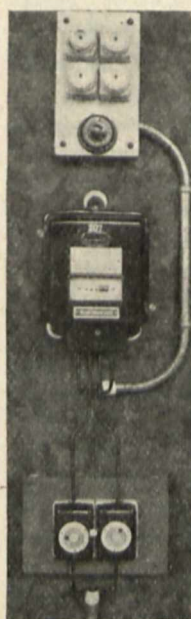
Należy podkreślić, że wybór odpowiedniego miejsca na ustawienie licznika jest bardzo ważny i pod tym względem popełnia się często duży błąd, lekceważąc rolę licznika.

Elektrownia Łódzka najchętniej ustawia liczniki mieszkaniowe w przedpokojach, w odpowiednio wykutych wnękach, nigdy zaś w dalszych pokojach, bo odbiorca, mając licznik w pokoju, częstokroć odczuwa pokusę manipulowania przy nim, co prowadzi niekiedy do kradzieży prądu elektrycznego.

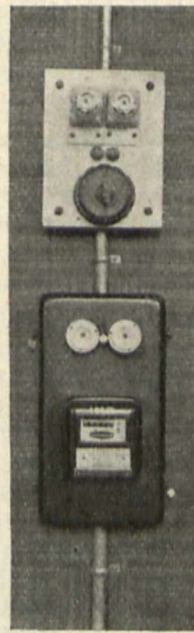
Wysokość ustawienia licznika odgrywa dużą rolę. Wszystkie liczniki elektrowni montuje się tak, aby okienko licznika znajdowało się na wysokości 160—170 cm od podłogi. Argument, że w wypadku, gdy liczniki zmontowane są nisko, odbiorca łatwiej kradnie prąd, niż wtedy, gdy licznik wisi pod sufitem, nie wytrzymuje krytyki, bo przeciwnie, odbiorcy prądu o wiele łatwiej ukryć swe niedozwolone manipulacje w tym wypadku, gdy licznik znajduje się w miejscu mało dostępnym, niż wtedy, gdy licznik zmontowany jest na wysokości oka.

Wielorakie są sposoby umocowania licznika na ścianie. Elektrownia Łódzka montowała dawniej oddzielne bezpieczniki, a nad nimi licznik (rys. 7), dbając o to jedynie, by licznik przez odpowiednie porcelanowe klocki był dobrze izolowany od ziemi. Przy takim urządzeniu zdarzały się jednak wypadki kradzieży prądu.

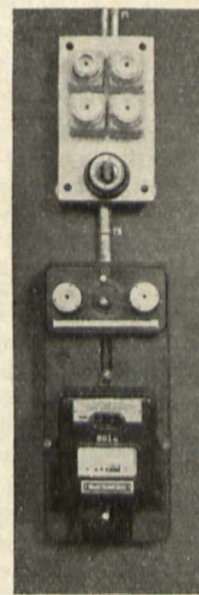
Obecnie pewna część liczników jednofazowych zmontowana jest w osłonach żelaznych (rys. 8) razem z bezpiecznikami, a od 3-ich lat montuje się wszystkie liczniki tak jednofazowe, jak i trójfazowe — na deskach izolacyjnych, wyrabianych w kraju. Drugi sposób ma tę przewagę nad pierwszym, że w razie wymiany licznika tablica pozostaje na miejscu, a w razie stosowania osłony, trzeba ją przeważnie zdjąć razem z licznikiem. To, że osłona żelazna nie izoluje licznika od ziemi, nie jest zupełnie rzeczą ujemną. W razie uszkodzenia



Rys 7.



Rys. 8.



Rys. 9

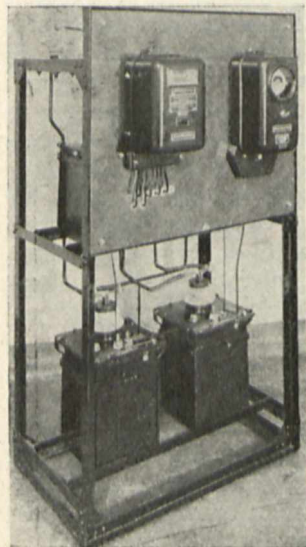
izolacji przewodów wewnątrz licznika, dobrze izolowanego od ziemi, pokrywa jego znajdować się będzie pod napięciem; osoba, stojąca na podłodze dobrze połączonej z ziemią, przy dotknięciu takiego licznika może zostać porażona prądem elektry-

czynym. Jeżeli, przeciwnie, zmontujemy licznik wprost na murze, to jest pewne prawdopodobieństwo, że w razie złej izolacji różnica potencjałów pomiędzy licznikiem a podłogą nie będzie zbyt wielka.

Zresztą każdy licznik przy legalizacji próbowany jest pod napięciem przeszło 1 000 V i wypadki zepsucia wewnętrznej jego izolacji są nader rzadkie.

Praktyka wykazała, że stosowanie osłon jest sposobem najbardziej estetycznym; niestety, w miejscach wilgotnych osłony żelazne niszczej szybko pod wpływem rdzy.

Elektrownia Łódzka posiada na sieci 550 liczników wysokiego napięcia (rys. 10). Ze względów podanych wyżej, wszystkie te liczniki montowane są w warsztacie liczników razem z transformatorami na wieżbach i sprawdzane



Rys. 10.

jako całość w laboratorium, a następnie ustawiane

w stacjach u odbiorców. Stacje mają okienka z szybką i licznik ustawia się tak, aby odbiorca mógł w każdej chwili sprawdzić stan swego licznika. Stacja jest zamknięta na klucz i zaplombowana.

Dawniej, zwyczajem ogólnie przyjętym, transformatory napięciowe liczników wysokiego napięcia, były zabezpieczone bezpiecznikami 2-amperowymi. Zdarzało się nieraz, że z tego lub innego powodu cienki drucik srebrny przerywał się i w liczniku pracował tylko jeden układ mierniczy. Błąd taki trudno było wykryć i odbiorca przez długi czas płacił za mało. Aby uniknąć nieporozumień z odbiorcami, które powstawały na tle dodatkowych rachunków, usunięto bezpieczniki z obwodu napięciowego tych liczników, świadomie ryzykując ewentualne uszkodzenie transformatorów napięcia. Okazało się, że obrona droga jest dobra. Wypadki przebicia transformatorów napięcia są bardzo rzadkie, a błąd wykrywa się momentalnie, bo w razie uszkodzenia transformatora następuje zwarcie, wyłącza wyłącznik olejowy danego odbiorcy, a licznik musi być zamieniony na nowy. W ten sposób ustaly zupełnie zatargi z odbiorcami, a koszt zamiany zepsutego transformatora jest niewielki.

Dążąc ciągle do ulepszeń w Wydziale liczników, Elektrownia zamierza zbudować w roku bieżącym urządzenie do czyszczenia i lakierowania liczników, ograniczników i osłon żelaznych sposobem natryskiwania. Przyniesie to znaczne oszczędności i usprawni pracę Wydziału.

PRAKTYCZNE WYNIKI STOSOWANIA OGRANICZNIKÓW.

Stanisław Mańko i Zygmunt Bentkowski, Inżynierowie.

Obsah. Referát pojednává o přednostech užívání paušální sazby v elektrárně v Lodži z hlediska výroby elektřiny a drobných odběratelů světla. Zavedením omezovačů se rozřešila otázka osvětlení bytů nemajetných

Streszczenie. Referat omawia korzyści zastosowania taryfy ryczałtowej w Elektrowni Łódzkiej z punktu widzenia wytwórcy oraz małych odbiorców światła. Wprowadzenie ograniczników rozwiązało kwestję oświetlenia mieszkań najbardziej niezamożnej ludności.

Taryfy ryczałtowe, aczkolwiek są najprostszym sposobem sprzedaży energii elektrycznej, cieszą się jednak mniejszą popularnością, niż inne sposoby taryfikacji i to zarówno wśród wytwórców, jak odbiorców tej energii.

Nie wnikając w szczegółową analizę tych taryf, możemy wymienić znane ogólnie zarzuty. Ze strony wytwórców najczęściej wysuwany jest zarzut nadmiernej ilości godzin wykorzystania przez odbiorców opłacanej ryczałtowo mocy oraz brak możliwości określenia wielkości strat, związanych z przesyłaniem energii elektrycznej, ze strony zaś odbiorców — brak możliwości korzystania z mocy większej, niż opłacana, oraz usunięcie możliwości oszczędzania w wydatkach na światło, co dotkliwie daje się odczuwać szczególnie w czasach obecnych.

Jednak racjonalna polityka w zastosowaniu taryf ryczałtowych pozwala na osiągnięcie przez wy-

twórcę maksimum korzyści oraz zadawalnia jednocześnie ogół odbiorców.

Jedną z form taryf ryczałtowych jest zastosowanie ograniczników. Ponieważ rozpowszechniły się one w szybkim tempie na terenie Elektrowni Łódzkiej, rozpatrzmy, jakie praktyczne wyniki dało zastosowanie ich przy odpowiedniej polityce taryfowej.

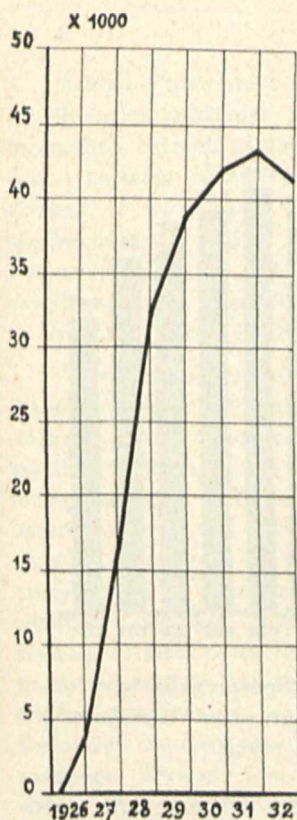
Przedewszystkiem zwróćmy uwagę na bardzo szybki wzrost ilości odbiorców ogranicznikowych od roku 1926, t. j. od początku wprowadzenia ograniczników (rys. 1).

Tak szybki wzrost, który szedł po linii dążeń Elektrowni, osiągnięty został dzięki zastosowaniu usilnej propagandy i odpowiednich metod postępowania.

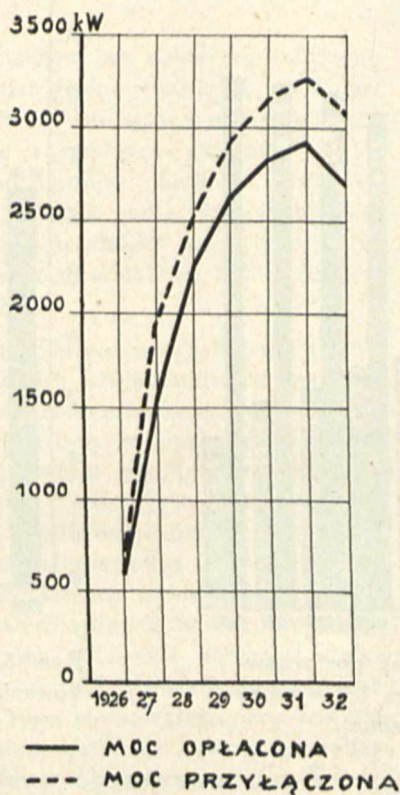
Jedną z tych metod, która miała doniosły wpływ, było wykonywanie przez Elektrownię urządzeń elektrycznych i pionów na raty, przez co Elektrownia zdobyła takich odbiorców prądu, i to przedewszystkiem ogranicznikowych, którzy w innym wypadku nie mogliby sobie pozwolić na jednorazowy poważniejszy wydatek, związany z założeniem instalacji oświetlenia elektrycznego.

Ograniczniki zastosowano głównie dla odbiorców małych, dla których przedstawiały one duże korzyści. Ocena energii elektrycznej ze strony małego odbiorcy, w przeciwieństwie do odbiorcy wielkiego, jest niezależna od kosztów produkcji, a

opiera się głównie na kosztach innego rodzaju oświetlenia, jak: naftowe, gazowe i t. p., jak również na wygodzie, higienie i bezpieczeństwie. Mając też powyższe na względzie, zastosowano ograniczniki, począwszy już od mocy 30 W.



Rys. 1. Wykres ilości ograniczników.



Rys. 2. Wykres mocy urządzeń ogranicznikowych.

Opłata ryczałtowa została obliczona na podstawie taryfy licznikowej z opustem w wysokości 36% i przy założeniu, że czas świecenia żarówek nie przekracza 1900 godzin rocznie.

Początkowo taryfa ogranicznikowa nie wzbudzała zainteresowania i zaufania. Trzeba było zużyć dużo energii osobistej, aby przekonać poszczególnych odbiorców i zyskać ich dla nowej taryfy.

Stopniowo jednak zaczęło wzrastać zaufanie, gdyż mali odbiorcy zrozumieli, że korzyści przy zastosowaniu ograniczników są dla nich duże. Korzyści te są następujące:

1) możliwość korzystania z prądu przy minimalnym zapotrzebowaniu, począwszy od 30 do 200 watów,

2) swoboda dowolnego korzystania z prądu w ciągu doby przy ograniczeniu jedynie mocy jednoczesnego zapotrzebowania, co jest szczególnie korzystne dla odbiorców z niezbyt widnemi lokalami, których w większym mieście jest znaczna ilość,

3) uiszczanie opłaty ryczałtowej łącznie z dzierżawą za ogranicznik raz na kwartał,

4) opłata zgóry, zwalnająca odbiorcę na przeciąg 3 miesięcy od troski przystosowywania rozmiarów zużycia prądu do swych zdolności płatniczych.

Pozatem mali odbiorcy nie odczuwają prawie zupełnie ograniczania ich w mocy korzystanej energii, gdyż nie posiadają oni żadnego sprzętu elektrycznego, a stosunek mocy opłacanej do przyłączonej zazwyczaj bliski jest 1:1 (rys. 2).

Z powodu obecnego kryzysu wielu drobnych odbiorców, znajdujących się w niedostatku, zrezygnowało wogóle ze światła elektrycznego lub też zmniejszyło opłacaną moc; tych ostatnich było w roku 1932 około 19%, pozostali oni jednak przy ogranicznikach.

W celu pozyskania odbiorców ogranicznikowych, korzystających ze światła w godzinach późnych, wieczorowych i nocnych, wprowadzono specjalne taryfy ulgowe dla wystaw sklepowych i reklam świetlnych, — o 16% niższe od normalnych. Ograniczenie mocy wykorzystywanej nie ma tu wielkiego znaczenia, gdyż w wypadkach tych wszystkie lampy świecą przeważnie jednocześnie. Choćby wykorzystanie opłacanej mocy przez odbiorcę jest duże, jednak jest ono bez specjalnego znaczenia, jeżeli weźmiemy pod uwagę, że jest to prąd nocny, który i tak chętnie bywa sprzedawany przez Elektrownię nawet po znacznie niższej cenie.

Dla odbiorców ogranicznikowych stosowano do 1932 roku opłaty kwartalne, równe w ciągu całego roku. Ze względu jednak na wygodę odbiorców, którzy skarżyli się, że w okresach letnich zmuszeni są tyle płacić za światło, jak w okresach zimowych, wprowadzono od początku 1932 roku opłatę zimową i letnią, pozostawiając okresy wiosenne i jesienne bez zmian w dotychczasowej wysokości. Opłata zimowa jest o 33,3% wyższa od średniej, opłata zaś letnia o 33,3% niższa.

Podkreślić należy, że odbiorcy ogranicznikowi, biorąc ogólnie, zadowoleni są ze sposobu nabywania energii elektrycznej, co stanowi dla Elektrowni duży czynnik moralny. Odbiorcy bowiem, którym nie odpowiadał sposób powyższy, po krótkim czasie korzystania z ogranicznika przeszli na inne sposoby taryfikacji, liczba ich jednak jest stosunkowo mała.

Dotychczas rozpatrywano wyniki zastosowania ograniczników pod kątem widzenia odbiorcy. Przyjrzyjmy się obecnie, do jakich wyników doszła Elektrownia w gospodarce ogranicznikowej.

Już w stosunkowo krótkim czasie po założeniu pierwszych ograniczników okazało się, że posiadały one wiele wad, jak np. niedostatecznie uszczelnione pokrywy, źle osłonięte skrzyneczki zaciskowe, krzywe tłoczki i t. p. Kontrole, przeprowadzone u odbiorców, stwierdziły, że popełnienie nadużycia na szkodę Elektrowni, bez naruszenia plomb, nie przedstawiało większych trudności.

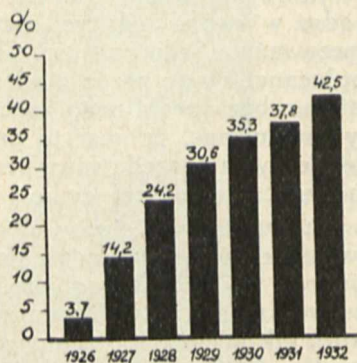
Ponieważ wypadki nadużyć zdarzały się dość często, powstała konieczność przeprowadzenia zmian w budowie ograniczników, co po wielu próbach i dłuższych próbach zostało uskutecznione. Dziś Elektrownia używa ograniczników, w których wszelkie zaobserwowane w praktyce wady zostały usunięte.

Te wszystkie udoskonalenia nie zabezpieczają jednak przed złośliwymi uszkodzeniami, zerwaniem plomb, rdzewieniem i t. d., dlatego też przeprowadzanie stałej kontroli jest rzeczą konieczną. Ogranicznik bowiem jest pozostawiony bez wszelkiego dozoru w przeciwieństwie do licznika, który kontrolowany jest co miesiąc przez inkasenta.

Znaczne trudności związane są ze zmianą nastawienia mocy opłacanej, którą w ciągu 1932 roku musiano przeprowadzić w około 8000 ogranicznikach.

Najprostszą i najtańszą formą w tych wypadkach jest wymiana ustawionego już ogranicznika na inny, nastawiony uprzednio na żadaną moc, pociąga to jednak za sobą konieczność przechowywania na składzie znacznej ilości ograniczników.

Jednak niewielki koszt ograniczników, małe wydatki na konserwację i naprawę przyczyniają się w znacznej mierze do jego stosowania w coraz to szerszym zakresie.



Rys. 3. Procentowy wzrost wpływów za ograniczniki w stosunku do wpływów za światło, zużyte wg. wskazań liczników.

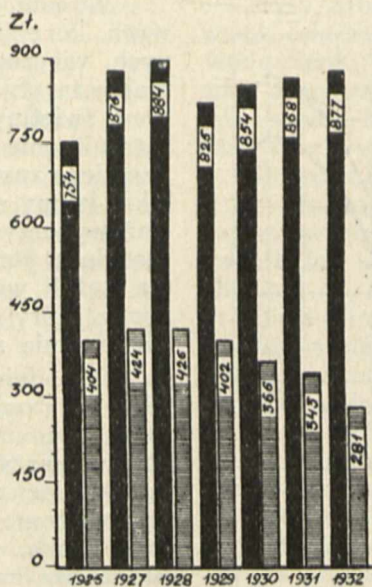
Zastosowanie ograniczników pod względem handlowym posiada wiele stron dodatnich. Przede wszystkim mniejsze są koszty, związane z inkasem, odbiorcy bowiem ogranicznikowi uiszczają sami w kasie Elektrowni opłaty ryczałtowe co kwartał zgóry, co zwalnia Elektrownię od konieczności wysyłania inkasentów do tak wielkiej liczby odbiorców celem dokonywania przeczytów liczników i pobierania należności. Gdyby odbiorcy ci korzystali z urządzeń licznikowych, to niekiedy, zwłaszcza w porze letniej, koszty wysyłania inkasentów mogłyby okazać się wyższe od zainkasowanych przez nich należności za energię, zużywaną w tym czasie zazwyczaj w minimalnej ilości przez wielu drobnych odbiorców. Opłaty ryczałtowe ustalają przytem wielkość wpływu rocznego, co oczywiście ma wielkie znaczenie dla gospodarki handlowej.

Z podanego wykresu (rys. 3) widzimy, że, počawszy od 1926 roku, t. j. od czasu wprowadzenia ograniczników, wpływy za energię od odbiorców ogranicznikowych stale wzrastają i w 1932 r. stanowią już 42,5% wpływów za energię od odbiorców licznikowych.

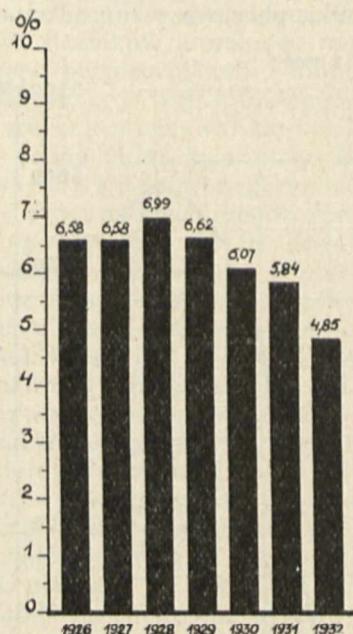
Przy zastosowaniu ograniczników Elektrownia nie ma możliwości kontroli odbiorców ani pod względem odbieranych kWh, ani pod względem ilości godzin wykorzystania mocy przyłączonej, ani też pod względem czasu pobierania energii.

Taryfy ryczałtowe obliczone zostały przy założeniu, że roczny czas świecenia nie przekracza 1900 godzin. Praktyka jednak wykazała, że wykorzystanie urządzeń ogranicznikowych w bardzo wielu wypadkach dochodzi do 4000 godzin. Będziemy bliscy rzeczywistości, jeżeli przyjmemy do obliczeń zużycia energii elektrycznej przez urządzenia ogranicznikowe liczbę godzin wykorzystania opłaconej mocy w wysokości 3000 godzin rocznie.

Przechodząc do ogólnej gospodarki Elektrowni, rozpatrzmy, jakie są wpływy za sprzedaną energję na ograniczniki w stosunku do energii, sprzedanej na liczniki, odnosząc je do 1 kW mocy przyłączonej (rys. 4).



Rys. 4. Wykres porównawczy wpływów na 1 kW mocy przyłączonej.



Rys. 5. Spółczynnik użytkowania urządzeń licznikowych.

Z porównawczego wykresu widzimy, że u odbiorców ogranicznikowych wpływy w stosunku do 1 kW mocy przyłączonej są większe i przytem utrzymują się mniej więcej na jednakowym poziomie, u odbiorców licznikowych zaś — maleją i to tem bardziej, im więcej oszczędzają oni na świetle. Wynika więc z tego, że koszty wyprodukowania 1 kWh energii dla odbiorców licznikowych wypadają drożej, niż dla odbiorców ogranicznikowych, aby uzyskać bowiem taką samą sumę za energję w ciągu roku na 1 kW mocy przyłączonej, czas użytkowania mocy przyłączonej przez odbiorców licznikowych musiałby być znacznie dłuższy.

Jeżeli porównamy współczynniki użytkowania urządzeń ogranicznikowych oraz urządzeń licznikowych u odbiorców światła, to widzimy, że różnią się one od siebie znacznie. Jeżeli bowiem przyjmemy czas rocznego użytkowania u odbiorców ogranicznikowych w wysokości tylko 1900 godzin, współczynnik użytkowania wyniesie 21,69%, u odbiorców licznikowych zaś w okresie porównawczym wynosi najwyższej 6,99%, jak to widać na wykresie (rys. 5).

Zaznaczyć należy, że na rysunkach 4 i 5 wzięte były pod uwagę również i moce dla celów oświetlenia zakładów przemysłowych, jednakże charakter wykresów nie ulegnie większym odchyleniom przy uwzględnieniu mocy jedynie dla odbiorców prywatnych.

Charakteryzując ogólnie praktyczne wyniki zastosowania ograniczników, stwierdzamy, że przyniosły one korzyść dużej ilości drobnych odbiorców i rozwiązały kwestję oświetlenia ich mieszkań, która była tak zaniedbana do niedawna na terenie Łodzi. Z drugiej strony zastosowanie odpowiedniej polityki taryfowej przez Elektrownię pozwoliło na osiągnięcie przez nią wyników bardzo dodatnich.

SIECI WYSOKIEGO NAPIĘCIA W INSTALACJACH OŚWIETLENIA PUBLICZNEGO.

Dr. inż. Samuel Dunikowski.

Obsah. Práce obírá se otázkou, jak získati ve veřejných osvětlovacích zařízeních nejvíce účelně využitého světla při nejmenších ročních nákladech investičních a provozovacích. Autor popisuje různá řešení rozvodných sítí pro světlo, zkoumá je po stránce hospodárného chodu a srovnává všeobecně roční výdaje na osvětlení podle různých návrhů. Tyto vývody autor opírá o hospodářská data, týkající se osvětlovacích sítí vysokého napětí paralelních neb seriových ve Francii v letech 1930—32.

Streszczenie. Praca jest poświęcona zagadnieniu otrzymania w publicznych instalacjach oświetleniowych jak największej ilości odpowiednio rozmieszczonego światła przy możliwie małych ogólnych rocznych kosztach: kapitału za-inwestowanego i eksploatacji. Autor przedstawia istniejące obecnie rozwiązania techniczne zasilających sieci oświetleniowych, rozpatruje je pod względem ekonomiczno-eksploatacyjnym i w zakończeniu przeprowadza porównanie gospodarcze ogólnych kosztów rocznych oświetlenia przy zastosowaniu sieci oświetleniowych różnych typów. W wyniku przeprowadzonej analizy autor podkreśla korzyści ekonomiczne, wpływające z zastosowania oświetleniowych sieci wysokiego napięcia, czy to typu równoległego, czy też szeregowego. Wywody swe opiera autor na danych gospodarczych, dotyczących warunków ekonomicznych we Francji w latach 1930—1932.

1. Wstęp.

Oświetleniowe sieci elektryczne, w których do poszczególnych lamp doprowadza się energię o wysokim napięciu, można podzielić na dwa zasadnicze typy: na sieci szeregowy i równoległy.

Powstanie oświetleniowych sieci szeregowych datuje się od dość dawna, a mianowicie od czasu, gdy zaczęto łączyć szeregowo w jednym obwodzie lampy łukowe, jedyne naówczas źródła światła, nadające się do celów oświetlenia publicznego. System ten nabrał jednak właściwego znaczenia dopiero po zastosowaniu do oświetlenia miejskiego lamp żarowych i to wówczas, gdy wyłoniły się zagadnienia oświetlenia bardzo intensywnej i rozciągającego się na wielkie przestrzenie.

Przy stosowaniu tego rodzaju sieci musiano dojść, w miarę łączenia szeregowego coraz to większej liczby i coraz to silniejszych lamp, do dość znacznych napięć na zaciskach zasilających danego obwodu. W ten sposób powstały oświetleniowe sieci szeregowy wysokiego napięcia, które rozpowszechniły się bardzo znacznie w Ameryce, zaś w Europie przyjęły się, o ile nam wiadomo, jedynie w niektórych miastach włoskich z Medjolanem i Bolonią na czele¹⁾.

Niezależnie od poprzedniego systemu, podczas przeprowadzania w ostatnich latach (1929 — 1931)

¹⁾ Porównaj: C o h u. L'éclairage des voies publiques des villes de Milan et Bologne. Lux (czasopismo). Paris, 1928. Novembre.

bardzo intensywnej elektryfikacji okręgu paryskiego, okazało się finansowo korzystniejszym zastosowanie do celów oświetleniowych normalnej sieci wysokiego napięcia, zasilającej w układzie równoległym poszczególne lampy. Pod względem technicznym zagadnienie to zostało rozwiązane przez inż. A. Troquet w roku 1927²⁾, zaś odpowiednio instalacje wykonano w dużym zakresie w szeregu miejscowości pod Paryżem, z których na uwagę zasługują: Levallois, Colombes Courbevoie i Argenteuil³⁾.

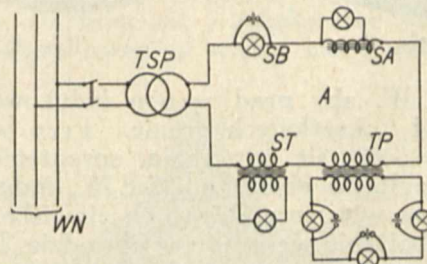
Sieci tego typu, w odróżnieniu od wzmiankowanych poprzednio, przyjęto określać jako sieci równoległe wysokiego napięcia.

Poniżej będą podane szczegółowsze opisy techniczne obu typów instalacji i wreszcie w dalszym ciągu dyskusja ich w odniesieniu do powszechnie stosowanych sieci równoległych niskiego napięcia.

2. Opis techniczny.

a) Sieci szeregowy wysokiego napięcia.

Podstawowy schemat oświetleniowej sieci szeregowy przedstawia rys. 1. Obwód główny A zasilany jest transformatorem specjalnym TSP (constant current transformer), który ma na celu utrzymywać stałe natężenie prądu w tym obwodzie, niezależnie od pewnych wahań jego oporno-



Rys. 1.

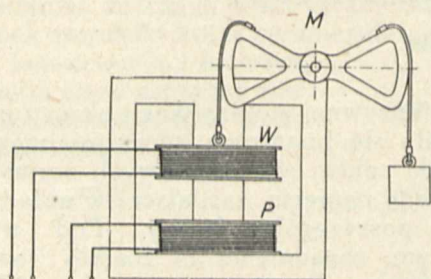
ści. W obwód A mogą być włączone punkty oświetleniowe bezpośrednio — SB, przy zastosowaniu autotransformatorów — SA, lub wreszcie za pośrednictwem odpowiednich transformatorów — ST. Do obwodu głównego może być dołączonych kilka obwodów wtórnych za pośrednictwem transformatorów prądowych — TP.

Zasada konstrukcji transformatora TSP jest przedstawiona na rys. 2. Uzwojenie pierwotne P

²⁾ A. Troquet. Note sur l'emploi de la distribution à haute tension pour l'éclairage public. Rev. Gén. de l'Electr. Paris, 1927, str. 573.

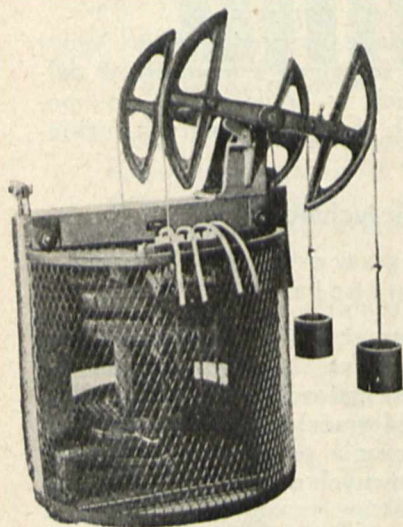
³⁾ Villiers et Bourdon. Exploitation des installations d'éclairage public alimentées par un réseau à haute tension. Paris, 1932. Congrès Intern. de l'Union des Productr. et Distribtr. d'Énergie Electr. Rapp. III-C-4.

jest nieruchome, natomiast uzwojenie wtórne W , zrównoważone w pewnym stopniu wagowo, może się przesuwać wzdłuż rdzenia magnetycznego, zmieniając tem samym stopień sprzężenia z uzwo-

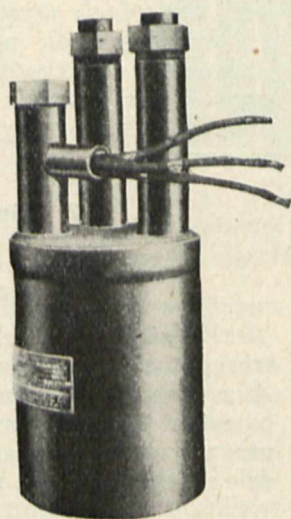


Rys. 2.

jeniem pierwotnym. W czasie pracy transformatora pomiędzy uzwojeniami występują siły elektrodynamiczne, które łącznie z oddziaływaniem układu mechanicznego M przesuwają w ten sposób



Rys. 3.



Rys. 4.

uzwojenie W , aby prąd w nim indukowany nie przekroczył określonych granic. Przy wzroście prądu uzwojenia się odpychają, sprzężenie maleje i w rezultacie obniża się S.E.M., indukowana w uzwojeniu wtórnym. Odwrotne zjawisko zachodzi przy obniżeniu się prądu w obwodzie. Dokładność tej regulacji wynosi około 1% nominalnej wartości prądu, przy zmianie obciążenia wtórnego od obciążenia nominalnego aż do zwarcia. Rys. 3 przedstawia wygląd zewnętrzny najczęściej spotykanego typu tych transformatorów⁴⁾.

Jak zaznaczono poprzednio, stosuje się trojaki sposób załączania lamp do obwodu szeregowego. Załączenie bezpośrednie — SB jest najprostszym technicznie i najtańszym. Posiada jednak bardzo poważną wadę, a mianowicie wysokie napięcie obwodu głównego jest tu doprowadzone bezpośrednio do kandelabra i żarówki. Zagroza to bezpie-

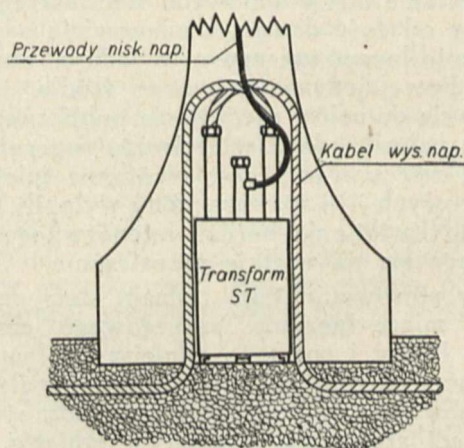
⁴⁾ Powyższe transformatory są wykonywane o danych następujących: moc 1—70 kW, nap. pierw. do 13 200 V, prąd wtór. 6,6 lub 20,0 A, nap. wtór. do 10 000 V, sprawn. przy pełn. obc. około 95%, $\cos \varphi$ pierw. odpow. 0,92, cena dla mocy 30 kW około 1 000 dol. Dane powyższe odpowiadają transformatorom Gen. Electr. Co. serja RV i RO. Bulletin Nr. 45124, Schenectady, 1924.

czeństwu w razie uszkodzenia samego kandelabra, lub też izolacji przewodów w nim przeprowadzonych. Dalej w układzie tym musi się stosować żarówki jedynie takie, których prąd nominalny odpowiada prądowi obwodu. Jest to niejednokrotnie bardzo niedogodne. Wreszcie musi się tu przewidzieć specjalne urządzenia ochronne na wypadek przepalenia lub uszkodzenia żarówki, które nie dozwalałyby w żadnym razie na przerwanie obwodu głównego (zaznaczone na rys. 1).

W razie gdy do obwodu należy załączyć żarówkę o prądzie nominalnym, nie odpowiadającym prądowi obwodu, używa się niekiedy autotransformatorów prądowych SA (compensator transformers). Pozostaje w tym wypadku, poruszana poprzednio, wada doprowadzenia wysokiego napięcia do samej żarówki.

Normalnie, gdy nie stosuje się załączenia bezpośredniego, załącza się poszczególne lampy za pomocą izolacyjnych transformatorów prądowych — ST (individual transformers). Oddziela się wówczas wysokie napięcie obwodu głównego od lampy i tem samym instalacji z punktu widzenia bezpieczeństwa nie można już nic zarzucić. Transformatorki tego rodzaju, przeznaczone do zasilania pojedynczych lamp, wyrabiane są odpowiednio do nominalnych mocy i prądów żarówek szeregowych. Montuje się je w podstawie kandelabra, albo też pod ziemią tuż koło niego. W wyjątkowych wypadkach napowietrznych sieci oświetleniowych mogą być one umieszczane wprost na słupie. Rys. 4 i 5 przedstawia wygląd typowy takiego transformatorka oraz sposób załączenia go w podstawie kandelabra⁵⁾.

Wzmiankowane poprzednio transformatory TP , służące do zasilania obwodów pomocniczych, mają głównie za zadanie obniżyć napięcie w tych obwodach do tego stopnia, aby stało się możliwym stosowanie w nich bezpośredniego załączenia lamp, bez naruszenia jednoczesnego zasady bezpieczeństwa instalacji⁶⁾.



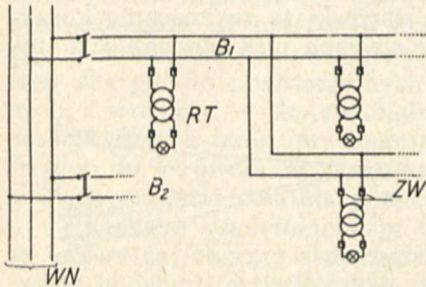
Rys. 5.

⁵⁾ Dane tych transformatorów są następujące: sprawność przy pełn. obc. 93%, odpow. $\cos \varphi$ pierw. 0,98%, cena transf. dla lampy 10 000 lumenów 35 dol. Niniejsze cyfry dotyczą transformatorów Gen. Electr. Co. typu IL.

⁶⁾ Dane tych transformatorów są następujące: moc do 10 kW., prąd wtór. 6,6 15,0 lub 20,0 A, sprawn. przy pełn. obc. 95%, $\cos \varphi$ pierw. 0,98. Niniejsze cyfry dotyczą transformatorów Gen. Electr. Co. typu SL.

b. Sieci równoległe wysokiego napięcia.

Podstawowy schemat równoległej sieci oświetleniowej wysokiego napięcia przedstawia rys. 6. Szyny zbiorcze podstacji zasilane są bezpośrednio z ogólnej sieci wysokiego napięcia *WN*, egzystującej w danej miejscowości. Napięcie wysokie rozprowadzane jest z podstacji rozdzielczej (bez transformacji) zapomocą „feeder'ów” sieci oświetleniowej *B₁*, *B₂*... do transformatorów obniżających



Rys. 6

ych *RT*. Każdy z tych transformatorów przeznaczony jest do zasilania pojedynczej lampy, względnie kandelabra. Obniża on wysokie napięcie, pobierane z sieci, do napięcia zasilającego bezpośrednio żarówkę.

Transformator obniżający zmontowany jest w skrzynce żeliwnej, której przekrój podaje rys. 7. Górna część tej skrzynki tworzy muflę dołączeniową kabla wysokiego napięcia. Oprócz tego w skrzynce znajdują się bezpieczniki (rys. 6, *ZW*), oddzielające uzwojenie pierwotne od kabla zasilającego, oraz ewentualnie urządzenia specjalne dla automatyzacji instalacji oświetleniowej. Po zmontowaniu wewnątrz skrzynki zostaje zalana masą kablową, przez co całość staje się zupełnie wodoszczelna, tak że transformator może być zakopany wprost w ziemi, w pobliżu kandelabra oświetleniowego. Sam transformator łączy się do żarówki kabelkiem niskiego napięcia. Rys. 8 przedstawia widok zewnętrzny zmontowanej skrzynki transformatorowej, przygotowanej do zalania masą kablową⁷⁾.

W pozostałych szczegółach swej budowy sieci oświetleniowe wysokiego napięcia typu równoległego nie różnią się od normalnej sieci wysokonapięciowej. Należy tylko podkreślić, że w zasadzie nie wymagają one podstacji transformatorowych, gdyż transformacja napięcia wykonuje się za pośrednictwem transformatorów obniżających *RT*.

3. Porównanie różnych typów sieci.

a. Eksploatacja lamp żarowych.

Ponieważ w myśl obecnych tendencji techniki oświetleniowej, lampa żarowa staje się niemal je-

⁷⁾ Dane tych transformatorów są następujące: moc 500, 1 000 lub 2 000 W, nap. pierw. do 6 000 V, nap. wtór. dowolne, spraw. przy pełn. obc. 95%, cos φ pierw. odpow. 0,90. Cena transfor. o mocy 1 000 W, około 2 000 fr. fr. Niniejsze cyfry dotyczą transformatorów Cie Electro - Industrielle. Paris, 1930.

dynem źródłem światła w instalacjach oświetlenia publicznego, przeto jest bardzo wskazane porównanie warunków eksploatacji żarówki w zależności od tego, jakiego rodzaju typ sieci zasilającej jest użyty w danej instalacji.

W czasie eksploatacji żarówki, wskutek powolnego odparowywania i rozpylania drucika żarzeniowego, wzrasta stopniowo jego oporność, równocześnie zaś wewnętrzna powierzchnia bańki lampy pokrywa się ciemnymi nalotami, obniżającymi jej sprawność optyczną.

Trwałość żarówki jest tem większa, im jej drucik jest krótszy i grubszy. Z powyższego względu większą jest trwałość lamp nisko-oporowych.

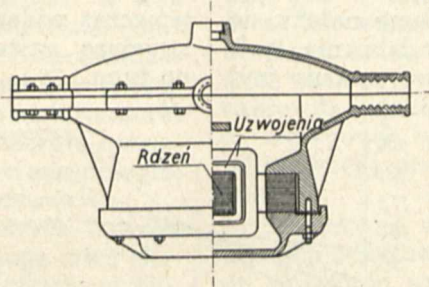
Żarówki nisko-oporowe, o krótkim druciku i tem samym silnie skoncentrowanem źródle światła, nadają się pozatem znacznie lepiej przy stosowaniu skomplikowanych układów optycznych armatury lamp tam, gdzie pozycja źródła światła

winna być możliwie dokładnie wyregulowana.

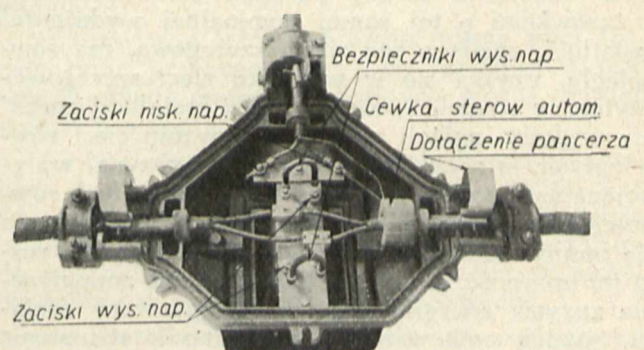
Wreszcie należy podkreślić, że sprawność optyczna żarówki maleje nader szybko z obniżaniem się napięcia, względnie prądu, poniżej wartości nominalnej.

Opierając się na powyższych podstawowych własnościach żarówki, można przeprowadzić analizę pracy lampy w różnych typach sieci oświetleniowych.

W *sieciach szeregowych* warunki pracy lampy są określone najdokładniej. Przez żarówkę, niezależnie od punktu obwodu, przez cały czas eksploatacji przepływa stale prąd o określonym i praktycznie niezmiennem napięciu. W tych warunkach żarówka, starzejąc się i zwiększając swoją oporność, pobiera coraz to więcej mocy, rozżarza do



Rys. 7.



Rys. 8.

coraz to wyższej temperatury swój drucik, który w konsekwencji emituje w miarę zużycia się lampy coraz to większy strumień świetlny. Strumień ten nie przedostaje się jednak w całości nazewnątrz jako strumień użyteczny, gdyż część jego zostaje pochłonięta przez osady, tworzące się na bańce żarówki.

Powyższe dwa zjawiska znoszą się w znacznej części wzajemnie, tak że użyteczny strumień świetlny żarówki zmienia się nieznacznie w ciągu całego życia lampy. Rys. 9 przedstawia wykres

charakterystycznych własności lampy szeregowej, w zależności od czasu jej eksploatacji⁸⁾.

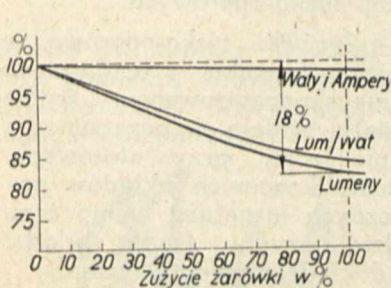
Ze względu na to, że lampy szeregowy są lampami zasadniczo nisko-napięciowymi, o małej oporności drucika, posiadają one silnie skoncentrowane źródło światła i nadają się doskonale do nowoczesnych refra- względnie reflektorów ulicznych. Z tych samych względów trwałość tych lamp jest duża i średnio o jedną trzecią większa od trwałości lamp normalno-napięciowych typu równoległego⁹⁾.

W sieciach równoległych najpoważniejszym czynnikiem, z którym przy pracy lamp należy się liczyć, są spadki napięć. Wskutek istnienia tych spadków, każdy punkt oświetleniowy pracuje pod

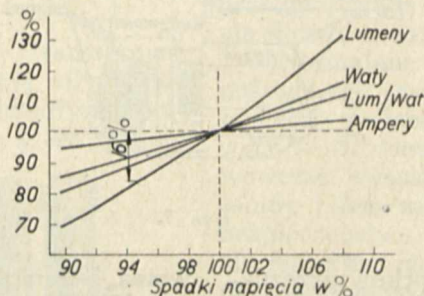
sności lampy równoległej w trakcie jej eksploatacji. Jak widać z powyższego, spadek strumienia świetlnego żarówki dochodzi z czasem do 18%, podczas gdy analogiczny spadek dla żarówki szeregowej, o odpowiadającej mocy nominalnej, wynosi, jak widać z wykresu 9, jedynie około 8%.

Jak już poprzednio zaznaczono, żarówki równoległe, normalno-napięciowe, są mniej trwałe i gorzej się nadają do celów optycznych od żarówek szeregowych.

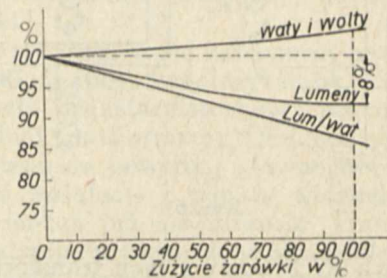
Jeżeli teraz rozpatrzeć warunki pracy żarówki w sieciach równoległych wysokiego napięcia, to wówczas widać, że żarówki te są znacznie korzystniejsze, aniżeli w sieciach niskiego napięcia tego typu.



Rys. 9. Zmiany własności żarówki szeregowej w zależności od jej zużycia.



Rys. 10. Zmiany własności żarówki równoległej w zależności od spadków napięcia.



Rys. 11. Zmiany własności żarówki równoległej w zależności od jej zużycia.

innym napięciem i tem samym bardzo mała liczba żarówek jest eksploatowana w warunkach najkorzystniejszych. Rys. 10 przedstawia zmiany własności żarówki w zależności od zmian napięcia zasilającego. Widać z tego wykresu, że spadek napięcia, wynoszący około 5%, który jest uważany powszechnie za zjawisko normalne w sieciach oświetleniowych, powoduje zmniejszenie strumienia świetlnego o mniej więcej 16%. Są to już różnice poważne, które powodują, że, porównywując dwa jednakowe układy punktów oświetleniowych z żarówkami o tej samej nominalnej wydajności świetlnej, zasilane raz siecią szeregową, raz równoległą, uzyska się w wypadku sieci szeregowej użyteczny strumień świetlny całej instalacji znacznie większy, aniżeli przy zastosowaniu sieci równoległych. Istnieje jeszcze druga przyczyna, wpływająca na złe wykorzystanie lamp w układach równoległych. Jeżeli mianowicie, w trakcie starzenia się lampy, zasilanej napięciem stałym, będzie rosła jej oporność, to powodować to będzie zmniejszenie zużycia energii, obniżenie temperatury drucika, spadek emitowanego przez drucik strumienia świetlnego, co łącznie z powstawaniem ciemnych nalotów na bańce da w rezultacie nader wydatne zmniejszenie się użytecznego strumienia świetlnego. Rys. 11 przedstawia na wykresie zmiany wła-

Przedewszystkiem, stosując sieć zasilającą wysokiego napięcia, zmniejsza się nader wydatnie spadki napięć w poszczególnych punktach oświetleniowych. Tem samym żarówka w tym wypadku pracuje, przeciętnie biorąc, pod napięciem bliższym jej napięcia nominalnego. Dalej, mogąc dowolnie obrać przekładnię transformatorów obniżających, można zastosować w instalacji żarówki niskooporowe, o większej sprawności optycznej i trwałości. Źródło światła w tych żarówkach jest równie silnie skoncentrowane, jak i w żarówkach typu szeregowego. Pozostaje jedynie kwestja eksploatacji w związku ze starzeniem się lampy, która tu, tak samo jak i we wszystkich sieciach równoległych, pozostawia dużo do życzenia.

Reasumując ostatecznie powyżej przeprowadzoną analizę, można stwierdzić:

1) Sieć szeregową umożliwia eksploatację żarówek w sposób jak najlepszy. Wszystkie lampy pracują stale w tych samych warunkach, starzenie się ich mało wpływa na wydajność optyczną, są one trwałe i posiadają silnie skoncentrowane źródło światła.

2) Sieć równoległa wysokiego napięcia umożliwia dość dobrą eksploatację lamp żarowych. W razie istnienia małych spadków napięć, żarówki pracują tu w warunkach podobnych, zbliżonych do warunków nominalnych. Można tu stosować lampy nisko-napięciowe, trwałe i o dobrym optycznie źródle światła. Wadą tego systemu jest silne zmniejszenie się wydajności świetlnej żarówek w miarę starzenia się ich.

3) Sieć równoległa niskiego napięcia nadaje się najgorzej do eksploatacji lamp żarowych. Żarówki pracują tu w warunkach, odbiegających naogół dość znacznie od najkorzystniejszych warunków nominalnych. Proces starzenia się źle się od-

⁸⁾ Wykresy rys. 9, 10 i 11 zaczerpnięte zostały z dzieła: Harrison, Haas and Reid: Street Lighting Practice. New-York, 1930, str. 47, 48 i 51. Odnoszą się one do żarówek gazowanych dużej mocy, używanych obecnie do celów oświetlenia publicznego.

⁹⁾ Dla lamp „Mazda” średni czas eksploatacji: typ szeregowy 1350 godzin, typ równoległy 1000 godzin. Porównaj: C. J. Stahl: Electric Street Lighting. New-York, 1929, str. 113.

bija na ich wydajności świetlnej. Lampy muszą tu być typu normalno-napięciowego (przeważnie 220 V), co wpływa na ich mniejszą trwałość i złe własności optyczne źródła światła¹⁰⁾.

b. Sieć i urządzenia transformatorowe¹¹⁾.

Całość urządzeń, zasilających instalację oświetlenia publicznego, można podzielić w ogólnym wypadku na następujące składniki podstawowe: podstacje transformatorowe, lub rozdzielcze, w których zakupuje się potrzebną dla oświetlenia energię, — właściwą sieć oświetleniową, rozprowadzającą energię do poszczególnych punktów świetlnych i wreszcie — indywidualne transformatoriki poszczególnych lamp, przekazujące energię bezpośrednio do żarówek. W wypadku sieci równoległej niskiego napięcia ostatnia pozycja odpada.

Podstacje oświetleniowe, w których nabywa się zazwyczaj energię elektryczną, mogą mieć charakter podstacji rozdzielczych (t. j. takich, w których transformacja energii nie następuje), albo też podstacji transformatorowych. W wypadku sieci równoległych wysokiego napięcia podstacje te są z reguły podstacjami jedynie rozdzielczymi, w których nabytą energię wysokiego napięcia przekazuje się wprost do sieci. W wypadku sieci szeregowych istnieje zawsze konieczność umieszczenia w tych podstacjach transformatorów stałego natężenia prądu *TSP*. Wreszcie w wypadku równoległych sieci niskiego napięcia mogą zajść dwa wypadki: albo do celów oświetleniowych nabywa się energię o napięciu wysokim i wywóczas instytucja oświetleniowa musi ją przetransformować we własnych podstacjach, albo też nabywa się energię o napięciu niskim i wtedy część transformatorowa podstacji należy do instytucji sprzedającej energię, zaś oświetleniowa instytucja jest zainteresowana jedynie w części rozdzielczej niskiego napięcia. W tym więc ostatnim wypadku główny koszt podstacji jest przerzucony na instytucję, sprzedającą energię elektryczną.

Przy rozpatrywaniu właściwych *sieci oświetleniowych* uwzględnione zostaną jedynie sieci kablowe podziemne, jako powszechnie stosowane we wszystkich niemal większych miejskich instalacjach oświetleniowych. W sieciach tych podstawową rolę odgrywają: długość kabli, ich przekrój oraz napięcie robocze sieci. Jeśli porównać pod względem *długości* różne typy sieci, zasilających taki sam układ punktów oświetleniowych, to okaże się, że największą długość kabli uzyska się przy sieci szeregowej. Długość kabli przy sieciach równoległych wysokiego i niskiego napięcia jest

¹⁰⁾ W przeprowadzonej analizie pominięto świadomie kwestję sprawności optycznej żarówek nisko- i normalno-napięciowych. Dla jednostek większej mocy 300, 500 i 1000 W sprawność ta jest mniej więcej ta sama dla obu typów i wynosi odpowiednio dla lamp „Mazda” około 18, 19 i 20 lumenów na wat. Porównaj literaturę, odnośnik 9.

¹¹⁾ Rozpatrzone będą poniżej jedynie sieci oświetleniowe jednostopniowe, w założeniu, że dostarczenie energii do poszczególnych podstacji oświetleniowych jest obowiązkiem instytucji, eksploatującej ogólną sieć elektryczną w danej miejscowości.

niemal taka sama i mniejsza dość znacznie od poprzedniej. Powyższą różnicę powoduje charakter obwodów sieci szeregowej, które muszą tworzyć zamknięte pętle.

Pod względem *przekrojów* sieci równoległe są skrępowane dopuszczalnymi spadkami napięć, sieć szeregową liczy się natomiast jedynie ze względami najekonomiczniejszych strat w kablach, oraz z dopuszczalnymi natężeniami na jednostkę przekroju. Ponadto ze względu na charakter sieci szeregowej stosuje się w niej kable jednożyłowe, podczas gdy w sieciach równoległych niemal zawsze dwu- lub wielożyłowe. Wskutek tego, przy jednokowym rozmieszczeniu podstacji i punktów świetlnych oraz przy tych samych napięciach roboczych, całkowity przekrój miedzi (wszystkich żył) w sieci szeregowej wypada naogół znacznie mniejszy od średniego przekroju miedzi w kablach sieci równoległej.

Przekroje są związane pozatem z rozmieszczeniem podstacji. Są one oczywiście tem większe, im podstacje są rzadsze. Kwestja zatem wyboru przekrojów przy ustalonym już poprzednio napięciu sieci jest zależna od kalkulacji ekonomicznej, uwzględniającej koszt podstacji z jednej, zaś koszt miedzi z drugiej strony.

Izolacja kabli zależy bezpośrednio od napięcia roboczego sieci. Dla sieci szeregowych przyjmuje się jako napięcie robocze najwyższe napięcie, jakie może wystąpić pomiędzy dwoma punktami danej sieci podczas przerywania obwodu prądu (napięcie biegu luzem transformatora *TSP*, o ile nie zastosowano specjalnych urządzeń ochronnych).

Transformatoriki indywidualne, umieszczane przy poszczególnych punktach oświetleniowych, są to w wypadku sieci szeregowych opisane poprzednio transformatoriki *ST*, zaś w wypadku wysoko-napięciowych sieci równoległych — transformatoriki obniżające *RT*. Przy sieciach równoległych niskiego napięcia, lub też sieciach szeregowych o bezpośrednim załączeniu lamp *SB*, pozycja ta nie istnieje.

Zestawiając teraz całkowite koszty sieci różnego typu, przeznaczonych do zasilania takiego samego układu punktów świetlnych, można przyjąć podział następujący.

1) Najtańszą jest sieć równoległa niskiego napięcia bez stacji transformatorowych, a więc przy nabywaniu energii o napięciu niskim. Odpadają tu koszty urządzeń transformatorowych; urządzenia rozdzielcze są bardzo proste. Kable są niskonapięciowe o dość znacznych przekrojach.

2) Pośrednią co do kosztów jest sieć równoległa niskiego napięcia z własnymi podstacjami transformatorowymi. Duża ilość tych podstacji, konieczna ze względu na niskie napięcie sieci, stanowi tu bardzo poważną pozycję. Kable są tu podobnie, jak w wypadku poprzednim na niskie napięcie, o dość znacznych przekrojach.

3) Najdroższymi są — równorzędne mniej więcej pod względem kosztów — sieci szeregowy i równoległy wysokiego napięcia. W pierwszych znaczny jest koszt transformatorów stałego prądu *TSP* i transformatorów izolacyjnych *ST*; w drugich bardzo poważny wydatek stanowią transformatoriki obniżające *RT*. Kable są o małych przekrojach na napięcie wysokie.

Zajmując tu jeszcze wypada, że koszt samych kabli jest we wszystkich wyżej rozpatrywanych wypadkach dość do siebie zbliżony¹²⁾.

c. Urządzenia pomocnicze sieci oświetleniowej.

W dużych nowoczesnych sieciach oświetleniowych przyjmuje się zazwyczaj jako zasadę konieczność *automatycznego sterowania* wszystkich lamp sieci. Niezależnie od tego, czy są to urządzenia systemu centralnego o załączaniu energii na podstacjach, czy też systemu indywidualnego o załączaniu jej przy poszczególnych kandelabrach¹³⁾, należy jednak stwierdzić, że bez względu na jego wybór, sieci wysokiego napięcia ułatwiają w znacznej mierze przeprowadzenie sterowania automatycznego. Wynika to z silnego zcentralizowania tych sieci i z małej ilości podstacji oświetleniowych. Odwrotnie, przy sieciach niskiego napięcia, gdzie ilość podstacji jest wielka, trzeba się liczyć z kosztami sieci sterującej, łączącej poszczególne podstacje, jak również z liczniejszymi urządzeniami pomocniczymi.

Drugą ważną kwestją w wielkich instalacjach oświetleniowych jest sprawa *kontroli lamp uszkodzonych*. W instalacjach nowoczesnych, gdzie kontrola jest zautomatyzowana, umieszcza się zazwyczaj w poszczególnych kandelabrach sygnalizatory, które w wypadku przerwania obwodu żarówki wysyłają do podstacji charakterystyczny sygnał, określający numer uszkodzonej lampy¹⁴⁾.

System ten łatwiej jest przeprowadzić przy silnie zcentralizowanej sieci oświetleniowej o małej ilości podstacji. Pod tym względem są więc również korzystniejsze sieci wysokiego napięcia.

d. Eksploatacja instalacji oświetleniowej.

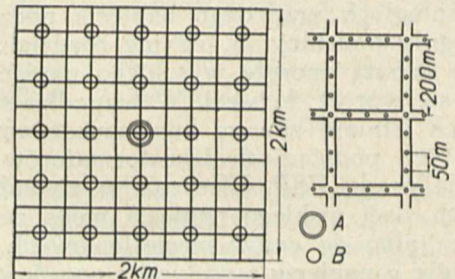
Podstawowym czynnikiem eksploatacji instalacji oświetleniowej jest *cena nabywanej energii elektrycznej*. Według ogólnie przyjętego systemu taryfikacji cena energii nabywanej o napięciu wysokim jest znacznie niższa od ceny energii o napięciu niskim. Pozatem odbiorcy udziela się pewnych rabatów, — w zależności od ilości energii

¹²⁾ Powyższe zestawienie czysto orientacyjne może ulec, oczywiście, zmianom w zależności od warunków ekonomicznych i lokalnych. Opiera się ono w znacznej mierze na kosztorysach porównawczych, opracowanych w różnych wypadkach przez firmy Nord-Lumière i Ouest-Lumière w Paryżu w latach 1929 — 1931.

¹³⁾ Systemy przekazywowe indywidualne w sieciach firmy Ouest-Lumière w Paryżu. Porównaj: Raport Villiers i Bourdon, odnośnik 3. Systemy indywidualne o częstotliwości wysokiej: M. Chirol, Transmission de manoeuvres à distance sans fil pilote sur les réseaux de distribution d'énergie électrique. Rev. Gén. de l'Electr. Paris, 1931, str. 795. Tęgoż autora: Transmission de signaux et manoeuvres à distance sur les lignes électriques de transport et de distribution. Paris, 1932, Congr. Intern. d'Electricité, Section 12. Rapport 15.

¹⁴⁾ Na uwagę zasługują systemy sygnalizacji, zastosowane w sieciach firmy l'Ouest-Lumière w Paryżu, wykonane przez zakłady Soulat Frères. Opis ich podany w raporcie Villiers'a (patrz odnośnik 3).

zużytej, względnie zainstalowanej. W rezultacie w większości krajów cena energii, zużywanej w wielkiej ilości, jest niższa, aniżeli energii, pobieranej przez małych odbiorców. Opierając się na powyższym, najtańsza jest energia, nabywana do celów oświetleniowych przy zastosowaniu sieci równoległych lub szeregowych wysokiego napięcia, o małej ilości podstacji o wielkiej mocy. Sieć niskiego napięcia z licznymi podstacjami małej mocy jest mniej korzystna pod względem ceny energii ze względu na to, że oświetlenie jest traktowane wówczas nie jako jeden odbiorca o wielkiej mocy, lecz jako wielu o małej i tem samem nie uzyskuje się w tym wypadku wspomnianych powyżej rabatów¹⁵⁾. Wreszcie koszt energii, przy użyciu sieci niskiego napięcia bez podstacji transformatorowych, jest znacznie wyższy, niż w wypadkach poprzednich. Sieć ta jest, jak to już poprzednio zaznaczono, najtańszą w konstrukcji, ale jednocześnie najdroższą w eksploatacji. Z powyższego względu przy większych instalacjach oświetleniowych stosowanie jej nie jest w normalnych warunkach naogół ekonomiczne.



Rys. 12. A—podstacja w alternatywie W. N. R. i W. N. S.
B—podstacja w alternatywie N. N.

Przechodząc z kolei do *strat energii w sieciach*, otrzymamy się je najmniejsze przy zastosowaniu równoległych sieci wysokiego napięcia. Sprawność tych sieci łącznie z transformatorami obniżającymi wynosi dla wykonanych instalacji około 95%. Sprawność sieci równoległych niskiego napięcia jest naogół zawarta w granicach 85—92%. Sprawność sieci szeregowych ze względu na niezależność ich od spadków napięć zależy w znacznej mierze od momentów ekonomicznych. Niejednokrotnie opłaca się mieć tu do czynienia z większymi stratami w sieci, a wzamian za to zmniejszyć wysokość kapitału, zainwestowanego w sieci kablowej¹⁶⁾.

¹⁵⁾ W razie licznych podstacji o małej mocy, instytucja sprzedająca energję musi niejednokrotnie rozbudowywać, lub wzmacniać sieć wysokiego napięcia, co ją naraża na koszty, które stara się pokryć przez stosowanie w tym wypadku wyższej taryfy.

¹⁶⁾ Przeważnie sprawność sieci określa się jako stosunek zainstalowanej mocy nominalnej wszystkich lamp do mocy rzeczywiście pobieranej przez sieć w podstacjach (mocy zakupywanej). W ten sposób należy tu uwzględnić małe odchylenia od danych nominalnych w poborze mocy przez żarówki, ze względu na ich starzenie się. Odchylenie to wynosi: dla lamp równoległych — zmniejszenie o 0,75%, zaś dla szeregowych — zwiększenie o 1,5% mocy pobieranej. Porównaj wykresy: rys. 9 i 11.

Do dalszych kosztów eksploatacyjnych należą koszty *utrzymania instalacji*. Na pozycję tę składa się: wymiana lamp przepalonych, wymiana uszkodzonych kandelabrow, mycie kloszy, naprawy kabli, patrolowanie i t. p. Z powyższych, jeżeli chodzi o różnice dla różnych typów sieci, wchodzi pod uwagę głównie pozycja, dotycząca wymiany lamp i ewentualnie patrolowania (o ile niema kontroli automatycznej lamp uszkodzonych). Najmniejsze koszty wykażą tu sieci wysokiego napięcia szeregowe i równoległe, a to ze względu na stosowanie w nich żarówek o większej trwałości. W wypadku napięcia niskiego, koszty te będą nieco większe. Wypada tu jeszcze zaznaczyć, że koszty utrzymania sieci kablowej są nader zbliżone we wszystkich stosowanych typach sieci, niezależnie od wysokości ich napięcia roboczego.

Wreszcie koszty *obsługi i personelu* są niższe nieco przy sieciach wysokiego napięcia ze względu na mniejszą ilość podstacyj tam istniejących i łatwiejszą kontrolę i dozór nad instalacją.

Reasumując zatem kwestję kosztów eksploatacji przy zastosowaniu różnych typów sieci, należy stwierdzić, że najtańszą w eksploatacji jest sieć równoległa wysokiego napięcia (niska cena energii, duża sprawność); dalej idą sieci szeregowe (niska cena energii, mniejsza sprawność), sieci równoległe niskiego napięcia z własnymi podstacjami transformatorowymi (wyższa cena energii) i wreszcie — dużo kosztowniejsze od poprzednich — sieci niskiego napięcia bez podstacyj transformatorowych (znacznie wyższa cena energii)¹⁷⁾.

4. Zestawienie ogólnych rocznych kosztów oświetlenia.

Ogólne roczne koszty oświetlenia składają się dla danej instalacji z kosztów kapitału, unieruchomionego w urządzeniach, oraz kosztów eksploatacyjnych. Pierwsza pozycja obejmuje: oprocentowanie i zysk od zainwestowanego kapitału, amorty-

¹⁷⁾ Powyższa klasyfikacja nie przestaje być zazwyczaj słuszną i w tym wypadku, gdy jedno i to samo przedsiębiorstwo eksploatuje w danej miejscowości zarówno ogólną sieć elektryczną wysokiego napięcia, jak i instalację oświetleniową. Chociaż wówczas kwestja ceny energii nie występuje w kalkulacji ekonomicznej tak jaskrawo, to jednak nie należy zapominać, że zróżniczkowanie taryf elektrycznych, w zależności od różnych warunków dostarczania energii, odzwierciedla w znacznej mierze wysokość kosztów, które musiał przy tej okazji ponieść dostawca energii. Z tego względu, jeśli w omawianym wypadku ze względu na zjednoczenie odbiorcy i dostawcy energii elektrycznej cena jej przestaje być sprawą pierwszej wagi, to w zamian za to musi się w kalkulacji instalacji oświetleniowej uwzględnić wszelkie dodatkowe koszty, spowodowane przez nią w ogólnej sieci zasilającej wysokiego napięcia (zwiększenie ilości podstacyj, wzmocnienie lub rozbudowa niektórych odcinków sieci i t. p.). Uwzględniając powyższe pozycje, dojdzie się mniej więcej do tych samych wyników w ogólnych rocznych kosztach oświetlenia (łącznie z kosztami zainwestowanego kapitału), co w wypadku wyodrębnienia instalacji oświetleniowej jako konsumenta energii. Mogą tu jedynie nastąpić pewne przesunięcia z kosztów eksploatacyjnych do pozycji kosztów kapitału, lub też odwrotnie.

zację urządzeń i świadczenia w postaci podatków i opłat przymusowych. Koszty te nie zależą od sposobu eksploatacji i są określane jako *koszty stałe*. Druga pozycja rozбивa się na: koszty utrzymania instalacji, koszty energii, pobranej przez lampy, straty energii w sieci i wreszcie koszty personelu i administracji. Są to *koszty eksploatacji*.

Mając na celu porównanie ogólnych rocznych kosztów oświetlenia publicznego, podamy poniżej przykładowo orientacyjną kalkulację *różnic* tych kosztów, przy zastosowaniu różnych typów sieci zasilających.

Przyjęto, iż należy oświetlić obszar miejski 4 km², przedstawiony schematycznie na rys. 12. Napięcie miejskiej sieci wysokiego napięcia wynosi 5000 V. Ulice są oddalone od siebie równomiernie o 200 m. Lampy o mocy nominalnej 1000 W mają być rozmieszczone osiowo nad ulicami w odstępach co 50 m. Z powyższego założenia wynika: konieczna liczba lamp 781, moc do zainstalowania 781 kW.

Rozpatrzono kosztorys instalacji w trzech alternatywach:

- 1) przy sieci wysokiego napięcia równoległej — alternatywa WNR,
- 2) przy sieci wysokiego napięcia szeregowej — alternatywa WNS,
- 3) przy sieci niskiego napięcia równoległej — alternatywa NN.

W kosztach zakładowych istnieją różnice w pozycjach dotyczących: podstacyj, sieci kablowej¹⁸⁾, urządzeń transformatorowych pomocniczych (transformatoriki indywidualne) i sieci sterująco-sygnalizacyjnej. Dla określenia różnic kosztów zakładowych zostaną rozpatrzone tylko pozycje powyższe, natomiast pozycje pozostałe, jako występujące niemal że w tej samej wysokości we wszystkich trzech alternatywach, będą pominięte.

Alternatywa WNR — Napięcie sieci 5000 V.	
1 podstacja rozdzielcza o 16-u „federach” po 50 kW każdy, kompletnie urządzona ²⁰⁾	50 000 zł.
50 km kabla 2×10 mm ² na 5000 V, po 8,7 zł. za m. b.	435 000 zł.
781 transformatorów obniżających RT o mocy p 1000 W, po 700 zł. sztuka, okrągło	545 000 zł.
Suma	1 030 000 zł.

Alternatywa WNS — Prąd sieci 15 A.	
1 podstacja z urządzeniami elektrycznymi, bez transformatorów	70 000 zł.
12 transformatorów TSP o mocy 70 kVA każdy wraz z akcesoriami, po 16000 zł. sztuka, ¹⁹⁾ okrągło	190 000 zł.

¹⁸⁾ Dla uproszczenia uwzględniono w tej pozycji jedynie ceny samych kabli. Roboty ziemne są dla trzech alternatyw te same, zaś w akcesoriach sieci różnice są w rozmaitych alternatywach niewielkie.

¹⁹⁾ Ceny akcesorji sieci szeregowej pg. cenników Gen. Electr., Co., przeliczone na złote polskie.

²⁰⁾ Cała kalkulacja, oparta na kosztorysach firmy Nord-Lumière w Paryżu, odnosi się do warunków ekonomicznych francuskich z roku 1931. Ceny przeliczone na złote polskie.

60 km kabla $1 \times 10 \text{ mm}^2$ na 5000 V, po 7 zł. za m. b.	420 000 zł.
781 transformatorów ST o mocy 1000 W każdy, po 350 zł. sztuka, okrągło	270 000 zł.
Suma	950 000 zł.

Alternatywa NN — Napięcie sieci 220 V.	
25 podstacji po 35 kVA, łącznie z transformatorami, po 14 000 zł. za podstację kompletną	350 000 zł.
50 km kabla $2 \times 30 \text{ mm}^2$, na 750 V, po 8,7 zł. za m. b.	435 000 zł.
Sieć sterująco-sygnalizacyjna między podstacjami, 10 km kabla 2×10 mm^2 , na 250 V, po 5,5 zł. za m. b.	55 000 zł.
Suma	840 000 zł.

Jeżeli teraz określić całkowite koszty zakładowe instalacji w alternatywie WNR jako X, to, opierając się na podanym powyżej zestawieniu i przyjmując, że pozostałe niewyszczególnione w nim pozycje mało się różnią między sobą w różnych alternatywach, otrzyma się jako kapitał za-inwestowany:

alternatywa WNR	
„ WNS X — 1 030 000 + 950 000 = X — zł.80 000 zł.	
alternatywa NN	
X — 1 030 000 + 840 000 = X — 190 000 zł.	

Przyjmując teraz:

Stopę procentową kapitału łącznie z zyskiem	12%
Opłaty i podatki	4%
Amortyzację urządzeń średnio	4%
Razem	20%

Otrzymamy roczne koszty stałe:

alternatywa WNR	0,2 · X
„ WNS	0,2 · X — 16 000 zł.
„ NN	0,2 · X — 38 000 zł.

Przeliczając to na kilowat mocy zainstalowanej, otrzymamy okrągło:

alternatywa WNR	Y	zł.
„ WNS	Y — 20	zł.
„ NN	Y — 50	zł.

Przechodząc z kolei do kosztów eksploatacji, należy stwierdzić, że w interesującym nas zagadnieniu, na różnicę tych kosztów w różnych alternatywach, będzie wpływać decydująco jedynie koszt energii i straty w sieciach. Pozostałe pozycje, jako nie wykazujące większych różnic, można w pierwszym przybliżeniu pominąć.

Przyjmując czas palenia się lamp jako 4000 godzin rocznie oraz cenę energii w wypadku zakupu jej w jednej podstacji jako 22,5 grosza za kWh, zaś w wypadku zakupu w 25-u stacjach jako 26 groszy za kWh, otrzymamy cenę energii, zużytej rocznie przez jeden zainstalowany kilowat mocy:

alternatywa WNR	0,225 · 4 000 = 900 zł.
„ WNS	0,225 · 4 000 = 900 zł.
„ NN	0,26 · 4 000 = 1 040 zł.

Przyjmując dalej sprawność instalacji w różnych alternatywach odpowiednio jako: 0,95, 0,85²¹⁾ i 0,90, otrzymamy roczny koszt energii zakupywanej (a więc łącznie ze stratami w sieci) na jeden kilowat mocy zainstalowanej, jako:

alternatywa WNR	900 : 0,95 = 950 zł.
„ WNS	900 : 0,85 = 1 060 zł.
„ NN	1 040 · 0,90 = 1 160 zł.

Przyjmując dalej, podobnie jak poprzednio, całkowite roczne koszty eksploatacji na jeden kilowat zainstalowanej mocy w wypadku alternatywy WNR jako Z, uzyska się w innych alternatywach:

alternatywa WNR	Z	zł.
„ WNS	Z + 110	zł.
„ NN	Z + 210	zł.

Sumując teraz obliczone poprzednio koszty stałe razem z powyższymi kosztami eksploatacyjnymi i przyjmując w dalszym ciągu jak poprzednio ogólne roczne koszty oświetlenia na jeden kilowat zainstalowanej mocy w alternatywie WNR jako K, otrzyma się ostatecznie dla innych alternatyw:

alternatywa WNR	K	zł.
„ WNS	K + 90	zł.
„ NN	K + 160	zł.

Wypada tu zaznaczyć, że różnice kosztów kapitału zakładowego (kosztów stałych) są naogół znacznie mniejsze od różnic kosztów eksploatacji i że tem samem mało wpływają one na różnice ogólnych kosztów rocznych oświetlenia, przy zastosowaniu różnych typów sieci. Pozatem jest interesujące, czemu się równa mniej więcej podany wyżej współczynnik K (ogólne roczne koszty oświetlenia na zainstalowany kilowat). Opierając się na szeregu kosztorysów instalacji istniejących, można go przyjąć w danym wypadku orientacyjnie jako 2—3 tysięcy złotych. Z powyższego wynika, że otrzymane różnice ogólnych rocznych kosztów oświetlenia wynoszą procentowo około 3,5, względnie 6,5% kosztów całkowitych.

Po analizie wydatków, połączonych z oświetleniem, przejść teraz należy do kwestji ilości światła, która się otrzymuje rocznie na kilowat mocy zainstalowanej w różnych alternatywach.

W alternatywie WNR sieć zaprojektowana jest w ten sposób, że spadki napięć nie przekraczają 1%. W alternatywie NN dochodzą one do 5%. Można przyjąć, że żarówki, zastosowane w dyskusowanych typach instalacji, posiadają niezależnie od typu sieci wydajność około 20 lumenów na wat (nominalną, porównaj odnośnik 10).

Opierając się na podanych poprzednio charakterystykach lamp żarowych (rys. 9, 10, 11), można stwierdzić, że średnia wydajność żarówek będzie w ciągu rocznej eksploatacji, zmniejszona:

w alternatywie WNR, i ze względu na starzenie się lamp równoległych średnio o 9%

²¹⁾ W danym wypadku dla WNS: straty w miedzi i pancerzu 4%, w transformatorze TSP 2,5%, w transformatorach ST 7% i ze względu na starzenie się żarówek 1,5%, (porównaj odnośnik 16).

ze względu na średni 0,5% spadek napięcia o	1%
razem	10%
w alternatywie WNS ze względu na starzenie się lamp szeregowych średnio o	4%
ze względu na średni 0,5% spadek prądu	2%
razem	6%
w alternatywie NN ze względu na starzenie się lamp równoległych	9%
ze względu na średni 2,5% spadek napięcia	7,5%
razem	16,5%

Oznaczając analogicznie, jak poprzednio przy rozważaniu wydatków na oświetlenie, przez M ilość lumenogodzin, otrzymaną rocznie z jednego kilowata zainstalowanego w alternatywie WNR, otrzymamy dla 4000 godzin eksploatacji rocznej lamp:

alternatywa WNR $M \text{ lm H}$

alternatywa WNS

$$M + 0,04 \cdot 20 \cdot 4000 \cdot 10^3 = M + 32 \cdot 10^5 \text{ lm H}$$

alternatywa NN

$$M - 0,065 \cdot 20 \cdot 4000 \cdot 10^3 = M - 52 \cdot 10^5 \text{ lm H}$$

Przyjmując wartość orientacyjną 10 000 lumenogodzin w instalacji oświetleniowej średnio jako 35 groszy, otrzymamy na podstawie poprzedniego zestawienia następujące wartości światła rocznie na kilowat zainstalowany:

alternatywa WNR	L	zł.
" WNS	$L + 110$	zł.
" NN	$L - 180$	zł.

Obliczywszy zatem poprzednio koszty oświetlenia i uzyskawszy powyżej wartości światła wzajemian uzyskane, można zrobić teraz ostateczne zestawienie, dyskutowanych poprzednio rocznych pozycji na zainstalowany kilowat mocy:

Altern.	Koszty stałe	Eksploatacja	Wyd. roczne	Wart. światła	Saldo
WNR	Y	Z	K	L	0
WNS	$Y - 20$	$Z + 110$	$K + 90$	$L + 110$	$+ 20$
NN	$Y - 50$	$Z + 210$	$K + 160$	$L - 180$	$- 340$

Jeżeli kalkulacje w alternatywach WNS i NN odnieść do kalkulacji WNR, to widać wówczas, że w wypadku WNS wydatkowano rocznie na kilowat mocy zainstalowanej o 90 zł. więcej, lecz otrzymywano również więcej światła za 110 zł.; w rezultacie zatem zyskiwano jeszcze 20 zł. W wypadku NN, rozumując analogicznie, okaże się, że wydatkowano o 160 zł. więcej, zaś w postaci światła uzyskiwano o 180 zł. mniej; w danym wypadku tracono więc w porównaniu z alternatywą WNR 340 zł. na zainstalowany kilowat.

Ponieważ, jak to już poprzednio zaznaczono, można w wypadku dyskutowanego przykładu przyjąć ogólne koszty oświetlenia rocznie i na zainstalowany kilowat jako zawarte pomiędzy 2 a 3 tysiącami złotych, więc otrzymane poprzednio różnice wyniosą procentowo dla WNS 0,8% jako zysk, zaś dla NN 13% jako strata w odniesieniu do WNR.

Jak z powyższego wynika, sieci wysokiego napięcia dają rezultaty ekonomiczne mało różniące się między sobą, zaś sieci niskiego napięcia wydają się być w porównaniu do nich dużo mniej ekonomiczne.

5. Wnioski ogólne.

Jeżeli chodzi o analizę jedynie wydatków rocznych na oświetlenie, to decydującym czynnikiem będzie tu stosunek kosztów stałych do kosztów eksploatacyjnych w danej instalacji. Ponieważ pierwsze zależą w dużej mierze od oprocentowania i obciążeń zainwestowanego kapitału, drugie zaś od ceny i sposobu taryfikacji energii elektrycznej, przeto te dwa czynniki, raczej natury gospodarczej, będą przeważnie decydowały o lepszej rentowności tej czy innej sieci w danej instalacji oświetleniowej.

Z czynników technicznych będzie na wybór sieci wpływał przede wszystkim plan rozmieszczenia i moc poszczególnych punktów oświetleniowych. W razie słabszych lamp, jednak bardzo gęsto rozmieszczonych, sieć niskiego napięcia może się okazać dogodniejszą, gdyż praktyczniej wówczas będzie zastąpić pewną grupę indywidualnych transformatorów lampowych przez jedną podstację niskiego napięcia. Odwrotnie, gdy punkty świetlne są rozmieszczone rzadko i są o wielkiej mocy, wówczas rozproszczenie energii niskim napięciem nastęrczałoby duże trudności, powodując już to anormalne przekroje kabli, już to wielką liczbę słabych podstacji transformatorowych. Wówczas praktyczniej winny się okazać sieć napięcia wysokiego.

Jednym jednak z najważniejszych czynników w wyborze sieci jest zagadnienie należytej eksploatacji lamp żarowych. Jest to kwestja, na którą instytucje oświetlenia publicznego kładą zazwyczaj mały nacisk. Wydaje się to zresztą zrozumiałe, ponieważ dla instytucji tych jest zazwyczaj znacznie więcej interesującą sprawą wysokość rocznych kosztów oświetlenia, które muszą efektywnie pokryć, aniżeli ilość światła, którą wyprodukuje ich instalacja. Oczywiście, gospodarczo biorąc, taki punkt widzenia jest fałszywy, ponieważ kalkulację powinno się przeprowadzać w stosunku do ostatecznego wytworu produkcji, a więc w danym wypadku w stosunku do uzyskanych rocznie lumenogodzin. Jeśli stanąć na tem ostatnim stanowisku, to wówczas występują nader dobitnie korzyści, wynikające ze stosowania sieci oświetleniowych wysokiego napięcia²²⁾.

Jako czynniki, przemawiające między innymi za stosowaniem oświetleniowych sieci wysokonapięciowych, należy jeszcze wymienić ich silne zcentralizowanie w małej liczbie podstacji oraz niemal zupełną niezależność od sieci abonentów miejskich. Przyczynia się to do wielkiej przejrzystości i pozwala na swobodne wykonywanie manewrów przełączeniowych na sieci oświetleniowej, co w znacznym stopniu powiększa pewność ruchu instalacji w razie jakiegokolwiek uszkodzenia. Wreszcie, jak

²²⁾ Jest to główny powód rozwoju szeregowych sieci oświetleniowych w Stanach Zjednoczonych, na który kładzie się nacisk w większości publikowanych tam prac, dotyczących oświetlenia publicznego.

to już poruszano poprzednio, w sieciach zcentralizowanych znacznie łatwiej jest zastosować zarówno automatyzację zapalania i gaszenia lamp, jak i automatyczną kontrolę lamp uszkodzonych.

Reasumując ostatecznie całą dyskusję zagadnienia zastosowania różnych typów sieci oświetleniowych, można stwierdzić, że sieci wysokiego napięcia zdają się posiadać wyższość nad sieciami napięcia niskiego, co uwydatnia się szczególnie w wypadku:

- 1) niskiego oprocentowania kapitału,
- 2) dużych różnic ceny energii w zależności od zakupu jej o napięciu niskim lub wysokim i w małych względnie dużych ilościach,
- 3) silnych, niezbyt gęsto rozmieszczonych punktów oświetleniowych,

4) stosowania automatyzacji instalacji oświetleniowej.

Pragnę poniżej podziękować gorąco panom: R. Pollack, dyrektorowi technicznemu firmy „Nord-Lumière”, C. Villiers, dyrektorowi technicznemu firmy „Ouest-Lumière” oraz M. Cohu, szefowi biura studjów w „Société pour le Perfectionnement de l'Eclairage”, za udzielenie mi szeregu cennych danych, dotyczących niniejszego referatu. Jednocześnie jestem zobowiązany „Compagnie Electro-Industrielle” i przedstawicielstwu „General Electric Company” w Paryżu, oraz stowarzyszeniu „Organizacja Gospodarki Światłej” w Warszawie za udzielenie mi szeregu materiałów, dotyczących poruszanych wyżej kwestyj.

Paryż, Listopad 1932.

NIEKTÓRE ZAGADNIENIA, ZWIĄZANE Z ELEKTRYFIKACJĄ OKRĘGÓW ROLNICZYCH W POLSCE.

Inż. Stanisław Lechowski.

Osob. Elektrisace zemědělských oblastí v Polsku je možná vlastními prostředky přespólních elektráren, obcí, komunálních svazů a družstev pouze tam, kde lze očekávatí připojení různých odběratelů, na síť a to měst, venkově, rolnického průmyslu, cihelen, nádraží atp, které jen tak mohou zajistiti spotřebu nezbytnou pro rentabilitu. Elektrisace oblastí zcela nebo převážně zemědělských je možná jen s vydatnou státní pomocí ve formě podpor neb dlouhodobých a levných půjček, jak se to děje v Československu, Francii, Itálii a Německu. Značnou podporou pro elektrisaci takových oblastí mohou býti účelně organisovaná družstva. Aby se zajistila rentabilita elektrárenských podniků zemědělských je nezbytné: 1) zavedení vhodných tarifních sazeb, 2) důkladné a všestranné studium uzemí, které se má elektrisovati a vypracování návrhu a programu práce na několik let ještě před započatím elektrisace, 3) co nejúspěšnější stavba podniku se zřetím k novějším technickým požadavkům.

Streszczenie. Duża odległość Pomorza od polskiego sice środkami własnymi elektrowni okręgowych, komun, związków i spółek komunalnych jest możliwa tam, gdzie można spodziewać się przyłączenia do sieci okręgowej różnych kategorii odbiorców, jak miasta, rolnictwo, przemysł rolniczy, cegielnie, dworce kolejowe i t. p., którzy wspólnie zapewnić mogą konieczne dla osiągnięcia rentowności minimum gęstości zużycia.

Elektryfikacja okręgów o zużyciu wyłącznie lub przeważnie rolniczym jest możliwa tylko przy wydatnej pomocy ze strony rządu w formie subsydjów lub długoterminowych i niskoprocentowych pożyczek, tak jak to ma miejsce w Czechosłowacji, Francji, Włoszech i Niemczech.

Poważną pomocą w elektryfikacji takich okręgów mogą stać się spółdzielnie rolnicze racjonalnie i celowo organizowane.

Dla zapewnienia rentowności okręgowych zakładów elektrycznych o charakterze rolniczym konieczne jest:

- 1) wprowadzenie właściwej taryfikacji dla rolnictwa,
- 2) dokładne i wszechstronne przestudjowanie terenu, opracowanie projektu i paroletniego programu prac przed rozpoczęciem elektryfikacji,

3) jaknajoszczędniejsza budowa zakładu z uwzględnieniem nowszych poglądów na zagadnienia techniczne.

Materiał statystyczny, otrzymany z trzech okręgowych zakładów elektrycznych typu rolniczego, i obserwacje z praktyki posłużyły za podstawę do opracowania niniejszego referatu¹⁾.

Zestawienie tych danych, dotyczących przede wszystkim warunków zastosowania energii elektrycznej w gospodarstwach rolnych, będzie oczywiście miarodajne dla okolic o takiej strukturze rolniczej, jak Pomorze i Poznańskie, niektóre jednak wnioski i uwagi mogą być zastosowane do okręgowych zakładów rozdzielczych wogóle.

Rozważania swoje ograniczyłem do samego zakładu rozdzielczego (sieci okręgowej wysokiego napięcia, stacyj transformatorowych i sieci niskiego napięcia) bez uwzględnienia tego, czy energia czerpana jest z elektrowni obcej, czy też wytwarzana we własnej.

Stałe koszty eksploatacyjne takiego zakładu składają się: 1) z odpisów na oprocentowanie i amortyzację kapitału zakładowego (własnego lub pożyczonego), 2) z odpisów na amortyzację urządzeń, 3) z kosztów administracji i 4) z kosztów konserwacji urządzeń.

Pierwsze dwa czynniki zależne są wyłącznie od wysokości wydatków inwestycyjnych, związanych z budową zakładu i dlatego, biorąc pod uwagę znaczne wahania kosztów budowy w ostatnich latach, wydawało mi się słuszniejsem wprowadzić do obliczeń średni obecny koszt budowy, zamiast opierać się na danych rzeczywistych, książkowych.

¹⁾ Niech mi wolno będzie na tem miejscu złożyć podziękowanie Dyrekcjom Elektrowni w Niezychowie, Związku Elektryfikacyjnego powiatów Chełmno — Świecie — Toruń oraz Powiatowej Centrali Elektrycznej w Grudziądzu za uprzejme udzielenie mi tego materiału, a Pomorskiej Elektrowni Krajowej „Gródek” za łaskawą pomoc w wykonaniu wykresów i przezroczy.

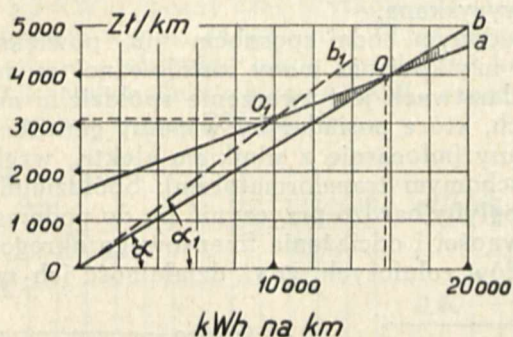
W badanych sieciach okręgowych przypada średnio 1 stacja transformatorowa na 3 kilometry sieci 15 kV.

Stałe koszty eksploatacyjne, przypadające na 1 km sieci 15 kV, będą zatem w przybliżeniu następujące:

1) 10% na oprocentowanie i amortyzację kapitału zakładowego od sumy zł. 8 250,	zł. 825
2) 5% na amortyzację sieci od sumy zł. 8100 zł. 405, 20% na amortyzację tabo-ru i urządzeń pomocniczych Zł. 30	" 435
3) koszty administracji ²⁾	" 204
4) koszty konserwacji (bez prac renowacyjnych)	" 73
razem	zł. 1537

Odkładając na wykresie (rys. 1) tę wielkość na skali pionowej i przeprowadzając prostą poziomą, otrzymamy linię kosztów stałych, niezależną od wielkości zużycia energii na 1 km sieci; tę wielkość, bardzo charakterystyczną dla rentowności sieci okręgowej, nazwałbym „gęstością zużycia”.

Przeprowadzając od punktu tego linię prostą w ten sposób, aby tg kąta utworzonego z linią poziomą (uwzględniając różnicę skali) był równy cenie zakupu 1 kWh z elektrowni obcej lub



Rys. 1.

cenie wytwarzania 1 kWh w elektrowni własnej z uwzględnieniem strat w sieci, otrzymamy linię $O_1 - 0 - a$ ogólnych kosztów własnych energii na 1 km sieci w zależności od gęstości zużycia.

Przeprowadzając zaś linię $O - b$ w ten sposób, aby tg α (uwzględniając różnicę skali) był równy średniej cenie sprzedażnej 1 kWh, otrzymamy punkt przecięcia O , wskazujący, przy jakiej gęstości zużycia następuje pokrycie bilansowe kosztów własnych z dochodami.

Wielkości, zawarte pomiędzy liniami wydatków i dochodów z prawej strony, powyżej punktu O , będą wyobrażały zysk z eksploatacji, wielkości takie z lewej strony, poniżej punktu O — stratę.

Wykres 1 wykonany został dla przytoczonych wyżej kosztów stałych 1537 zł/km, ceny zakupu energii (uwzględniając straty) 0,15 zł/km i średniej ceny sprzedażnej 0,25 zł/kWh. Wyrównanie wydatków z dochodami następuje dopiero przy gęstości zużycia ok. 15 600 kWh/km.

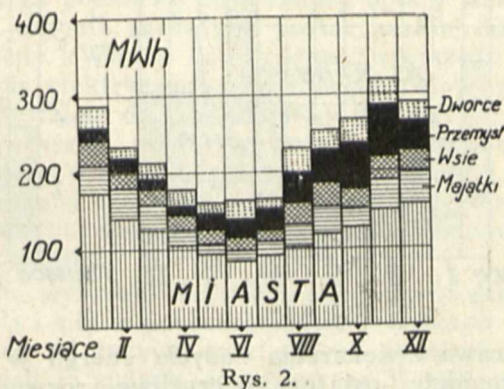
Na wykresie 2 przedstawiony jest rozkład zużycia energii na różne kategorie odbiorców większego zakładu okręgowego z przewagą zużycia

przez małe miasta, położonego jednak w okolicy rolniczej.

Roczne zużycie przez poszczególne grupy jest następujące:

Miasta	5 400 kWh/km	54%
Rolnictwo (wsie i maj.)	2 200 „	22%
Przemysł rolny	1 400 „	14%
Dworce kolejowe	1 000 „	10%
razem	10 000 kWh/km	100%

Aczkolwiek na terenie zakładu tego elektryfikacja rolnictwa jest już bardzo daleko posunięta i dalsze elektryfikowanie wymagałoby już nowych

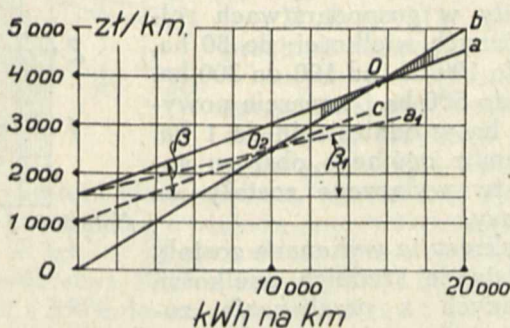


Rys. 2.

wydatków inwestycyjnych (rozbudowa sieci), widzimy, że gęstość zużycia energii przez samo rolnictwo, jeżeli stosować te cyfry do wykresu 1, pokrywa zaledwie 1/3 kosztów stałych. Każda inna grupa odbiorców oddzielnie również nie pokrywa kosztów stałych, wszystkie razem zaś nie pokrywają ogólnych kosztów własnych.

Przedsiębiorstwo przy takich kosztach własnych, jakie przyjęto dla wykresu 1, musiałoby być deficytowe.

Osiągnięcie równowagi bilansowej przy takim zużyciu jest teoretycznie możliwe przez takie podniesienie linii dochodów, aby przecięła ona linię



Rys. 3.

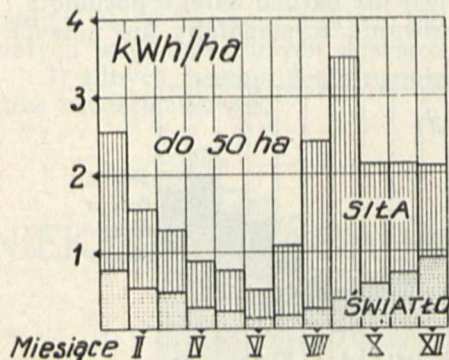
kosztów własnych w punkcie, odpowiadającym gęstości 10 000 kWh/km. (z wykresu 1 widzimy, że ma to miejsce przy kącie α , i średniej cenie sprzedażnej 0,31 zł/kWh), lub też przez obniżenie linii kosztów własnych, zmniejszając, jak na wykresie 3, kąt β na β_1 (cenę zakupu na 0,09 zł/kWh), względnie obniżając koszty stałe do wysokości ok. 1 000 zł/km, lub też przez skojarzenie tych trzech manipulacji.

Sprawa ceny zakupu energii i osiągnięcia większej ceny sprzedażnej jest najczęściej mniej zależna od okręgowego zakładu rozdzielczego, niż po-

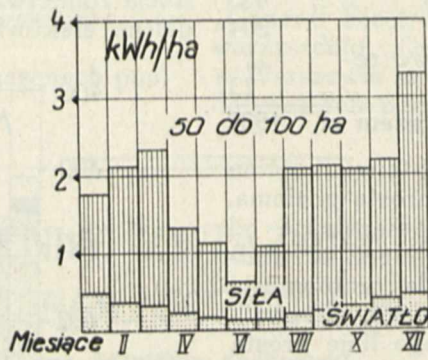
²⁾ Koszty administracji i konserwacji dotyczą zakładu większego, posiadającego ok. 300 km sieci 15 kV.

większenie gęstości zużycia i obniżenie kosztów stałych przez racjonalne zaprojektowanie i oszczędne wykonanie zakładu i dlatego przede wszystkim zajmę się temi ostatnimi zagadnieniami.

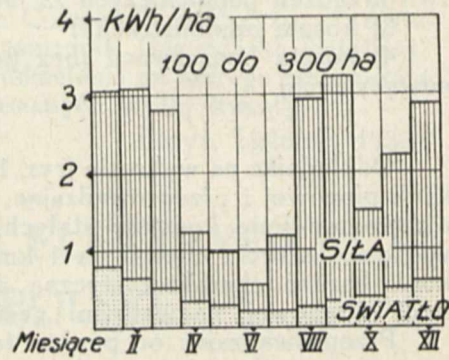
Gęstość zużycia powiększyć można przez względne powiększenie zużycia drogą stworzenia odbiorcy takich warunków, aby to było dla niego korzystne (właściwa taryfikacja), lub przez takie zaprojektowanie sieci, aby można było dotrzeć do odbiorcy drogą najkrótszą.



Rys. 4.



Rys. 5.



Rys. 6.

Sprawa zwiększenia zużycia energii w miastach znajduje ostatnio szczęśliwe rozwiązanie przez wprowadzenie taryf blokowych, umożliwiających szersze zastosowanie elektryczności w gospodarstwie domowym.

Elektryfikacja przemysłu rolniczego jest zwykle indywidualnie traktowana w każdym poszczególnym wypadku.

Natomiast zracjonalizowanie elektryfikacji rolnictwa mało było u nas rozważane, stosowana jest najczęściej zwykła taryfa licznikowa oddzielna dla światła i siły z rabatami, istniejącymi w teorii, w praktyce jednak nigdy nie wykorzystywanymi.

Wykresy 4, 5, 6, 7 i 8 przedstawiają zużycie energii do światła i siły w gospodarstwach rolnych różnych wielkości: do 50 ha, od 50 do 100 ha, od 100 do 300 ha, od 300 do 500 ha i wreszcie powyżej 500 ha w odniesieniu do 1 ha, przyczem z ogólnego obszaru gospodarstw wyłączone zostały jedynie lasy.

Wykresy te wykonane zostały na podstawie średnich wielkości, otrzymanych z przeliczenia zużycia w kilkunastu gospodarstwach każdego typu z ogólnej liczby 65 gospodarstw badanych i wskazują, że przebieg zużycia energii w poszczególnych miesiącach oraz wielkość zużycia stosunkowo mało różnią się w gospodarstwach różnej wielkości, oraz że zużycie energii do światła jest nieznaczne w porównaniu do zużycia całkowitego.

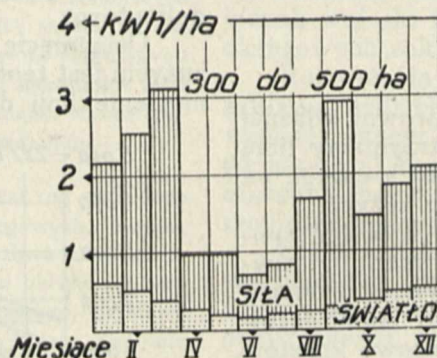
Tablica I podaje dla każdego typu gospodarstw moc zainstalowaną do światła i siły, średnie roczne zużycie energii na 1 ha i czas użytkowania mocy zainstalowanej.

Wykres 9 podaje przebieg krzywych mocy zainstalowanej do siły i czasu użytkowania tej mocy w zależności od wielkości gospodarstwa.

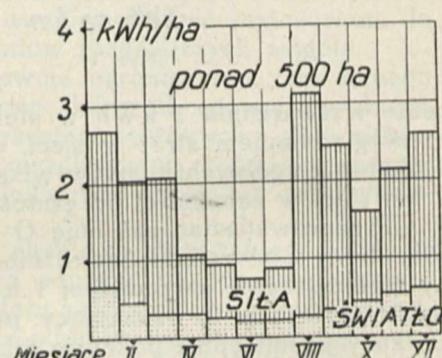
Regularny przebieg krzywej mocy zainstalowanej do siły wskazuje na to, że stopniowe zmniejszanie się jej w miarę wzrostu gospodarstwa ma swoje uzasadnienie. Polega to na tem głównie, że w małych gospodarstwach używany bywa przeważnie jeden silnik do wszystkich maszyn rolniczych i moc jego dostosowana jest do największej, t. j. młocarni, której wydajność jest zwykle większa ponad potrzeby małego gospodarstwa i czas użytkowania wskutek tego bardzo mały. W większych zaś gospodarstwach, posiadających więcej

silników, moc ich jest odpowiednio zróżnicowana i wyzyskana.

Jedynym bodaj sposobem na powiększenie czasu użytkowania mocy instalowanej w małych gospodarstwach jest tworzenie spółdzielni maszynowych, które posiadałyby wspólny garnitur młocarniany (młocarnię z silnikiem elektr., względnie i z ruchomym transformatorem). Spółdzielnie takie mogłyby bardzo przyczynić się do podniesienia rentowności i odciążenia finansowego okręgowych zakładów rolniczych, gdyż działalność ich mogła-



Rys. 7.



Rys. 8.

by obejmować nie tylko gospodarke maszynową, lecz i rozdział prądu na niskim napięciu i dlatego organizowanie ich winno stać się jednym z zadań tych zakładów. W tym kierunku mielibyśmy niewątpliwie możliwość korzystania z bogatego doświadczenia naszych pobratymczych sąsiadów.

Stosowana dotychczas w rolnictwie przez nasze zakłady okręgowe taryfa licznikowa ani nie stwarza zachęty do wydatniejszego zastosowania elektryczności po za pewnym koniecznym minimum do celów napędowych, ani nie daje możliwości zastosowanie jej do gospodarstwa domowego.

Studując nadesłany mi materiał statystyczny, miałem możliwość poczynienia następujących obser-

wacyj w zakresie dotychczasowego zastosowania u nas elektryczności w rolnictwie.

W małych gospodarstwach (do 100 ha) silniki stosowane są prawie wyłącznie do młocki i rżnięcia siewki, przyczem na terenach dawniej zelektryfikowanych uderza nadmierna moc instalowanych silników⁴⁾. Spotykają się np. takie rażące róż-

serwacji paszy nie znalazłem nigdzie. Nie spotkałem również prób zastosowania elektryczności w ogrodnictwie.

Wydaje mi się zatem, że właściwa taryfikacja mogłaby i w rolnictwie podnieść poważnie zużycie energii.

Za najwłaściwszą uważałbym taryfę dwuczłonową jednoczłonową. Taryfa taka zbliżona jest najwięcej do warunków kształtowania się kosztu własnego rozdziału energii, jest bardzo prosta i łatwa do zrozumienia nawet dla laika - rolnika; wobec dość równomiernego zużycia energii w stosunku do obszaru gospodarstwa ilość hektarów może służyć za podstawę do wymiaru opłaty stałej; zawiera czynnik zachęty w postaci niskiej dodatkowej ceny kWh, co daje możliwość szerszego zastosowania elektryczności do różnych celów, a przede wszystkim do gospodarstwa domowego; powoduje wreszcie obniżenie kosztów instalacji wewnętrznej o ok. 20% (przy zastosowaniu 1 licznika), podział zaś stałej opłaty na poszczególne miesiące można dostosować do warunków finansowych pracy rolnika.

Na wykresie 10 podane jest zużycie energii do światła i siły w poszczególnych miesiącach w procentach od zużycia rocznego na podstawie cyfr średnich ze zużycia energii przez 37 wsi i ok. 100 majątków większych na Pomorzu i w Poznańskim.

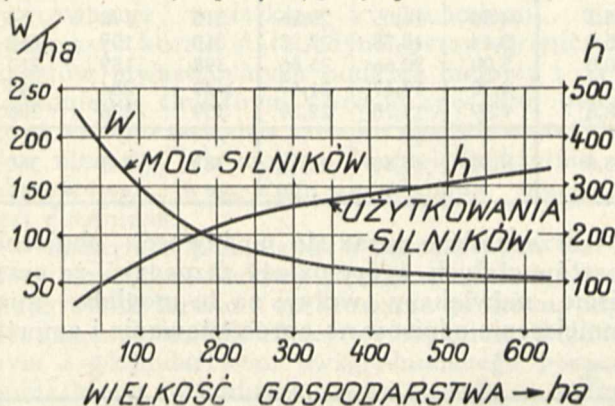
Gdyby stałą opłatę ustalić w sposób pokazany linią kreskowaną, wtedy spożywca - rolnik w miesiącach wiosennych i letnich (przednówek) opłacałby za energię mniej, niż przy taryfie licznikowej, w miesiącach zaś jesiennych (po żniwach) i zimowych nadpłacałby niedopłacone poprzednio sumy.

W tabl. II podane są te liczby w procentach rocznego zużycia i rocznej stałej opłaty.

Wykres 11 wskazuje przebieg krzywej kosztów własnych d i średniej ceny sprzedażnej przy taryfie dwuczłonowej, przyczem krzywa d_1 dotyczy taryfy dwuczłonowej z opłatą stałą większą, krzywa zaś d_2 z opłatą stałą mniejszą, a większą cenę dodatkową za kWh.

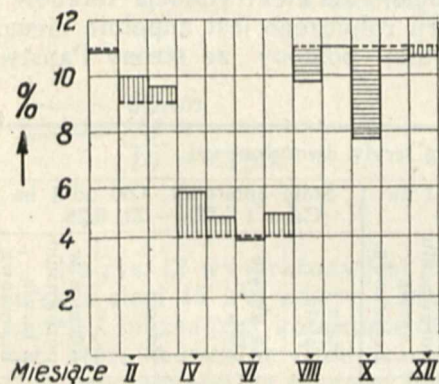
W tablicy III zestawilem opłatę za energię dla gospodarstwa 100 ha, przy taryfie licznikowej 0,70 zł. za 1 kWh do światła i 0,35 zł. za 1 kWh do siły, oraz przy 2-ch warjantach taryfy dwuczłonowej jednoczłonikowej przy stałej opłacie rocznej zł. 5,80 od 1 ha i cenie dodatkowej 0,20 za 1 kWh oraz przy stałej opłacie rocznej zł. 4,60 od 1 ha i cenie dodatkowej 0,25 za 1 kWh.

Z wykresu 11 wynika jasno, że stosowany dotychczas warunek uprawnień, aby średnia cena sprzedażna nie przekraczała ceny licznikowej $a-b-c$, unicestwia zasadniczą zaletę taryfy dwuczłonowej dla elektrowni, mianowicie zabezpieczenie przed stratami przy małym wykorzystaniu mocy instalowanej. Należy jednak mieć nadzieję, że sprawa ta zostanie wkrótce słusznie rozwiązana.

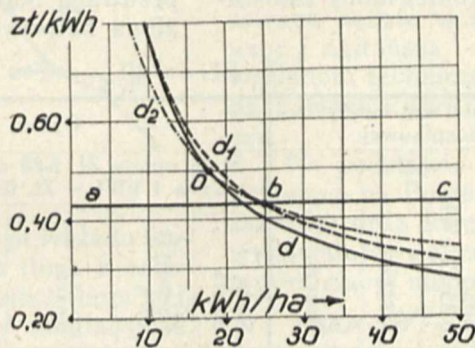


Rys. 9.

nice: w jednym gospodarstwie, zelektryfikowanym dawno, o obszarze 101 ha pracują 2 silniki: jeden do młocarni o mocy 15 kW, drugi do siewkarni o mocy 5,5 kW, i roczny czas użytkowania mocy zainstalowanej wynosi 34 godziny. W innym zaś gospodarstwie o obszarze takim samym 101 ha pracuje tylko jeden silnik o mocy 4,4 kW i roczny czas użytkowania wynosi 290 godzin.



Rys. 10.



Rys. 11.

Rzadko bardzo spotyka się w małych gospodarstwach zastosowanie napędu elektrycznego do pompy, które bardzo wydatnie powiększa zużycie energii.

W średnich gospodarstwach (100 — 300 ha) zastosowanie napędu elektr. obejmuje już pompę do wody, wialnię i często śrutownik.

Wreszcie w dużych majątkach napęd stosowany jest do wszystkich maszyn rolniczych i gospodarczych i pomp, a do młocarni bardzo często równoległe z lokomobilą parową.

Zastosowania elektryczności, tak szeroko omawianego obecnie w Niemczech i Rosji, do kon-

⁴⁾ W pewnym stopniu wyjaśnić to można tem, że w czasach zaborczych te właśnie zakłady okręgowe znajdowały się pod wpływem koncernów, którym zależało przede wszystkim na jaknajwiększych obrotach ze sprzedaży silników i materiałów elektrotechnicznych.

Tablica I.

Wielkość gospodarstwa ha	Moc zainstalowana W/ha				Roczne zużycie energii kWh/ha			Czas użytkowania godzin rocznie		
	Światło	Siła	Razem	$\frac{W_{\text{św.}} \cdot 100}{W_{\text{św.}} + W_{\text{sił.}}}$	Światło	Siła	Razem	Światło	Siła	Razem
do 50	15,4	223	237,4	6,5	4,80	16,05	20,85	313	72	88
50 — 100	11,1	178	189,1	5,9	3,44	18,78	22,22	310	108	118
100 — 300	12,5	110	122,5	10,0	5,00	20,66	25,66	398	189	210
300 — 500	9,8	60,5	70,3	14,0	4,30	17,17	21,47	439	284	310
więcej niż 500	12,7	54,5	67,2	18,8	4,59	17,70	22,29	359	326	330
Średnio dla wszystkich 65 gospodarstw	11,8	74,1	85,9	13,8	4,54	17,80	22,33	382	241	260

Narazie zaś wprowadzenie taryfy dwuczłonowej dla rolnictwa mogłoby mieć już ten skutek, że przyczyniłoby się do zwiększenia zużycia.

Zastosowanie jednego licznika do wszystkich

Przechodząc teraz do możliwości obniżenia kosztów stałych, zgóry należy zaznaczyć, że oczywiście największy wpływ na to mogłoby mieć zmniejszenie odpisów na oprocentowanie i amorty-

Tablica II.

Miesiące	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Rzeczywisty podział zużycia energii w %	10,9	10,0	9,6	5,6	4,7	3,9	4,8	9,8	11,0	7,8	10,5	11,4
Podział stałej opłaty w taryfie 2-członowej w %	11	9	9	4	4	4	4	11	11	11	11	11

celów nie mogłoby napotkać trudności w związku z podatkiem od użycia energii do światła⁵⁾, gdyż moc zainstalowana do światła w gospodarstwach rolnych nie przekracza 15% ogólnej mocy zainstalowanej⁶⁾.

zacji kapitału. Jeżeli porównać wykresy 1 i 3 z zastosowaniem zużycia energii przez różne grupy odbiorców, jest jasne, że elektryfikacja terenów z przewagą odbioru rolniczego jest zupełnie niemożliwa bez wydatnej pomocy ze strony Państwa

Tablica III.

Miesiące	Roczne zużycie energii			Opłata w/g taryfy licznikowej				Opłata w/g taryfy dwuczłonowej							
	Światło	Siła	Razem	Światło 0.70 zł/kWh	Siła 0.35 zł/kWh	Liczniki	Razem	Stała opłata zł 5.80 od 1 ha Cena 1 kWh — zł. 0.20				Stała opłata zł. 4.60 od 1 ha Cena 1 kWh — zł. 0.25			
								Staća opłata	Za zużyte kWh	Razem	Różnica w porównaniu z taryfą licznikową	Staća opłata	Za zużyte kWh	Razem	Różnica w porównaniu z taryfą licznikową
	kWh	kWh	kWh	zł.	zł.	zł.	zł.	zł.	zł.	zł.	zł.	zł.	zł.	zł.	%
I	79	228	307	55.30	79.80	3.—	138.10	63.80	61.40	125.20	— 9	50.60	76.75	127.35	— 8
II	62	248	310	43.40	86.80	3.—	133.20	52.20	62.—	114.20	— 14	41.40	77.50	118.90	— 11
III	50	231	281	35.—	80.85	3.—	118.85	52.20	56.20	108.40	— 9	41.40	70.25	111.65	— 6
IV	33	90	123	23.10	31.50	3.—	57.60	23.20	24.60	47.80	— 17	18.40	30.75	49.15	— 14
V	28	70	98	19.60	24.50	3.—	47.10	23.20	19.60	42.80	— 9	18.40	24.50	42.90	— 9
VI	22	31	53	15.40	10.85	3.—	29.25	23.20	10.60	33.80	+ 16	18.40	13.25	31.65	+ 8
VII	22	95	117	15.40	33.25	3.—	51.65	23.20	23.40	46.60	— 9	18.40	29.25	47.65	— 7
VIII	26	269	295	18.20	94.15	3.—	115.35	63.80	59.—	122.80	+ 7	50.60	73.75	124.35	+ 8
IX	32	292	324	22.40	102.20	3.—	127.60	63.80	64.80	128.60	—	50.60	81.—	131.60	+ 3
X	38	113	151	26.60	39.55	3.—	69.15	63.80	30.20	94.—	+ 36	50.60	37.75	88.35	+ 27
XI	49	172	221	34.30	60.20	3.—	97.50	63.80	44.20	108.—	+ 11	50.60	55.25	103.85	+ 9
XII	59	227	286	41.30	79.45	3.—	123.75	63.80	57.20	121.—	— 2	50.60	71.50	122.10	— 1
	500	2 066	2 566	350.—	723.10	36.—	1 109.10	580.—	513.20	1 093.20		460.—	641.50	1 101.50	

⁵⁾ Dziennik Ustaw Rzpl. Polskiej Nr. 112 z dn. 17.12.31.

⁶⁾ Wprawdzie w/g tablicy I w majątkach powyżej 500 ha moc zainstalowanego światła wynosi 18,8% ogólnej mocy, należy jednak wziąć pod uwagę, że do licznika na światło przyłączone są obecnie wszystkie aparaty do domowego użytku (odkurzacze, grzejniki, wentylatory i t. p.).

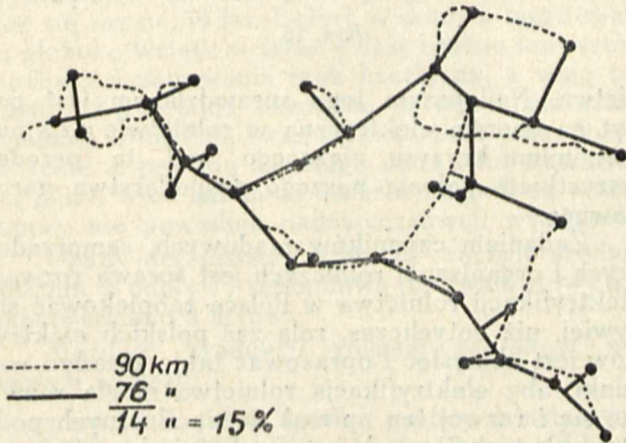
W tym kierunku poszły też rządy Czechosłowacji, Francji, Włoch i Niemiec, wydając specjalne ustawy o subwencjonowaniu elektryfikacji rolnictwa.

Bez takiej pomocy ani kapitał prywatny, ani samorządy nie są w stanie zelektryfikować okręgów rolniczych, współdziałanie zaś spółdzielni, o których mówiłem wyżej, może wyrazić się jedynie

w poniesieniu kosztów budowy sieci niskiego napięcia i elektryfikacji gospodarstw. I te jednak spółdzielnie musiałyby mieć możliwość korzystania z dogodnego kredytu.

Okręgowe zakłady elektryczne, posiadające możliwość osiągnięcia takiej gęstości zużycia energii, że nie będzie ona daleka od przełomowej (wyrównanie wydatków z dochodami), mogą zmniejszyć koszty stałe jedynie przez ograniczenie kosztów inwestycyjnych podczas budowy i na to zagadnienie chciałbym zwrócić specjalną uwagę, gdyż jest ono wszędzie szeroko dyskutowane⁷⁾, a u nas, niestety, jak mogłem to niejednokrotnie zaobserwować, waga tego zagadnienia niezawsze jest doceniana.

Jednym z pierwszych i zasadniczych warunków oszczędnej budowy sieci jest dokładne przedstudjowanie terenu i opracowanie projektu, odpowiadającego najdokładniej wymaganiom technicznym i gospodarczym, uwzględniającego poszczególne etapy rozbudowy, stwarzającego — jednym słowem — program prac inwestycyjnych na szereg lat.



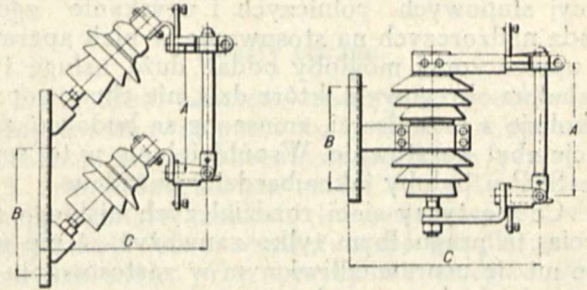
Rys. 12.

Na rys. 12 wyobrażony jest dla przykładu wy-cinek z sieci 15 kV, zdjęty z planu (linje kresko-wane), i nieznaczna korektura tej sieci (linje peł-ne), która jednak w rezultacie dać mogłaby ok. 15% oszczędności na długości linii, zasilających te same stacje transformatorowe (punkty czarne).

Planowe zaprojektowanie trasy od początku budowy mogłoby przynieść oszczędności jeszcze większe w porównaniu do tak często stosowanego systemu budowy linii „od wsi do wsi”. Stosowanie największych, gospodarczo i technicznie usprawie-dliwionych, rozpiętości daje nie tylko oszczędności na budowie, lecz i wyraźne korzyści podczas eksploatacji przez zmniejszenie ilości punktów słabych sieci (izolatorów). Godną zastanowienia i zbadania jest również sprawa zastosowania drewnianych poprzeczek i trzonów. We Francji silnie reklamowane są obecnie poprzeczki, trzo-ny i pałaki ochronne z t. zw. drzewa bakelizowanego (bois baké-lisé). O ile mi wiadomo, doświadczenia z drewnianymi trzonami pro-

⁷⁾ Por. Dickinson i Grimmitt „Distribution System in a rural area”, The Journal of The Institution of El. Eng. Vol. 70, Marceau — „L'appareillage réduit dans les postes de transformation ruraux” L'Electricien Nr. 1506.

wadzone są obecnie przez „Gródek”, a wynik ich będzie niewątpliwie bardzo interesujący. Sądę, iż nie będę daleki od prawdy, jeżeli określe oszczędności, jakie dać może okręgowemu zakła-dowi rozdzielczemu staranne zaprojektowanie i do-kładnie przemyślane wykonanie sieci na 15 do 25%. Osiągnięcie tych oszczędności zależy wyłąc-znie od zarządu zakładu.



Rys. 13.

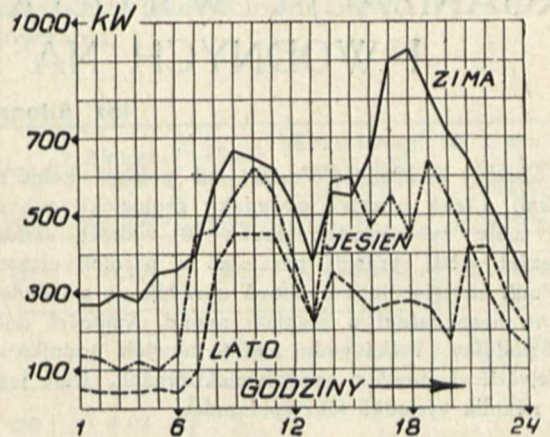
Inaczej jednak przedstawia się sprawa ze sta-cjami transformatorowymi.

„Przepisy techniczne na przyłączenia”⁸⁾ wy-magają, aby do mocy 30 kVA stosowany był trój-biegunowy odłącznik z bezpiecznikami, a powyżej 30 kVA — odłącznik i wyłącznik olejowy.

Nie przypuszczam, aby umieszczanie stacyj transformatorowych rolniczych w budynkach mu-rowanych lub stosowanie w nich jakiegokolwiek aparatury przeciwprzepięciowej miało wielu zwo-lenników.

Stacje zaś słupowe, najodpowiedniejsze dla okręgów rolniczych, będą tanie wtedy, gdy zasto-sowana będzie w nich aparatura najprostsza, a więc i najtańsza. Jeżeli aparatura ta będzie nod względem technicznym właściwa, spełniać one bę-dą należycie swe zadania techniczne i gospodar-cze.

Na podstawie doświadczeń, zrobionych przez istniejące na Pomorzu i w Poznańskim okręgowe zakłady, oraz komunikatów w prasie technicznej wydawałoby się celowe ustalenie 3 zasadniczych typów stacyj słupowych:



Rys. 14.

1) z transformatorem o mocy do 30 kVA, od-łączanym zapomocą 3-ch odłączników z bezpiec-znikami (w rodzaju przedstawianych na rys. 13);

⁸⁾ Zatwierdzone przez Min. Rob. Publ. w dn. 19 listo-pada 1930 r.

2) z transformatorem 50 — 100 kVA, odłączanym zapomocą 3-bieg. wyłącznika słupowego z bezpiecznikami;

3) z transformatorem większym, niż 100 kVA, umieszczonym na ziemi i odłączanym zapomocą 3-bieg. wyłącznika słupowego i wyłącznika olejowego.

Opracowanie takich lub podobnych typów stacji słupowych rolniczych i uzyskanie zgody władz nadzorczych na stosowanie w nich aparatury uproszczonej mogłoby oddać dużą usługę tym zakładom okręgowym, które dziś, nie chcąc popaść w kolizję z przepisami, zmuszone są budować swe stacje zbyt kosztownie. Współdziałanie w tej sprawie SEP-u byłoby jaknajbardziej pożądane.

Co się tyczy sieci rozdzielczych niskiego napięcia, to pragnąłbym tylko zauważyć, iż nie wydaje mi się usprawiedliwionym w zastosowaniu do sieci wiejskich warunków, stawiany w uprawnieniach rządowych, aby wahanie napięcia nie przekraczało 3%. Gdyby warunek ten miał być rygorystycznie przestrzegany i wahania napięcia mierzone, na przykład, podczas robót przy młóceniu zboża, okazałoby się, że przekroje przewodów muszą być tak wielkie, że wątpliwa i tak rentowność tych sieci byłaby zgóry wykluczona.

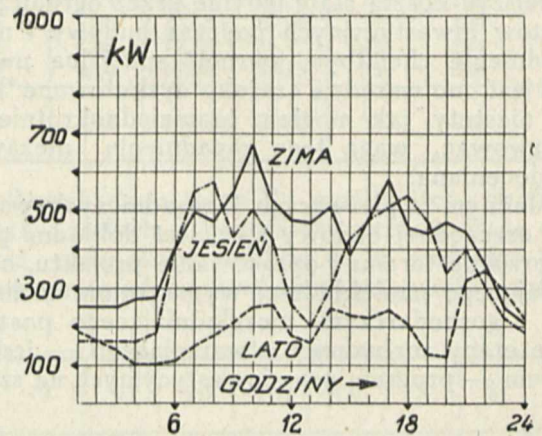
Kończąc moje uwagi, których celem było przede wszystkim zapoczątkowanie badania warunków, w jakich elektryfikacja okręgów rolniczych w Polsce jest możliwa i celowa, pragnąłbym zwrócić uwagę jeszcze na to, że okręgowe zakłady rozdzielcze o charakterze mieszanym, posiadając krzywe obciążenia zależne od tego, jaka grupa odbiorców ma przewagę, nie są naogół najgorszym odbiorcą prądu dla elektrowni.

Zakład np., którego krzywe obciążenia pokazane są na rys. 14, daje ok. 3 500 godzin użytkowania obciążenia szczytowego.

Krzywe na rys. 15 dotyczą zakładu o charak-

terze wybitnie rolniczym. Przebieg obciążenia tego zakładu, szczególnie w miesiącach jesiennych, jest dla elektrowni jeszcze korzystniejszy.

Okręgowe zakłady rozdzielcze rolnicze, nie będąc może dla posiadaczy ich przedsiębiorstwami zbyt lukratywnymi, mogą jednak być interesującymi odbiorcami dla elektrowni okręgowych, a posiadają napewno bardzo doniosłe znaczenie dla rol-



Rys. 15.

nictwa. Najlepszym tego sprawdzianem jest popyt na energię elektryczną w rolnictwie dziś nawet, mimo kryzysu, ciężącego nad tą przede wszystkim gałęzią naszego gospodarstwa narodowego.

Zadaniem czynników rządowych, samorządowych i organizacji rolniczych jest sprawą rozwoju elektryfikacji rolnictwa w Polsce zaopiekować się żywiej, niż dotychczas, rolą zaś polskich elektryków jest obmyśleć i opracować takie zasady i warunki, aby elektryfikacja rolnictwa mogła rozwijać się i rozwój ten opierał się na słusznych podstawach technicznych i gospodarczych.

ORGANIZACJA WSPÓŁPRACY ELEKTROWNI CIEPLNYCH I WODNYCH NA POMORZU I JEJ WYNIKI.

Inż. Alfons Hoffmann, „Gródek”.

Obsah. Vzdálenost Pomorí od polské úhelné pánve (500 km) a také příznivé podmínky geologické a hydrologické měly za následek stavbu 10 vodních elektráren, z kterých větší pracují paralelně s parními elektrárnami. Podíl energie činné a jalové upravuje se s ohledem na úsporné hospodaření a regulaci napětí. Kmitočet dodrží vodní podniky. Velké vodní nádrže nových podniků dovolují největší ekonomii v parních elektrárnách. Dále jest podáno několik výsledků této spolupráce.

Streszczenie. Duża odległość Pomorza od polskiego zagłębia węglowego (500 km) oraz nader korzystne warunki geologiczne i hydrologiczne spowodowały powstanie 10 zakładów wodno - elektrycznych, z których większe pracują równoległe z zakładami parowymi.

Rozdział mocy watowej i bezwatowej ustala się ze względu na ekonomję oraz regulację napięcia. Okresy utrzymują zakłady wodne. Duże zbiorniki wodne nowych zakła-

dów pozwalają na optimum ekonomji w zakładach parowych. Podane są kilkuletnie wyniki takiej współpracy.

Powstanie zakładów wodnych na Pomorzu.

Były czasy, gdy węgiel angielski przed wojną z powodu swej taniości zasiliał Gdańsk i jego bliższe zaplecze. Te czasy minęły od chwili powstania barjer celnych a raczej dumpingu węglowego na Bałtyku. Dla tego Pomorze musi liczyć tylko na dowóz węgla z odległości 500 do 600 km z węglowego zagłębia śląskiego, krakowskiego i dąbrowskiego. Koszty transportu wynoszą ponad 50% ceny drobnego węgla loco elektrownia. Ten węgiel nie korzysta z deficytowych dla kolei niskich frachtów eksportowych.

Pomorze posiada natomiast nader korzystne warunki geologiczne i hydrologiczne dla tworzenia

średnio wielkich zakładów wodno - elektrycznych o mocy szczytowej 5 000 do 20 000 kW, przy spadkach 10 do 25 m, korzystając w zbiornikach o powierzchni 100 do 1 500 ha z wahań użytecznych w granicach 1,0 do 2,5 m zwierciadła wody.

Źródła rzek i zasilane ogromnymi jeziorami górne ich biegi na 2/3 ich długości leżą na platformie wyżynnej, na rzędnej 100 do 130 m nad poziomem morza, w terenach lesistych i obfitujących w jeziora, a Wisła, ich naturalny odpływ do morza — posiada na Pomorzu maksymalną wysokość do 30 m nad poziomem morza. Całkowity spadek dolnego biegu tych rzek wynosi więc ok. 100 m brutto, a spadek na kilometr biegu 0,5 do 1,5 m (0,5 do 1,5‰).

Z powodu wielkiej ilości i znacznej powierzchni jezior, przez które rzeki w górnym swym biegu przepływają, oraz dużej powierzchni lasów, wypełniających ich zlewnię i stoki i z powodu dużych opadów w porze letniej wahania przepływu wody są nadzwyczaj małe i wynoszą — praktycznie biorąc — dla minimalnej i maksymalnej wody 1 : 8, wykluczając rzadkie wody powodziowe, zdarzające się raz na 50 lat. Doliny w dolnym biegu rzek są głęboko wcięte w teren i dają bardzo korzystne możliwości zamykania rzek krótkimi, a więc tanimi zaporami ziemnymi, o wysokości maksymalnej 15 m. Ponieważ stoki są zazwyczaj dosyć szczelne z powodu zwartego piasku lub zawartości gliny, więc zabijanie szczelnych palisad w osi zapory nie powoduje nadzwyczajnych wydatków.

Opady deszczowe wynoszą rocznie średnio 550 mm, a odpływy sekundowe na kwadratowy kilometr średnio 8 litrów.

Możność produkcji rocznej zakładów nowych wynosi:

przy 15 do 18 m spadku i mocy zainstalowanej 5 000 do 10 000 kW — 10 do 15 mio kWh;

przy 20 do 25 m spadku i mocy zainstalowanej 15 000 do 20 000 kW — do 40 mio kWh.

Większe zbiorniki dają akumulację użyteczną w granicach 0,2 do 2 mio kWh, co umożliwia gospodarkę szczytową 1 do 2 - tygodniową przy równoległej pracy z zakładami parowymi.

Koszty zakładów wodnych.

Koszty budowy zakładów wahają się głównie zależnie od okresu budowy (przedwojenny, inflacyjny lub złotowy" okres), a już znacznie mniej z powodu położenia geologicznego. Nas interesują tylko nowsze zakłady, których kosztą podajemy poniżej, nie wykluczając zakładów na terenie Wolnego Miasta Gdańska (Tab. I).

Koszty roczne.

Lwią część kosztów rocznych w zakładach wodnych stanowią procenty i odpisy na odnowienie. Licząc stopę procentową po 8% a odpisy po 2,5% oraz kosztą admin. na 3,5%, a 2% na amortyzację kapitału (zakłady koncesjonowane), obliczamy koszty jednej wytworzonej kWh dla powyższych zakładów, przy wyzyskaniu wody w 90%, jak następuje:

Bielkowo + Łapino = 39,6 gr/kWh brutto	} loco zakład, bez kosztów sieci i stacji transformatorowych.
Gródek + Żur = 13,4 " "	
Koronowo = 13,4 " "	

Te wysokie koszty wskazują, że zakłady te tylko wtenczas konkurować mogą z parowymi, jeżeli dostaną za powyższe kWh szczytowe „odpowiednią” opłatę jako za energję drogocenną, bo pozwalającą zakładom parowym na ogromne obniżenie zużycia węgla przez umożliwienie im obciążenia wyłącznie podstawowych, t. j. równomiernych, bez skoków szczytowych. Ale niestety żaden z wyżej przytoczonych zakładów wodnych tak wysokich cen obecnie nie osiąga, więc pracują wszystkie deficytowo, ratując tymczasowo sytuację przez całkowite zaniechanie odpisów, a częściowo nawet nie są w stanie opłacać całkowitych odsetek od kredytów. Kapitały zakładowe są stosunkowo małe, a główną część inwestycji pokryto pożyczkami.

W dalszej przyszłości opłacalność szczytowych zakładów wodnych może się podnieść przez wyzyskanie olbrzymich jezior (od 10 do 20 km² powierzchni) jako zbiorników dla rocznego wyrównania.

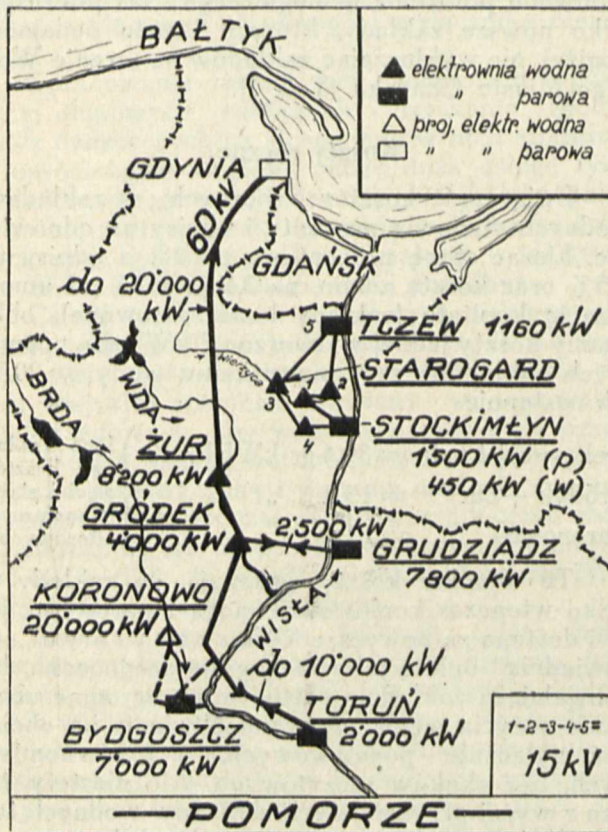
Tabela I.

Zakład Rzeka	Rok uruchomienia	Turbiny moc kW typ ¹⁾	Możliwa średnia produkcja mio kWh	Spadek brutto m	Zbiornik ha	Akumulacja mio kWh	Koszt zakładu mio zł	Koszt inwest. na 1 kW maszyn ²⁾ zł	Na 1 mio kWh możliwej produkcji zł inwestycji
Bielkowo Radunia ²⁾	1925	6 750 3 F	14	44,8	54	0,10	30,0	4 450,—	2 140 000,—
Łapino Radunia ²⁾	1927	2 200 2 F	4	14,0	—	—	10,0	4 550,—	2 500 000,—
Gródek Wda	1923	4 000 3 F	16	18,0	100	0,03	22,5	1 870,—	750 000,—
Żur Wda	1929	8 000 2 K	14	15,5	450	0,20			
Koronowo Brda	Proj.	20 000 3. K	40	25,0	1 500	2,00	30,0	1 500,—	750 000,—

¹⁾ F = Francisca, K = Kaplana. Liczba oznacza ilość turbin. Moc — podana na zaciskach prądnic, $\cos \varphi$ 0,7 do 0,8 ²⁾ Na terenie W. M. Gdańska położone, zasilają miasto Gdańsk. ³⁾ Bez sieci i stacji transform.

Zespoły zakładów równoległe pracujących.

Na Pomorzu istnieją, — jedyne w swym rodzaju w całej Polsce — 2 „zespoły” elektrowni wodno - parowych, pracujących równoległe.



Mapa elektrowni wodnych i parowych, pracujących równoległe.

Starszym zespołem są elektrownie rejonu tczewskiego, nowszym elektrownie wodne Sp. Akc. „Gródek” i miejskie parowe elektrownie, jak podano w następującej tabeli (Tab. II).

Tabela II.

Elektrownia	Rok założenia	Napęd	Moc kW	Możliwa średnia produkcja wodą mio kWh	Główny rodzaj pracy (1930 — 1932)
Tczew	1899	parowy	1 160	—	Szczytowo
Stocki Młyn	1910	parowy i wodny	1 500 + 450	6,0	Wodą podstawowo, parą szczytowo
Owidz	1911	wodny	180	2,8	Podstawowo, nie posiadają zbiorników wodnych
Kolińcz	1912	„	336		
Starogard	1922	„	240		
Gródek	1923	wodny	4 000	16,0	Szczytowo i wyrównawczo
Żur	1929	„	8 000	14,0	Szczytowo
Grudziądz	1895	parowy	7 800	—	Podstawowo (niezależnie nieczynna)
Toruń	1899	„	2 000	—	Rezerwa

Pierwszy zespół jest ciekawy historycznie.

Po roku 1900 rozpoczęto budować zakłady wodno-elektryczne z pewnym fanatyzmem. Takim typem jest Stocki Młyn. Gdy padała woda nie pokrywała już całkowicie zapotrzebowania, ustawiono kotły i turbiny parowe, ale i to nie uratowało zakładu przed ruiną. Dopiero monopol instalacyjny umożliwił zakładowi wegetację. Były to lata przedwojenne.

Z drugiej strony 3 małe zakłady wodne spół-

ki młynarskiej „Wiechert”: Owidz, Kolińcz i Starogard, szukając zbytu, znalazły go w elektrowni parowej w Tczewie i w Stockim Młynie.

Zespół tych 5 zakładów — przy bardzo prymitywnych sieciach (sieci rozdzielcze są równocześnie łączącymi) i przestarzałych urządzeniach wodnych — pracuje równoległe ku zadowoleniu wszystkich, dając możliwość wyzyskania 80 do 90% wody. Ceny prądu wynoszą ok. 3,5 kg. węgla. Porozumienie telefoniczne, nie bardzo idealne, posługuje się przewodami telefonicznymi na wspólnych słupach sieci wysokiego napięcia (8 i 15 kV).*)

W tych zakładach wodnych zachodzą zimą ciekawe objawy bardzo szybkiego wykrystalizowania się lodu i raptownego wewnętrznego zamarzania turbin, czego powodem mają być: płytkość zbiorników wodnych, szybkie i silne obniżanie się temperatury poniżej 5° C oraz — działanie księżycy (?).

Zespół tych 5 elektrowni ma oprócz tego inne znaczenie: przed kilku laty Stocki Młyn eksportował prąd przez nieistniejący już obecnie most kolejowy w Opaleniu przez Wisłę na stronę niemiecką do Kwidzyna, a Tczew jeszcze obecnie zasila tereny gdańskie i to od kilku lat zapomocą kabla (15 kV) przez most kolejowy wschodnie części Nizin Gdańskich.

Ważniejszą rolę odgrywa drugi zespół zakładów, których osią są zakłady wodne i sieci 60 kV Sp. Akc. „Pomorska Elektrownia Krajowa Gródek” (Zarząd w Toruniu). Do tego zespołu należą 2 zakłady wodne: Gródek i Żur, oraz 2 parowe, będące własnością miast: Grudziądz i Toruń, ale oprócz tego pracują dorywczo w Gdyni 2 zakłady o silnikach dyzlowskich w Porcie Gdyni. Sieć 60 kV posiada ok. 250 km długości.

Przy zahamowaniu obecnie zużyciu 12 miast, zasilanych tą siecią (od Wejherowa—Gdyni aż do Torunia—Ciechocinka—Aleksandrowa) oba zakłady wodne pokrywają rocznie przez 10 do 12 miesięcy całkowite zapotrzebowanie energii, a tylko dorywczo rusza zakład parowy w Grudziądzu.

Ale przed ukończeniem zakładu wodnego w Żurze, to jest głównie w r. 1929, pracowały elektrownie parowe w Grudziądzu i Toruniu „pełną parą”, bo 90%-wą mocą maszyn równoległe z zakładem wodnym w Grodku.

*) Dowcipnie badają właśnie „temi” telefonami stan izolacji sieci wysokiego napięcia: jeżeli można się na pewnym odcinku telefonicznie dobrze porozumieć, wtenczas owa linja wysokiego napięcia nie ma uziemienia.

Zasady organizacyjne pracy równoległej.

Interesy zakładu wodnego a parowego nie są równe i trzeba je pogodzić, aby każda strona osiągnęła optimum rentowności.

Zakłady wodne wymagają, by zakłady parowe dostosowały czas pracy maszyn („rozkład ruchu”) i obciążały turbiny tak, aby wyzyskanie podaży wody wynosiło ok. 100%. Zakłady parowe zaś nie chcą uruchamiać turbin dla okresu krótszego, niż 1 tydzień, i nie chcą obciążać turbin będącej w ruchu poniżej 60% nominalnej pracy i mniej, niż 7 godzin na dobę. Pogodzenie tych często sprzecznych i trudnych warunków byłoby łatwe, gdyby zmiany podaży wody i zmiany zapotrzebowania nie następowały za szybko. Niestety, ani najlepsza służba meteorologiczna, którą faktycznie zakłady wodne dysponują, ani systematyczne obserwowanie, zgłaszane i przewidywanie zmian obciążenia (dziennie raporty „tendencji” zużycia wielkich odbiorców) nie pomagają zbyt wiele.

Trochę pomagają zbiorniki (na 1 do 6 dni) oraz porozumienie z Zarządem Łąk Państwowych, który reguluje — dla nawadniania ok. 3 000 ha łąk — odpływ z wyżej położonych jezior (na Brdzie i również na Wdzie), posiadających od 10 do 20 km² powierzchni. Ale i to nie pozwala często nawet na przewidywania dłuższe, niż na 7 do 14 dni.

Dlatego jedynym ratunkiem pozostaje: codzienne telefoniczne porozumiewanie się zakładów wodnych z zakładem parowym, będącym w danej chwili „w pogotowiu”. Układa się więc z wyjątkiem współpracy tylko na 1 do 2 tygodni.

Całą pracą dysponuje t. zw. load-dispatcher, — „inżynier obciążeń” — w zakładzie wodnym w Żurze, który, mając 2 szczytowe zakłady wodne („momentalne” rezerwy) w ręku, najskuteczniej zapobiec może przerwom przez raptowne obciążenie wszystkich turbin wodnych.

Porozumienie następuje narazie przy pomocy telefonów państwowych, ale w przyszłości przewiduje się komunikację wysokiej częstotliwości na przewodach wysokiego napięcia. W niedziele i święta zakłady parowe zwykle się unieruchamia ze względu na mniejsze obciążenie oraz wyższe opłaty robotników w tych zakładach.

Inżynier obciążeń, znając dokładnie wszystkie parowe turbiny zakładów parowych i ich momentalną zdolność pracy, podaje zakładowi parowemu na następny dzień — lub na 1 tydzień — w ramach zawartych umów i regulaminów technicznych współpracy program ruchu, obejmujący punkty następujące:

- a) jaką turbiną lub ile turbin parowych ma uruchomić zakład parowy;
- b) w jakich granicach (pomiędzy 60 a 100% mocy nominalnej) ma turbiny obciążać;
- c) czy ruch parowy będzie 7-godzinny, 15-godzinny, czy 24-godzinny;
- d) czy ma oprócz tych turbin jeszcze dodatkowo kocioł trzymać pod parą w rezerwie;
- e) czy II zakład parowy ma się przygotować do ewentualnej współpracy.

Zimą jeden z owych 2 zakładów parowych ma prawo uruchomić i obciążyć najmniejszą turbinę (500 kW prądu stałego), jeżeli wieczorem dnia po-

przedniego temperatura spadła poniżej minus 5°C, w celu niedopuszczenia do zamarznięcia ujęcia wody kondensacyjnej w rzece.

Rozdział mocy bezwatowej.

Dla rozdziału mocy bezwatowej na poszczególne zakłady decydującą jest możliwość uzyskania największej ekonomii przy istniejących urządzeniach i utrzymanie napięcia w odpowiednich granicach.

Inżynier obciążeń, ustalając program ruchu, podaje również współczynnik mocy, przy jakim ma następować odbiór energii elektrycznej. Zależy to od każdorazowych warunków ruchu, a w szczególności od tego, jakie zespoły mają pracować i w jakich granicach mają być obciążone, jak również od przełyku linii przesyłowej.

Wytyczną przy ustaleniu współczynnika mocy jest to, że zakład odbierający energię elektryczną powinien utrzymywać współczynnik mocy nie gorszy, niż 0,9. Można osiągnąć to albo przez odpowiednie wzbudzenie prądu, albo też przez utrzymywanie w biegu jałowym istniejących przetwornic synchronicznych, służących do przetwarzania prądu zmiennego na stały i odpowiedniego wzbudzenia silników synchronicznych w celu poprawienia współczynnika mocy.

Zaznaczyć trzeba, że linie przesyłowe 60 kV posiadają znaczne prądy ładowania, wpływające silnie na współczynnik mocy w siłowni zasilającej. I tak linia Gródek—Toruń (80 km) przedstawia odbiornik prawie czysto pojemnościowy o mocy około 620 kVA, linia zaś Gródek—Gdynia (140 km) o mocy około 1250 kVA. Powoduje to, iż przy małej mocy przesyłowej współczynnik mocy loco siłowni wysyłająca może być pojemnościowy, a loco stacja odbiorcza — nawet silnie indukcyjny. Fakt powyżej opisany powodował pewne trudności przy synchronizowaniu z Gródką zespołów dyzlowskich, ustawionych w Gdyni, z tego powodu, że moc pojemnościowa linii jest tak znaczna dla zespołów dyzlowskich, iż niemożliwe jest wyregulowanie napięcia i następnie zsynchronizowanie. Dlatego synchronizowania dokonuje się obecnie w podstacji 60/15 kV w Gdyni, która porozumiewa się telefonicznie z elektrownią dyzlowską, odległą o parę kilometrów, oraz z elektrownią w Żurze, odległą o ok. 140 km.

Regulacja współczynnika mocy w systemie Gródka ważna jest obecnie na krótkim 30-km odcinku Gródek—Grudziądz, który pracuje na razie pod napięciem 15 kV przy przekroju 3×35 mm²Cu.

Przełyk tego odcinka wynosi przy współczynniku mocy 0,90 do 1,00 maksymalnie 2500 kW.

Regulacja napięcia.

W zespole owych 5 małych elektrowni odbywa się regulacja napięcia przez zwykle równoczesne podregulowanie napięć wszystkich równoległe pracujących prądnic we wszystkich zakładach.

W zespole „Gródka” odbywa się regulacja w Gródku i w Gdyni za pomocą zmiany napięcia pod obciążeniem przez przełączanie zaczepek transformatorów dodatkowych przez „ratio adjuster”. Regulacją tą można — podług wyboru — każdego czasu nastawić na działanie samoczynne lub na ręczne. Ponieważ „ratio-adjustery” wydawać mogą kilka

napięcie regulowanych równocześnie i to zależnie od przyłączenia do rozmaitych zaczeów — co-prawda stale równoległe się zwiększających lub zmniejszających (np. 14 000, 15 000 i 16 000 V), wykorzystano w Gródku tę możliwość i urządzono 3 systemy szyn zbiorczych, z których wychodzą następujące napięcia:

do Grudziądza (30 km, do 2 500 kW) 17 000 V,
w sieci (ok. 300 km) Związku 3 po-
wiatów 16 000 V,
do Żuru (II tor linii Gródek—Żur)
dla „własnych potrzeb” Żuru i oko-
licy 15 000 V.

To jest możliwe dlatego, że wierzchołki obciążenia tych 3 odbiorców następują mniej więcej równocześnie, a Grudziądz reguluje sobie napięcie także dodatkowo swemi przetwornicami synchronicznymi. Okazało się bardzo praktyczne dopuszczenie (o ile obliczenia strat i kosztów tych strat nie stoją na przeszkodzie) aż do 20% spadku napięcia (15 kV) w sieciach łączących zakłady wytwórcze, jak w tym wypadku pomiędzy Gródkiem a Grudziądzem.

Okresy utrzymują zakłady wodne, jako na razie dominujące i podlegające bezpośrednio „load-dispatcherowi”. Zakłady parowe dostosują się do istniejących okresów w sieci i dbają tylko o stałe utrzymanie mocy dla nich korzystnej.

Stopień wyzyskania zakładów wodnych.

Z powodu pracy równoległej z zakładami parowymi zakłady wodne posiadają bardzo wysoki stopień wyzyskania, dochodzący do 100% wydajności „praktycznej”, a 90% wydajności (możliwości produkcji) „idealnej”. Zamiana tkwiącej w wodospadzie energii odbywa się w powyżej podanym ustępie „idealnie”, jeżeli nie tylko żadna kropla wody nie omija turbiny, ale jeżeli każda turbina pracuje przy optimum sprawności, oraz jeżeli prądnice nie pracują na „stały opór wodny”. Taki ruch na opór wodny — obciążając go do 3 000 kW w Żurze — odbywa się często niedzielami, ponieważ turbiny Kaplana przy bardzo małych obciążeniach poniżej 0,25 nominalnej mocy nie regulują idealnie. Ale prądnice pracują też z powodu innego na opór przez kilka lub nawet kilkanaście godzin na dobę: jeżeli jest nadmiar wody, a nie puszcza się tego nadmiaru przez śluzy spustowe lub burzowe.

Wyzyskanie podaży wody w zakładach wodnych w Gródku i w Żurze podaje Tabela III.

Tabela III.

Wyzyskanie produkcji idealnej.

Z a k ł a d	W r o k u			
	1929	1930	1931	1932
Gródek (4 000 kW)	85%	80%	68%	81%
Żur (8 000 kW)	w bu- dowie	81%	93%	83%
Oba Zakłady (Gródek — Żur)		80%	80%	82%

Maszynista posługuje się przy zmianie obciążenia wykresem, wskazującym mu, którą turbinę i do jakiej mocy w zależności od danego obciążenia należy uruchomić względnie zatrzymać, aby osiągnąć

optyimum wyzyskania wody, a więc minimum strat. To odnosi się niemal wyłącznie tylko do turbin Francisa, które przy mocach 5000 KM i średnich obrotach mają

przy 1/4 obciążenia tylko ok. 50% sprawności,
„ 2/4 „ „ „ 77% „
„ 3/4 „ „ „ 85% „
„ 4/4 „ „ „ 83% „

Ale turbiny Kaplana (patent profesora Politechniki czeskiej w Brnie), o wirnikach śmigłowych (propelerach), w których śmigła samoczynnie nastawiają się zależnie od potrzebnej mocy, osiągnęły tak wspaniałe współczynniki sprawności przy 1/4 obciążenia, że w tym wypadku nie dużo pomoże „sofistyczne” ich dobieranie względnie obciążenie. Oto są współczynniki, uzyskane przy odbiorze 2 turbin Kaplana (każda o mocy 4000 KM, 250 obr., 2400 mm średnicy wirnika i ok. 35 m³/sek. przepływu) po 12-miesięcznym ruchu normalnym:

przy obciążeniu 22,5% sprawność 83,7%
„ „ 50% „ 92,0%
„ „ 75% „ 93,0%
„ „ 100% „ 92,5%

Korzyści dla zakładów parowych.

Główne korzyści polegają na ogromnym obniżeniu zużycia węgla z tego powodu, że obciążenia turbin dopuszcza się tylko w granicach od 60 do 100% ich mocy, a więc przy ich najlepszej sprawności. Tak spadło zużycie węgla (miała z grysikiem) jednego z tych zakładów z 2,5 kg węgla /kWh aż do 1,0 kg/kWh. Również sama praca turbin i kotłów staje się regularniejsza, co powoduje znaczne obniżenie kosztów utrzymania. Oprócz tego każdy zakład parowy korzysta z „momentalnej” rezerwy zakładów wodnych, które są w stanie uruchomić turbinę wodną w 10 minut, gdy uruchomienie nowego kotła (oraz turbiny) trwa średnio 1,5 do 2 godzin.

Taka współpraca równoległa oszczędza wszystkim zakładom razem dużo inwestycji na maszyny i zapasowe. Poszczególne elektrownie lokalne powinny posiadać conajmniej 1/3 mocy maszyn i kotłów (!) w zapasie, gdy tymczasem dla wszystkich elektrowni równoległe pracujących wystarczy zapas o mocy 10% lub nawet mniej.

Ewolucja łączenia zakładów wytwórczych (i kasowania drobnych zakładów) na Pomorzu jeszcze nie jest ukończona. Pozostaną tylko większe zakłady, a mniejsze podzielą los takich zakładów, jak: Świecie, Wąbrzeźno i Jabłonowo, które zostały zlikwidowane.

Do wspólnej sieci 60 kV należeć będą w bliskiej przyszłości elektrownie:

Bydgoszcz	(8 000 kW),
Inowrocław	(1 250 kW),
Poznań	(20 000 kW).

Wtenczas spełni się jedno z bardzo ważnych zadań nowoczesnej elektryfikacji: wspólna reasekuracja ruchu, obniżenie inwestycji na zespoły wytwórcze przy znacznie wzrastającym zbycie, obniżenie zużycia węgla na kWh, 100%-we wyzyskanie sił wodnych, oraz — jako wypadkowa tych wszystkich — niżka cen energii elektrycznej, nowy wzrost zużycia, możliwość ruszenia elektrycznego „grzejnictwa” i powtórne „odkrycie” popularności prądu elektrycznego.

O WSKAŹNIKU ELEKTRYCZNYM PRODUKCJI PRZEMYSŁOWEJ.

Kazimierz Siwicki,

Kierownik Biura Elektryfikacji Ministerstwa Przemysłu i Handlu.

Obsah. Vyjadřiti národohospodářskou situaci země číselnými ukazovateli bylo vždy věcí národohospodářů, nyní analyšují ji také technické a za základ analýse berou spotřebu elektriny v průmyslu. Spotřeba v elektrisovaném průmyslu je zároveň vázána se všeobecným průmyslovým aktivem, a diagramy těchto ukazovatelů spotřeby el. energie toto aktivum názorně vyjadřují. Technika hledí manipulovati těmito ukazovateli, které dle názoru autorova i podle příkladů průmyslového života Britska, Německa a Spojených Států podivuhodně souhlasí s ukazovateli oficiálních hospodářských ústavů, zabývajících se výzkumy v tomto oboru.

Autor postupně projednává možnost pužití tohoto ukazovatele elektrického průmyslové výroby i v Polsku a pokazuje na četné překážky, s nimiž se setkáváme při jeho stanovení s ohledem na neúplnost polské elektrické statistiky. Všeobecný roční výrobní ukazovatel přesně udává vývojový směr naší situace, počínaje od r. 1928, ačkoliv měsíční a skupinové ukazovatele pro jednotlivá odvětví průmyslu jsou méně neb více odchylné, poněvadž občas chybějí některá data k jejich stanovení; mimo to mohou sloužit jako ukazovatele brutto, nebot představují základní směry vývoje.

Streszczenie. Skomplikowane zagadnienie ekonomiczne obrazowania sytuacji gospodarczej kraju zapomocą wskaźników, zagadnienie będące przedmiotem badań zawodowych ekonomistów, staje się obecnie przedmiotem analizy techników, analizy opartej na zużyciu energii elektrycznej przez przemysł. Zużycie energii w zelektryfikowanym przemyśle jest synchronicznie związane z ogólną aktywnością przemysłową, a wykresy wskaźników zużycia energii tę aktywność obrazują. Technika zaczyna operować „wskaźnikami elektrycznymi”, które, jak wskazuje autor na przykładach życia przemysłowego Anglii, Niemiec i Stanów Zjednoczonych są zadziwiająco zbieżne ze wskaźnikami oficjalnych instytucji ekonomicznych, powołanych ad hoc, do badań w tej dziedzinie.

Zkolei autor omawia możliwość posilkowania się wskaźnikiem elektrycznym produkcji przemysłowej w naszym kraju i wskazuje na piętrzące się trudności przy jego ustalaniu, ze względu na luki w naszej statystyce elektrycznej. Ogólny roczny wskaźnik produkcji wiernie uwydatnia ogólną tendencję rozwojową naszej sytuacji, od roku 1928 poczynając, natomiast wskaźniki miesięczne oraz grupowe wskaźniki dla poszczególnych gałęzi przemysłu są mniej lub więcej skażone, ze względu na brak zasadniczych danych do ich budowy, jednak mogą posłużyć jako wskaźniki brutto, gdyż uwydatniają tendencje podstawowe.

Badanie konjunktury gospodarczej czyli analiza objawów i przyczyn zmiennych faz aktywności gospodarczej ma na celu stworzenie perspektywy, umożliwiającej ogarnięcie całokształtu położenia ekonomicznego kraju.

Do stworzenia tej perspektywy, uzyskania wykładników sytuacji gospodarczej i t. zw. barometru konjunktury służą różnego rodzaju wskaźniki. Jedne z nich przedstawiają stan rynków, to znaczy kształtowanie się czynników, pod wpływem któ-

rych działalność gospodarcza rozszerza się i kurczy; inne — bezpośrednio samą tę działalność bądź w pewnym określonym zakresie, bądź w jej całokształcie. Wskaźniki ostatniego rodzaju, stanowiące ogólne wskaźniki działalności gospodarczej, mają szczególnie wielkie znaczenie.

Ścisły, idealny, ogólny wskaźnik ekonomiczny musiałby uwzględniać całokształt dziedzin, składających się na gospodarkę społeczną, przy analizie zaś jego należałoby wyodrębnić różne czynniki rozwoju gospodarczego. W grę wchodzi zmiany: konjunkturalne (fazy ożywienia, recesji lub kryzysu i depresji), rozwojowe lub ustrojowe (np. długotrwałe tendencje wzrostu, tendencje zniżkowe cen, przekształcenia, wynikające z niezakończonego procesu scalenia gospodarczego odrębnych dzielnic kraju), wreszcie — wahania sezonowe (zależne od klimatu lub innych przyczyn). Niezbędne w takiej analizie jest również uwzględnienie międzynarodowej zależności organizmów gospodarczych państw.

Surogatami idealnego wskaźnika ogólnego są różne wskaźniki, oparte na pewnych szczególnych symptomatach działalności gospodarczej.

Wartość wskaźników takich z wielu względów jest ograniczona. Wskaźniki te mogą wykazywać tylko tendencję rozwojową. Przyczyna ograniczonej wartości wskaźnika leży w trudności objęcia ogółu zjawisk oraz w niedoskonałości i różnorodności metod statystycznych.

Na szczególną uwagę naszą, jako techników, zasługuje — oczywista — wskaźnik produkcji przemysłowej. Otóż dane dostatecznie ściśle istnieją zazwyczaj tylko dla pewnych dziedzin przemysłu; w innych dziedzinach operować trzeba liczbami, przedstawiającymi produkcję pośrednio, np. zużyciem surowców i t. p.

Często też bywa stosowana metoda operowania liczbami robotników, zatrudnionych w poszczególnych gałęziach przemysłu, i ilością czasu zatrudnienia. Przy takim wskaźniku nie uwzględnia się różnic i zmian, zachodzących w wydajności robotników.

To są przykłady czynników, utrudniających ustalenie dokładnego wskaźnika produkcji przemysłowej. Metody, stosowane przez ekonomistów w tego rodzaju obliczeniach, mało się różnią od metod klasycznych, używanych w czasach, gdy obecna technika była jeszcze w powijakach. Przy dzisiejszym jej stanie trudno rozgraniczyć, jaki zakres zagadnienia jest czysto ekonomiczny, a jaki czysto techniczny. Specjalnie zaś rozwój elektryfikacji w ostatnich kilkunastu latach wykazał, że produkcja energii elektrycznej nabiera charakteru sprawdzianu przebiegu ogólnej produkcji przemysłowej i względnie najlepszego wskaźnika zatrudnienia i stanu aktywności ekonomicznej, —

oczywiście w krajach najbardziej zelektryfikowanych.

Zapoznajmy się pokrótce ze stanem tej kwestji w kilku najważniejszych krajach przemysłowych, przyczem, aby nie rozsądzać ram naszej pracy, ograniczymy się do rzeczy najbardziej istotnych i charakterystycznych.

Stany Zjednoczone posiadają wskaźnik „Annalist'a” działalności przemysłowej oraz wskaźnik produkcji przemysłowej „Federal Reserve Board'u”; w Anglii przebiegiem konjunktury zajmuje się „The London and Cambridge Economic Service”, (obszerniejszy wskaźnik produkcji oblicza tam „Board of Trade”); w Niemczech — „Institut für Konjunkturforschung”.

Wskaźnik „Annalist'a” opiera się na produkcji żelaza zlewne, stali w gąskach, węgla kamiennego, samochodów, obuwia, cynku, energii elektrycznej oraz na spożyciu bawełny i wełny i wreszcie na przewozach kolejowych. W ten sposób na wskaźnik składają się: wytwórczość, spożycie surowca i transport. Ze wskaźnika tego są eliminowane zmiany przypadkowe oraz wahania sezonowe.

„Federal Reserve Board” buduje swój wskaźnik produkcji w sposób odmienny, a mianowicie wskaźnik obejmuje 35 gałęzi przemysłu, reprezentujących 80% całkowitej wytwórczości Stanów Zjednoczonych, z usunięciem sezonowości.

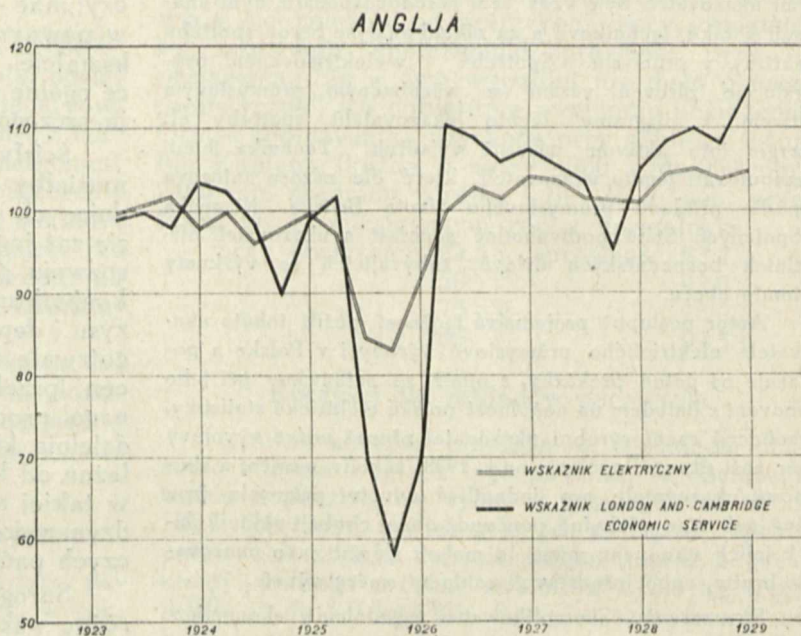
Wskaźnik, podawany przez „London and Cambridge Economic Service”, uwzględnia: węgiel, żelazo, stal, budowę okrętów, wagony kolejowe, superfosfaty i papier; natomiast reszta produktów, jak: metale kolorowe, wyroby włókiennicze, artykuły spożywcze i chemiczne (bez superfosfatów) — brane są w rachubę w zależności od wielkości importu. Nie uwzględnionych pozostaje szereg innych przemysłów oraz wytwórczość energii elektrycznej; z wskaźników eliminowane są wahania sezonowe.

Niemiecki wskaźnik jest niemal całkowicie obliczany według danych bezpośrednich o wytwórczości przemysłowej: węgiel, żelazo, główne metale kolorowe, przemysł metalowy, materiały budowlane, potasz, samochody, przemysły maszynowy, włókienniczy (bez wełny), obuwie, porcelana, papier, pianina i zegary. Nie są natomiast uwzględniane tak kapitalne dla budowy gospodarczej Niemiec przemysły, jak elektrotechniczny i częściowo chemiczny oraz produkcja energii elektrycznej. *)

Widzimy, że metody budowy wskaźników w tych trzech krajach, jako uzależnione od ich struktury gospodarczej, są wręcz odmienne.

Zkolei wypadnie się zapoznać, jak dalece w wymienionych państwach wskaźnik produkcji energii elektrycznej uwydatnia wahania konjunkturalne oraz od jakich czynników i ich układów jest zależny.

W Anglii wskaźnik elektryczny jest oparty na ilości godzin pracy tych elektrowni użyteczności publicznej, których produkcja minimum w 70% idzie na cele przemysłowe, przyczem są wyeliminowane obszary kraju o małym uprzemysłowieniu. W ogólnym wyniku wskaźnik angielski jest oparty na przeszło 75% produkcji elektrowni użyteczności publicznej. Ilość godzin pracy otrzymuje się



Rys. 1.

jako iloraz energii, wytworzonej dla przemysłu przez elektrownie w przeciągu przyjętego do obliczeń okresu czasu, i mocy przyłączonych do elektrowni odbiorców przemysłowych.

W Niemczech wskaźnik elektryczny jest oparty na tej samej zasadzie, co i w Anglii, z tą tylko różnicą, że jest uwzględniona cała energia bez względu na jej przeznaczenie, a więc nie tylko do celów przemysłowych.

Wreszcie w Stanach Zjednoczonych widzimy 2 wskaźniki elektryczne. Jeden, „Annalist'a”, opiera się na dziennej produkcji energii elektrycznej z poprawkami, wynikającymi z naturalnego wzrostu produkcji z roku na rok; drugi wskaźnik jest podawany przez „Electrical World” i jest oparty jedynie na zużyciu energii w 3 800 zelektryfikowanych zakładach przemysłowych. Wskaźnik ten obejmuje 26 dni roboczych w miesiącu. Za podstawę przyjęto średnią miesięczną za trzy lata 1923-25, przyczem wahania sezonowe nie są usuwane.

Zestawienia wskaźników elektrycznych produkcji przemysłowej ze wskaźnikami ogólnymi podane są na wykresach Nr. 1, 2 i 3, które dają obraz sytuacji w Anglii, Niemczech i Stanach Zjednoczonych. Zestawienia dają możliwość osądzenia, w jakim stopniu te wskaźniki się pokrywają, by można było trzymać się jedynie wskaźnika elektrycznego.

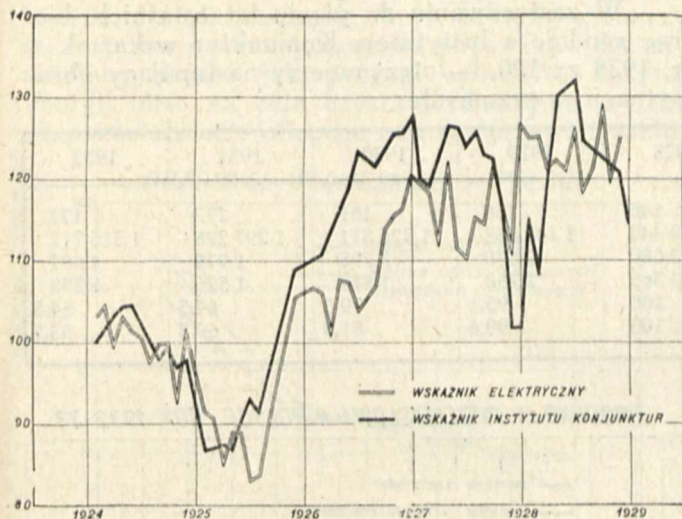
Jak wskazuje wykres Nr. 1, dla Anglii, obie krzywe są bardzo zbieżne; największe odchylenia

*) W świeżo przeprowadzonej przebudowie wskaźnika produkcji energii elektrycznej włączono do niego.

wykazuje rok 1926, wskutek ówczesnego strajku węglowego.

Wykres Nr. 2 daje krzywe porównawcze dla Niemiec. Obie krzywe mają przebieg ściśle zbliżony; wzrastające odchylenia zaznaczają się jednak od r. 1927. Naogół obie krzywe wykazują bardzo szybki wzrost aktywności gospodarczej.

NIEMCY



Rys. 2.

Wykres Nr. 3 daje zestawienie wskaźnika produkcji przemysłowej „Federal Reserve Board'u” ze wskaźnikiem produkcji energii elektrycznej „Electrical World'u”. Okazuje się, że produkcja przemysłowa nie wzrasta tak szybko, jak produkcja energii elektrycznej.

Wskutek błędów w budowie wskaźników elektrycznych „Annalist'a” i „Electrical World'u” żaden z nich nie jest w stanie uwydatnić wahań konjunkturalnych w tej mierze, jak to czynią wskaźniki niemiecki i angielski.

Poza produkcją przemysłową również wykresy wskaźników zatrudnienia, eksportu, przewozów kolejowych, wkładów bankowych, rozrachunków clearing'owych, obiegu pieniężnego oraz cen hurtowych wskazują na wyraźny, indywidualny w każdym wypadku związek tych czynników z produkcją energii elektrycznej. Omawianie tych wskaźników, niezbędnych dla wyjaśnienia sobie sytuacji ekonomicznej — przekroczyłoby ramy i cel tej pracy; ograniczymy się do stwierdzenia za H. Quigley'e m^{*)}, z którego pracy zaczerpnięte zostały przytoczone informacje o Anglii, Niemczech i Stanach Zjednoczonych, że w wielu okolicznościach wykres wskaźnika elektrycznego najbardziej zasługuje na zaufanie.

W ten sposób badania statystyczne w zakresie produkcji energii elektrycznej wychodzą z ciasnych ram zainteresowania szczupłego grona specjalistów i przenikają w rdzeń życia gospodarczego, odtwarzając to życie niemal z dokładnością fotograficzną. Wskaźnik elektryczny staje się ogólnym sprawdzianem aktywności przemysłowej.

^{*)} „Electricity as an Index of Industrial Production and Employment”. — Referat na berlińską Konferencję Energetyczną w r. 1930.

Świadomość tego znaczenia elektryfikacji zachęca do podjęcia prób — wzorem zagranicy — obrazowania sytuacji ekonomicznej w Polsce zapomocą wskaźnika elektrycznego, pomimo braku wielu podstawowych danych, niezbędnych dla głębszych studjów w tym kierunku.

Badania przebiegu konjunktury gospodarczej w Polsce datują się od r. 1928 i są skoncentrowane w Instytucie Badań Konjunktur gospodarczych i cen.

Wskaźnik produkcji przemysłowej podawany przez nasz Instytut, — wskaźnik ten jest przedmiotem naszego specjalnego zainteresowania, — składa się z czynników następujących:

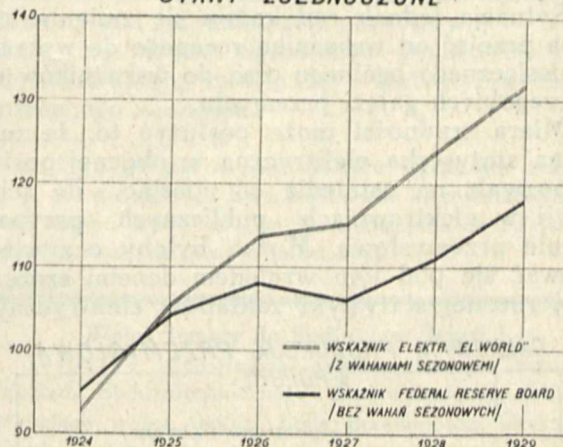
a) produkcji górnictwa i hutnictwa, b) produkcji przemysłu przetwórczego.

Wskaźniki produkcji górniczno-hutniczej dla poszczególnych grup są obliczane według liczb przeciętnej dziennej produkcji w miesiącu.

Dla przemysłu przetwórczego wskaźniki opierają się na przeciętnych liczbach przepracowanych robotniko-godzin na dzień roboczy.

Ogólny wskaźnik produkcji przemysłowej otrzymuje się jako średnią arytmetyczną wskaźników poszczególnych gałęzi przy zastosowaniu wag^{*)}. Pozatem obliczane są ogólne wskaźniki dla dwóch grup przemysłów: produkcji dóbr produkcyjnych (przemysły: budowlany, mineralny, metalowy, chemiczny, hutnictwo żelazne i ruda żelazna) oraz konsumpcyjny (przemysły: włókienniczy, odzieżowy, skórny, spożywczy, papierniczy i poligraficzny). Wszystkie wskaźniki są uwolnione od wahań sezonowych.

STANY ZJEDNOCZONE



Rys. 3.

Instytut Konjunktur operuje bogatym materiałem statystycznym, obejmującym zakłady od 20 robotników wzwyż z uwzględnieniem zakładów nowopowstających. Widzimy, że podstawy konstrukcji wskaźnika naszego Instytutu Konjunktur są częściowo odmienne od zagranicznych.

Przechodząc teraz do kwestji wskaźnika elektrycznego, przypominam, że wskaźnika takiego oficjalnie jeszcze nie mamy. Posiadamy jednak miesięczną statystykę elektryczną, która, jak wiadomo, obejmuje elektrownie użyteczności publicz-

^{*)} Interesujących się bliżej kwestją wag odsyłam do prac Instytutu Konjunktur.

nej oraz elektrownie w zakładach przemysłowych, obecnie w łącznej liczbie 177 o mocy instalowanej od 1000 kW wzwyż każda. Elektrownie te reprezentują razem okrągło 1 300 000 kW mocy instalowanej i pokrywają zgorą 90% całkowitej produkcji energii elektrycznej w Polsce.

Korzystając więc z danych, dotyczących się spożycia energii przez przemysł bezpośrednio oraz pośrednio z elektrowni użyteczności publicznej, otrzymujemy dane, obrazujące sumaryczne spożycie energii przez cały przemysł en bloc. Wynika z tego, że można spróbować oprzeć wskaźnik elektryczny na razie na materiale szcuplejszym,

licząc się poważnie z faktem, że nasz przemysł nie jest jeszcze kompletnie zelektryfikowany.

Za wskaźniki elektryczne dla poszczególnych gałęzi przemysłowych i dla przemysłu jako całości przyjmujemy średnie w ciągu roku ilości godzin użytkowania mocy instalowanej elektrowni, czyli $h = kWh: kW$, określające w przybliżeniu stopień wyzyskania zdolności wytwórczej przemysłu.

W zastosowaniu do pięciu lat ostatnich, biorąc zgodnie z Instytutem Konjunktur wskaźnik w r. 1928 za 100, — otrzymujemy następujący obraz sytuacji w przemyśle:

	1928	1929	1930	1931	1932
Ilość elektrowni	145	158	161	172	177
Moc instalowana elektrowni w kW	879 442	1 142 558	1 226 811	1 297 228	1 315 711
Produkcja energii dla przemysłu w 10 ⁶ kWh	2 080	2 570	2 298	1 978	1 697
Ilość godzin użytkowania mocy instalowanej h	2 365	2 250	1 875	1 525	1 290
Wskaźnik elektryczny	100	95,1	79,3	64,5	54,5
Wskaźnik Instytutu Konjunktur	100	99,6	81,8	69,3	53,7

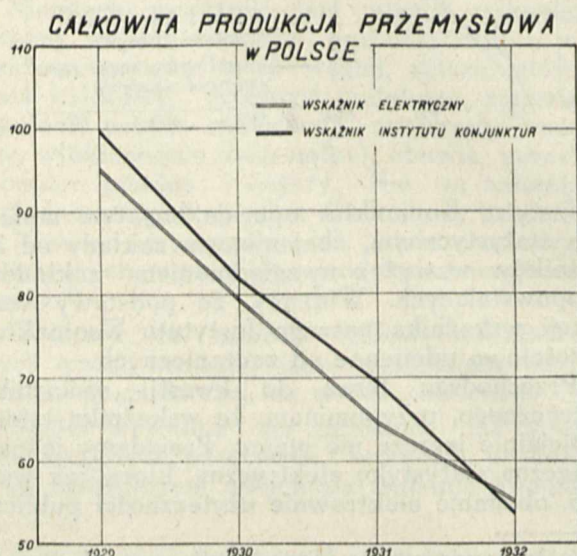
W postaci graficznej podaje te cyfry wykres Nr. 4.

Przyjęty za punkt wyjścia czas użytkowania mocy instalowanej w elektrowniach daje nam możliwość wyznaczania narazie wskaźnika brutto ogólnej produkcji przemysłowej, bez usunięcia wahań sezonowych. Z wykresu widzimy, że wskaźnik elektryczny jest zadziwiająco zbieżny z oficjalnym wskaźnikiem Instytutu Konjunktur.

Biorąc w rachubę wszystkie wspomniane poprzednio czynniki ujemne, należy uznać wyniki dla wskaźnika elektrycznego rocznej produkcji przemysłowej za zadowalające.

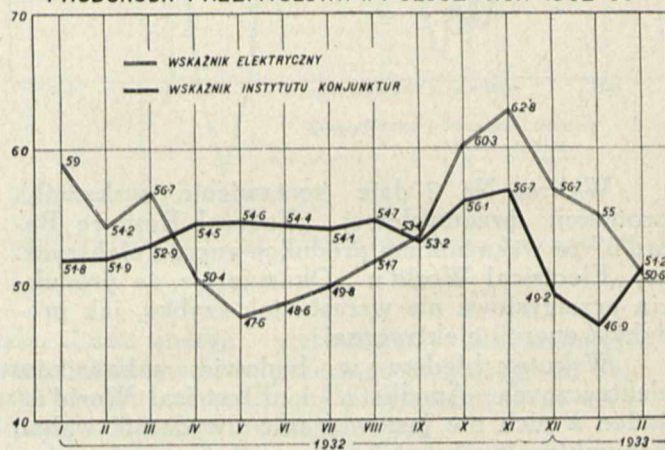
Sytuacja jednak radykalnie się zmienia, gdy trzeba przejść od wskaźnika rocznego do wskaźnika miesięcznego ogólnego oraz do wskaźników dla poszczególnych gałęzi przemysłu.

Miarą trudności może posłużyć to, że miesięczna statystyka elektryczna w obecnej postaci nie pozwala na ustalenie co miesiąc, ile ściśle energii w elektrowniach publicznych przypada na cele przemysłowe. Można byłoby oczywiście kierować się pod tym względem danymi szczegółowej rocznej statystyki zakładów elektrycznych



Rys. 4.

PRODUKCJA PRZEMYSŁOWA W POLSCE ROK 1932-33



Rys. 5.

i otrzymać przeciętną miesięczną oddania energii przez elektrownie publiczne do celów przemysłowych; w okresie kryzysu jednak taka przeciętna miesięczna nie będzie miarodajna. Otrzymane w ten sposób elektryczne wskaźniki miesięczne za r. 1932 i 2 miesiące r. b. podaje dla przykładu wykres Nr. 5. Na tym wykresie występują braki naszych wskaźników. Skala odchyleń obu krzywych jest znaczna; wskaźnik elektryczny zawiera wahania sezonowe, nie obejmuje wszystkich tych gałęzi produkcji, które składają się na wskaźnik Instytutu Konjunktur i które są słabo zelektryfikowane; ilość zużytej energii jest przybliżona, wagi nie są stosowane. Jest to materiał surowy, wymagający uszlachetnienia.

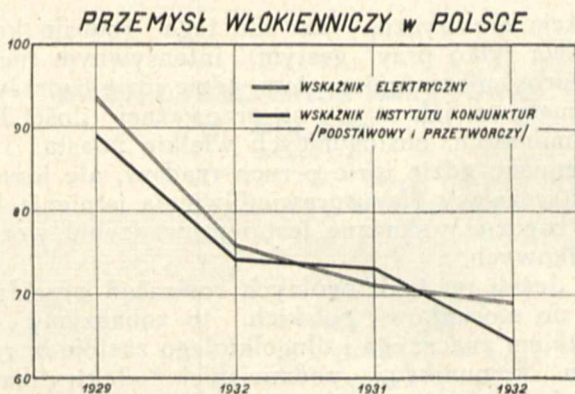
Trudności wzmagają się — również z racji niedostatecznych danych statystycznych — przy ustalaniu wskaźników grupowych, t. j. dla poszczególnych gałęzi przemysłu.

Dla przykładu można wziąć przemysły włókienniczy i węglowy.

Wskaźnik dla przemysłu włókienniczego jest opracowany dzięki nieco szczęśliwszym warunkom, gdyż operowano materiałem, dostarczonym przez elektrownię Łódzką (wykres Nr. 6).

Inaczej przedstawia się sytuacja ze wskaźnikiem elektrycznym wydobycia węgla (wykres Nr. 7), ponieważ elektrownie kopalniane w sprawozdaniach miesięcznych z obrotu energii podają brutto spożytą energię bez wskazywania jej przeznaczenia. W całym szeregu wypadków te elektrownie zasilają nie tylko kopalnie, lecz i inne przedsiębiorstwa, eksploatowane przez koncern macierzysty, jak np.: kopalnie rudy żelaznej, koksownie, destylarnie smoły, huty, zakłady chemiczne, a także i przedsiębiorstwa obce. Pozatem należałoby zbadać, jaki procent całkowitej zużytej energii idzie na cele czysto produkcyjne, a jaki na pozostałe cele uboczne (jak np. przewietrzanie,

zmiennych warunków gospodarczych przy równoczesnym gromadzeniu i systematyzowaniu materiałów cyfrowych, jak również ustalaniu faktów oraz związków przyczynowych, łączących poszczególne zjawiska. A gdy chodzi o zjawisko zupełnie jeszcze nowe, jakim jest elektryfikacja, — zjawisko, którego rola w życiu gospodarczym kraju nie jest jeszcze należycie doceniana przez naszych ekonomistów zawodowych, badania takie są specjalnie utrudnione*).

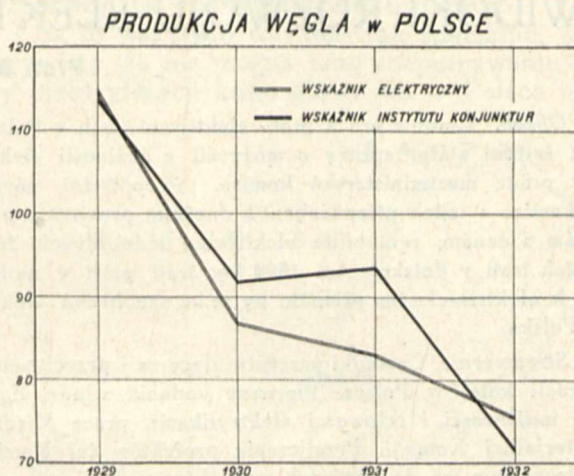


Rys. 6.

odwadnianie, oświetlanie, dźwigi, sortowanie węgla i t. d.). Nie posiadając szczegółowych danych, otrzymujemy obraz skażony, przedstawiający maksimum trudności przy obecnych u nas warunkach techniki statystycznej.

Pomimo braku tych danych roczne wskaźniki elektryczne dla przemysłu włókienniczego i kopalnictwa węgla zachowują ogólną tendencję, wykazywaną przez wskaźniki Instytutu Konjunktur.

Na zakończenie tej rozprawki pragnąłbym podkreślić, że badania gospodarcze wogóle wymagają stosowania specjalnych metod szczególnie elastycznych, celem dostosowywania się do



Rys. 7.

To też trudności ustalania wskaźników elektrycznych będzie można stopniowo usuwać tylko w atmosferze zrozumienia przez ogół elektrowni, że jednym z podstawowych elementów kształtowania się wskaźników jest ich aktualność; ze strony zaś administracji państwowej — zrozumienie, że należy ograniczyć pracę elektrowni nad udzielaniem informacji statystycznych do koniecznego minimum.

*) Miło mi jest na tem miejscu serdecznie podziękować p. Ludwikowi Landauowi, kierownikowi Oddz. Ogóln. Badań Ekon. w Instytucie Konjunktur za łaskawe udzielenie cennych uwag i informacji.

Volná themata pro jednání v sekci I.

Jak uvedeno bylo v čísle 8 Prz. El. t. r. (str. 181) následující volná themata budou předmětem jednání na sjezdu 1933 v sekci I:

1) Jaké obtíže v chodu elektrárny působí současné užití dvou různých tlaků páry v kotelně, zejména v době neočekávaných poruch?

2) Metody stanovení účinnosti jednotlivých součástí turboagregátů při dodávkách turbíny a generátoru dvěma různými firmami.

3) Nejpraktičtější způsoby odstraňování popílku a sazí z kouřových plynů elektrárny postavené úvnitř města.

4) Jaké jsou možné úspory v chodu elektrárny a sítě vzhledem k všeobecné snaze pro snižování sazeb elektřiny.

5) Pozorování trvanlivosti dřevěných elektrických sloupů.

6) Zkušenosti z praxe venkovních transformoven asi 30 kV.

Wolne tematy do dyskusji w Sekcji I.

Zgodnie z zapowiedzią, zamieszczoną w numerze 8 „Przeglądu Elektrotechnicznego” z roku bieżącego (str. 181), następujące wolne tematy będą przedmiotem dyskusji na Walnym Zgromadzeniu w Sekcji I:

1. Jakie trudności sprawia w ruchu elektrowni jednoczesne stosowanie w kotłowni dwu różnych ciśnień pary, zwłaszcza w razie nagłych zakłóceń ruchu?

2. Metody ustalania sprawności poszczególnych części zespołu turbinowego przy dostawie turbíny i prądnic przez dwie różne firmy.

3. Najpraktyczniejsze sposoby usuwania popiołu i saźdy z dymu w elektrowni, położonej w mieście.

4. Jakie są możliwe oszczędności w ruchu elektrowni i sieci w związku z ogólnym dążeniem do obniżenia cen za energię elektryczną?

5. Obserwacje nad trwałością drewnianych słupów elektrycznych.

6. Doświadczenie, osiągnięte w praktyce transformatorni napowietrznych do 30 kV.

S e k c j a I I .

T R A K C J A

WIDOKI ROZWOJU ELEKTRYFIKACJI KOLEI W POLSCE.

Prof. Roman Podoski.

Obsah. Činitele pro a proti elektrisaci drah v Polsku. První šetření státní spravy o možnosti a účelnosti elektrisace; práce meziministerské komise. Přepočítání návrhů této komise a jejich přízpůsobení k dnešním provozním podmínkám a cenám; rentabilita elektrisace jednotlivých železničních tratí v Polsku. Asi 1800 km tratí patří v nynější době k elektrisaci a tím přispělo by se ke všeobecné elektrisaci Polska.

Streszczenie. Czynniki przemawiające za i przeciw elektryfikacji kolei w Polsce. Pierwsze badania władz, dotyczące możliwości i celowości elektryfikacji, prace Międzyministerjalnej Komisji. Przeliczenie projektów tej Komisji i dostosowanie ich do obecnych warunków ruchu i cen, rentowność elektryfikacji poszczególnych linii kolejowych w Polsce. Około 1800 km kolei nadaje się w chwili obecnej do elektryfikacji, co przyczyniłoby się pozatem do rozwoju ogólnej elektryfikacji kraju.

Mówiąc o elektryfikacji kolei, musimy przede wszystkim odróżnić koleje o znaczeniu lokalnym, dojazdowym, podmiejskie lub międzymiastowe i właściwe koleje dalekobieżne.

Co do pierwszych, to sprawa ich elektryfikacji jest już obecnie dostatecznie wyjaśniona. Ogólnie jest wiadomo, że koleje te odczuwają na całym świecie coraz silniej konkurencję komunikacji autobusowej, która niejednokrotnie stawia ich rentowność i celowość pod znakiem zapytania. Sprawa konkurencji przewozów drogowych i kolejowych była już tak wszechstronnie rozpatrywana i omawiana (ostatnio n. p. na XXII Kongresie Międzynarodowego Związku tramwajów, kolei dojazdowych i publicznych przewozów samochodowych w r. 1930 w Warszawie — referat Dyr. inż. P. N e s t r y p k e, na XI-ym Kongresie Międzynarodowego Związku kolei w tymże roku w Madrycie, na VI-ym Kongresie drogowym w Washingtonie i na XXIII Kongresie Międzynarodowego Związku tramwajów, kolei dojazdowych i publicznych przewozów samochodowych w r. 1932 w Hadze — referat inż. P. J o u r d a i n), iż może być uważana za zupełnie wyjaśnioną.

Jeżeli jednak stanąć na punkcie widzenia elektryfikacji, to należy uwzględnić jeszcze dalszego, bardzo poważnego konkurenta, jakim jest szynowy wóz silnikowy. Wyczerpujące i bardzo ciekawe dane o kosztach eksploatacyjnych wozów silnikowych różnych systemów zawiera referat inż. P r z e l a s k o w s k i e g o, wygłoszony na Ogólnie - Krajowym Zjeździe w sprawach komunikacji miejscowej w r. 1932 w Warszawie. Ze wszystkich tych prac i rozpraw wynika jasno, iż

trakcja elektryczna jest dla tego rodzaju kolei celową tylko przy gęstym, intensywnym ruchu, a wprost niezastąpioną tam, gdzie idzie o przewozy masowe, jak n. p. na przeważnej ilości linii podmiejskich, obsługujących wielkie miasta. Tam natomiast, gdzie idzie o ruch rzadszy, ale jeszcze wystarczający dla usprawiedliwienia istnienia kolei, bardziej wskazane jest wprowadzenie wozów silnikowych.

Jeżeli od tych ogólnych rozważań przejdziemy do stosunków polskich, to zobaczymy, że skutkiem znacznego i długoletniego zastoju w rozwoju komunikacji podmiejskiej, elektryfikacja w tej dziedzinie ma duże widoki rozwoju: dojazdowe koleje elektryczne posiadamy jedynie w Łodzi i na Śląsku, ruch podmiejski warszawski obsługiwany jest dotychczas jeszcze parą, a miasta Lwów, Kraków, Poznań i t. d. wogóle prawie nie posiadają komunikacji podmiejskiej. Sprawa systemu elektryfikacji jest tu również zupełnie wyjaśniona i przy nowych urządzeniach wchodzi już jedynie w grę prąd stały o napięciu 1500 V oraz wagony motorowe z mniejszą lub większą ilością wagonów doczepnych.

Inaczej się rzecz przedstawia, jeżeli przejdziemy do kolei głównych, dalekobieżnych. Tu gra rolę tak pod względem ekonomicznym, jak i technicznym, tyle zmiennych czynników, iż sprawa nie da się rozstrzygnąć ogólnie i musi być każdorazowo rozpatrywana osobno.

Cały szereg czynników zdaje się przemawiać w Polsce przeciwko celowości elektryfikacji kolei głównych. Tak więc mamy naogół teren płaski, korzystny dla trakcji parowej, przestrzenie, zwłaszcza na wschodzie, duże. Obfitość i taniłość węgla i robocizny nie przemawiają też na korzyść elektryfikacji, zwłaszcza, że nasze siły wodne, aczkolwiek dość znaczne, skoncentrowane prawie wszystkie w Karpatach i na Podkarpaciu, nie są dotychczas nie tylko wyczerpane, ale nawet przeważnie słabo zbadane. Brak wreszcie w kraju należyce rozbudowanych sieci elektrycznych o znaczeniu ogólnie - krajowym utrudnia też realizację szerzej zakrojonej elektryfikacji kolejowej.

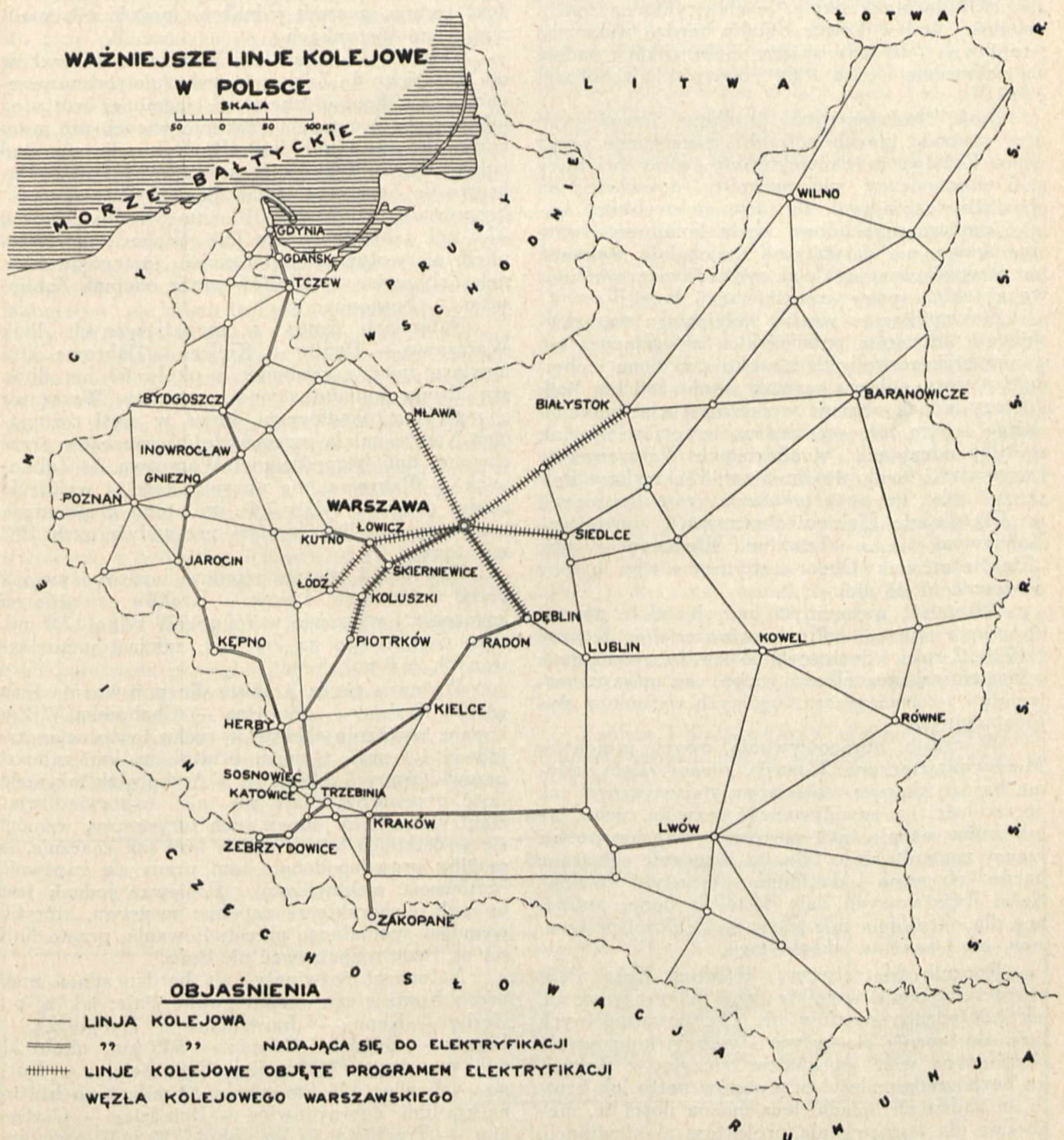
Z drugiej jednak strony ten właśnie słaby rozwój elektryfikacji kraju przemawia za celowością elektryfikacji kolei, gdyż, jak wiadomo, właśnie ona jest jednym z głównych czynników, pobudzających rozwój ogólnej elektryfikacji kraju. Poważne, choć pod względem wykorzystania mocy nie najkorzystniejsze, zapotrzebowanie energii zelektryfikowanych kolei zapewnia zbyt elek-

troniom i temsamem umożliwia ich powstawanie, a daleko rozciągające się linie przesyłowe, niezbędne dla zasilania podstacji kolejowych, udostępniają tanią energię elektryczną szerokim połaciom kraju, położonym wzdłuż zelektryfikowanych linii kolejowych, powodując tam szybki wzrost przemysłu i rzemiosła, a przez to zwiększając możliwości zbytu energii elektrycznej. Że tak jest w rzeczywistości, dowodzą między innymi linie francuskich kolei Chemins de fer du Midi i kolei Marokańskich. Zapotrzebowania trakcyjne, dla zaspokojenia których powstały elektrownie, stanowiły już po kilku zaledwie latach w obu przypadkach około — 20% energii

wytwarzanej przez te elektrownie, podczas gdy całą pozostałą część zużywał nowo powstały przemysł i rzemiosła.

Prócz tego, ruch na znacznej części linii kolejowych w Polsce, skutkiem naogół słabego rozwoju sieci kolejowej, jest tak intensywny, (n. p. na linii od Warszawy ku Zagłębiom węglowym przed kryzysem w 1929-30 r. do 28 milionów tonn brutto rocznie na kilometr linii), iż gwałtownie wymaga zwiększenia zdolności przewozowej, co również przemawia za celowością elektryfikacji.

Są to wszystko warunki tak specjalne, iż jest oczywiste, że nie można przy rozpatrywaniu sprawy elektryfikacji kolei głównych w Polsce posłu-



Rys. 1. Mapa ważniejszych linii kolejowych w Polsce.

giwać się bezpośrednio doświadczeniami obcemi, lecz należy doświadczenia te dostosować do warunków miejscowych i całą sprawę gruntownie zbadać i przekalkulować.

Zdając sobie z tego dokładnie sprawę, władze nasze już w r. 1919 przystąpiły do badania celowości elektryfikacji kolei w Polsce, wyłaniając w tym celu Międzyministerjalną Komisję Studiów.

Komisja ta po opracowaniu konkretnych projektów elektryfikacji czterech linii kolejowych, a mianowicie: Warszawa — Kraków przez Kozłuski i Piotrków — 355 km, Warszawa — Dąbrowa przez Dęblin i Kielce — 390 km, Lwów — Kraków — 342 km i Kraków — Chabówka — Zakopane — 140 km, doszła w swem sprawozdaniu z r. 1932 do przekonania, że elektryfikacja znacznej ilości linii w Polsce byłaby bardzo wskazana i rentowna i że jako system elektryfikacji nadaje się najbardziej prąd stały o napięciu roboczym 3 000 V.

Brak dostatecznych środków finansowych przy ogromie innych potrzeb zniszczonego przez wojnę Państwa oraz niepomyślny ogólny światowy stan ekonomiczny nie pozwoliły dotychczas na chociażby częściową realizację elektryfikacji kolei i dopiero przebudowa węzła kolejowego warszawskiego, nie dająca się racjonalnie wykonać bez równoczesnej jego elektryfikacji, uczyniła znowu aktualną sprawę elektryfikacji kolei.

Elektryfikacja węzła kolejowego warszawskiego i odcinków podmiejskich zbiegających się w nim linii, aczkolwiek szeroko zakrojona i obejmująca przy pełnym rozwoju około 700 km linii, dotyczy jednak obecnie wyłącznie ruchu podmiejskiego i była już wszechstronnie omówiona tak w kilku odczytach w oddziałach Warszawskim, Lwowskim i Krakowskim Stow. Elektryków Polskich, jak też w artykułach, zamieszczonych w „Przeglądzie Elektrotechnicznym”, „Inżynierze Kolejowym”, „La Traction Electrique” oraz „Elektrotechnický Obzor”, zbyteczne więc byłoby powracać tu do niej.

Natomiast wskazanym być się zdaje powrót do prac i obliczeń Międzyministerjalnej Komisji z 1921-22 roku i dostosowanie ich do zmienionych z biegiem czasu wielkości ruchu, cen maszyn, materiałów i robocizny oraz ogólnych warunków eksploatacyjnych.

W czasie opracowywania swych projektów Międzyministerjalna Komisja rozporządzała, jedynie bardzo skąpym materiałem statystycznym tak co do ilości i przewidywanego rozwoju ruchu, jak i kosztów eksploatacji parowej. Obecnie postać rzeczy zmieniła się o tyle, że corocznie ogłaszane bardzo obszerne i dokładne statystyki Polskich Kolei Państwowych dają wszelkie dane, potrzebne dla określenia tak faktycznych ilości przewozów, jak i kosztów eksploatacji.

Rocznik Statystyczny Polskich Kolei Państwowych podaje wszelkie dane tak przewozowe, jak i dotyczące kosztów nie dla poszczególnych linii, ale łącznie dla całych Dyrekcyj kolejowych. Niepodobna więc wprawdzie odczytać z Rocznika bezpośrednio ilości przewozów netto lub brutto na żądanych liniach, lecz można ilości te, niezbędne dla opracowania projektów elektryfikacji, obliczyć z dostateczną dokładnością pośrednio na

podstawie prowadzonych oddzielnie zestawień ilości przewozów towarowych brutto na poszczególnych liniach oraz średniej wagi i ilości pociągów osobowych na tych liniach. Zawarta w Roczniku średnia waga pociągów towarowych w danej Dyrekcji pozwala dalej określić ilość pociągów towarowych na rozpatrywanych liniach.

Ponieważ ruch na kolejach polskich, jak wszędzie na świecie, znacznie zmalał skutkiem kryzysu, przeto jako podstawę dla dalszych obliczeń wzięto rok 1928-29, który można uważać za normalny. Rozpatrując ilość przewozów w tym roku na 4-ch liniach, przestudjowanych przez Międzyministerjalną Komisję, widzimy, że rozwój ruchu został ilościowo przez tę komisję oceniony dość trafnie, poszedł jednak w innych niż przewidywano kierunkach.

Tak więc odcinek linii Warszawa — Kraków od Warszawy do Ząbkowic wykazuje roczny przewóz 26,9 milionów tonn wagi ciągnionej brutto na kilometr linii, a zatem znacznie więcej, niż przewidywano (21,4 mil. km). Ruch kieruje się stąd jednak nie na Kraków, lecz przeważnie przez Dąbrowę do Sosnowca, dając dla linii Warszawa — Sosnowiec o długości 310 km średni przewóz 27,6 mil. t brutto na km linii. Wobec tego zmieniłem pierwotny projekt Komisji, zastępując odcinek Ząbkowice — Kraków przez odcinek Ząbkowice — Sosnowiec.

Natomiast druga z rozpatrywanych linii, Warszawa — Dęblin — Kielce — Dąbrowa, stanowiąca inną, aczkolwiek o około 60 km dłuższą drogę komunikacyjną pomiędzy Warszawą a zagłębiami węglowymi, która w myśl rozumowań Komisji miała przejąć część przewozów przeciążonej linii bezpośredniej Warszawa — Ząbkowice — Dąbrowa, nie uczyniła tego, i wykazuje średni przewóz tylko 7,4 mil. tonn ciągnionych brutto na km linii zamiast przewidywanych 18,2 mil. tonn.

Również i pierwszorzędna bardzo ożywiona przed wojną linia Lwów — Kraków straciła na znaczeniu i wykazuje w roku 1929 tylko 12,9 mil. tonn ciągn. brutto na km linii, zamiast przewidywanych 21,8 mil. tonn.

Wybrana przez Komisję dla porównania linia górską Kraków — Skawina — Chabówka — Zakopane wykazuje obecnie w ruchu towarowym za ledwie 1,4 milj. t ciągn. brutto na km, zamiast przewidywanych 3,94 milj. t. Aczkolwiek tak mała ilość przewozów zdaje się nie usprawiedliwiać elektryfikacji, to jednak ruch turystyczny wzmógł się w ostatnich latach na tej linii tak znacznie, iż mógłby prawdopodobnie sam przez się zapewnić rentowność elektryfikacji. Ponieważ jednak jest to ruch o charakterze zupełnie swoistym, któryby wymagał specjalnego przestudjowania, przeto linii tej na razie rozpatrywać nie będę.

Natomiast rozwinęły się bardzo silnie inne, przez Komisję nie rozpatrywane linie, jak n. p.: Herby — Kępno — Inowrocław — Bydgoszcz — Tczew — Gdańsk i Gdynia — 545 km, około 22 milj. tonn brutto na km linii, Skierniewice — Kutno — Łowicz 176 km, około 13 milj. tonn brutto na km linii, Zebrzydowice — Dziedzice — Oświęcim — Trzebinia 76 km, około 12 milj. tonn km ciągn. brutto na km linii i t. d.

Szczegółowe projekty, opracowane przez Komisję Ministerjalną, pozwalają oprzeć się przy obliczeniach kosztów elektryfikacji nie na danych ogólnikowych, lecz na rzeczywistych ilościach podstacyj i lokomotyw, niezbędnych dla danej linii, oraz na rzeczywiście potrzebnych mocach poszczególnych podstacyj, przekrojach sieci i t. d.

Z drugiej strony oferty, zebrane dla elektryfikacji węzła Warszawskiego, dostarczają dokładnych danych co do aktualnych cen wszystkich w grę wchodzących maszyn i materiałów tak, że na tych podstawach obliczone koszty uważane być mogą za dostatecznie dokładne. Pewną trudność przedstawia tu sprawa taboru, a raczej wartości istniejącego taboru parowego. Wyłączenie z kosztów elektryfikacji wartości taboru, stosowane często przy obliczeniach porównawczych w założeniu, że koszt lokomotyw elektrycznych równy jest kosztowi lokomotyw parowych, prawdopodobnie słuszne, jeżeli chodzi o kupno dla danej linii z jednej strony lokomotyw elektrycznych, z drugiej parowych, — nie uwzględnia tego, że park lokomotyw parowych nie składa się wyłącznie z maszyn nowych, lecz że przeważna ich część pracuje już od szeregu lat, straciła więc znacznie na wartości. Zapewne, że lokomotywy te przeniesione na inne, nie zelektryfikowane linie, czyniłyby zbędnym zakup odpowiedniej ilości nowych lokomotyw, ale mimo to linie te otrzymałyby maszyny już stare, a zatem o mniejszej trwałości i wartości. Najśluszniejszym może byłoby zmniejszenie wartości oswobodzonych przez elektryfikację lokomotyw parowych o amortyzację, zależną od ich wieku, i zmniejszenie kosztów elektryfikacji włącznie z lokomotywami elektrycznymi, o tak obliczoną wartość parku lokomotyw parowych, ale na to musiałyby istnieć prawidłowo prowadzone fundusze renowacyjne. Niestety, fundusze takie nie istnieją na Polskich Kolejach Państwowych, a niezbędne odnowienia i wymiany zaliczane bywają na koszt utrzymania i naprawy maszyn.

W braku funduszy odnowienia, oparłem się przy dalszych obliczeniach na średniej wartości parowozu, przyjętej dla inwentaryzacji Polskich Kolei Państwowych, a mianowicie 165 000 zł. (Wartość nowego parowozu wynosi w Polsce zaledwie od typu 320 — 450 tysięcy zł.).

Ilość lokomotyw parowych, potrzebna dla obsługi danej linii daje się obliczyć z ilości pociąg-

go- względnie parowozu-kilometrów, wykonywanych na tej linii, i ze średniego rocznego przebiegu lokomotyw w danej Dyrekcji, względnie na całych Polskich Kolejach Państwowych.

Ponieważ koszty naprawy i utrzymania taboru parowego zawierają również i koszty wymiany, przeto doliczyłem do kosztów eksploatacji trakcji elektrycznej odpisy na odnowienie lokomotyw elektrycznych w wysokości 2,72% ich wartości rocznie, co odpowiada przy 6% oprocentowaniu amortyzacji w przeciągu 20 lat.

Tak krótki termin amortyzacji uważam za wskazany dla lokomotyw elektrycznych głównie ze względu na szybkie postępy techniki, które prędko czynią najlepsze maszyny przestarzałymi. Aczkolwiek, jak to już wspomniałem, Polskie Koleje Państwowe nie czynią normalnych odpisów na odnowienie, uważałem jednak za konieczne odliczyć odpowiednie wpłaty także i na odnowienie podstacyj i sieci, przyczem dla podstacyj przyjąłem jak dla lokomotyw 2,72% rocznie, t. j. amortyzację po 20 latach, dla sieci zaś — 4% rocznie.

Należy zaznaczyć, że koszty elektryfikacji, odniesione na kilometr toru, wypadły znacznie mniejsze, aniżeli np. liczył inż. Parodi w pracy swej „Contribution à l'étude économique de l'électrification des chemins de fer français”. Przyczyną tego jest przede wszystkim wyższe napięcie robocze — 3 000 V zamiast 1 500 V, ustalonych we Francji, skutkiem czego zmniejsza się ilość podstacyj oraz przekroje sieci, a zatem i ich koszt. Prócz tego elektryfikacja nie pociągnęłaby za sobą w Polsce poważniejszych kosztów dodatkowych, jako to: przeróbek i przesunięć linii telegraficznych i telefonicznych, przebudowy dzieł sztuki, np. — przejazdów górnych nad liniami kolejowymi, które często wymagają zupełnej przebudowy skutkiem zbyt małej wysokości, a których w Polsce jest bardzo mało; koszt tych przeróbek p. Parodi ocenił na 215 000 fr. fr. na kilometr. Pozatem przyjęty przez p. Parodi'ego stosunek 2,8 km toru na 1 km linii jest dla Polski stanowczo za wysoki, gdyż stacje są tu znacznie rzadsze, liczone więc tylko 2,4 km toru na 1 km linii.

Tablica I podaje koszty elektryfikacji trzech rozpatrywanych linii w złotych (1 fr. szwajc. = 1,73 zł.).

Tablica I.

Wyszczególnienie	Linja Warszawa Piotrków—Ząbkowice 310 km		Linja Warszawa Dęblin - Kielce 407 km		Linja Lwów—Kraków 333 km	
	Ogółem	na 1 km	Ogółem	na 1 km	Ogółem	na 1 km
Podstacje	11 300 000	36 400	11 550 000	27 200	8 400 000	25 300
Sieć	31 920 000	103 000	42 895 000	101 000	35 500 000	106 000
Warsztaty, remizy, różne	3 500 000	11 300	2 050 000	4 800	1 700 000	5 100
Tabor	66 000 000	—	38 600 000	—	43 700 000	—
Razem	112 720 000	150 700	95 095 000	133 000	89 300 000	136 400
Wartość istniejących lokomotyw parowych	60 000 000	—	35 800 000	—	43 600 000	—
Koszt elektryfikacji po potrąceniu wartości lokomotyw parowych	52 720 000	—	59 295 000	—	45 700 000	—

Zamiana trakcji parowej na elektryczną wpływa tylko na niektóre działy wydatków eksploatacyjnych, podczas gdy inne, jak np. Dyrekcja, służba stacyjna, handlowa, sanitarna i t. p. — pozostają bez zmiany. Wprowadzenie trakcji elektrycznej zmniejszy wprawdzie prawdopodobnie nieco koszty czyszczenia wagonów, a zatem wydatki na służbę wagonową oraz koszty utrzymania torów, a zatem wydatki na służbę drogową, ale zmniejszenie to jest niewielkie i ściśle ustalić się nie daje, wobec czego i te wydatki uważałem jako od rodzaju trakcji niezależne. Do wydatków zależnych od rodzaju trakcji zaliczyłem więc tylko następujące działy podług rachunkowości Polskich Kolei Państwowych: służba konдукtorska (zwiększenie składów i prędkości handlowej pociągów zmniejsza te koszty), służba parowozowa, obejmująca opał i smary dla parowozów oraz drużyny parowozowe, oraz służba warsztatowa (naprawa i utrzymanie parowozów).

Ilość energii elektrycznej, jakaby zużyła każda z rozpatrywanych linii, została dokładnie obliczona w projektach Międzyministerjalnej Komisji, które podają również przebieg dzienny obciążenia, a także ich maksyma, co pozwala na obliczenie ilości godzin użytkowania maksymalnej mocy.

Obliczenia kosztów energii elektrycznej oparte są na cenach, wynikających z ofert, złożonych Ministerstwu Komunikacji na dostawę energii elektrycznej dla trakcji elektrycznej w węzle kolejowym warszawskim, z uwzględnieniem ilości rocznie pobieranej energii oraz ilości godzin użytkowania największej mocy na danej linii, przy cenie mialu węglowego loco elektrownia 20—21 zł. za tonnę. Węgiel dla parowozów kosztował w roku 1928-29 średnio 28 zł. za tonnę loco tendry parowozowe.

Rozkłady jazdy, względnie prędkości handlowe pociągów, pozwalają na obliczenie potrzebnej ilości personelu tak służby konдукtorskiej, jak

i parowozowej, a zatem i odnośnych kosztów. Co do kosztów naprawy i utrzymania lokomotyw elektrycznych, to wobec podobieństwa projektowanych typów taboru, oparłem się na danych kolei Paris—Orléans. Ponieważ jednak koszty te są tam wyjątkowo niskie — rewizje i naprawy warsztatowe kosztują około 0,223 fr. fr. na lokomotywo-kilometr — podwoiłem te koszty, licząc się zwłaszcza w początkach z mniej wprawnym personelem, drożnemi może poniekąd częściami zamiennymi i t. d. i przyjąłem ogółem wraz z bieżącymi rewizjami 0,24 zł. (około 0,72 fr. fr.) na lokomotywo-kilometr.

Wyniki tak przeprowadzonych obliczeń zestawione są w tablicy II.

Porównując ze sobą liczby powyższej tablicy, pamiętać należy, że nie wszystkie mają to samo znaczenie dla trakcji parowej, co dla elektrycznej. Tak więc pozycja „Wydatki osobowe” służby parowozowej przy trakcji parowej zawiera również koszt personelu dla czyszczenia, przemywania i bieżącej rewizji parowozów, podczas gdy koszty te włączone są dla trakcji elektrycznej w pozycję „Naprawa i utrzymanie elektrowozów”. Dalej ta ostatnia pozycja dla pary zawiera również i wymianę starych parowozów na nowe, podczas gdy dla trakcji elektrycznej odnośne koszty włączone są w fundusz odnowienia elektrowozów i podstacyj.

Licząc wobec obecnej drożyzny kapitału nawet 8—9% rocznie na jego obsługę, wynika z powyższej tablicy, że elektryfikacja wszystkich trzech rozpatrywanych linii bezwzględnieby się finansowo opłacała, nie mówiąc już o korzyściach ubocznych, jak: oswobodzenie taboru, przewożącego obecnie węgiel dla kolei, zwiększenie prędkości, zwiększenie przelotności linii, pobudzenie ogólnej elektryfikacji kraju i t. p.

Jeżeliby się koszt kapitału zmniejszył do wysokości 6—7% rocznie, to doszlibyśmy prawdopo-

Tablica II.

Wyszczególnienie		Linja Warszawa—Piotrków Sosnowiec		Linja Warszawa—Dęblin - Dąbrowa		Linja Lwów—Kraków	
		trakcja parowa	trakcja elektryczna	trakcja parowa	trakcja elektryczna	trakcja parowa	trakcja elektryczna
Przewozy roczne milj. brtkm ciągn } ogółem na 1 km		8 267	—	3 138	—	4 269	—
Przewidywane roczne zużycie energii kWh		27,6	229 822 600	7,4	83 400 000	12,9	100 000 000
Przyjęta cena energii elektr. gr/kWh		—	5	—	6	—	6
Roczne koszty eksploatacji zł.	Służba konдукtorska wydatki osobowe	6 001 727	3 520 000	3 171 100	1 595 000	4 643 100	1 916 800
	Służba parowozowa (elektrowozowa) opał wzgl. energia elektr	10 322 833	11 491 130	5 362 700	5 004 000	7 770 930	6 000 000
	smary	—	383 800	—	175 800	—	199 000
	wydatki osobowe	6 892 000	2 100 000	3 549 800	1 045 000	4 463 000	1 194 600
	Służba warsztatowa naprawa i utrzymanie	11 645 000	2 950 000	6 228 000	1 520 000	5 150 000	1 673 000
	Odnowienie lokomotyw elektr. i pod- stacyj	—	2 076 000	—	1 364 000	—	1 417 000
	Odnowienie sieci	—	1 276 000	—	1 716 000	—	1 420 000
	Utrzymanie sieci i podstacyj	—	542 000	—	693 000	—	665 500
	Razem	34 871 860	24 339 530	18 311 600	13 112 800	22 027 030	14 485 900
	Oszczędności przy elektryfikacji	—	10 532 030	—	5 198 800	—	7 541 130
Procent kosztów elektryfikacji	—	20%	—	8,9%	—	16,5%	

dobnie do znanego minimum przewozu około 5 milj. t brutto na kilometr linii, przy którym elektryfikacja staje się rentowną.

W tablicy zwraca uwagę fakt, że zastąpienie węgla przez energję elektryczną nie daje prawie oszczędności, a w wypadku linii Warszawa — Sosnowiec, nawet pewną stratę. Daje się to łatwo wytłómaczyć stosunkową taniością węgla w Polsce. Cała oszczędność elektryfikacji polega więc na zmniejszeniu kosztów obsługi oraz kosztów utrzymania i naprawy taboru.

Aczkolwiek powyższe obliczenia nie mogą być dokładne i winny być uważane jedynie za przybliżone, to jednak pozwalają one stwierdzić z całą pewnością, że elektryfikacja znacznej ilości linii kolejowych w Polsce byłaby rzeczą wysoce ren-

towną i wskazaną. Niezależnie od węzła kolejowego warszawskiego, którego elektryfikacja jest postanowiona z innych względów, istnieje w Polsce zgorą 1800 km linii kolejowych, które wykazały w roku 1928-29 przewozy powyżej 7 milj. tonn wagi ciągniętej brutto na kilometr linii, i których elektryfikacja opłacałaby się bezwzględnie, nawet pomimo obecnej drożyzny kapitału.

Chociaż więc dotychczas trakcja elektryczna na kolejach w Polsce nie rozwinęła się jeszcze, należy mieć nadzieję, że nastąpi to w niedalekiej przyszłości i że przyszły referent trakcji elektrycznej w Polsce nie będzie musiał poprzestawać, jak ja obecnie, na opisywaniu tylko projektów, lecz będzie się mógł wykazać rzeczywistymi i realnymi postęпами w tej dziedzinie.

TRAKCJA ELEKTRYCZNA I GOSPODARKA ELEKTRYCZNA NA KOLEJACH WOBEC ROZWOJU ELEKTRYCZNYCH ZAWORÓW NASTAWNYCH.

Inż. Tadeusz Kozłowski.

Obsah. V článku údány jsou prameny týkající se elektrických regulačních ventilů. Uvedena jsou tři možná řešení otázky elektrické trakce, zakládající se na vlastnostech elektrických regulačních ventilů, a porovnány se známými způsoby elektrisace drah: stejnosměrným a jednofázovým proudem. Projednány jsou podrobně trakční přednosti všech těchto systémů a doporučen je zvláště systém, jenž dle názoru autora nejlépe vyhovuje trakčním podmínkám a nejlépe řeší racionální elektrické hospodaření na drahách. Poukázáno na prakticky provedená zařízení toho druhu a na výsledky jejich práce.

Streszczenie. W artykule podane są źródła wiadomości o elektrycznych zaworach nastawnych. Zestawione są trzy możliwe rozwiązania kwestji trakcji elektrycznej, oparte na własnościach elektrycznych zaworów nastawnych, i porównane są ze znanymi systemami elektryfikacji kolei: prądem stałym oraz prądem jednofazowym. Omówione są szczegółowo zalety trakcyjne wszystkich porównywanych systemów i wskazany jest wśród nich system, najbardziej odpowiadający, zdaniem autora, zagadnieniom trakcyjnym oraz najlepiej rozwiązujący kwestję ogólnej racjonalnej gospodarki elektrycznej na kolejach. Podane są wiadomości o praktycznie wykonanych urządzeniach tego rodzaju i o wynikach ich pracy.

Znane wszystkim z radjotechniki wzmacniającej lampy katodowe z anodą, katodą i siatką sterującą przeszły w ostatnich latach tak wielkie fazy rozwoju, iż z dziedziny radjotechniki przeszły do dziedziny prądów silnych, i dziś zdolność przewożenia lamp takich, które w dalszym ciągu nazywać będą elektrycznymi zaworami nastawnymi, mierzyć już można na tysiące kilowatów w jednym zaworze. Własności elektrycznych zaworów nastawnych otwierają przed elektrotechniką prądów silnych zupełnie nowe możliwości, stwarzając niejako nową dziedzinę elektrotechniki.

Pewną miarą zainteresowania świata naukowego i technicznego tą dziedziną służyć może fakt, iż w związku niemieckich elektrotechników odbyło się w lutym 1932 roku kilka posiedzeń dyskusyjnych w tej sprawie, — miesięcznik „Elektrische Bahnen” w tejże sprawie wydał specjalny numer w marcu 1932 roku, wreszcie dziedzinie tej niemieckie E.T.Z. poświęciło cały numer sierpniowy z roku 1932, — na koniec i u nas w Przeglądzie Elektrotechnicznym ukazały się w roku 1932 dwa moje artykuły w numerach 19 i 23, a w roku bieżącym w temże piśmie w numerach 3 i 4 pomieszczono artykuł pana inż. A. Smolańskiego. Osoby, interesujące się wymienioną dziedziną elektrotechniki, odsyłam do wspomnianych artykułów, — zamierzeniem zaś niniejszego artykułu jest nieco bliższe rozpatrzenie możliwości, jakie zastosowanie zaworów nastawnych stwarza dla trakcji elektrycznej i gospodarki elektrycznej na kolejach.

Możliwość te wzbudziły duże zainteresowanie w krajach o dość już rozwiniętej elektryfikacji kolei, a więc są również interesujące dla krajów, które dotychczas nie posiadają kolei z trakcją elektryczną, a przeto nie są związane z żadnym już zastosowanym systemem trakcji, co znowu daje im większą swobodę w wyborze systemu możliwie najlepszego na podstawie cudzych, nieraz bardzo kosztownych doświadczeń.

Stan obecny elektrycznych zaworów nastawnych pozwala na następujące trzy rozwiązania kwestji trakcji elektrycznej:

1) Zastosowanie do trakcji zwykłego systemu jednofazowego prądu niskookresowego, czerpane go jednak na podstacjach nie jak dotychczas z obrotowych przetwornic, lecz z zaworowych przekształtników (Umrichter), przetwarzających normalny prąd trójfazowy o zwykłej częstotliwości 50 okresów na sekundę na jednofazowy prąd zmienny o częstotliwości $16\frac{2}{3}$ okresu na sekundę.

2) Zastosowanie w przewodzie jezdnyim prądu jednofazowego o napięciu 15 000 do 20 000 woltów o normalnej przemysłowej częstotliwości 50 okresów na sekundę, a na lokomotywie nastawnego (sterowanego) prostownika oraz normalnych szeregowych silników prądu stałego. Jako warjant tegoż systemu służyć może zastosowanie na lokomotywie specjalnych silników bezkomutatorowych.

3) Zastosowanie w przewodzie jezdnyim prądu stałego o napięciu 15 000 do 20 000 woltów, a na lokomotywie opartego na działaniu zaworów nastawnych tak zwanego transformatora, a raczej przetwornika prądu stałego, połączonego z nastawnym prostownikiem; reszta urządzenia, jak w punkcie 2-im.

Poniżej rozpatrzmy porównanie powyższych sposobów rozwiązania kwestji trakcji elektrycznej, opartych na własnościach udoskonalonych zaworów nastawnych, ze zwykłymi systemami: prądu stałego o napięciu 3 000 woltów i niskookresowego prądu jednofazowego o napięciu 15 000 woltów. W dalszych rozważaniach wyżej wymienione systemy trakcji, oparte na zasadach zaworów nastawnych, dla skrócenia będą nazywać w kolejności przytoczenia systemami: Nr. 1, Nr. 2, i Nr. 3, dotychczasowe zaś systemy trakcji elektrycznej oznaczymy: system prądu stałego systemem Nr. 4, a system prądu jednofazowego systemem Nr. 5.

Kwestjami o decydującem znaczeniu dla trakcji elektrycznej są następujące:

- 1) niski koszt podstacyj przetwórczych;
- 2) wysoka sprawność przetwarzania;
- 3) niski koszt sieci jezdnej;
- 4) małe straty energii w przewodach i szynach;
- 5) możliwie mały spadek napięcia w sieci jezdnej;
- 6) tanie, proste i łatwe w obsłudze, a tanie w konserwacji lokomotywy;
- 7) wysoka sprawność i pewność silników trakcyjnych;
- 8) łatwość wielokrotnego rozrządu, czyli kierowania paru lokomotywami przez jednego maszynistę;
- 9) łatwość rozruchu bez szarpnięć i możliwie bez strat;
- 10) łatwość regulacji prędkości w szerokich granicach możliwie bez strat;
- 11) możliwość oddawania energii na sieć przy hamowaniu na spadkach oraz przy zwykłym hamowaniu aż do zatrzymania;
- 12) możliwe uniknięcie korozji elektrolitycznej szyn i pobliskich rurociągów;
- 13) możliwie małe oddziaływanie na sąsiednie przewody prądu słabego.

W dalszym ciągu rozpatrzmy, w jakim stopniu czynią zadość powyższym wymaganiom trakcyjnym pięć wymienionych wyżej systemów trakcji.

Koszt podstacyj.

System Nr. 1 właściwie niczem się nie różni od zwykłego systemu trakcji prądem zmiennym, t. j. od systemu Nr. 5, z wyjątkiem tylko podstacyj, gdzie przy systemie Nr. 1 użycie zaworowych

przekształtników pozwala na uzyskanie niskookresowego prądu zmiennego prawie z równie wysokim stopniem sprawności, jaki dają prostowniki.

Tym sposobem odpada zarzut małosprawnego przetwarzania w kosztownych przewodnicach wirujących, wysuwany dotychczas przez zwolenników prądu stałego przeciwko prądowi zmiennemu. System Nr. 1 poważnie badany jest w Niemczech, gdzie cały szereg wybitnych uczonych i techników poświęca mu wiele pracy, wiedzy i talentu wynalazczego. Wśród tych wymienię panów: F. W. Meyera - Deliusa, O. Löbl'a, Haseltina, i Krämera.

Jako urządzenie przetwórcze na podstacyj służy:

1) przy systemie Nr. 1 przekształtniki zaworowe z prądu trójfazowego o 50 okresach na sekundę w prąd jednofazowy o $16\frac{2}{3}$ okresu na sekundę;

2) przy systemie Nr. 2 zwykle jednofazowe transformatory;

3) przy systemie Nr. 3 prostowniki ręcione wysokiego napięcia;

4) przy systemie Nr. 4 dawniej używane były motor — generatory, potem przetwornice jedno i dwustopniowe, wreszcie od kilku lat ostatnich wyłącznie prostowniki ręcione;

5) przy systemie Nr. 5 — przetwornice wirujące (motor — generatory) dla przetwarzania prądu trójfazowego o normalnej okresowości w niskookresowy prąd jednofazowy.

Jak łatwo wywnioskować z powyższego zestawienia, najniższy koszt podstacyj wypada przy systemie Nr. 2, a reszta systemów da się uszeregować w następujący sposób w kolejności wzrostu kosztu podstacyj: Nr. 4, Nr. 3, Nr. 1 i Nr. 5. Dla systemów Nr. 1, 3 i 4 niezbędne są na podstacyjach transformatory trójfazowo - sześćfazowe, a więc znacznie droższe od jednofazowych, a prócz tego, przy systemach Nr. 3 i 4 konieczne są prostowniki, a przy systemie Nr. 1 przekształtniki zaworowe (Umrichter).

Sprawność podstacyj.

Z objaśnień poprzedniego ustępu wynika, iż porównywane systemy trakcji w stosunku do sprawności podstacyj uszeregować można w kolejności zmniejszającej się sprawności w sposób następujący: Nr. 2, Nr. 3 i Nr. 4, Nr. 1 i wreszcie Nr. 5. Istotnie przy systemie Nr. 2 wchodzi w grę tylko sprawność transformatora, a przy systemach Nr. 3, 4 i 1, prócz transformatora, jeszcze i sprawność prostownika lub przekształtnika zaworowego, zaś przy systemie Nr. 5 — transformatora trójfazowego, motor — generatora i transformatora jednofazowego.

Koszt sieci.

Z powodu jednakowej wysokości napięcia koszt sieci jezdnej wypada jednakowy przy systemach: Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3 i Nr. 5. Przy systemie zaś Nr. 4 koszt sieci wypada większy z powodu stosunkowo niskiego napięcia 3 000 woltów.

Straty energii w sieci.

Straty energii w sieci i szynach są przy systemie Nr. 2 mniejsze, niż przy systemie Nr. 4, mniej

więcej równe, jak przy systemach Nr. 1 i Nr. 5 i większe, niż przy systemie Nr. 3. Przewaga systemu Nr. 2 pod względem strat w sieci w stosunku do systemu Nr. 4 polega na znacznie wyższym napięciu, dzięki czemu przy racjonalnym, a więc ekonomicznym wykonaniu procentowe straty energii muszą być znacznie mniejsze.

Jak wiadomo, przy racjonalnym wykonaniu sieci przekroje przewodów i procentowe straty energii należy wybrać odwrotnie proporcjonalne do iloczynu $E \cos \varphi$. System Nr. 3, dzięki $\cos \varphi = 1$, odznacza się najmniejszymi stratami w sieci.

Spadek napięcia w sieci.

Procentowy spadek napięcia w sieci przy systemie Nr. 2 może być taki sam, jak przy systemie Nr. 4, ale większy, niż przy systemach Nr. 1 i Nr. 5, i znacznie większy, niż przy systemie Nr. 3, przy jednakowych innych warunkach. Systemy Nr. 1, Nr. 5 i Nr. 3 są dogodniejsze od systemu Nr. 2 pod względem procentowego spadku napięcia, ponieważ przy systemach Nr. 1 i Nr. 5 wypadnie mniejszy indukcyjny spadek napięcia w przewodzie jezdycznym odpowiednio do mniejszej częstotliwości, przy systemie zaś Nr. 3 wogóle niema indukcyjnego spadku napięcia.

Cena i konserwacja lokomotyw.

Co się tyczy ceny lokomotyw, to jak oblicza inż. Reichel (E. T. Z. sierpień 1932 r.) przy systemie Nr. 2 cena wypadła na poziomie systemu prądu stałego, t. j. systemu Nr. 4, a niższa o 10 do 15%, niż dla systemu Nr. 1, Nr. 5 i Nr. 3. Prostotą budowy lokomotywy, łatwością obsługi i taniością konserwacji system Nr. 2 przewyższa system Nr. 3, jeszcze bardziej Nr. 1 lub Nr. 5, a najbardziej system prądu stałego, t. j. Nr. 4, a to ze względu na brak wszelkich przekładników, pneumatycznych serwomotorów, kontaktorów i oporników. Przy systemie Nr. 2 rozrząd lokomotywy polega tylko na przestawianiu momentu zapłonu siatek, a więc odbywa się w obwodzie prądu słabego i napięcia niskiego; takież rozrząd stosuje się i przy systemie Nr. 3. Przy systemach Nr. 1 i Nr. 5 rozrząd odbywa się zapomocą zaczepów na transformatorze, a więc w obwodzie prądu silnego. Wreszcie przy systemie Nr. 4 rozrząd polega na włączaniu i wyłączaniu oporów, łączeniu silników w szeregi i równolegle i na bocznikowaniu wzbudzenia silników, — a więc również w obwodzie prądu silnego i w dodatku ze stratami w oporach. Z powodu konieczności stosowania oporników, jak również bardzo silnych prądów z racji względnie niskiego napięcia — wszystkie kontaktry i oporniki przy systemie Nr. 4 wypadają specjalnie wielkie, ciężkie i kosztowne, a konserwacja ich uciążliwa i kosztowna z powodu łatwego nadpalania kontaktów przez powstające łuki przy przerywaniu prądu. Przyrządy te są wielkie i wymagają dużej siły na uruchomienie, wobec czego staje się koniecznym ich napęd pneumatyczny, co jeszcze komplikuje i podraża konserwację.

Sprawność i pewność silników.

Sprawność i pewność silników przy systemie Nr. 2 odpowiada teje przy systemie Nr. 3 oraz

przy systemie Nr. 4 i większa jest, niż przy systemach Nr. 1 i Nr. 5. Przy systemach Nr. 2, 3 i 4 stosowane są zwykle szeregowo silniki prądu stałego, znane ze swej wytrzymałości, sprawności i pewności, natomiast przy systemach Nr. 1 i Nr. 5 silniki komutatorowe prądu jednofazowego, droższe, mniej sprawne i nie tak pewne w ruchu z powodu trudności komutacyjnych i bardziej skomplikowanej budowy.

Rozrząd wielokrotny.

Łatwość rozrządu wielokrotnego przy systemie Nr. 2 jest takież, jak przy systemie Nr. 3 i przewyższa systemy Nr. 1, 4 i 5, a to ze względu na sterowanie siatkowe, co wymaga minimalnego prądu i napięcia dla rozrządu.

Rozruch i regulacja.

Co się tyczy rozruchu i regulacji, system Nr. 2 odpowiada systemowi Nr. 3 i przewyższa systemy Nr. 1 i Nr. 5, a jeszcze więcej system Nr. 4. Przy systemie Nr. 2 rozruch i regulacja odbywa się całkowicie bez żadnych strat w oporach, bez przełączania, a do tego z całkowitą ciągłością, bez skoków i przeto również bez szarpnięć. Pod tym względem najgorszy jest system Nr. 4, a to z powodu konieczności stosowania oporników, co związane jest z dość znaczną stratą energii, szczególnie przy częstych rozruchach. Systemy Nr. 1 i 5 pozwalają na rozruch i regulację bez strat, jednak, jak i system Nr. 4, regulacja — skokami bez ciągłości, która jest wyłączną zaletą systemów Nr. 2 i Nr. 3.

Oddawanie energii na sieć.

Oddawanie energii na sieć jest łatwiejsze przy systemie Nr. 2, niż przy innych systemach, i to nie tylko przy jeździe po spadkach, ale nawet przy zwykłym hamowaniu prawie aż do zatrzymania.

Dla oddawania energii na sieć wszystkie rozpatrywane systemy wymagają przełączeń i specjalnych urządzeń na lokomotywie, urządzenia te jednak prostsze są przy systemie Nr. 2 oraz łatwiejsze dla obsługi.

Przy systemie Nr. 4, opartym całkowicie na prądzie stałym, dla oddawania energii na sieć niezbędne jest pobudzenie silników charakteru maszyn o wzbudzeniu szeregowym podczas hamowania. Wymaga to specjalnej wzbudnicy dla zasilania wzbudzenia silników, o ile chodzi o silniki szeregowo-bocznikowych. Te ostatnie, przedstawiając ciekawe i pożyteczne rozwiązanie dla tramwajów, dla kolejnictwa jednak są niepożądane, ponieważ związane są z częściową utratą cennych własności trakcyjnych silników szeregowych, a przedewszystkiem z utratą zdolności wyrównywania obciążeń na podstacji, co przy względnie rzadkim ruchu na kolejach i małej ilości pociągów, zasilanych z jednej podstacji, wysoce niekorzystnie odbiłoby się na pracy podstacji. Po zmniejszeniu szybkości przy hamowaniu do pewnej granicy przy systemie Nr. 4 hamowanie nie tylko ustaje, ale rozpoczyna się dalsza praca trakcyjna przy zmniejszonej prędkości, o ile przez dalszą regulację maszynista nie wywoła dalszego procesu hamowania. W każdym razie przy pewnej zmniejszo-

nej szybkości hamowanie przy oddawaniu energii na sieć wogóle staje się niemożliwe przy systemie Nr. 4, a zamiast hamowania rozpoczyna się praca trakcyjna dążąca do zachowania nadal danej prędkości. Przy systemach Nr. 1 i Nr. 5 możliwe jest oddawanie energii na sieć sposobem Benn-Eschenburga, to jest prawie aż do zatrzymania. Coś podobnego zachodzi również przy systemach Nr. 2 i Nr. 3.

Z powodu własności jednostronnego przewodzenia prostownik na lokomotywie sam przez się nie może przejść od pracy trakcyjnej do hamowania lub odwrotnie, a więc podczas oddawania energii na sieć po zmniejszeniu się prędkości do pewnych granic możliwe jest tylko zaprzestanie hamowania, ale niemożliwa jest praca trakcyjna. Prócz tego przez regulowanie momentów zapłonu siatek można przeciwstawić napięciu silników, pracujących jako prądnice, dowolnie małą częstotliwość fali napięcia anodowego, co pozwala hamować z oddawaniem energii na sieć prawie aż do zatrzymania.

Prócz tego przy systemach Nr. 2 i 3 regulacja hamowania odbywa się w obwodzie siatek, a więc w obwodzie prądu słabego i napięcia niskiego, co dostatecznie wyjaśnia prostotę i łatwość obsługi przy tych systemach.

Jeszcze większą przewagę nad innymi systemami posiada system Nr. 2 przy oddawaniu energii na sieć w odniesieniu do podstacji. Ponieważ przy ruchu kolejowym w przeciwieństwie do tramwajowego pociągi idą jedne za drugimi stosunkowo w dość sporych odstępach czasu, więc na szlaku, obsługiwanym przez jedną podstację, może się znaleźć mała ilość pociągów, wskutek czego zdarzyć się może, iż żaden z pociągów nie będzie mógł spotrzebować w danej chwili energii, oddawanej na sieć przez inny pociąg, a więc musi być przewidziany przepływ tej energii przez podstację. Pod tym względem system Nr. 2 ma zdecydowaną przewagę nad resztą rozpatrywanych systemów, gdyż zwykły transformator jest przyrządem odwracalnym, pozwalającym w każdej chwili na zmianę kierunku przepływu energii w zależności od potrzeby. W przeciwieństwie do tego jak prostowniki, tak i przekształtniki zaworowe, jako oparte na jednostronnym przewodzeniu prądu, są przyrządami z natury rzeczy nieodwracalnymi.

Jakkolwiek najnowsze wynalazki w tej dziedzinie pozwalają już na odwracalność wymienionych przyrządów, jednak kosztem poważnej komplikacji i dodatkowych urządzeń, prawie podwajających koszt tych przyrządów.

Szczególniej trudne i kosztowne jest dostosowanie prostowników i przekształtników do automatycznej zmiany kierunku energii w zależności od zapotrzebowania, co właśnie nieodzowne jest na podstacjach trakcyjnych przy hamowaniu z oddawaniem energii na sieć. Zupełnie inaczej przedstawia się sprawa przy prostowniku na lokomotywie według systemu Nr. 2: tutaj zwykłe przełączenie biegunów oraz przestawienie nastawienia siatek, wykonane w dowolnym momencie przez maszynistę, przystosowuje natychmiast prostownik do przymusowej pracy z odwróconym kierunkiem energii, to jest do oddawania energii na sieć.

Niebezpieczeństwo korozji.

Przy ograniczeniu obwodu prądu stałego tylko do lokomotywy system Nr. 2 całkowicie usuwa niebezpieczeństwo korozji elektrolitycznej szyn i rurociągów i pod tym względem odpowiada systemom Nr. 1 i Nr. 5, a o wiele przewyższa system Nr. 3, a jeszcze bardziej system Nr. 4. Przy systemach Nr. 1 i Nr. 5, jak również przy systemie Nr. 2 płynie szynami prąd zmienny, który dla elektrolizy jest bez znaczenia, natomiast przy systemie Nr. 3 szynami płynie prąd stały, a przy systemie Nr. 4 również prąd stały, lecz znacznie silniejszy z powodu niższego napięcia roboczego.

Oddziaływanie na przewody prądu słabego.

Na telegraficzne przewody system Nr. 2 oddziałuje mniej od innych, natomiast wywołuje większy wpływ na linie telefoniczne, niż system Nr. 1, Nr. 5 i Nr. 3, jednak nie ustępuje pod tym względem systemowi Nr. 4, gdyż przy prądzie stałym wysoka częstotliwość komutacji może silnie oddziaływać na telefony.

Jak widać z powyższego zestawienia, system Nr. 2 pod względem zadośćuczynienia wyżej wymienionym trzynastu warunkom dobrej trakcji elektrycznej przewyższa dla większości tych warunków inne systemy. Z tej przyczyny ma on widoki uznania go za system, wybitnie nadający się do trakcji.

Zalety systemu Nr. 2 nie ograniczają się jednak do zalet czysto trakcyjnych. System ten w wysokim stopniu ułatwia całą gospodarkę elektryczną na kolejach, pozwalając korzystać z przewodu jezdnego dla zaopatrzenia w energię elektryczną dla siły i światła wszystkich stacji i urządzeń kolejowych nawet o bardzo nieznacznym zapotrzebowaniu mocy (parę lub kilka kVA), a to dzięki normalnej częstotliwości prądu i łatwości transformacji. Dzięki tymże zaletom przy systemie Nr. 2 z przewodu jezdnego zaopatrzyć można w energię elektryczną nie tylko wszystkie urządzenia kolejowe, ale nawet okoliczne osiedla, co w wielkim stopniu wpłynęłoby na ułatwienie elektryfikacji ogólnej, a co byłoby wykluczone przy innych porównywanych systemach, przy których prąd przewodu jezdnego do żadnego innego użytku, prócz trakcji, absolutnie się nie nadaje.

Z punktu widzenia ekonomicznego, przyjmując pod uwagę koszt i wydajność podstacji, koszt sieci i straty w niej, konserwację lokomotyw oraz uwzględniając rozruch i regulację bez strat, należałoby spodziewać się najlepszych rezultatów eksploatacji przy systemie Nr. 2, poczem w kolejności malejącej rentowności możnaby wymienić systemy: Nr. 3, Nr. 1, Nr. 4 i Nr. 5. Jedną tylko ceną lokomotywy przy systemie Nr. 2 na pierwszy rzut oka mogłaby wydawać się mniej korzystną, niż przy systemie Nr. 4, co przy wielkiej ilości lokomotyw mogłoby obniżyć lub nawet zachwiać ekonomiczną przewagę systemu Nr. 2. Jak wspominałem już wyżej, inż. Reichel (E.T.Z. sierpień 1932 r.) oblicza, iż cena lokomotywy dla systemu Nr. 2 z powodu znacznie niższego kosztu transformatora przy 50 okresach wypada o 10 do 15% niższa, niż cena normalnej lokomotywy prądu jednofazowego, a więc — w granicach ceny

lokomotywy prądu stałego. Jeśli kalkulację inż. Reichela uznać za słuszną, to można mówić o ekonomicznej przewadze systemu Nr. 2 przy różnych warunkach ruchu, a więc jak dla gęstego, tak idla rzadkiego ruchu, ponieważ koszt lokomotyw wypadłby taki sam, jak przy systemie Nr. 4, to jest najniższy z możliwych, wszelkie zaś inne koszty jak inwestycyjne, tak i eksploatacyjne, powinny wypaść niższe przy systemie Nr. 2. Inż. M. Schenkel (E.T.Z. sierpień 1932 r.), uważa, iż niemieccy inżynierowie poświęcają zbyt wiele usiłowań ulepszeniem przekształtnika z 50 na $16\frac{2}{3}$ okresu, niezbędnego dla systemu Nr. 1, ponieważ, zdaniem jego, daleko większe zalety dla trakcji przedstawia system Nr. 2.

Dotychczasowe wyniki praktycznego zastosowania.

Wymienione w artykule systemy trakcji (z wyjątkiem systemu Nr. 3) przeszły już okres prac laboratoryjnych i wytrzymały pewną próbę praktycznego zastosowania. Tak, według systemu Nr. 1 wykonano w Niemczech próbną linię kolejową o długości 4-ch kilometrów jeszcze we wrześniu 1931 r., która dała dotychczas dobre rezultaty i pracuje bez żadnych zakłóceń ruchu. Na kolejach niemieckich od kilku lat z dobrym skutkiem pracuje kilka lokomotyw manewrowych o typie, zbliżonym do systemu Nr. 2, jakkolwiek jeszcze znacznie mu ustępującym. Są to mianowicie lokomotywy dla prądu jednofazowego o częstotliwości $16\frac{2}{3}$ okresu na sekundę ze szklanym prostownikiem na lokomotywie oraz z regulacją za pomocą zaczepów na transformatorze. Nie są tu

więc wyzyskane najważniejsze bodaj zalety systemu Nr. 2, który w czasie budowy tych lokomotyw był jeszcze nie znany, a mianowicie: możliwość zastosowania zwykłej przemysłowej częstotliwości oraz rozruch i regulacja zapomocą rozrządu siatkowego. Pomimo to, lokomotywy te okazały się tańsze i ekonomiczniejsze od zwykłych lokomotyw prądu zmiennego. Według systemu Nr. 2 zostały dotychczas wykonane lokomotywy próbne przez produjące firmy elektryczne: Siemens oraz Brown-Boveri. Lokomotywy te spełniły pokładane w nich nadzieje. Wymienione w artykule godne uwagi zalety trakcyjnego systemu Nr. 2 w całej pełni mogą być uzyskane i ocenione, rzecz prosta, tylko przy szerszym zastosowaniu, ponieważ małe próbne odcinki nie nadają się do uzewnętrzenia wielu zalet, wymagających przestrzeni. Takie, na przykład, zalety, jak: małe straty energii, mały spadek napięcia w sieci, łatwość regulacji prędkości i możliwość oddawania energii na sieć — występują z całą wyrazistością dopiero przy dłuższych odcinkach kolei.

Z powodu wielkich zalet systemu Nr. 2 niemieckie władze kolejowe przystąpiły do bacnych studjów nad tym systemem, pomimo iż w Niemczech wszystkie dotychczas zelektryfikowane linje kolejowe posiłkują się dla trakcji z dobrym skutkiem niskookresowym prądem jednofazowym, co usprawiedliwiałoby niechęć do poszukiwania dróg nowych. Jak donosi „Elektryczestwo“, władze Sowieckiej Rosji zastanawiają się obecnie nad przeróbką na system Nr. 2 niedawno zelektryfikowanej prądem stałym kolei Baku — Surachan.

TRAKCJA AKUMULATOROWA, JAKO UZUPEŁNIENIE ZELEKTRYFIKOWANEJ PODMIEJSKIEJ SIECI KOLEJOWEJ

Inż. Jan Podoski.

Obsah. Doprava v okolí Varšavy je typickým příkladem lokální dopravy velkého města. Statistická data a diagramy. Podstata otázky krajních úseků na periferiích s malou frekvencí. Možnost užití akumulátorových vozidel při odběru levného nočního proudu z dráhové sítě. Provozní data pro varšavskou lokální dopravu. Trojí řešení pro krajní úseky: pára, elektrická trakce a akumulátory. Číselné výkazy a výpočet provozních výloh pro tyto systémy. Výpočet příjmů a rentability tratí pro různé systémy. Výsledky výpočtu a návrhy.

Streszczenie. Warszawski ruch podmiejski jako typowy przykład ruchu podm. wielkiego miasta. Dane liczbowe i wykresy. Istota zagadnienia krańcowych odcinków podmiejskich o słabym ruchu. Możliwość stosowania wozów akumulatorowych przy taności prądu nocnego, pobieranego z sieci kolejowej. Dane eksploatacyjne dla warsz. ruchu podm. Trzy rozwiązania dla odcinków krańcowych: para, trakcja elektryczna i akumulatorowa. Zestawienia liczbowe i obliczenia kosztów eksploatacji dla tych systemów. Obliczenie dochodów i rentowności linii przy rozmaitych systemach. Wyniki obliczeń i wnioski.

I. Dane ogólne.

Trakcja elektryczna na kolejach głównych poczyniła w okresie ostatniego dwudziestolecia tak wielkie postępy, iż wyższość jej nad innymi systemami uznana została powszechnie, szczególnie tam, gdzie chodzi o przewozy masowe, towarowe lub osobowe. W tej ostatniej dziedzinie, obejmującej przeważnie ruch podmiejski, stała się trakcja elektryczna wogóle niezastąpiona, zapewniając idealną prawie elastyczność i wygodę ruchu, przy kosztach eksploatacji znacznie niższych, niż przy innych systemach.

Najlepszy dowód bezkonkurencyjności trakcji elektrycznej w komunikacji podmiejskiej stanowi fakt, iż niema już prawie większego miasta, w którym komunikacja podmiejska nie byłaby zelektryfikowana. Z pośród miast europejskich o ludności powyżej miliona mieszkańców, jedynie Warszawa nie wprowadziła dotąd trakcji elektrycznej na odcinkach podmiejskich. To też sprawa ta staje się tu coraz bardziej paląca, a rozwijający się żywiołowo w Warszawie ruch podmiejski zmusza do

przyśpieszenia realizacji opracowanych przed kilku laty projektów.

Pojęcie o rozmiarach warszawskiego ruchu podmiejskiego dają rys. 1 i 2, na których uwidoczniona została roczna ilość przejazdów dla wszystkich środków komunikacji podmiejskiej oraz oddzielnie dla kolei państwowych w roku 1931.

Na rys. 3 wskazany został wzrost tego ruchu w ciągu lat ostatnich, przy czym charakterystycznym zjawiskiem jest, iż powszechne zmniejszenie ilości przejazdów na kolejach w latach 1930 — 32 nie odbiło się na ruchu podmiejskim, który wykazał w ostatnich latach dalszy wzrost, jedynie nieco zmniejszony w roku ubiegłym. Fakt, iż przy powszechnym kurczeniu się wszelkich przejawów życia gospodarczego ruch podmiejski wzrasta nieustannie, dowodzi, na jak zdrowych zasadach ten ruch się opiera i jak wielki byłby jego wzrost w normalnych warunkach ekonomicznych.

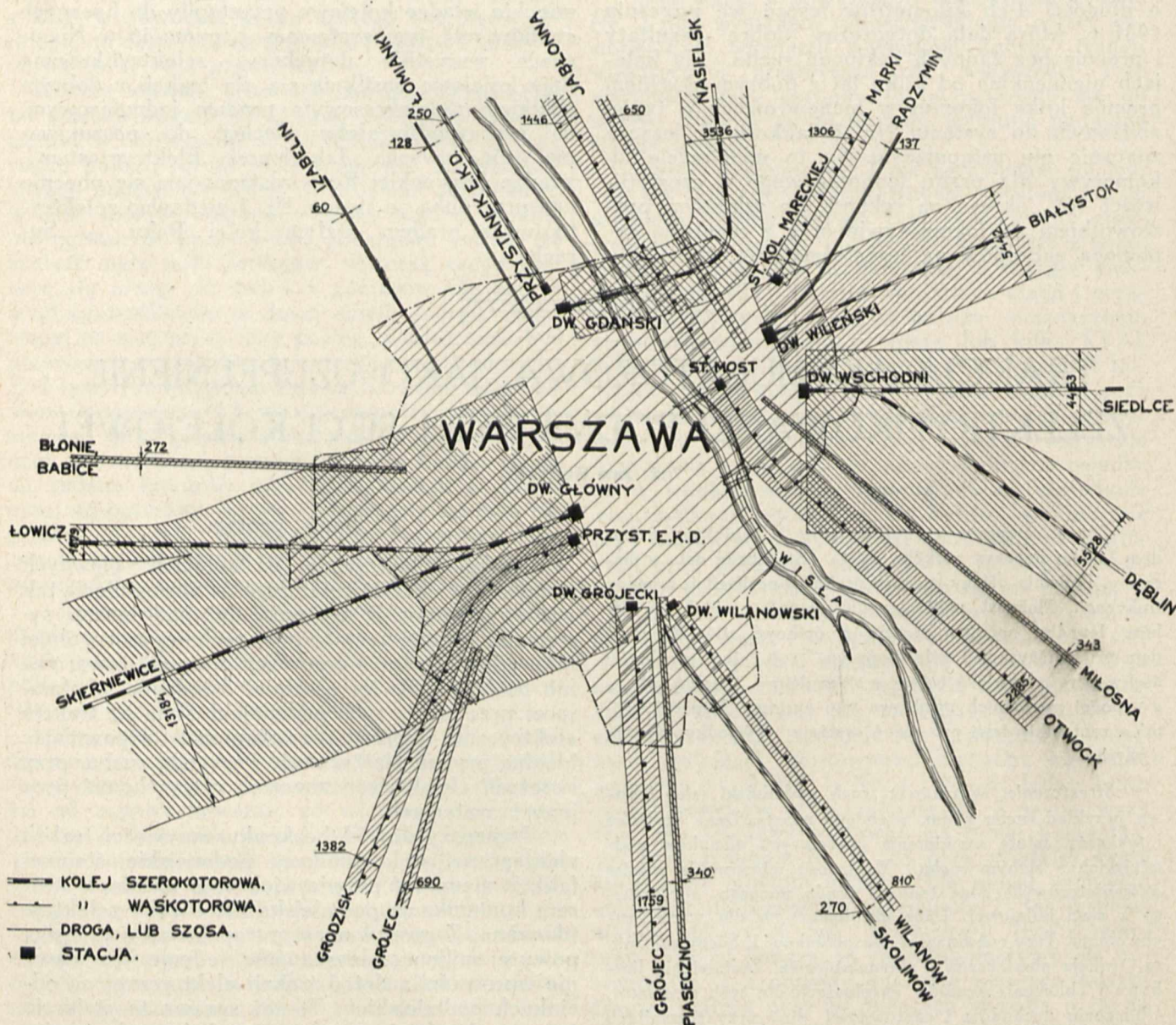
Jeżeli rozpatrzyć rys. 2, to okaże się, iż warszawski ruch podmiejski uważany być może za typowy dla wielkiego miasta, otoczonego szeregiem

miejsowości, znajdujących się pod jego bezpośrednim wpływem. Miasto stanowi tu jakby zbiornik, do którego wszystkimi drogami dąży ludność miejscowości okolicznych. Ruchu pośredniego, pomiędzy jedną miejscowością a drugą prawie nie ma, tak iż na żadnej linii nie spotyka się zjawiska wzrostu ilości przejazdów przy oddalaniu się od stolicy.

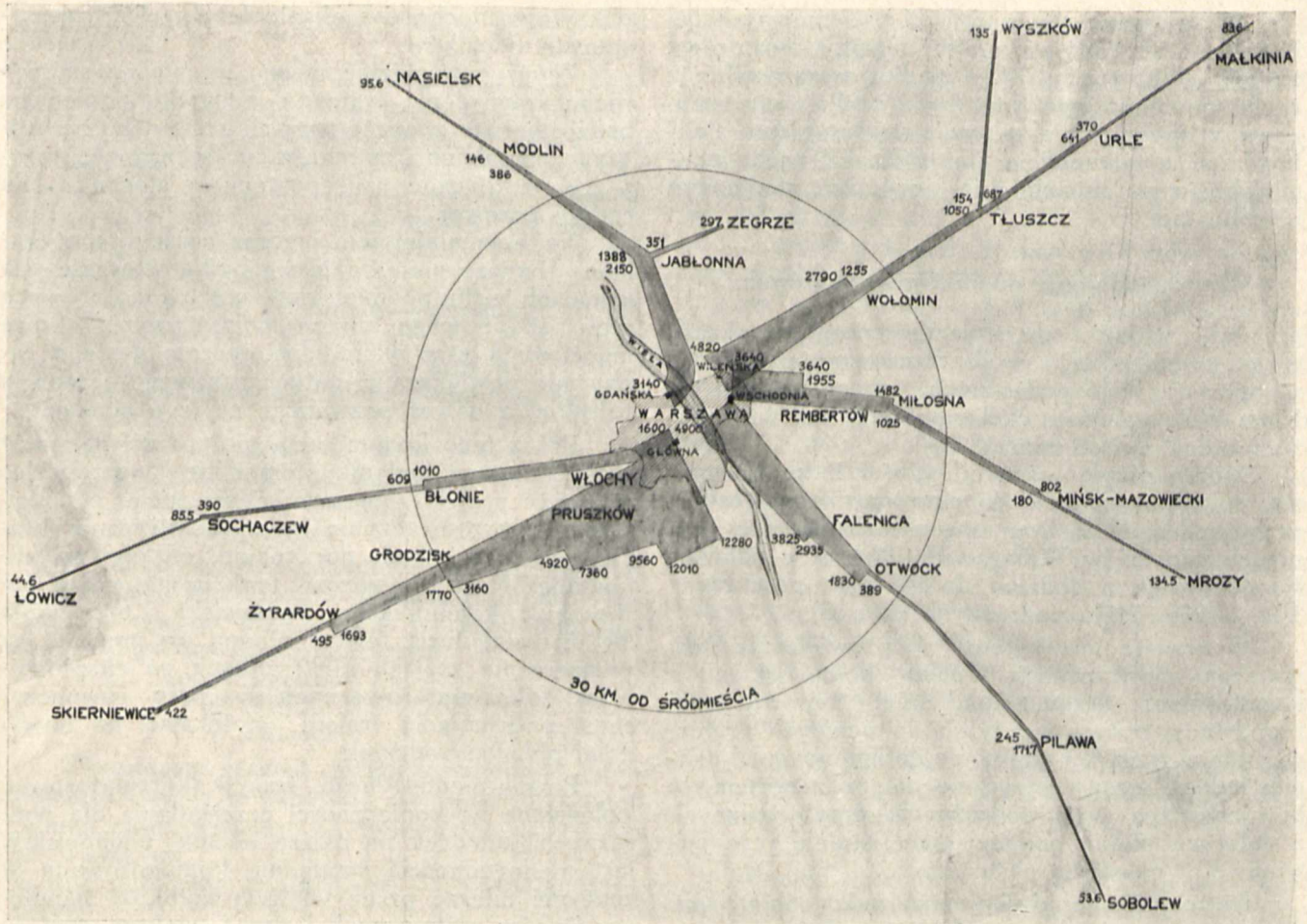
Dodać należy, iż przewozy kolejowe stanowią znaczną większość ogółu przewozów w ruchu podmiejskim. Przybliżony rachunek wykazuje następujące ilości przejazdów podmiejskich w ciągu r. 1931:

a) koleje główne:

linja skierniewicka	13 184 000	
„ łowicka	1 879 000	
„ nasielska	3 536 000	
„ białostocka	5 442 000	
„ siedlecka	4 463 000	
„ dęblńska	5 528 000	34 032 000



Rys. 1. Roczne ilości przejazdów w tysiącach w warszawskim ruchu podmiejskim w roku 1931.

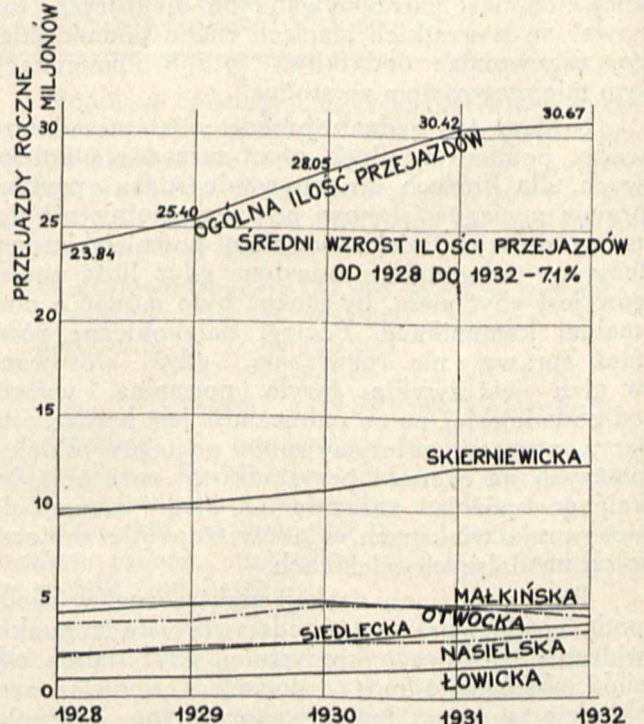


Rys. 2. Roczne ilości przejazdów w tysiącach w pociągach podmiejskich (z pominięciem pociągów dalekobieżnych, uwzględnionych w poprzednim rysunku Nr. 1 i w zestawieniu na liniach P. K. P. w 1931 r.

b) Koleje dojazdowe	
E. K. D. (Grodzisk)	1 382 000
(Łomianki)	250 000
linja grójecka	1 759 000
„ do Jabłony	1 446 000
„ karczewska	2 285 000
„ wilanowska	810 000
„ marecka	1 306 000
	9 238 000
	ogółem 46 170 000
c) Autobusy	
Autobusy w komunikacji podm.	ok. 2 900 000
czyli procentowo:	
koleje główne	73,7%
„ dojazdowe	20,0%
autobusy	6,3%
	100 %

Jak z powyższych rozważań wynika, warszawski ruch podmiejski uważać można za typowy dla ruchu podmiejskiego wielkiego miasta wogóle, gdyż daje on doskonały obraz normalnych warunków pracy tego rodzaju, nie wykazując żadnych cech specjalnie dla Warszawy tylko charakterystycznych. Wyniki badań tego ruchu mogą więc być bez obawy popelnienia większych błędów uogólnione dla wielkomiejskiego podmiejskiego ruchu wogóle, a więc nie tylko dla Warszawy,

oczywiście przy zachowaniu odpowiedniej ostrożności.



Rys. 3. Ilości przejazdów w pociągach podmiejskich (bez dalekobieżnych) na liniach P. K. P.

W dalszym ciągu rozważań przyjmować będą, iż zasadniczo ruch podmiejski eksploatowany jest trakcją elektryczną. W wypadku warszawskiego ruchu podmiejskiego brać będą pod uwagę realizowany obecnie tak zwany pierwszy okres elektryfikacji, a mianowicie elektryfikację ruchu podmiejskiego na liniach skierniewickiej, siedleckiej i dęblńskiej.

II. Zagadnienie odcinków krańcowych.

Jak widać z charakterystycznego wykresu ruchu podmiejskiego w Warszawie, intensywność ruchu, t. j. ilość podróży, przewożonych na 1 km linii, maleje w ruchu podmiejskim ze wzrostem odległości od miasta.

Można przyjąć, iż w odległości 30 km od miasta, co odpowiada ok. 45 minutom jazdy, gęstość ruchu spada do 20% w stosunku do ilości w granicach miasta (w Warszawie 19%), a w odległości 40 km, t. j. godziny drogi, nie przekracza 10 — 12%, ogółu podróży (Rys. 2).

Oczywiste jest zatem, iż prowadzenie normalnego elektrycznego ruchu podmiejskiego z kosztownymi urządzeniami sieci napowietrznej i podstawy opłaca się tylko do pewnych granic, gdyż dalej ruch ten stałby się deficytowym. Z drugiej jednak strony liczyć się należy z faktem, iż ta nieznaczna ilość podróży, przybywających z dalszych okolic podmiejskich, istnieje i że powinna być należycie obsłużona.

Normalnie zarządy kolejowe radzą sobie z tem zagadnieniem w taki sposób, iż wysyłają niektóre pociągi podmiejskie dalej, aż do granic ruchu podmiejskiego, godząc się z faktem, iż pociągi te wskutek fatalnego spólcynnika zapełnienia będą wyraźnie deficytowe. Prócz tego część pociągów dalekobieżnych, przebiegających po odcinkach podmiejskich, jest zatrzymywana na niektórych, lub nawet na wszystkich stacjach ruchu podmiejskiego, zapewniając dodatkowy sposób komunikacji tym miejscowościom ze stolicą.

System ten jednak przedstawia zasadniczą wadę: pomimo wielkich ofiar zarządów kolejowych, dla których utrzymywanie ruchu pustych prawie pociągów stanowi poważny ciężar, nie daje on dalszym miejscowościom podmiejskim należytego połączenia z miastem, gdyż ilość pociągów jest zbyt mała, by można było mówić o normalnej komunikacji. Pociągi dalekobieżne również sprawy nie rozwiązują, gdyż stosowana w nich jest zwykle taryfa normalna, wyższa od podmiejskiej, na co publiczność jest bardzo czuła, a pozatem zatrzymywanie pociągów dalekobieżnych na szeregu przystanków znaczenia lokalnego opóźnia znacznie ich bieg i zmusza do stosowania większych składów, zupełnie zbyt dużych na dalszych odcinkach.

Przy stosowaniu trakcji elektrycznej w ruchu podmiejskim sprawa przedstawia się z punktu widzenia ruchowego korzystniej, gdyż dalsze odcinki obsługiwać mogą pociągi o zmniejszonym składzie, a zatem lepiej wykorzystane. Z drugiej jednak strony przybywa dodatkowe obciążenie finansowe w postaci kosztów kapitału, zainwestowanego w sieci i podstacjach, które musi być

pokryte z dochodów eksploatacyjnych rozpatrywanych odcinków.

Zgóry przewidzieć można, iż wobec słabego ruchu obciążenie takie na jednostkę przewozu będzie bardzo znaczne przy słabym ruchu na dalszych odcinkach i zrównoważy oszczędności, uzyskane na kosztach eksploatacji w stosunku do trakcji parowej.

Najracjonalniejszym i coraz częściej spotykanym rozwiązaniem zdaje się być stosowanie na krańcach ruchu podmiejskiego wozów motorowych typu spalinowego lub akumulatorowych, które umożliwiają utrzymanie dostatecznie gęstego ruchu, nie powiększając dotychczasowego przebiegu osio-km, a nawet pozwalając na jego obniżenie.

Prócz tego komunikacja motorowa spełnia w pewnej mierze zadania pionierskie, poprzedzając właściwe rozwiązanie zagadnienia ruchu podmiejskiego — wprowadzenie trakcji elektrycznej, która opłaca się jedynie poczynając od pewnej minimalnej ilości przewozów. Trakcja motorowa, poprawiając komunikację podmiejską, przyczynia się do osiągnięcia tego minimum, co pozwala na rozszerzenie zasięgu elektryfikacji na eksploatowany dotąd motorowo odcinek, przy równoczesnym przesunięciu trakcji motorowej na nowy, dalej położony odcinek.

Pewna niedogodność trakcji akumulatorowej, polegająca na konieczności przesiadania dla podróży, jadących na dalsze odcinki podmiejskie, jest niedogodnością względną, kompensowaną w znacznej mierze przez większą szybkość handlową wozów motorowych i przez większą gęstość ruchu w stosunku do trakcji parowej.

III Koszty eksploatacji.

O ile odcinki podmiejskie są zelektryfikowane, wskazane jest stosowanie na ich krańcach wozów motorowych typu akumulatorowego, gdyż koszty eksploatacji wypadają wówczas niższe, niż przy innych rodzajach napędu. Sprawa ta wymaga wyjaśnienia.

Większe elektrownie nie stosują nigdy przy dostawach energii elektrycznej dla potrzeb trakcji zwykłej taryfy jednostkowej, lecz posługują się najrozmaitszymi wzorami, uzależniającymi koszt dostarczonej energii nie tylko od jej ilości, lecz również i od ostrza zapotrzebowania.

Najbardziej może nowoczesna jest tak zwana taryfa trójczłonowa, przy której koszt energii obliczany jest przy uwzględnieniu następujących czynników:

- a) kosztów oprocentowania urządzeń, a zatem zależny od zadeklarowanej mocy maksymalnej,
- b) kosztów stałych eksploatacji, zależny od ilości godzin ruchu,
- c) zmiennych kosztów ruchu, a zatem kosztów paliwa.

Przy stosowaniu na krańcowych odcinkach wozów akumulatorowych ładowanie ich odbywałoby się w godzinach słabego ruchu pociągów elektrycznych, a zatem nie wpływałoby na moc zadeklarowaną dla całej sieci kolejowej. Również ilość godzin ruchu nie uległaby praktycznie zmianie. Zmieniłoby się jedynie proporcjonalnie

do wzrostu pobranej energii zużycie węgla przez elektrownię.

Energja elektryczna dla napędu wozów akumulatorowych byłaby dostarczana zatem jedynie za cenę węgla, potrzebnego na jej wytworzenie, po uwzględnieniu odpowiedniego zarobku elektrowni, gdyż pozostałe człony taryfy opłacane byłyby w tej samej wysokości, niezależnie od tego czy energja dla ładowania akumulatorów była pobierana, czy też nie.

Powróćmy do przykładu warszawskiego ruchu podmiejskiego. Biorąc pod uwagę aktualny obecnie projekt elektryfikacji, widzimy, iż granice zelektryfikowanego ruchu podmiejskiego dosięgać mają:

na linii skierniewickiej do Żyrardowa — 41 km
 „ „ siedleckiej do Mińska Maz. — 36 „
 „ „ dęblińskiej do Otwocka — 23 „
 licząc od krańców miasta.

Z punktu widzenia rentowności ustalenie takiego zasięgu jest zupełnie słuszne, gdyż poza wymienione odcinki przejeżdżają w ruchu podmiejskim następujące ilości podróży:

poza Żyrardów 4%
 „ Mińsk M. 5%
 „ Otwock 8%

Tymczasem jednak przepisy kolejowe przewidują, iż taryfy podmiejskie stosowane być mają na linii skierniewickiej do Skierniewic — 63 km od Warszawy, na linii siedleckiej do Mrozów — 55 km od Warszawy, na linii Otwockiej do Sobolewa — 76 km od Warszawy,

a zatem poza przewidziany zasięg elektryfikacji.

Ruch podmiejski musi być utrzymany na całej długości tych odcinków również i po przeprowadzeniu elektryfikacji, a nawet powinien być ulepszony, gdyż wobec udogodnień ruchu, związanych z elektryfikacją, spodziewać się należy wzrostu przejazdów na całej długości linii.

W dalszych rozważaniach rozpatrzmy kolejno sposoby rozwiązania tego zagadnienia:

1) przez pozostawienie na odcinkach ruchu podmiejskiego, wybiegających poza zasięg elektryfikacji, trakcji parowej,

2) przez przedłużenie na nich zasięgu trakcji elektrycznej z sieci,

3) przez prowadzenie trakcji wozami akumulatorowymi.

Zastosowanie trakcji wozami motorowymi, nieakumulatorowymi, np. parowymi, dyzłowskimi i t. d. nie będzie wogóle brane pod uwagę, gdyż, jak powiedziano wyżej, koszt energii elektrycznej dla ładowania akumulatorów jest, przy równoczesnym pobieraniu prądu dla trakcji elektrycznej, tak niski, że wszelka, nawet porównawcza kalkulacja kosztów staje się zbędną.

Dowodzą tego zestawienia, dokonane przez inż. W. Przelaskowskiego w referacie o wozach silnikowych na Ogólnopolski Kongres Komunikacji Miejsowych w 1932 r., zgodnie z którym koszt materiałów pędnych dla pociągów 2-wagonowych o pojemności około 100 miejsc siedzących wynosił:

a) parowóz z 2 wagonami 100 miejsc — 73,5 gr na 100 miejsc.

b) wagon parowy Clayton z 1 doczepką 115 miejsc — 31,9 gr/100 miejsc-km.

c) wagon benzynowy z 1 doczepką 96 miejsc — 49,3 gr/100 miejsc-km.

d) wagon ropny z 1 doczepką 130 miejsc — 19,7 gr/100 miejsc-km.

e) autobus szynowy Austro-Daimler motor.-docz.-motor. — 92 miejsc 43,0 gr/100 miejsc-km.

Jak widać, najniższe koszty paliwa daje wagon z silnikiem ropowym — 19,7 gr. na 100 miejsc-km, pojemność jego jest jednak większa, niż innych jednostek porównawczych, tak iż dla jednostki 100 — miejscowej liczyłyby należało nieco więcej — około 22 gr/100 miejsc-km.

Tymczasem, jak dowodzą tego podane dalej obliczenia, koszt materiałów pędnych przy trakcji akumulatorowej, uzupełniającej trakcję elektryczną, wynosi około 4 gr/100 miejsc-km a zatem zgórą pięć razy taniej od najtańszego z innych systemów, co przesądza od razu sprawę stosowności wozów podanych typów.

Z kolei przejdźmy do rozpatrzenia wymienionych sposobów rozwiązania ruchu na odcinkach krańcowych.

Trakcja parowa. Rozpatrzmy początkowo, jak wielkie są obecne koszty eksploatacji przy stosowaniu trakcji parowej i pociągów o składach 10 — 14 wagonowych.

Według rozkładów jazdy z 1932, dzienna ilość pociągów osobowych, obsługujących rozpatrywane odcinki, była następująca:

Lp.	Linja	Badany odcinek	Długość km	Ilość par poc.	
				podm.	dalekich
1.	Skierniew.	Żyrardów-Skiern.	21	7	6
2.	Siedlecka	Mińsk M.—Mrozy	19	5	6
3.	Dęblińska	Otwock—Sobolew	53	3	3

Pomijając pociągi dalekobieżne, które zasadniczo w rachubę wchodzić nie mogą, gdyż odcinki podmiejskie stanowią dla nich tylko ułamek całego przebiegu, a podróżni podmiejscy — tylko część ogółu pasażerów, otrzymuje się następujące roczne przebiegi pociągów:

skierniewicka — 112 300 poc-km rocznie
 siedlecka — 69 300 „ „ „
 dęblińska — 116 200 „ „ „

razem 299 800 poc-km rocznie

Zgodnie z przeprowadzonymi przezemnie obliczeniami, koszty eksploatacji w warszawskim ruchu podmiejskim wynosiły średnio w 1931 r. 7,4 zł/poc-km rzeczywisty, bez kosztów zakupu nowego taboru, przyczem wydatki dzieliły się w sposób następujący:

służba dyrekcyjna — 2,9%, drogowa — 12,2%, stacyjna — 11,5%, handlowa — 2,2%, konduktorska — 4,6%, trakcyjna — 2,1%, parowozowa — 17,3%, — wagonowa — 5,2%, warsztatowa — 25,1%, elektrotechn. — 1,2%, zasobów — 0,9%, sanitarna — 1,5%, wydatki wspólne — 4,5%, humanitarne — 8,8%, a razem — 100%.

Ponieważ w obliczeniach brany był pod uwagę właśnie typ pociągów podmiejskich, rozpatrywany obecnie, może być wysokość kosztów eksploatacyjnych przyjęta bez zmiany, dając ogółem

Linja skierniewicka	831 000 zł. rocznie
„ siedlecka	513 000 „ „
„ dęblńska	860 000 „ „
razem	2 204 000 zł. rocznie

2. Trakcja elektryczna z sieci. W tej alternatywie pociągi elektryczne, obsługujące zelektryfikowane odcinki podmiejskie i składające się z jednostek motorowych o rozmaitym składzie, musiałyby obsługiwać również i odcinki krańcowe, do których sieć elektryczna musiałaby być przedłużona.

Zastosowanie trakcji elektrycznej na krańcowych odcinkach wpłynęłoby w stosunku do trakcji parowej na zmianę tylko niektórych kosztów eksploatacji. Koszty służb: dyrekcyjnej, drogowej, stacyjnej, handlowej, elektrotechnicznej, zasobów, sanitarnej oraz wydatków wspólnych i humanitarnych, wynoszące ogółem 45,7% wszystkich wydatków eksploatacyjnych, nie ulegną praktycznie żadnej zmianie, gdyż zależą raczej od sposobu eksploatacji całej sieci kolejowej, a nie od ilości przebiegów. Większa zmiana w przebiegach pociągów lub wagonów mogłaby oczywiście na wysokość tych wydatków wpłynąć, lokalne jednak zmiany żadnego wpływu nie wywierają.

Zastosowanie trakcji elektrycznej wpłynie zato bezpośrednio na wydatki służb pozostałych, obejmujących wydatki eksploatacji właściwej, które muszą być oddzielnie obliczone. Prócz tego przybędzie nowy wydatek — obciążenie, spowodowane oprocentowaniem i amortyzacją dodatkowego kapitału, włożonego w budowę sieci i podstacji. Koszt zakupu nowego taboru nie potrzebuje być brany pod uwagę, gdyż skompensowany zostaje przez wartość oswobodzonego z tych linii taboru trakcji parowej, którego ogólna wartość, nawet po uwzględnieniu jego zużycia, wypada zawsze większa od wartości nowego taboru elektrycznego.

Ponieważ obliczenie ma charakter porównawczy, ilość pociągów przy zastosowaniu trakcji elektrycznej przyjęć trzeba taki sam, jak przy

trakcji parowej, aczkolwiek w rzeczywistości, gdyby elektryfikacja była przeprowadzona, ilość ta musiałaby ulec zwiększeniu, gdyż niezależnie od względów wygody i zwiększonego ruchu, koszt uruchomienia większej ilości pociągów byłby niewielki, wobec rozłożenia kosztów kapitału elektryfikacyjnego na większą ich ilość.

Przejdźmy teraz do obliczenia właściwych kosztów eksploatacji przy trakcji elektrycznej.

Wysokość dodatkowego kapitału elektryfikacyjnego można oszacować na:

41 km sieci roboczej dwutor. po 75 000 zł.	— 3 075 000 zł.
53 km sieci roboczej jednotor. po 40 000 zł.	— 2 120 000 zł.
3 podstacje prostown. rtęciowych po 600 000 zł.	— 1 800 000 zł.
razem	6 955 000 zł.

Licząc 10% rocznie na oprocentowanie i amortyzację oraz na utrzymanie urządzeń, otrzymuje się ogólną sumę okragło 700 000 zł.

Koszty służb, niezależnych od systemu trakcji, wynoszą 45,7% kosztów eksploatacji przy trakcji parowej, a zatem

$$7,4 \times 0,457 = 3,38 \text{ zł/poc-km.}$$

Pozostają koszty służb eksploatacji właściwej: konduktorska, elektrowozowa, wagonowa, warsztatowa i trakcyjna.

Koszty te mogą być ustalone na zasadzie obliczeń, dokonanych przy projektach elektryfikacji węzła, które opisane zostały w Przeglądzie Elektrotechnicznym z dnia 15 listopada 1932 r. str. 676.

Według tych danych koszty eksploatacji wymienionych służb wyniosłyby przy rocznym przebiegu 4 080 000 jednostko-km ogółem 5 862 000 zł., czyli średnio 1,44 zł/jednostko-km.

Ponieważ dla obsługi odcinków krańcowych pociągi, składające się z jednej jednostki motorowej o pojemności 255 miejsc siedzących (5 wagonów), byłyby zupełnie wystarczające, obliczony koszt może być bez zmiany przyjęty na poc-km, równy w danym wypadku jednostko-km.

Zestawiając obliczone koszty, otrzymujemy:

Odcinek	Koszty zł. na poc-km				Przebieg poc-km jak przy trakcji par.	Koszt roczny eksploatacji zł.
	koszty kapitału	stałe koszty eksploatacji	koszty ruchu	Razem		
Żyrardów — Skierniewice .	2,01	3,38	1,44	6,83	112 300	766 000
Mińsk M. — Mrozy . . .	2,92	3,39	1,44	7,74	69 300	536 000
Otwock — Sobolew . . .	2,35	3,38	1,44	7,17	116 200	833 000
Razem . . .	2,35	3,38	1,44	7,17	297 800	2 135 000

Jak widać z tablicy, pomimo ogólnego zmniejszenia przebiegu wagonów dzięki zastosowaniu pociągów o mniejszych składach, niż przy trakcji parowej, oszczędności w stosunku do tej ostatniej są praktycznie żadne, gdyż oszczędności na kosztach ruchu równoważą koszty kapitału dodatkowego. Jedynie odcinek linii skierniewic-

kiej o gęstszym ruchu przewozowym wykazuje pewne oszczędności eksploatacyjne, mogące mieć znaczenie praktyczne. Słaby natomiast ruchowo odcinek linii siedleckiej wykazuje w stosunku do trakcji parowej nawet wzrost kosztów eksploatacji, gdyż koszty kapitału rozkładają się tam na nieznaczną ilość pociągów.

Możliwa do pomyślenia byłaby również koncepcja obsługiwanego rozpatrywanych odcinków nie przez pełne jednostki 5-o wagonowe o zbyt dużej ilości miejsc w stosunku do potrzeb ruchu, lecz przez zmniejszone jednostki jedno — lub dwu — wagonowe. Pomysł jednak taki dałby niewielkie oszczędności, gdyż wpłynąłby tylko na zmniejszenie i tak już niewielkiej pozycji kosztów ruchu, nie zmieniając zupełnie kosztów pozostałych, a stworzyłby z równocześnie poważne kłopoty eksploatacyjne, zwiększając tem samem koszty innych pozycji eksploatacyjnych.

3. Trakcja akumulatorowa. Przy stosowaniu utrakcji akumulatorowej, nie można się opierać na jednakowej ilości pociągo-km w stosunku do trakcji parowej, jak to zrobiono przy trakcji elektrycznej z sieci, gdyż pociąg stanowi w tym wypadku zwykle tylko podwójny wagon akumulatorowy, o pojemności około 100 miejsc, który mógłby się okazać niewystarczający dla zastąpienia normalnego pociągu 10 — 14 wagonowego, nawet przy jego słabem zaludnieniu.

W obliczeniach wyjść więc należy nie z dotychczasowej ilości pociągów, lecz z potrzebnej ilości miejsc, które muszą być niezależnie od systemu trakcji dostarczone.

Statystyka przejazdów pociągami podmiejskimi wykazała w ciągu r. 1931 następujące ilości podróży w pociągach podmiejskich, liczone na początkach badanych odcinków od strony Warszawy:

Żyrardów — Skiern. 495 000 roczn. średnio w jedną str. — 680 dziennie.
 Mińsk — Mrozy 180 000 roczn. średnio w jedną str. — 250 dziennie.

O d c i n e k	Długość km	Dzienny przebieg		Roczny przebieg	
		poc-km	podw. wag-km	poc-km	podw. wag-km
Żyrardów — Skierniewice	22	352	352	128 500	128 500
Mińsk M. — Mrozy	19	228	114	83 200	41 600
Otwock — Sobolew	53	636	636	232 300	232 300
Razem	—	1 216	1 102	444 000	402 400
			z manewrami (5%)	466 000	423 000

Według przybliżonych rozkładów jazdy, niezbędna dla utrzymania prawidłowego ruchu ilość wozów podwójnych wynosiłaby przy takim ruchu:

skierniewicka 2
 siedlecka 1/2
 dęblińska 2

a uwzględniając jedną połówkę w rezerwie, i jeden pełny wóz w remoncie, ogółem sześć wozów podwójnych. Nadmienić należy, iż przebieg wozów na linii dęblińskiej przekraczałby nieco 300 km dziennie, wobec czego należałoby się postarać o podładowywanie akumulatorów jednego z wozów w ciągu dnia, co jest zawsze wykonalne.

Dla porównania obliczymy, jak wielka byłaby ilość oswobodzonego taboru trakcji parowej, zastąpionego przez wozy akumulatorowe na rozpatrywanych odcinkach.

Ogólny przebieg parowych pociągów podmiejskich wynosił w 1931 r. 297 800 km rocznie. Średni turnusowy przebieg parowozu na rozpatry-

Otwock — Sobolew 389 000 roczn. średnio w jedną str. — 680 dziennie.

Liczyć się należy, iż w eksploatacji motorowej stosowane byłyby według wszelkiego prawdopodobieństwa wozy akumulatorowe typów używanych na PKP, o charakterystykach następujących:

Typ — 2 wozy krótko-spięte 2×3 osiowe, pojemność baterji — 300 km, szybkość max. — 60 km/godz. Ilość miejsc: II kl. — 8, III kl. — 38, IV kl. — 52, stojących na platformie — 4. Razem 102 miejsca.

Ponieważ w warszawskim ruchu podmiejskim IV kl. nie byłaby stosowana, wagony musiałyby być nieco przerobione, tak iż pojemność ich spadłaby do około 90 miejsc siedzących.

W tym wypadku niezbędna ilość jednostek podwójnych na dobę wyniosłaby w każdą stronę:

do Skierniewic ok. 8
 „ Mrozów ok. 3
 „ Sobolewa ok. 6

Ponieważ trzy pary pociągów na linii do Mrozów nie zapewniłyby ruchu dostatecznie gęstego, należałoby zastosować na tej linii zamiast pociągów dwuwagonowych bliźniaczych wozy pojedyncze, co byłoby przy odpowiednich przeróbkach wykonalne, a co spowodowałoby podwojenie ilości pociągów z 3 do 6.

W ten sposób ilość pociągów byłaby w stosunku do stanu obecnego, wziętego za podstawę porównań, na wszystkich liniach nieco powiększona, na linii dęblińskiej nawet — dwukrotnie.

Średnie przebiegi wyniosłyby w tym wypadku:

wanych odcinkach w ruchu wahał się około 4 800 miesięcznie, a ilość maszyn w rewizji i remoncie ok. 20% maszyn w ruchu.

Ruch zapewnić musiałoby zatem:

$$\frac{297\ 800}{4\ 800 \times 12 \times 0,8} = 6,5 \cong 6 \text{ parowozów.}$$

Licząc w ten sam sposób ilość wagonów, przy średnim składzie pociągu 12 wagonów, przy przebiegu rocznym wagonów podmiejskich około 70 000 km, otrzymuje się

$$\frac{297\ 800 \times 12}{700\ 000} = 51 \text{ wagonów.}$$

Przy średniej inwentarzowej wartości parowozu 250 000 zł. i wagonu podmiejskiego 10 000 zł. (wagony starych typów), otrzymuje się wartość oswobodzonego taboru:

$$6 \times 250\ 000 + 51 \times 10\ 000 \cong 2 \text{ miliony zł.}$$

Tymczasem wartość 6 nowych podwójnych wagonów akumulatorowych nie przekracza:

$$6 \times 300\,000 = 1,8 \text{ milionów zł.}$$

tak iż ogólna wartość taboru przy trakcji akumulatorowej byłaby mniejsza, niż dotychczas, wskutek czego koszty eksploatacyjne nie byłyby obciążone żadnymi dodatkowymi kosztami kapitału, zainwestowanego w taborze.

Przechodząc do obliczenia właściwych kosztów eksploatacji, należy stwierdzić, iż w przeciwieństwie do trakcji elektrycznej z sieci żaden dodatkowy kapitał budowlany nie potrzebuje być inwestowany. Zato stałe koszty eksploatacji będą istniały i tu bez zmiany, obciążając poszczególne linie temi samymi sumami:

skierniewicka	112 300	$\times 3,38 =$	399 000 zł.
siedlecka	69 000	$\times 3,38 =$	234 000 zł.
dęblńska	116 000	$\times 3,38 =$	393 000 zł.
	razem		1 006 000 zł.

Koszty ruchu muszą być obliczone oddzielnie.

a) Służba konduktorska.

Licząc się z rozkładami jazdy, uzyskuje się niezbędną ilość konduktorów (po jednym na pociąg):

skierniewicka	2
siedlecka	2
otwocka	3
	razem 7

a łącznie z rezerwą i kontrolą — 9 osób.

Licząc wynagrodzenia roczne wedł. wynagrodzenia służby konduktorskiej w DOKP Warszawa w 1931 r. — ok. 4 600 zł. na osobę z uwzględnieniem świadczeń, otrzymuje się ogółem, licząc na linie odpowiednio 3,2 i 4 osoby:

skierniewicka	13 800 zł.
siedlecka	9 200 zł.
dęblńska	18 000 zł.
	razem 41 000 zł.

b) Służba elektrowozowa.

Według wyliczeń projektu elektryfikacji, *) wydatki osobowe tej służby (maszyniści) wynosiły przy przebiegu 2 830 000 poc-km — 325 000 zł., t. zn.

$$\frac{325\,000}{2\,830\,000} = 0,115 \text{ zł/poc-km.}$$

Ponieważ jednak wynagrodzenie personelu zostało w 1931 r. obniżone w stosunku do 1929 r. dla którego dokonane były obliczenia, należy uzyskaną liczbę odpowiednio obniżyć, w stosunku do spadku średnich poborów personelu:

$$0,115 \frac{3\,571}{4\,493} = 0,0914 \text{ zł/poc-km.}$$

czyli ogółem rocznie:

*) „Przeгляд Elektrotechniczny“ z dn. 15 maja i 15 listopada 1932 r.

skierniewicka	12 300 zł.
siedlecka	8 000 zł.
dęblńska	22 000 zł.

razem 42 000 zł.

Dla obliczenia ogólnego zapotrzebowania energii elektrycznej oprócz się można na praktyce Dyrekcji Kolejowej Gdańskiej, eksploatującej 14 wozów akumulatorowych typu, przyjętego do obliczeń.

Średnie zużycie energii, mierzone na stacjach ładowniczych wynosiło dla tych wozów 1,56 kWh na wozo-km. Licząc się z większą ilością przystanków oraz uwzględniając straty własne stacji ładowniczej, można przyjąć, iż średnie zużycie wynosić będzie przy ruchu podmiejskim ok. 2,0 kWh na wozo-km podwójny.

Roczne zużycie energii może być zatem oszacowane na:

$$423\,000 \times 2,0 = 846\,000 \text{ kWh,}$$

czyli średnio 2320 kWh dziennie.

Obliczenie kosztu energii elektrycznej oprócz można na rozumowaniu, opisanem na wstępie i wykazującym, że przy zelektryfikowaniu sieci kolejowej, koszt energii dla ładowania akumulatorów w godzinach słabego ruchu, składa się jedynie z ceny węgla, spalane go przez elektrownię z uwzględnieniem oczywiście odpowiedniego zysku.

Licząc cenę mialu węglowego według cen kolejowych t. j. około 20,21 zł/t loco elektrownia, uzyskuje się cenę energii, oddawanej na podstawie, zgodnie z nieobowiązującą ofertą, złożoną przez jedną z elektrowni — 1,53 gr/kWh.

Licząc dla bezpieczeństwa po 2,0 gr/kWh, otrzyma się roczny koszt energii dla eksploatacji akumulatorowej:

skierniewicka	5 400 zł.
siedlecka	1 700 zł.
dęblńska	9 800 zł.

razem 16 000 zł.

Do kosztów służby elektrowozowej zalicza się jeszcze koszt smarów i czyszczenia wozów. Koszt ten przyjmowano równy 1/4 odnośnych kosztów dla parowozów, a zatem średnio w 1931 r. dla Dyrekcji Kolejowej Warszawskiej:

$$\frac{49,95}{4} = 12,5 \text{ zł/1000 wagono-km.}$$

Dla uwzględnienia kosztów czyszczenia wnętrza wagonów, koszty te w obliczeniach przyjęto na 1000 wozo-km pojedynczych, a nie podwójnych, jak należałoby liczyć normalnie.

Koszty czyszczenia i smarowania wyniosą zatem:

skierniewicka	3 400 zł.
siedlecka	1 100 zł.
dęblńska	6 100 zł.

razem 10 000 zł.

Ogółem koszty służby elektrowozowej wy-

linja skierniewicka	21 100 zł.
„ siedlecka	10 800 zł.
„ dęblńska	38 200 zł.

razem 70 100zł.

c) Służba wagonowa.

Koszty tej służby odpadają całkowicie wobec braku wagonów doczepnych.

d) Służba warsztatowa.

Zgodnie z obliczeniami projektów porównawczych, opisanych obszernie w „Przeglądzie Elektrotechnicznym” z dn. 15 maja 1932, koszt utrzymania podwójnego wagonu motorowego może być oszacowany na 600 zł/1000 wagono-km, przyczem poziom cen odniesiony jest do roku 1929/30. Przyjmując dla bezpieczeństwa koszt ten bez zmiany

dla obecnego okresu, otrzymuje się ogółem, wliczając w to koszt utrzymania i obsługi stacji ładowniczych:

skierniewicka	81 000 zł.
siedlecka	26 000 zł.
dęblińska	146 000 zł.

Razem 253 700 zł.

W rezultacie całkowite koszty eksploatacji wozami akumulatorowymi wyniosą na rozpatrywanych liniach:

L i n j a	Roczne koszty eksploatacji w złotych					na podw. wożo-km rozkładowy
	Ogólne	S ł u ż b a			R a z e m	
		kondukt.	elektrow.	warsztat.		
Skierniewicka	379 000	13 800	21 100	81 000	494 900	3,85
Siedlecka	234 000	9 200	10 800	26 200	280 200	6,75
Dęblińska	393 005	18 400	38 200	146 500	596 100	2,56
Razem	1 006 000	41 400	70 100	253 700	1 371 200	3,41

Jak widać z tablicy, znaczną większość kosztów stanowią koszty ogólne, obciążające właściwie nie tyle pociągi, co samą linię.

Jeżeli obliczyć tylko właściwe koszty ruchu, to wyniosą one na podwójny wag-km:

skierniewicka	0,904 zł. czyli 23,5%	całości
siedlecka	1,112 zł. czyli 16,5%	"
dęblińska	0,875 zł. czyli 34,3%	"

średnio 0,908 zł. czyli 26,7% całości.

muszą być powiększone proporcjonalnie do wzrostu frekwencji w 1931 r. w stosunku do roku budżetowego 1930/31.

Odpowiednie przeróbki dają następujące liczby:

skierniewicka	372 000 zł. rocznie
siedlecka	93 200 zł. "
dęblińska	375 000 zł. "

razem 840 000 zł. rocznie

IV. Dochody eksploatacyjne.

Sprawa dochodowości rozpatrywanych odcinków nie wchodzi właściwie w zakres niniejszej pracy, gdyż niezależnie od tego, czy odcinki te będą dawać zyski czy straty, ruch na nich musi być utrzymany. Z drugiej jednak strony może być ciekawym zorientowanie się, jak dalece deficytowe są w ruchu podmiejskim dalej położone i słabsze ruchowo odcinki.

Zgodnie z przybliżonemi obliczeniami, które przeprowadziłem, okazuje się, iż średnie dochody ze sprzedaży biletów w r. 1930/31 mogą być oszacowane dla badanych odcinków w sposób następujący, w założeniu, iż cały ruch odbywa się wyłącznie do i z Warszawy, co jest bliskie rzeczywistości:

O d c i n e k	Roczne dochody w zł	
	Ruch podmiejski.	Ruch daleki
Żyrardów — Skiern. . .	341 000	119 000
Mińsk — Mrozy	80 000	38 000
Otwock — Sobolew . .	370 000	171 000
Razem	791 000	328 000

Dochody z ruchu dalekobieżnego nie mogą wchodzić do obliczeń, obejmujących jedynie ruch podmiejski, to też w dalszych rozważaniach muszą być one całkowicie pominięte.

Ponieważ wszystkie obliczenia zestawiono dla roku kalendarzowego 1931, również i dochody

V. Porównanie kosztów i rentowność.

Z porównania dochodów z rozchodami od razu widać, iż rozpatrywane odcinki nie mogą być rentowne, gdyż same koszty ogólne, a więc udział procentowy odcinków w wydatkach ogólnokolejowych, przypadających na pociągi ruchu podmiejskiego, przewyższają znacznie całkowite dochody eksploatacyjne, tak iż mowy być nie może o nadmiarze zysków dla pokrycia właściwych kosztów eksploatacji. Abstrahując jednak od nieuniknionego deficytu, okazuje się, iż zmiana systemu trakcji pozwala na bardzo poważne zmniejszenie właściwych kosztów eksploatacji.

Jeżeli wziąć pod uwagę tylko właściwe koszty ruchu, pomijając ogólne koszty eksploatacyjne, jednakowe dla wszystkich systemów, to okaże się, iż przy trakcji parowej i elektrycznej z sieci byłyby one jeszcze nadal wyższe od dochodów. Trakcja akumulatorowa wykazuje — przeciwnie — poważną przewagę zysków nad kosztami, dowodząc, iż przedsiębiorstwo jest właściwie rentowne, a deficytowość jego pochodzi stąd, iż zyski idą na pokrycie obciążeń ogólnych, w małej tylko części niezbędnych dla ruchu podmiejskiego.

Najlepiej widać to na zestawieniu, sporządzonem dla roku 1931. Zaznaczyć należy, iż we wszystkich obliczeniach pomijane były koszty odnowienia (renowacji) taboru, których się na PKP nie uwzględnia. Gdyby koszty te wziąć pod uwagę, wzrosłaby nieco pozycja stałych wydatków

Rachunek rentowności w roku 1931.

Wyszczególnienie	O d c i n e k			R a z e m	
	Żyrardów — — Skierniewice	Mińsk M. — — Mrozy	Otwock — — Sobolew		
Dochody eksploatacyjne	372 000	93 000	375 000	840 200	
Wydatki eksploatacji ogólnej zł.	379 000	234 000	393 000	1 006 000	
Pozostałe wydatki eksploatacyjne w złotych	parowa	452 000	279 000	467 000	1 198 000
	elektryczna	387 000	302 000	440 000	1 129 000
	akumulatorowa	115 900	46 200	203 100	365 200
Koszty eksploatacji właściwej w stosunku do trakcji parowej %	parowa	100	100	100,	100
	elektryczna	85,5	103,3	94,3	94,5
	akumulatorowa	25,7	16,5	43,5	43,5
Całkowite koszty eksploatacji w stosunku do trakcji parowej %	parowa	100	100	100	100
	elektryczna	92	104	97	97
	akumulatorowa	59	55	69	62

eksploatacji, gdyż przyjęto, iż wartość taboru jest dla wszystkich alternatyw jednakowa.

Tablica powyższa pozwala na wyciągnięcie daleko idących wniosków, które w myśl rozważań poprzednich, mogą być przy zachowaniu odpowiedniej ostrożności uogólnione dla ruchu podmiejskiego wogóle.

Wnioski te dadzą się skreślić w sposób następujący:

I. Krańcowe odcinki ruchu podmiejskiego są z reguły deficytowe.

II. Deficyt tych odcinków da się jednak obniżyć przez zastosowanie odpowiedniego rodzaju trakcji. Elektryfikacja samego ruchu podmiejskiego nie jest jednak na tych krańcowych odcinkach wskazana, nie daje bowiem praktycznie żadnych oszczędności w stosunku do trakcji parowej.

III. Najbardziej wskazane wydaje się stosowanie na krańcowych odcinkach trakcji akumulatorowej, o ile równocześnie zelektryfikowane są główne odcinki ruchu podmiejskiego. W tym wypadku oszczędności eksploatacyjne dochodzą do 50% a oszczędności ruchu nawet do 80% w stosunku do trakcji parowej, przy jednoczesnym powiększeniu ilości pociągów.

Mniejsza stosunkowo oszczędność na linii dęblńskiej tłumaczy się w danym wypadku tem, że zamiast 3 par pociągów przy trakcji parowej, przewidziano przy zastosowaniu wozów akumulatorowych 6 par pociągów.

Na zakończenie dodać należy, iż, naogół biorąc, ze wzrostem ruchu na pierwsze miejsce pod względem obniżenia kosztów eksploatacji wysunie się nie trakcja akumulatorowa, lecz trakcja elektryczna z sieci, gdyż koszty dodatkowego kapitału elektryfikacyjnego będą się wówczas rozkładać na coraz większe przebiegi, gdy równocześnie właściwe koszty ruchu są przy trakcji elektrycznej najmniejsze.

Tak na przykład, pomijając ogólne koszty eksploatacyjne, które są w pewnej mierze kosztami pośrednimi, otrzymuje się dla rozpatrywanych odcinków następujące właściwe koszty ruchu (służba konduktorska, parowozowa, lub elektro-wozowa, wagonowa, trakcyjna i warsztatowa, bez kosztów renowacji taboru): Trakcja parowa — 4,03 zł/poc-km. z 12-u wagonów czyli 0,84 gr/miejsco-km.

Trakcja elektryczna — od 4,00 do 1,44 zł. na poc-km z 5-ciu wagonów w zależności od gęstości ruchu (wpływ kapitału elektryfikacyjnego), czyli od 1,57 do 0,57 gr. na miejsce-km.

Trakcja akumulatorowa — 0,85 zł/poc-km z 2 wagonów, czyli 0,90 gr/miejskokm.

Koszty na miejsce-km odnoszą się do pociągu o składzie dla danego systemu praktycznie najmniejszym. Przy słabym ruchu, gdy ilość pociągów uzależniana jest od utrzymania wytwarzającej gęstości ruchu, a najmniejszy nawet skład wystarcza dla zaspokojenia potrzeb, trakcja akumulatorowa w odniesieniu do pociągu wypada oczywiście najtaniej.

Z chwilą jednak gdy gęstość ruchu wzrasta, gdy więc prócz gęstości pociągów w grę wchodzi zaczyna również i ilość zaofiarowanych w nich miejsc, trakcja akumulatorowa zaczyna się stawać bardziej kosztowną, gdyż miejsce-km kosztuje tu najdrożej, a na pierwsze miejsce wysuwa się trakcja elektryczna, gdyż ze wzrostem ilości pociągów koszt na miejsce-km przy tym ostatnim systemie przesuwac się zaczyna ku dolnej granicy, w danym wypadku ku cenie 0,57 gr/miejsco-km, najniższej z pośród trzech rozpatrywanych.

Słuszności tego twierdzenia dowodzą zresztą obliczenia, przeprowadzone dla warszawskiego ruchu podmiejskiego, gdzie okazało się, iż w razie zastosowania trakcji akumulatorowej na wszystkich odcinkach ruchu podmiejskiego ta ostatnia kosztowałaby nie tylko drożej od trakcji elektrycznej, ale nawet i od dotychczasowej trakcji parowej.

PROJEKTOWANA KOLEJ MIEJSKA PODZIEMNA W WARSZAWIE („METROPOLITAIN“).

Inż. J. Lenartowicz.

Naczelný Inżynier Budowy Tramwajów Miejskich w Warszawie, Docent Politechniki Warszawskiej.

Obsah. Odůvodnění nezbytnosti podzemní dráhy. Směr trati podzemní dráhy. Hloubka tunelu a způsob jeho stavby. Výsledky hydrogeologických šetření. Průchod tunelu podzemní rychlé dráhy pod tunelem normální železniční dráhy (PKP). Nádražní stanice městské rychlé dráhy. Křižovatka městské rychlé dráhy s projektovaným mostem přes Vislu naproti ul. Karové. Výpočet rentability dráhy. Finanční stránka a organizační forma podniku

Streszczenie. Uzasadnienie potrzeby kolei podziemnej. Kierunek linii kolei podziemnej. Zagłębienie tunelu. Sposób wykonania tunelu. Wyniki badań hydrogeologicznych. Podejście kolei miejskiej szybkiej pod tunel średnicowy P. K. P. Stacja dworcowa kolei miejskiej szybkiej. Przejście kolei miejskiej szybkiej przez projektowany most na Wiśle, wprost ul. Karowej. Obliczenie rentowności kolei. Sfinansowanie budowy i forma organizacyjna przedsiębiorstwa.

I. Uzasadnienie potrzeby kolei podziemnej w Warszawie.

Zanim przejdę do właściwego tematu pracy niniejszej, pozwolę sobie w pierwszej jego części uzasadnić potrzebę kolei podziemnej w Warszawie.

Uzasadnienie to uważam za wskazane nie tylko ze względu na ogrom i koszt przedsięwzięcia, lecz również jako odpowiedź dla tych, którzy dziś jeszcze stawiają pytanie, czy kolej podziemna jest dla Warszawy potrzebna.

Życie wielkomiejskie polega między innymi na stałym rozwoju środków komunikacyjnych miejskich.

Warszawa otrzymała dotychczas jedyną komunikację tanią w postaci tramwajów elektrycznych oraz w ostatnich latach kilka linii komunikacji autobusowej, obsługującej śródmieście. Tramwaje, zbudowane w latach 1905—1908, do 1918 r. nie rozwijały się, a w latach okupacji niemieckiej zostały nawet doprowadzone niemal do ruiny.

W ciągu tych 10 lat (1908—1918) Tramwaje Elektryczne w Warszawie nie rozwijały się i nie mogły dać nawet w części wyników, pożądaných dla rozwoju miasta, gdyż były wprowadzone na liniach, obsługujących tylko śródmieście, bynajmniej nie ułatwiając rozszerzenia się miasta, ani odprowadzenia nadmiaru ludności, zwłaszcza na pływowej, na krańce miasta, a więc nie stwarzając ruchu odśrodkowego w takim stopniu, jak to wykazuje odnośna statystyka na Zachodzie.

Znany tam jest objaw, że skoro tylko pomiędzy poszczególnymi dzielnicami terytorjum miejskiego zostały utworzone wygodne i szybkie połączenia komunikacyjne, ludność śródmieścia wykazywała wyraźną tendencję ciężenia ku dzielnicom, leżącym poza środkiem miasta.

W Warszawie dopiero po roku 1918, a więc gdy Magistrat przejął tramwaje pod zarząd własny (11 listopada 1918 r.), zaczęto systematycznie

uwzględniać potrzeby komunikacyjne przedmieść, zwłaszcza wobec rozszerzenia granic miasta podczas okupacji niemieckiej.

W chwili objęcia tramwajów przez miasto (w listopadzie 1918 r.) sieć tramwajowa wynosiła 41,6 km linii eksploatacyjnych dla ruchu osobowego, licząc długość ulic i nie wliczając w to torów dojazdowych i gospodarczych.

Na 1 stycznia 1933 r. długość eksploatacyjna linii głównych wynosiła 97,5 km.

Przez 14 lat ostatnich (licząc okresy budowlane od chwili przejęcia tramwajów przez miasto) przybyło więc 55,9 km linii eksploatacyjnych, czyli okrążyło 130%. Sieć tramwajowa została w tym okresie czasu zwiększona prawie 2 $\frac{1}{2}$ -krotnie.

Od chwili przeprowadzenia linii tramwajowych na krańce przedmieścia, wcielone do miasta, zaczynają się rozwijać coraz bardziej, a nawet w tempie szybszym, niż środek miasta.

Za okres czasu od roku 1919—1931, w którym przedmieścia w znacznej części uzyskały dogodną komunikację, mamy do zanotowania następujące cyfry:

Dzielnice	Okręgi	Na 1.1. 1919 r.	Na 1.1. 1932 r.	Przyrost
Śródmieście . . .	I—XIII	653 475	828 266	26,7%
Praga	XIV—XV	70 135	108 597	54,8%
Okręgi podmiejsk. (bez Bielan) .	XVI—XXVI	96 570	231 431	139,6%
		820 180	1 113 414	42,4%

Dalsze rozszerzanie sieci tramwajowej powinno uwzględnić przede wszystkim brakujące jeszcze połączenia przedmieść ze śródmieściem, co też ma na względzie opracowany już projekt rozszerzenia sieci komunikacji tramwajowej i autobusowej na najbliższy okres 5-letni.

Wszystkie te linie, jak już pobudowane, tak też i projektowane, mają za cel połączenie krańców ze śródmieściem; stąd w śródmieściu tworzyć się już zaczyna coraz większa ciasnota na ulicy, zwłaszcza przy stałe z każdym rokiem zwiększającym się ruchu samochodowym. Punkty węzłowe ruchu, jak przy Dworcu głównym lub przy pomniku Mickiewicza, stają się wprost krytyczne dla ruchu ulicznego. Omijać tych punktów nie można, gdyż układ miasta jest taki, że istnieją jedynie dwie arterie komunikacyjne z południa na północ: Marszałkowska i Nowy Świat, a główny ruch ześrodkowuje się w pobliżu Dworca głównego. Już obecnie z 26 linii tramwajowych przechodzi ich obok dworca 13, a z ogólnej liczby wozów, będących w ruchu, obok dworca przejeżdża 68% całego taboru, a mamy ogółem dziś bez mała 600 wagonów w ruchu.

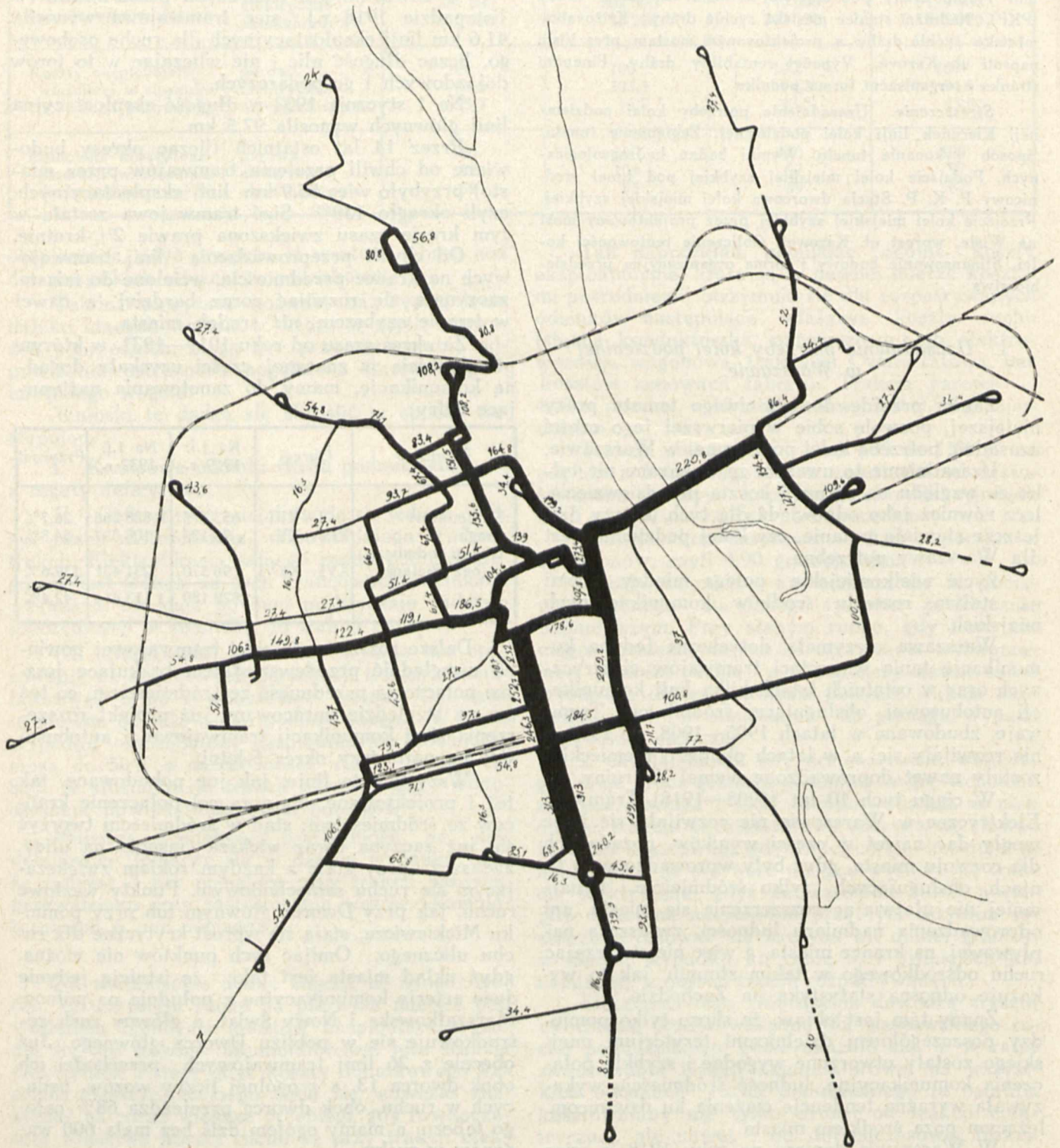
Już dziś widzimy (patrz rys. 1), że gęstość wagonów tramwajowych na ul. Marszałkowskiej

od ul. Śniadeckich do Jerozolimskiej wynosi 313 wagonów w ciągu godziny, licząc w obu kierunkach; prawie toż samo (308 wagonów) — na Krakowskim Przedmieściu od ul. Królewskiej do Trębackiej, przytem przy dość dużym wypełnieniu wagonów zwłaszcza w godzinach rannych i popołudniowych.

Zważyć przytem należy, że naturalny przyrost zapotrzebowania ruchu, wg. statystyki wielu miast, wynosi ok. 4% rocznie (proporcjonalny do

kwadratu procentowego przyrostu ludności). Jeżeli więc sięgnąć myślą w okres choćby po 10 latach, gdy zapotrzebowanie ruchu wzrośnie conajmniej o 40%, okaże się jasnym, że życie Warszawy nie da się rozwijać w sposób znośny dla mieszkańców, o ile nie wzmożemy zdolności przewozowej środków komunikacyjnych.

Ażeby dać pojęcie o wzmagającym się ruchu w Warszawie, przytoczę tu parę cyfr ze statystyki tramwajów.



Rys. 1.

Plan gęstości ruchu sieci tramwajowej m. st. Warszawy.

W roku 1913 (845 000 mieszk.) tramwaje przewiozły 87,1 milj. pasażerów, wykazując 103 przejazdy rocznie na mieszkańca.

W r. 1930-31 (1 115 milj. mieszk. na 1.I. 1931) tramwaje przewiozły 238 588 milj. pasażerów. Jeżeli zaś uwzględnimy cyfrę przewiezionych pasażerów i autobusami (16.969 878), to liczba przejazdów na 1 mieszkańca w r. 1930-31 wyniesie 230 (w r. 1928 — 246).

Ilość mieszkańców w tym okresie czasu wzrosła więc o 30%, ilość zaś przewiezionych pasażerów — o 195%.

Dla porównania przytaczam odnośną statystykę większych miasta Zachodu (1928 r.):

	Mieszk.	Ilość przejazdów
Londyn	7 620 000	483
N.-York	6 131 944	482
Paryż W.	4 567 000	407
Berlin W.	4 315 000	444
Chicago	3 102 800	385
Wiedeń	1 910 000	395
Hamburg	1 523 000	308
Glasgow	1 512 300	320
Boston	1 230 000	311
Barcelona	1 200 000	257
Budapeszt	961 000	347
Drezno	710 000	307
Düsseldorf	790 000	327
Praga	738 000	290

W r. 1925 na Ogólnem Zgromadzeniu Związku Przedsiębiorstw Tramwajowych i Kolei Dojazdowych w Polsce — w referacie „W sprawie przyszłego Metropolitain'u w Warszawie” wypowiedziałem zdanie, przytaczając cyfrę przejazdów za r. 1924 — 170 przejazdów rocznie na 1 mieszkańca w Warszawie, że —

„W bardzo prędkim czasie, bo już w kilka lat przy tym rozwoju Warszawa może wykazać cyfrę jeszcze większą (250—300) przejazdów na 1 mieszkańca”.

Cyfrę 246 przejazdów na 1 mieszkańca już osiągnęliśmy w roku 1928, nie biorąc pod uwagę następnych lat silnej depresji gospodarczej. Ale jak widzimy z przytoczonej tu odnośnej statystyki miast Zachodu możemy spodziewać się w krótkim czasie po przeminięciu okresu depresji, że cyfra przejazdów w Warszawie wzrośnie powyżej 300 na mieszkańca, co stanowić będzie, jak już za rok 1930, nie 250, lecz około 400 milionów pasażerów, korzystających ze środków komunikacji miejskiej w ciągu roku. Te cyfry wynikają też z krzywej wzrostu ruchu, wykreślonej na podstawie statystyki osób przewiezionych w Warszawie.

To daje pojęcie o ogromie zadania, jakie czeka Zarząd Miejski w najbliższej przyszłości, ażeby sprostać potrzebom komunikacyjnym miasta po minięciu kryzysu gospodarczego.

Zdawało się, że pewną ulgę komunikacji tramwajowej okażą autobusy np. na linii od placu Zbawiciela do Pl. Teatralnego i od Dworca Głównego do Pl. Muranowskiego. Jakkolwiek te linie autobusowe przewiozły w 1930 r. okr. 17,0 milj. pasażerów (= 6,7% sumy łącznej z tramwajami), to jednak odciążenie ruchu np. na ul. Marszałkowskiej nie nastąpiło w takim stopniu, aby można

było mówić o zmniejszeniu gęstości wagonów tramwajowych na tej ulicy.

Ulżenie ruchowi tramwajowemu lub całkowite jego zastąpienie, jak tego chcą niektórzy, przez wprowadzenie ruchu autobusowego w śródmieściu, nie tylko nie rozstrzyga sprawy, ale raczej mogłoby ją tylko pogorszyć.

Szereg opinii fachowych, dotyczących tej sprawy w dużych miastach Europy zachodniej, przemawia stanowczo przeciw użyciu autobusów, jako środka komunikacyjnego, mającego zastąpić ruch tramwajowy w śródmieściu¹⁾.

Jeżeli obliczymy, ile autobusów musiałoby kursować w śródmieściu dla opanowania np. obecnego ruchu tramwajowego, okazałoby się, że warunki ruchu ulicznego pogorszyłyby się. Autobusy bowiem dla masowego ruchu w dużych miastach nie nadają się tak dobrze, jak tramwaje. Pociąg tramwajowy, jak obliczenia wykazują, jest najkorzystniejszym pod względem wykorzystania powierzchni ulicy.

Zapotrzebowanie powierzchni ulicy na 1 pasażera (przy założeniu jednakowej prędkości 15 km na godz.) wypada dla:

samochodu osobowego	9,75 m ²
autobusu	0,81 „
pojedynczego wagonu tramwajowego	0,64 „
wagonu tramw. z jednym przyczepnym	0,5 „
wagonu tramw. z dwoma przyczepnymi	0,45 „

Czyli 1 pasażer w autobusie podczas największego ruchu zajmuje 60% więcej miejsca w ulicy, aniżeli 1 pasażer w wagonie tramwajowym, w samochodzie zaś osobowym — 20 razy więcej.

Jeżeli do tego dodamy, że wydatki na jedno miejsce i kilometr w autobusach wynoszą przeszło dwa razy więcej, aniżeli w tramwajach, będzie jasnym, że autobus nie jest w możności zastąpić tramwajów, jako masowego środka komunikacji.

Należy przytem zwrócić uwagę przy ruchu autobusowym na większe niebezpieczeństwo dla pozostałego ruchu ulicznego, aniżeli to ma miejsce przy ruchu tramwajowym, którego droga w ulicy jest wyraźnie oznaczona.

W sprawozdaniu miejskiego urzędu komunikacyjnego we Frankfurcie n/M. wyraźnie podano, że „stopień niebezpieczeństwa ruchu autobusowego jest znacznie większy, aniżeli w ruchu tramwajowym”.

Następujące zestawienie jest tego dowodem:

Wypadek	W ruchu tramwajowym		W ruchu autobusowym		Razy więcej
	na wag/km	na przewiezioną ilość osób	na wag/km	na przewiezioną ilość osób	
1 wypadek ciężki (włączając śmiertelne)	1 690 000	7 080 000	297 000	1 234 000	5,7
1 zderzenie	68 000	287 000	19 000	78 000	3,6

Wcale to jednak nie przesądza sprawy rozwoju sieci autobusowej, jako środka dopełniającego i pomocniczego do ruchu tramwajowego.

¹⁾ Patrz „Kronika Warszawy” r. 1932 Nr. 3, artykuł p. J. Lenartowicza p. t. „Tramwaje czy autobusy”.

Oczywiście miasto musi utrzymywać tramwaje i autobusy na wysokości zadania; jasne też jest, że sieć tramwajowa — zwłaszcza w dzielnicach zewnętrznych miasta — musi być nadal rozwijana, i że autobusom też przypadnie niemałe zadanie. Że poglądy na wartość obu tych środków komunikacyjnych na powierzchni są różne — trudno dziwić się temu. Jednakże i tu będzie też możliwe znalezienie rozsądnego rozwiązania, służącego interesom całokształtu ruchu i dalszemu jego rozwojowi.

Jeżeli jednak chcemy w sposób wydatny ulżyć ruchowi tramwajowemu, a żeby dać więcej miejsca dla pozostałego, również stale wzrastającego, ruchu ulicznego, zarówno kołowego jak i pieszego, możemy to osiągnąć tylko drogą przeprowadzenia tego nowego środka komunikacji miejskiej w innym poziomie, aniżeli dotychczasowy, ruch uliczny.

Tu musimy uprzytomnić sobie, że *zdolność przewozowa* poszczególnych środków komunikacji, wyrażona w możliwości przewiezienia pewnej ilości pasażerów w ciągu godziny, wypada:

dla samochodu osobowego	2 000
„ autobusu	7 200
„ tramwajów elektrycznych	12 000
„ kolei miejskiej szybkiej	32 000

Dla miasta więc o tak silnie rozwijającym się ruchu pasażerskim i wogóle ulicznym należy wówczas przewidzieć przynajmniej dla odciążenia najgłówniejszych arterij ruchu ulicznego, przeprowadzenie komunikacji miejskiej osobowej o wysokiej zdolności przewozowej i całkowicie niezależnie od ruchu ulicznego, a więc w innym poziomie, aniżeli ruch tramwajowy.

Na tem miejscu pozwolę sobie wspomnieć o podawanych projektach przebicia *nowych* arterij ulicznych drogą wykupu i burzenia domów.

Oczywiście sposób ten jest na Zachodzie praktykowany, lecz niezależnie od konieczności budowy kolei szybkiej. Przeprowadzenie nowych arterij ulicznych drogą burzenia domów, nie mówiąc, że w naszych warunkach odbiłoby się to ujemnie na sprawie mieszkaniowej — jest przedsięwzięciem, którego przeprowadzenie wymaga oprócz dużego nakładu czasu też poważnych kapitałów. W międzyczasie ruch uliczny jednak wzrasta i, zanim taka nowa arterja będzie otworzona, zajdzie potrzeba przebicia następnych nowych arterij lub szukania innych dróg dla pieszych, czego przykładem ostatnio (*L'illustration* 6.X. 28 „Les Automobiles à Paris; le problème de la circulation”) pomysł p. André Ventre, architekta - urbanisty, który proponuje w Paryżu na ulicy La Fayette puszczenie wehikułów całą szerokością ulicy, a pieszych w kondygnacji o piętro wyżej.

Te motywy uzasadniają potrzebę kolei podziemnej z punktu widzenia zagadnień ruchu ulicznego. Jest jeszcze jednak drugi motyw niemniej ważny przy wzrastającej rozległości miasta, a mianowicie sprawa szybkości komunikacji.

Średnia szybkość przejazdu tramwajami wynosi 12,5 km na godzinę. Gdy chodzi o przejazd 1 do 3 km w śródmieściu, można się jeszcze z tą szybkością pogodzić. Natomiast, pragnąc prowadzić rozwój Warszawy po właściwej drodze, trze-

ba dać szybką komunikację pomiędzy końcami a śródmieściem. Odległości miejsca zamieszkania od miejsca pracy przy projektowanym rozszerzeniu miasta sięgając będą 10—15 km i więcej, a wtedy na przejazd tramwajem z prędkością 12,5 km tracić się będzie zbyt dużo czasu z dnia roboczego. Tymczasem przy kolei podziemnej można prędkość co najmniej zdwoić, przez co uzyskuje się poważną ekonomję czasu, zużytego na przejazd.

Z pewną pomocą mogłyby przyjść tramwaje pośpieszne, budowane na wydzielonem torowisku, biegnące z prędkością handlową o 50% większą: z 12 km na 18 km do 20 km na godzinę. Takie tramwaje są tańsze i dostępnejsze, niż kolej szybka. Ale nie rozstrzygną całkowicie zagadnienia racjonalnej komunikacji, gdyż możliwe są do przeprowadzenia tylko na szerszych arterjach komunikacyjnych przy szerokości jezdni nie mniej 18 m, względnie na szerszych arterjach komunikacyjnych, prowadzących na przedmieścia. Dzielnice o zabudowaniu zwartem i niedostateczna szerokość jezdni ulicznej — w całym śródmieściu — nie zniosą tramwajów szybkobieżnych. Dla tych dzielnic konieczną jest miejska kolej szybka. A że od chwili rozpoczęcia studjów do chwili urzeczywistnienia budowy musi upłynąć szereg lat, bo studja same są dość skomplikowane i muszą być wielostronne, odnośnie zaś samej budowy wchodzi tu w grę zarówno względy natury finansowej, jak też powolność budowy kolei typu podziemnego, przeto zajmowanie się obecnie sprawą kolei miejskiej podziemnej jest wprost wyraźnym nakazem.

Mając to na uwadze, Dyrekcja Tramwajów z polecenia Magistratu prowadzi odnośne prace przygotowawcze do budowy kolei miejskiej szybkiej w Warszawie.

Praca ta ma jednocześnie na celu wyjaśnienie zawczasu szeregu powiązanych z tą budową spraw regulacyjnych miasta, co zwłaszcza ze względu na opracowywane plany regulacji miasta jest kwestją nader aktualną.

Dla zawiadywania i pieczy w imieniu Magistratu m. st. Warszawy nad wszelkimi sprawami, związanymi z projektowaniem, sfinansowaniem i przyszłą budową kolei nad- i podziemnej w Warszawie — została powołana specjalna komisja magistracka w składzie:

trzech członków Magistratu — w tem Prezydent miasta jako przewodniczący, poza tem Naczelnik Wydziału Technicznego Magistratu, Naczelnik Wydziału Kanalizacji i Wodociągów,

Dyrektor Tramwajów Miejskich,
Naczelnny Inżynier Budowy Tramwajów Miejskich —

z prawem kooptacji przedstawicieli zainteresowanych instytucyj lub ekspertów z głosem doradczym.

W skład tej komisji wchodzi również i Wiceprezes Rady Miejskiej.

II. Kierunek linii kolei podziemnej.

Kierunek pierwszych linii przyszłej kolei miejskiej szybkiej w Warszawie wynika z układu samego miasta i charakteru ruchu. Kierunek ten widoczny jest na planie, wykazującym gęstość ruchu tramwajowego w Warszawie (patrz rys. 1).

Wyznaczenie linii przyszłej kolei miejskiej szybkiej oczywiście może być powzięte po gruntownym zbadaniu charakteru ruchu zarówno obecnego jak i przewidywanego w przyszłości przy dalszej rozbudowie miasta.

Pierwszą linią kolei miejskiej szybkiej w Warszawie, jaka będzie musiała być wykonana w najbliższym czasie — będzie to linia, łącząca dzielnice: południową z północną (Mokotów—Muranów) i ta linia będzie musiała być podziemną, co wynika z samego charakteru ulic, łączących te dzielnice.

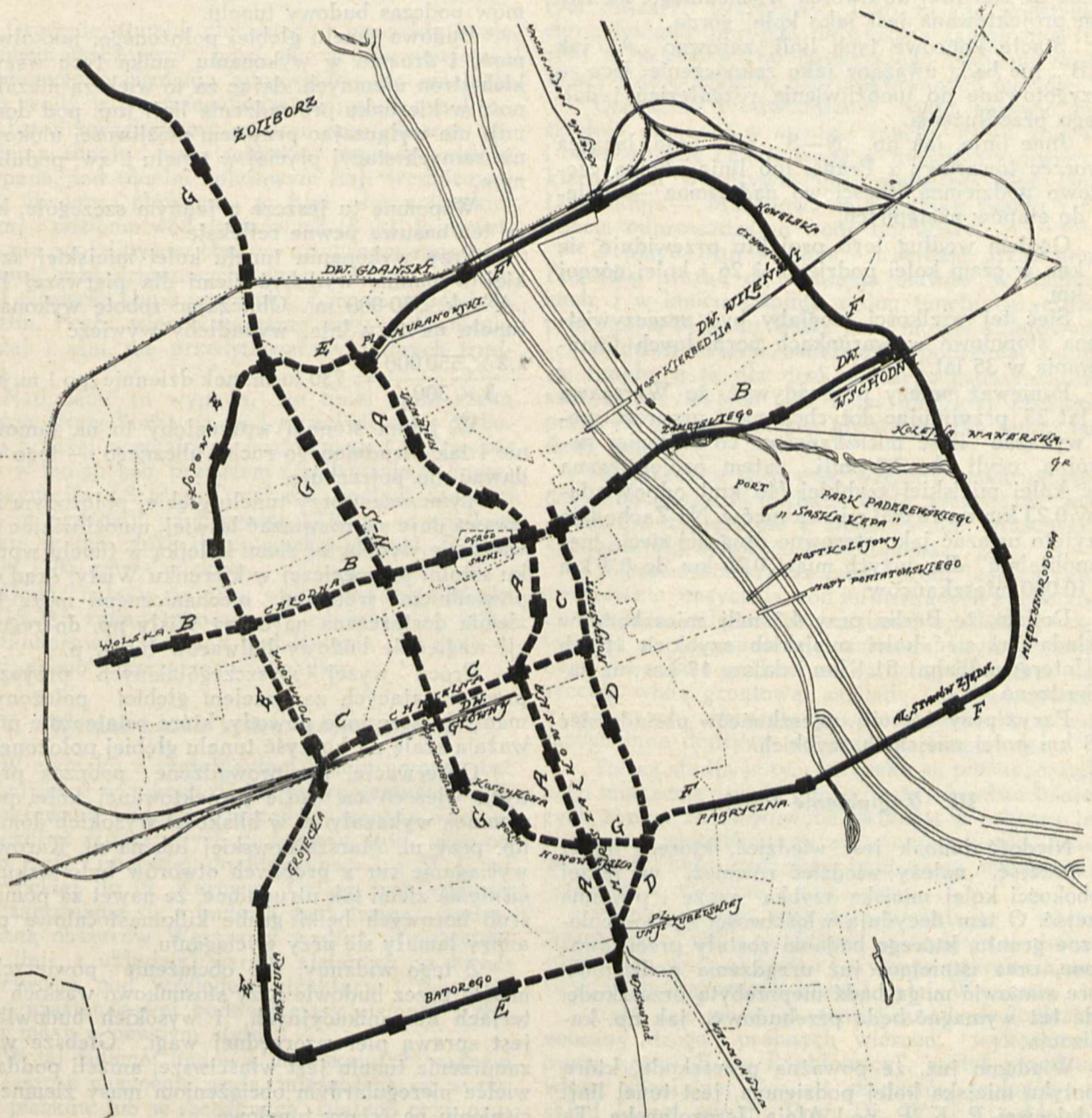
Linia ta (patrz rys. 2), wychodząc z placu Unji Lubelskiej, będzie szła w kierunku: plac Zbawiciela, dworzec główny, plac Napoleona, plac Marszałka Piłsudskiego, plac Teatralny, plac Kraśnińskich do placu Muranowskiego. Długość jej wynosi 6,3 km; średnia odległość przystanków 650 m.

Kierunek pierwszej linii kolei miejskiej pod-

ziemnej, łączącej plac Unji Lubelskiej z placem Muranowskim, ustalony został pod ulicą Marszałkowską. Stąd wynika, że tunel kolei podziemnej miejskiej na skrzyżowaniu ul. Marszałkowskiej i Al. Jerozolimskiej musi podejść w osi ulicy Marszałkowskiej pod tunel kolejowy linii średnicowej Polskich Kolei Państwowych.

Przeprowadzenie tunelu kolei miejskiej na skrzyżowaniu na samej osi ulicy Marszałkowskiej zostało jednak znacznie utrudnione wskutek konieczności wybudowania na tejże osi syfonu kanalizacyjnego, wpuszczonego w wycięte dno tunelu linii średnicowej P. K. P.

Sposób podejścia tunelu kolei miejskiej szybkiej pod tunel średnicowy P. K. P. podajemy w innym miejscu, jak również i sposób bezpośredniego połączenia peronów dworca głównego z peronem stacji dworcowej kolei miejskiej szybkiej.



Rys. 2.
Projekt linii kolei miejskiej szybkiej.

Stacja miejskiej kolei szybkiej przy placu Unji Lubelskiej, położona w bezpośrednim sąsiedztwie ze stacją kolejki Wilanowskiej i Grójeckiej, przewiduje możliwość połączenia ich peronów między sobą przejściem podziemnym.

Drużga z kolei linja miejskiej kolei szybkiej przewiduje połączenie zachodniej dzielnicy miasta ze wschodnią, przez projektowany nowy most wprost ul. Karowej i ze stacją przesiadową na skrzyżowaniu z linją poprzednią na placu Marszałka Piłsudskiego.

Linja ta, wychodząc z dworca Wschodniego na Pradze, pójdzie przez nowy projektowany most na Wiśle (wprost Karowej), plac Marszałka Piłsudskiego, plac Żelaznej Bramy, Hale Mirowskie, Chłodną, Wolską do rogu ulicy Płockiej.

Ogólna długość tej linii wynosi 6,3 km i jest projektowana w tunelu podziemnym, prócz odcinka od ul. Karowej do dworca Wschodniego, na którym projektowana jest jako kolej górna.

Stacje końcowe tych linii, zarówno „A” jak i „B”, nie będą uważane jako zakończenie, lecz — przygotowane do umożliwienia rozgałęzień i dalszego przedłużenia.

Inne linje, jak np. „N—S”, albo linja, łącząca dworzec towarowy z Prażą, lub linja okólna częściowo podziemna, częściowo nadziemna — należą do etapów następnych.

Ogółem według tego projektu przewiduje się 46 km, w czem kolei podziemnej 26 i kolei górnej 20 km.

Sieć tej wielkości mogłaby być urzeczywistniona stopniowo w warunkach normalnych finansowania w 35 lat.

Ponieważ należy przewidywać, że Warszawa za lat 35, przyjmując dotychczasowy przyrost, może wykazać ilość mieszkańców co najmniej podwójną, czyli ok. 2,0 milj., zatem projektowana sieć kolei miejskiej szybkiej (46 km) odpowiadałaby 0,23 km na 10 000 mieszkańców. Na Zachodzie przyjęto uważać jako stosowne długości sieci „metropolitain'u” dla dużych miast 0,25 km do 0,4 km na 10 000 mieszkańców.

Dodam, że Berlin przy 4,3 milj. mieszkańców posiada już sieć kolei miejskich szybkich (Hoch & Untergrundbahn) 81,1 km i dalsze 17 km już zatwierdzone.

Paryż przy 4,6 milj. mieszkańców posiada sieć 128 km kolei miejskich szybkich.

III. Zagłębienie tunelu.

Niedość jednak jest wiedzieć, którędy kolej ma przejść, należy wiedzieć również, na jakiej głębokości kolej miejska szybka może i powinna przejść. O tem decydują właściwości hydro-geologiczne gruntu, którego badania zostały przeprowadzone, oraz istniejące już urządzenia podziemne, które stanowić mogą bądź nieprzebytą przeszkodę, bądź też wymagać będą przebudowy, jak np. kanalizacja.

Wiadomo już, że poważną przeszkodą, którą napotyka miejska kolej podziemna, jest tunel linii średnicowej P. K. P. pod Aleją Jerozolimską. Ta okoliczność zmusza już w samem założeniu do projektowania kolei miejskiej w najruchliwszym punkcie miasta na stosunkowo dużej głębokości.

Ale są i inne okoliczności, które przemawiają za głębiej położonym tunelem.

Przerobienie kanalizacji miejskiej byłoby połączone nie tylko z niezmiernymi kosztami, lecz na niektórych ulicach dość wąskich — jest ono wprost niewykonalne po obu bokach tunelu kolei miejskiej szybkiej.

Przeróbka sieci wodociągowej, gazowej, telefonicznej, nie mówiąc już o sieci elektrycznej, również pociągnęłaby za sobą poważne wydatki przy wykonaniu tunelu płytko zagłębionego.

Płytki tunel poduliczny jest wykonywany zwykle w odkrywce, prócz tego tem zamyka ruch uliczny na względnie dłuższy okres czasu, co w warunkach naszych (np. zamknięcie ul. Marszałkowskiej, Wierzbowej, Bielańskiej lub Nalewek — choćby w części byłoby nie do pomyślenia dla samego ruchu ulicznego, nie mówiąc o poważnych niewygodach i stratach dla mieszkańców tych domów podczas budowy tunelu.

Budowa tunelu głębiej położonego, jakkolwiek może i droższa w wykonaniu, unika tych wszystkich stron ujemnych, dając za to większą niezależność w kierunku prowadzenia linii (np. pod domami), nie wyłączając przy tem możliwości ulokowania samych stacyj płycej w tunelu t. zw. podulicznym.

Wspomnę tu jeszcze o jednym szczególe, który też nasuwa pewne refleksje.

Przy wykonaniu tunelu kolei miejskiej szybkiej wypadnie wydobyć ziemi dla pierwszej linii „A” ok. 550 000 m³. Obliczając robotę wykonania tunelu na trzy lata, wypadłoby wywieźć

$$\frac{1,2 \times 550\,000}{3 \times 300} = 730 \text{ furmanek dziennie (po 1 m. sz.)}$$

W jakim stopniu wpłynęłoby to na tamowanie i tak utrudnionego ruchu ulicznego — tego dawać nie potrzebuje.

Tymczasem przy tunelu głębiej położonym i ta sprawa daje się rozwiązać łatwiej, umożliwiając odwiezienie wydobytej ziemi kolejką w tunelu wprost ku sztolni pomocniczej w kierunku Wisły, skąd odpowiednimi środkami mechanicznymi może być ziemia dostarczana na brzeg Wisły np. do regulacji względnie budowy bulwarów lub t. p.

Prócz wyżej wyszczególnionych przyczyn, przemawiających za tunelem głębiej położonym, mamy jeszcze inne powody, które ostatecznie przeważają szalę na korzyść tunelu głębiej położonego.

Obserwacje, przeprowadzone podczas próbnych wierceń na trasie projektowanej kolei podziemnej, wykazały że w bliskości wysokich domów np. przy ul. Marszałkowskiej lub na ul. Karowej, wyciąganie rur z próbnych otworów było wskutek ciśnienia ziemi tak utrudnione, że nawet za pomocą śrub borowych belki grube kilkunastocalowe pod ankrę łamały się przy wyciąganiu.

Z tego widzimy, że obciążenie powierzchni miasta przez budowle przy stosunkowo wąskich arterjach komunikacyjnych i wysokich budowlach jest sprawą pierwszorzędną wagi. Głębsze więc zanurzenie tunelu jest właściwsze, aniżeli poddane wielce nieregularnym obciążeniom masy ziemne w ciśnieniu na ściany tunelowe.

W przywidywaniu, że zerowa krzywa linja obciążenia, pochodzących od budowli naziemnych, a więc graniczna linja wewnątrz mas ziemnych, nie

sięga głębiej nad ok. 10 metrów, otrzymujemy tem samą górną granicę zanurzenia tunelu, która daje się oznaczyć oczywiście w przybliżeniu, uwzględniając ciężar gmachów, przy odpowiedniej powierzchni gniecień spódów fundamentowych.

O drugiej granicy — dolnej — tunelu decyduje poziom wysokich wód Wisły i swobodny przelot pod mostem, co nam daje zagłębienie 15 metrów.

W ten sposób pozostaje przestrzeń 10—15 metrów zagłębienia, jako istotnie celowy pas tunelowy.

To nam wskazuje na prowadzenie tunelu pod kanalizacją, stacje zaś w tunelu płytkim (podulicznym), jako wygodniejsze dla publiczności, a zarazem dające możliwość tysamym zwiększenia przyspieszenia przy ruszaniu ze stacji, jak i zwalniania przy hamowaniu przy dojeździe do stacji, a zatem zwiększenia prędkości handlowej.

IV. Sposób wykonania tunelu.

Drażenie tunelu głębokiego przewiduje się sposobem tarczowym przy ew. użyciu powietrza ściśnionego o ciśnieniu odpowiednio do ciśnienia słupa wody w poszczególnych miejscach robót.

Jeżeli uwzględnimy miejsce największego zagłębienia tunelu kolei miejskiej szybkiej, które przypada pod tunel kolejowym linii średnicowej przy dworcu głównym w Alei Jerozolimskiej (15 m) i poziomu wód gruntowych (8 m), to nawet, o ile nie zdołalibyśmy obniżyć sztucznym sposobem poziomu wód gruntowych, wypadłoby na miejscu robót ciśnienie słupa wody okr. 7 m, co odpowiada 0,7 atm. Praca więc w kamerze przy nadciśnieniu poniżej 1 atm. nie przedstawiałaby żadnych trudności.

Nadmienić tu wypada, że tunel pod rzeką Hudson (New-York) na 28,4 m największej głębokości poniżej normalnego poziomu wód był wykonany w ten sposób, przyczem nadciśnienie w kamerze wynosiło 2,8 atm. Tunel ten, ogólnej długości 1525 m przypadł na długości 1220 m w miążkim piasku, w tem duże ilości piasku lotnego. Reszta tunelu (305 m) — w skale.

Dodać należy, że przy wykonaniu tego tunelu na 718 383 zmian roboczych zdarzyło się tylko 258 zachorowań wskutek nadciśnienia (2,8 atm) — bez żadnego śmiertelnego wypadku.

V. Wyniki badań hydro-geologicznych.

W związku z zagłębieniem tunelu wypada też powiedzieć o wynikach badań hydro-geologicznych. Projektowaną budowę poprzedziły próbne wiercenia wzdłuż zamierzonych do budowy linii, więc od placu Unji Lubelskiej do Muranowa i z Woli od ul. Płockiej do ul. Karowej. Celem tych wierceń było zapoznanie się z budową geologiczną i hydrologiczną obszarów Warszawy wzdłuż projektowanych linii, z układami warstw ziemnych co do ich właściwości pod względem struktur i tekstury, co do cząsteczkowej budowy masy ziemnej i złożenia masy o pewnym stylu.

W tej ziemnej budowie mas skalnych ważnym jest jeszcze nasycenie wodą, mieszczącą się w porach piasków lub w szczelinach. Dlatego przy projektowaniu tunelu pierwszorzędne znaczenie ma przekrój podłużny, w którym odróżnia się masy ziemne nieprzepuszczalne i warstwy silnie zawo-

nione wodą zaskórną lub gruntową. Nie mniej ważną rolę odgrywa powierzchnia terenowa w swym ukształtowaniu, gdyż istnieje niewątpliwie związek powierzchni zewnętrznej z wnętrzem mas ziemnych, a głównie ma to miejsce w masach osadowych. Badania próbne, o których było mowa powyżej, a więc: wiercenia, analizy mechaniczne prób, hydrologiczne obserwacje dały w y n i k d o d a t n i. Lewy bowiem brzeg Wisły tworzył niegdyś wyspę, a stąd linja kolei miejskiej szybkiej może mieć dwukierunkowy spadek, co wielce przyczynia się do celowego i względnie łatwego odwodnienia.

Linja terenowa, np. plac Unji Lubelskiej — plac Muranowski, najpierw wznosi się od ulicy Skolimowskiej do ul. Wilczej, mając tu swe maksimum, idąc dalej ze spadkiem do ulicy Traugutta i dalej aż od ulicy Traugutta do ul. Miłej. Tak początek tunelu jako też koniec uzależnione zostaną od całości systemu kolei miejskiej szybkiej na całym obszarze Warszawy. Jako zasadę konstrukcyjną budowy przyjęto największe zagłębienie tunelu w zależności od najwyższego poziomu rzeki Wisły i do poziomów zaprojektowanych mostów.

Osuszenie i odwodnienie stałe sprawić ma sztolnia pozioma w spodzie tunelu, która zbierać i odprowadzać będzie wodę w dwóch przeciwnych kierunkach w spływie linii pierwszej plac Unji Lubelskiej — Muranów: na początku tunelu i na końcu, odprowadzając wodę do Wisły.

Z placu Unji sztolnia przejdzie przez ulicę Bagatelę, służąc do zasilania stawów w Łazienkach, i w końcu sztolnia z dna tunelu przejdzie przez ulicę Miłą do Wisły przy moście kolejowym.

Budowa sztolni osuszającej poprzedzi budowę tunelu, a to dla doskonalszego osuszenia obszarów przyległych do kolei miejskiej szybkiej, przez co nastąpi znaczne ułatwienie dla samej budowy tunelu.

W projekcie dwa więc względy konstrukcyjne dla kolei miejskiej szybkiej będą miarodajne: maksymalne zagłębienie i zastosowanie właściwych spadków dla celowego odwodnienia.

Wiercenia badawcze miały prócz tego na celu: odróżnienie nasycenia wód infiltrujących z zewnątrz do wnętrza, zależnie od wielkości opadów, a więc wodami o zwierciadle niestabilnym, czyli tak zwanymi pospolicie wodami zaskórnymi, od ewent. nasycenia wodą gruntową, zasilaną i magazynowaną z większych obszarów powierzchniowych, a mających inne dopływy do przelotu tunelowego.

To też studja w tym kierunku są pierwszorzędne znaczenia i wykrycie erozyjnych odwadniających rynien ze stawowych układów z zakresu jeziornego i zastoiskowego we wnętrzu lewego brzegu Wisły było zadaniem naukowym niezmiernie trudnym, a zarazem i ciekawym.

Praca ta miała więc na celu i stronę o wartościach oceny ściśle naukowej, co wpływa w dużym stopniu na wartość badań i wymaga ogarnięcia warunków geologicznych niemal całej Warszawy.

Cały ten materiał geologiczno-hydrologiczny, zebrany drogą próbnych wierceń, wykonanych przez firmę „B-cia Rychłowski”, został przedstawiony specjalnej komisji ekspertów-geologów, w skład której weszli: Prof. Dr. W. Friedberg z Poznania, Prof. Dr. J. Lewiński z Warszawy, Prof. Dr. J. Nowak z Krakowa, Prof. Dr. J. Samsonowicz z Warszawy.

Komisja ta stwierdziła jednogłośnie, że zebrane dotychczas materiały badań gruntu są dostateczne dla opracowania ogólnego projektu kolei miejskiej szybkiej.

Projekt ten obecnie jest już ukończony, przy czym nastęrczyły się niektóre rozwiązania niezupełnie proste, zależnie od uzgodnienia z innymi urządzeniami, a mianowicie:

Podejście kolei miejskiej szybkiej pod tunel kolejowy średnicowy Polskich Kolei Państwowych.

Ze względu na przeprowadzenie syfonu kanalizacyjnego pod tunelem średnicowym w osi ul. Marszałkowskiej, prowadzenie tunelu kolei podziemnej pod temi urządzeniami i przy gruncie z piasków lotnych, nasyconych wodą, zostało w wysokim stopniu utrudnione.

VI. Podejście tunelu kolei miejskiej szybkiej pod tunel średnicowy P. K. P.

Przy podejściu projektowanej kolei podziemnej miejskiej pod tunelem średnicowym P. K. P. brano przedewszystkiem pod uwagę możliwość budowy tunelu kolei miejskiej szybkiej nawet po wprowadzeniu ruchu w tunelu kolejowym i zabezpieczeniu równowagi ścian fundamentowych tunelu P. K. P. oraz syfonu kanalizacyjnego.

W komisji do spraw przebudowy węzła kolejowego warszawskiego rozpatrywano sposoby podejścia kolei miejskiej szybkiej pod linię średnicową zarówno pod galerią syfonową, jak i z jej boków. Komisja ta zaakceptowała podejście kolei miejskiej pod tunelem linii średnicowej z obejściem syfonu kanalizacyjnego dwoma tunelami (rurami żelaznymi średnicy 5 m) o torze pojedynczym.

Budowa tego odcinka tunelu kolei miejskiej szybkiej sposobem tarczowym przy zastosowaniu sprężonego powietrza całkowicie zabezpieczy od napływu wody czy zalania miejscowego, mała zaś średnica rury zabezpieczy od obsunięć i pozwoli na szybki postęp robót, małe wymiary segmentów żelaznych rury — na szybki montaż; waga na 1 m. b. rury (8,1 tonn m. b.) — na szybki transport, całość budowy będzie bezpieczna dla budowli pod- i nadziemnych (małe ciśnienie na grunt 0,4—0,6 kg/cm²). Wybór małego tunelu jednotorowego pozwoli na uzyskanie najwyższego poziomu szyn w tunelu kolei miejskiej szybkiej możliwego do osiągnięcia (+ 20,30), (czyli 14,25 m poniżej poziomu ulicy), jednocześnie w razie wyboru stacji dworcowej kolei miejskiej szybkiej z peronem środkowym szerokości 10 m, przedzielonym barjerą na 2 kierunki — wyloty rur przeto wyprowadzą tory z pod tunelu P. K. P. na stację kolei miejskiej szybkiej bez potrzeby zmiany kierunku osi torów przez łuki i przeciwłuki.

Dla zwiększenia stateczności ścian fundamentowych tunelu linii średnicowej jak i podtorza projektowane jest zastosowanie metody wzmocnienia gruntu między spodem fundamentów i torów kolejowych a poziomem górnym rury kolei miejskiej szybkiej.

Wobec specjalnego charakteru gruntu (piasek miałki, silnie nawodniony) należałoby dobrać odpowiadający celowi sposób petryfikacji gruntu. Wzmocnienie gruntu można byłoby przeprowadzić w 2-ch etapach: 1) Od powierzchni górnej (od dna tunelu linii średnicowej) części nad przyszłą rurą

kolei miejskiej szybkiej, przyczem wstrzykiwanie mogłoby być przeprowadzone albo po uruchomieniu linii średnicowej w czasie przerw w ruchu, lub przed podjęciem ruchu — na odnośnej powierzchni przecięcia rury kolei miejskiej szybkiej z tunelem kolejowym — w każdym razie przed rozpoczęciem wiercenia tunelu kolei miejskiej szybkiej. 2) Podczas postępów budowy — tarczowania wprzód, po wycięciu pali betonowych — wskazane byłoby spetryfikowanie gruntu powtórnie zarówno od góry, co całkowicie zabezpieczy stateczność podtorza kolejowego, jak i od dołu, co zapewni całkowite unieruchomienie tunelu kolei miejskiej szybkiej na stałej podstawie, a zarazem utworzy z pozostałymi po wycięciu palami jak ich resztkami bryłę o charakterze monolitowym, zdolną przenieść górne ciśnienie fundamentów i podtorza kolejowego poprzez rurę—tunel i spetryfikowany grunt okoliczny na grunt rodzimy. Wykonanie pierwszej warstwy wzmocnionej gruntu ponad tunelem kolei miejskiej szybkiej z dwoma pogłębieniami petryfikacji po bokach przyszłej rury — utworzy rodzaj belki monolitowej, wspartej na oporach bocznych, co zabezpieczy całkowicie tory kolejowe podczas budowy kolei miejskiej szybkiej, przenosząc ciśnienia od nich na grunt rodzimy, po wybudowaniu zaś kolei miejskiej szybkiej i powtórne wzmocnienie gruntu okalającego rurę wytworzona będzie bryła jednorodna (zdolna przenosić wszelkie ciśnienia pośrednie górne przez boki i rurę). Przy wzmocnieniu gruntu przed budową kolei miejskiej szybkiej, przyszła budowa dwóch rur nawet nie przy jednoczesnym wykonywaniu (posuwania się tarczowania wprzód) będzie bezpieczna dla syfonu kanalizacyjnego i linii średnicowej P. K. P.

Wycinanie pali odbywać się będzie podczas budowy kolei miejskiej szybkiej przy dojściu tarczy do ściany fundamentowej linii średnicowej przez obcięcie pali od góry i dołu względnie i w środku (dla łatwiejszej wywózki części wyciętych). Wogóle pod tunelem — rurami kolei miejskiej szybkiej trzeba będzie usunąć 2×28 pali o głębokości średniej 6,25 m, odcinając część dolną lub wycinając środkową. Po wycięciu pali i po dalszym tarczowaniu wprzód iniekcje petryfikacyjne gruntu wykonywane będą od wewnątrz ścian rury tunelu, co zwiąże ten ostatni z obudową górną, boczną, resztkami pali i t. d.

Ściany fundamentowe tunelu P. K. P. pozostają zawsze nienaruszone. Petryfikacja gruntu musiałaby być zwłaszcza intensywna w pobliżu tych ścian fundamentowych ze względu na zmianę w tem miejscu naprężeń podłużnych (obciążenia) w rurach kolei miejskiej szybkiej.

Budowa kolei miejskiej szybkiej na tym odcinku dwiema okrągłymi rurami żelaznymi może zatem być prowadzona nawet po rozpoczęciu ruchu kolejowego na linii średnicowej.

VII. Stacja dworcowa kolei miejskiej szybkiej.

Dla ułatwienia dojść do stacji dworcowej kolei miejskiej szybkiej pasażerom kolejowym zaprojektowano specjalny korytarz i kasy. Wydzielono specjalną kasę dla pasażerów kolejowych, dających do kolei miejskiej szybkiej (poziom peronu + 22,80) i odwrotnie, — na poziomie + 24,40,

co zapewnia im bezpośrednią komunikację bez wy-dostawiania się na górny poziom dworca kolejowego i ulicę (+ 34,55). Dla przyspieszenia przejścia przez korytarz celem dostania się do kolei miejskiej szybkiej zaprojektowano zastosowanie chodników ruchomych dwustopniowych o prędkościach 1,5 m/sek. i 2,5 m/sek. na długości 151 m. Łączny czas z dojściem schodami i t. d. trwać zatem będzie przy przejściu od terenu kolejowego na peron stacji kolei miejskiej szybkiej do 3 minut. Rozdział pasażerów kolei miejskiej szybkiej na kolejowych (stacja biletowa głęboka) i miejskich (stacja płytka + 30,80) dają dobrą regulację i niezależność ruchu przy minimum straconych wysokości. Nadmienić należy, że charakter dopływu tych kategorii pasażerów jest różny: kolejowych—falowo-okresowy o dużej intensywności (przy przejeździe pociągów), miejskich—regularny o dużej częstotliwości, przyczem pasażerów miejskich według danych statystycznych jest w ciągu dnia znaczna większość, stąd konieczność dla nich wygodnego i krótkiego dojścia do stacji dworcowej kolei miejskiej szybkiej.

VIII. Przejście kolei miejskiej szybkiej przez projektowany most na Wiśle, wprost ul. Karowej.

Most przeznaczony będzie dla ruchu tramwajowego, kołowego (konnego i mechanicznego), pieszo i kolejowego miejskiego.

W celu należytego skoordynowania tego ruchu i zmniejszenia szerokości mostu, a przez to i kosztów jego budowy — Biuro Budowy Mostu projektuje zastosowanie dla mostu i wiaduktu (po stronie warszawskiej) dwupiętrowego o dwu pomostach górnym i dolnym.

Na górnym pomoście odbywać się będzie ruch tramwajowy na dwu torach normalnych, ułożonych pośrodku jezdni, oraz ruch kołowy i pieszy (na obu chodnikach), na dolnym pomoście zaś — ruch kolei miejskiej szybkiej. Wiadukt praski będzie jednopiętrowy, kolej bowiem miejska szybka opuści most około przyczółka praskiego, kierując się wzdłuż wału ochronnego w stronę portu rzeczno i głównego dworca Wschodniego.

Pociągi miejskiej kolei szybkiej biec będą po dolnym pomoście, którego dolna krawędź znajdować się będzie w odległości około 7 m poniżej górnej krawędzi jezdni pomostu górnego.

Ustrój pomostu dolnego dla miejskiej kolei szybkiej Biuro Budowy Mostu projektuje w sposób dwójaki: bądź stanowić on będzie całość organiczną z konstrukcją mostu i wiaduktu (warszawskiego), bądź stanowić będzie jedną całość organiczną jedynie z ustrojem mostu, na długości zaś wiaduktu warszawskiego przedstawiać będzie budowlę w pewnym stopniu niezależną pod względem konstrukcyjnym i statycznym od ustroju wiaduktu, opierającą się na oddzielnych słupach, założonych wewnątrz wiaduktu, poza obrębem fundamentów jego filarów i przyczółków. Dotyczy to jednak ustroju pomostu dolnego na odcinku wiaduktu pomiędzy ścianą oporową przy ul. Karowej Górnej i ul. Dobrą; na pozostałych odcinkach wiaduktu, t. j. na jego części od ul. Dobrej do Wybrzeża Kościuszkowskiego, słupy czy belki pomostu dolnego powinny opierać się bądź na zasadniczych funda-

mentach przyczółków i filarów wiaduktu, bądź na głównych dźwigarach tegoż wiaduktu, a to z uwagi na wielką ilość różnego rodzaju przewodów kanalizacyjnych, wodociągowych i innych, utrudniających w wysokim stopniu budowę oddzielnych fundamentów dla słupów pomostu dolnego. Sposób budowy oddzielnych fundamentów dla pomostu kolei miejskiej szybkiej na odcinku wiaduktu ul. Karowa Górna — Dobra posiada pewne zalety mechaniczne i ekonomiczne, z jednej strony bowiem zasadnicze ustroje wiaduktu warszawskiego izolowane byłyby dzięki temu od wpływu czynników dynamicznych, powstających przy przebiegu pociągów tejez kolei miejskiej szybkiej, z drugiej — zmniejszyłyby się narazie przynajmniej koszty budowy tegoż wiaduktu, a to z uwagi, że linja miejskiej kolei szybkiej wzdłuż ulicy Karowej, należąca do II-ej serji robót, budowana będzie prawdopodobnie dopiero po wykończeniu I-ej serji robót, dotyczącej szlaku Mokotów—Muranów, a więc znacznie później, przez co uniknęłoby się narazie nakładu kosztów na budowę pomostu dolnego dla kolei miejskiej szybkiej.

IX. Obliczenie rentowności.

Pozostaje jeszcze wyjaśnić, jak przedstawiają się koszty budowy i wydatki eksploatacyjne oraz rentowność tego urządzenia.

Z danych statystycznych kosztów budowy linii podziemnych paryskiego i berlińskiego „metropolitain'ów”, jak również szeregu nowszych urządzeń, można przyjąć dla Warszawy koszt wykonania linii podziemnej o torze podwójnym, włączając wszystkie urządzenia — 12 milionów złotych (obiegowych) na 1 km linii.

Przyjmując, że narazie byłaby wykonana linja podziemna, łącząca dzielnicę południową z północną, o długości 6,3 km (łącznie z dojazdem), ogólny koszt budowy tej linii z dojazdem do remizy wypadłby około 75 milionów złotych.

Na pytanie, czy frekwencja ruchu będzie na tej linii na tyle intensywna, że nie pozostawi wogóle pod znakiem zapytania samej myśli budowy tej kolei w Warszawie, można odpowiedzieć cyframi.

Statystyka powojenna za czas 1919—1930 r. wykazuje ilość przewiezionych osób na 1 km linii (licząc po osi ulicy), rocznie średnio 2,652 mil. pasażerów. To jest cyfra średnia, wzięta z całej sieci tramwajowej.

Wyprowadzona zaś z ostatniego rozkładu jazdy gęstość wagonów na ul. Marszałkowskiej od placu Unji Lubelskiej do ul. Królewskiej przy normalnym zapelnieniu daje nam faktyczną frekwencję na tej linii. W ten sposób wyprowadzona faktyczna frekwencja dla linii przez ul. Marszałkowską od placu Unji Lubelskiej do Ogrodu Saskiego, względnie placu Marszałka Piłsudskiego wypada znacznie wyższa (około 3-krotnie), aniżeli podana średnia, wzięta z całej sieci.

Frekwencja faktyczna od placu Teatralnego, Bielańskiej i Nalewek do placu Muranowskiego wykazuje również cyfrę prawie dwa razy większą, aniżeli średnia roczna, wzięta z całej sieci.

W ten sposób szacowany jest zazwyczaj ruch oczekiwany na nowoprojektowanych liniach kolei

miejskiej szybkiej. Mniejszego ruchu zaledwie można się spodziewać; przeciwnie, wskutek takich czynników, jak: większa prędkość jazdy, częstsza okazja lokomocji, większa wygoda i t. p., następuje przeważnie szybkie zwiększenie frekwencji.

Nie należy też zapominać, że do czasu zbudowania i uruchomienia tej pierwszej linii kolei miejskiej szybkiej normalny przyrost ruchu stanowiąc będzie przeszło 30%.

Dla orientacji dodajemy, że w r. 1929 na kolejach miejskich szybkich przewieziono na 1 km toru podwójnego

w Londynie 3,2 milj. pasażerów
w Berlinie 4,54 „ „

Do obliczenia rentowności tej pierwszej linii przyjmujemy jednak cyfrę skromniejszą, aniżeli wypadałaby ona z obecnej statystyki ruchu w Warszawie, ustalając frekwencję na okres początkowy, odpowiadającą 20 przejazdom na 1 mieszkańca rocznie, zgodnie zresztą z odnośną statystyką zagraniczną.

Przy gęstości pociągów na początek co 4 minuty i dzisiejszych płacach personelu — koszty eksploatacyjne na tej pierwszej linii, włączając koszty administracji i koszty odnowienia urządzeń, wyniosą

Zł. 6 246 000.

Zatem koszty eksploatacyjne przejazdu na 1 pasażera (przy 30 milj. pasaż. rocznie) wyniosłyby 21,0 groszy.

Przy średnim wpływie od pasażera 32 gr. za przejazd nadwyżka wpływów nad rozchodami eksploatacyjnymi wyniosłaby tylko

około 4,5%.

Należy przyznać, że cyfra ta wypada dość niska, co zresztą wykazują również i „metropolitain'y” innych miast, a to wskutek wysokich kosztów budowy.

Na budowę jednak kolei podziemnej należy patrzeć nie tylko wyłącznie z punktu widzenia mniejszej lub większej rentowności, ale jako na urządzenie, które stwarza jednocześnie nowe arterie komunikacyjne, oszczędzając miastu poważnych wydatków na wykup posesji, burzenie domów, przeprowadzenie nowych ulic celem opanowania stale wzmagającego się ruchu ulicznego.

Sieć kolei miejskich szybkich nie jest jednak niczem innym, jak drugą siecią uliczną, powstałą z konieczności rozwoju ruchu ulicznego na powierzchni.

Odnosnie pokrycia ewent. deficytów za przewóz pasażerów koleją podziemną — na Zachodzie Europy praktykowana jest droga połączenia „metropolitain'u” w jedną całość z innym przedsiębiorstwem zyskowym, jakim są tramwaje.

Rozważanie tej kombinacji jest następujące.

Gdy tramwaje w dużym mieście nie znajdują dość miejsca na ulicy i muszą być częściowo przeprowadzone pod ulicą, wówczas nie jest to bardzo słusznym obciążać korzystających z tej linii pasażerów osobną opłatą.

Pójdźmy krok dalej jeszcze i przypuśćmy, że cała kolej znajduje się w innym poziomie, niż uli-

ca, stając się tem samą koleją nad- lub podziemną. Wówczas Zarząd Miejski, który oba te rodzaje komunikacji (tramwaje i kolej szybka) jednoczy w jednym ręku, nie uczyni krzywdy nikomu, gdy obciążenia, pochodzące z kosztów torowiska własnego (tunele, wiadukty), będą podzielone na wszystkich pasażerów. To prowadzi do przyciągnięcia tramwajów do świadczeń finansowych na rzecz kolei nad lub podziemnej, — jak to już zresztą ma miejsce w Hamburgu, Berlinie, Bostonie i w pewnej mierze też i w Londynie. Czy wpływające stąd sumy będą obrócone na oprocentowanie wybudowanych z pożyczek urządzeń kolei miejskiej, czy też bezpośrednio użyte na budowę nowych linii tejże kolei — jest to sprawa oddzielna.

W ten sposób postępuje już teraz Berlin i Hamburg. W obu miastach, jakkolwiek w różnych formach, utworzony jest stosunek wspólności, przy którym niewystarczające wpływy kolei nadziemnej lub podziemnej wyrównywane są z nadwyżek tramwajów. Toż samo jest w Bostonie i Filadelfji.

Dr. inż. E. Giese, profesor na Politechnice w Berlinie, rzeczoznawca komunikacji wielkomiejskiej, w rozważaniach swych o stronie gospodarczej i opłatach środków komunikacyjnych wielkomiejskich, podaje we wniosku końcowym uwagę następującą:

„Celem poparcia budowy i eksploatacji kolei miejskich szybkich i tem samem odciążenia ruchu ulicznego jest całkowicie usprawiedliwione subwencjonowanie kolei szybkiej przez środki komunikacyjne korzystające z ulicy”.

X. Sfinansowanie budowy.

Wobec zgłoszenia kilku ofert ze strony różnych konsorcjów z zamiarem wejścia w bliższe pertraktacje o uzyskanie koncesji na budowę i eksploatację kolei podziemnej w Warszawie — Magistrat zastanawiał się nad kwestją, w jaki sposób ma być zrealizowana budowa kolei podziemnej w Warszawie. Magistrat rozważył szereg możliwych rozwiązań, a mianowicie:

- a) budowa i eksploatacja kolei przez miasto w drodze zaciągnięcia pożyczki zagranicznej;
- b) udzielenie koncesji z udziałem miasta w zyskach;
- c) powierzenie budowy firmie budowlanej z pozostawieniem eksploatacji kolei miastu, przy czym koszty budowy pokryte byłyby z pożyczki krótkoterminowej — i
- d) udzielenie czystej koncesji.

Po rozważeniu wyżej podanych rozwiązań Magistrat zatrzymał się przedewszystkiem na sposobie udzielenia czystej koncesji, t. j. miasto nie bierze żadnego udziału w przedsiębiorstwie, jak również nie daje żadnych gwarancji co do wysokości oprocentowania i amortyzacji kapitałów.

Ponieważ na tę formę przedsiębiorstwa, co było zresztą do przewidzenia, trudno było znaleźć koncesjonariusza, który podjąłby się budowy i eksploatacji na własny rachunek, bez żadnego udziału ze strony miasta, jak również bez żadnych gwarancji co do wysokości oprocentowania kapitałów, Magistrat rozpatrzył inne koncepcje zrealizowania sfinansowania budowy kolei podziemnej.

Z kilku propozycji poważniejszych, przedstawionych Magistratowi przez konsorcja zagraniczne finansowo silne, wspomnę tu o następujących.

Jedne polegają na tem założeniu, że Magistrat buduje tunel, który pozostaje własnością miasta, konsorcjum zaś, poza użyczeniem swych usług dla sfinansowania tego przedsiębiorstwa, o ile miasto nie będzie w możności znalezienia własnych sposobów przeprowadzenia operacji finansowych, dostarcza całe pozostałe urządzenie i eksploatuje go jako dzierżawca (na lat 35) przy zagwarantowaniu przez miasto odpowiedniego oprocentowania kapitału.

Inne propozycje polegają na tem, że dla budowy i eksploatacji całej komunikacji miejskiej, a więc tramwajów, autobusów i kolei podziemnej, zostałaby zawiązana spółka mieszana, do której weszłoby miasto z istniejącymi urządzeniami tramwajów i autobusów jako aportem oraz koncesjonariusz, wpłacający gotówką odpowiedni kapitał. Miasto nadałoby tej spółce koncesję na określony przeciąg czasu. Fundusze, potrzebne dla budowy kolei podziemnej, rozbudowy linii tramwajowych i autobusowych, dostarczy koncesjonariusz bądź w formie udziału, bądź w formie pożyczki obligacyjnej.

Z kilku tych propozycji różnych grup finansowych zagranicznych wynika wyraźnie, że żadne konsorcjum nie zamierza ubiegać się o czystą koncesję na budowę i eksploatację projektowanej linii („A”) kolei podziemnej bez udziału miasta w tem przedsiębiorstwie, wzgl. bez zabezpieczenia ze strony miasta w tej czy innej formie wysokości oprocentowania i amortyzacji wyłożonych przez koncesjonariusza kapitałów na budowę kolei podziemnej. Przeciwnie, proponowane formy koncesji zmierzają do przesunięcia całkowitego ryzyka na barki miasta, pozostawiając zagwarantowanie dla siebie dość wysokiego oprocentowania i amortyzacji od włożonego przez koncesjonariusza kapitału.

Podane propozycje zmierzają do tego, ażeby miasto na własny rachunek wykonało budowę tunelu (czyli około 70% ogólnych kosztów budowy), pozostałe zaś urządzenia wykonane byłyby na rachunek koncesjonariusza, a kapitał, włożony przez

tego ostatniego, byłby zabezpieczony na wpływach tramwajów.

Naogół widać z tych propozycji, iż uzyskanie kredytu zagranicznego będzie dla przedsiębiorstwa, wzgl. dla miasta bardzo kosztowne i uciążliwe, co zwłaszcza przy tak kapitalnej i kosztownej z natury rzeczy budowie odbiłoby się nader ujemnie na gospodarczych wynikach przedsiębiorstwa.

Ponieważ więc proponowane koncepcje ubiegających się konsorcjów są dla miasta nader kosztowne i uciążliwe, należało więc szukać innej formy zrealizowania przedsięwzięcia budowy kolei podziemnej.

Forma ta nastęrcza się sama przez się przez połączenie kolei podziemnej organicznie w jedną całość z przedsiębiorstwem zyskowym, jakim są tramwaje, co zresztą na Zachodzie już zostało wprowadzone w szeregu miast z dobrym skutkiem.

Wogóle pogląd dzisiejszy jest całkowicie z tem zgodny, że miejska komunikacja tramwajowa, autobusowa i kolej miejska szybka winny znajdować się w rękach jednego towarzystwa, gdyż tylko w ten sposób możliwe jest osiągnięcie ujednostajnienia gospodarki finansowej, ujednostajnienia obsługi potrzeb komunikacji i racjonalnej polityki komunikacyjnej miasta.

Jedynie więc taka koncepcja — połączenie w jedno przedsiębiorstwo o osobowości prawnej — może też ułatwić sprawę sfinansowania budowy kolei podziemnej, gdyż „Zakłady Komunikacyjne Miejskie”, jako wydzielona jednostka prawna, będą miały prawo wypuszczania obligacji. W danym wypadku suma tych obligacji mogłaby starczyć nie tylko na wykonanie budowy pierwszej linii kolei podziemnej, ale i na najbliższe potrzeby inwestycyjne tramwajów i autobusów.

Na podstawie powyższych rozważań „Komisja Specjalna Magistracka do spraw, dotyczących budowy kolei pod- i nadziemnej w Warszawie” podała swoją zasadniczą uchwałę jako wniosek na Magistrat. Magistrat upoważnił Dyrekcję Tramwajów do przeprowadzenia badań w sprawie wyodrębnienia tramwajów w odrębną jednostkę prawną. Po przeprowadzeniu tych badań będzie opracowany i przedstawiony Magistratowi do zatwierdzenia statut szczegółowy tego przedsiębiorstwa, jako jednostki prawnej. Odnośne prace są w toku.

PRACE NAD MIĘDZYNARODOWEMI PRZEPISAMI OCHRONY PODZIEMNYCH URZĄDZEŃ METALOWYCH OD DZIAŁANIA ELEKTROLITYCZNEGO PRĄDÓW BŁĄDZĄCYCH.

Prof. R. Podoski.

Obsah. Poněvadž se nemůžē úplně zabrániti vzniku potulných proudů, musí se najiti kompromis mezi majiteli ohrožených kovových hmot a železničnými podniky elektrickými. Základy pro předpisy různých států. Návrhy mezinárodního poradního Sboru pro dálkovou telefonii na vypracování mezinárodních předpisů. Návrhy předpisů v Como a námitky proti nim. Omezení rozdílů potenciálů mezi kolejnicemi a zemí (švýcarské předpisy a Como) nebo úbytku napětí v kolejnicích. Názor mezinárodního svazu dopravních podniků, další práce smíšené mezinárodní komise CCI, nynější stav výzkumu a prací

Streszczenie. Niemożliwość zupełnego zapobieżenia powstawaniu prądów błędzących czyni koniecznym kompromis pomiędzy właścicielami narażonych na ich działanie podziemnych mas metalowych a przedsiębiorstwami trakcyjnymi. Zasady, na jakich są oparte przepisy różnych krajów. Próby Międzynarodowego Komitetu Doradczego dla telefonji dalekosiężnej opracowania przepisów międzynarodowych. Zasady przepisów, proponowanych na Kongresie w Como, sprzeciwy. Ograniczenie różnic potencjałów między szynami a ziemią (przepisy Szwajcarskie i Como), czy też spadku napięcia w szynach. Stanowisko Międzynarodowego Związku Przedsiębiorstw Komunikacyjnych, dalsze prace Mieszanej Komisji Międzynarodowej C. C. I., obecny stan badań i prac.

Sprawą szkodliwego oddziaływania prądów, odgałęzionych do ziemi od szyn tramwajów i kolei elektrycznych, używających szyn jako jednego z przewodników, na inne przewody metalowe, ułożone pod ziemią, już oddawna zajmowały się koła fachowe różnych krajów. Zagadnienie to jest wysoce zawile, gdyż nie tylko trudno jest bardzo, jeżeli nie zupełnie niemożliwie, obliczyć i przewidzieć z góry natężenie i przebieg w ziemi tych prądów, zwanych prądami błędzącymi, ale wchodzi tu w grę z punktu widzenia prawnego-finansowego dwie zainteresowane strony, a mianowicie przedsiębiorstwa, odgałęziające te prądy do ziemi z jednej, oraz przedsiębiorstwa, których urządzenia mogą być przez nie uszkodzone — z drugiej strony. Ponieważ praktycznie niemożliwe jest zupełnie i stale odizolować tory kolejowe lub tramwajowe od ziemi, przeto niepodobna również zapobiec całkowicie powstawaniu prądów błędzących; rzecz cała sprowadza się więc z konieczności do kompromisu między zainteresowanymi stronami, względnie do takiego ograniczenia prądów błędzących, by nieuniknione oddziaływania ich na urządzenia metalowe, znajdujące się pod ziemią, były praktycznie nieszkodliwe, to jest, aby nie przeszkadzały sprawnemu działaniu tych urządzeń i nie zmniejszały ich trwałości.

Wychodząc z założenia, że odgałęzianie się prądów od szyn do innych przewodów metalowych, ułożonych w ziemi, mogą powodować jedynie różnice potencjałów między szynami a temi przewo-

dami, wydano najpierw w Anglii najdawniejsze przepisy, ograniczające do 7 woltów wielkość różnic napięć, mierzonych między szynami a podziemnymi przewodami metalowymi.

Wobec niedostatecznej jeszcze wówczas znajomości zasad powstawania i działania prądów błędzących, przepisy te są teoretycznie niesłuszne, oparte na mylnych podstawach i praktycznie niewystarczające. Mylnem jest przedewszystkiem ograniczanie mierzonej różnicy napięć, gdyż właśnie istnienie prądów błędzących różnicę tę zmniejsza. Łatwo zrozumieć, że jeżeli w szynach powstaje pewien spadek napięcia, a szyny te są zupełnie izolowane od ziemi, to różnica potencjału pomiędzy danym punktem tych szyn a ziemią, względnie przewodem metalowym, ułożonym w ziemi, będzie większa, niż wtedy, gdy szyny są od ziemi źle izolowane, kiedy więc część prądu odgałęzia się od nich do ziemi i płynie przez nią tak, iż w szynach płynie mniej prądu. Dalej niesłusznem jest ograniczanie maksymalnej chwilowej różnicy napięć, gdyż ilość metalu, uprowadzonego przez prąd, wychodzący z masy metalowej, znajdującej się w elektrolicie (w danym przypadku zastępuje go ziemia), a zatem i wielkość uszkodzeń elektrolitycznych, zależna jest od iloczynu prądu i czasu; ważne są tu zatem nie chwilowe wartości, lecz wielkość średnia (w czasie) różnic napięcia w danym punkcie szyn.

Dużo światła w to tak zawile zagadnienie wniosły długoletnie badania Komisji niemieckiej, wyłonionej przez niemiecki związek fachowców gazowych i wodociągowych, niemiecki związek elektryków i niemiecki związek tramwajów i kolei dojazdowych. Komisja ta wydała w 1912 r. obszerny przepis wraz z komentarzami do nich, oparte na ograniczeniu wielkości spadków napięć w szynach, ale nie wymierzonych, lecz obliczonych teoretycznie w założeniu zupełnej izolacji szyn od ziemi i równomiernego rozłożenia średniego obciążenia sieci. Przepisy te uznają gęstość prądu, uchodzącego z podziemnych mas metalowych do ziemi, jako miarodajną dla możliwości uszkodzeń elektrolitycznych i ograniczają tą gęstość do 0,75 mA na dcm² powierzchni badanej masy metalowej.

Na podobnych zasadach oparte są wydane w 1927 r. przez Ministerstwo Robót Publicznych przepisy francuskie.

Na odmiennych natomiast zasadach oparte są przepisy szwajcarskie, opracowane przez sekretarjat generalny Szwajcarskiego związku elektryków i przyjęte przez mieszaną Komisję związku szwajcarskiego przemysłów gazowych i wodociągowych, szwajcarskiego związku przedsiębiorstw przewozowych, związku szwajcarskich elektryków i generalnej dyrekcji telegrafu.

Przepisy te wychodzą wprawdzie także z teoretycznie obliczonych spadków napięć w szynach,

doskonale izolowanych od ziemi, ale ograniczają nie tyle wielkość tych spadków, jak wielkość różnic potencjałów między szynami a ziemią, obliczonych również teoretycznie na podstawie wzmiankowanych spadków napięć. Dla umożliwienia tego obliczenia przepisy szwajcarskie przyjmują pewne stałe średnie wartości oporów przejściowych pomiędzy szynami a ziemią.

Inne kraje nie wydawały, o ile mi wiadomo, żadnych specjalnych przepisów, dotyczących prądów błędnych, względnie ochrony mas metalowych, znajdujących się pod ziemią, od ich działań elektrolitycznych, bądź stosując u siebie jedne z wyżej wymienionych przepisów, bądź pozostawiając sprawę uregulowania ewent. sporów o uszkodzenia elektrolityczne zainteresowanym stronom.

W tym kierunku poszły właśnie Stany Zjednoczone Ameryki Północnej. Amerykańskie Bureau of Standards przeprowadziło wprawdzie cały szereg nader wyczerpujących prac i badań, ogłaszając ich wyniki w swych wydawnictwach „*Technology Papers*”, ale nie opracowało żadnych przepisów, ograniczając się do wskazywania środków zaradczych w każdym poszczególnym, przez siebie zbadanym wypadku.

Myśl wydania międzynarodowych przepisów dla ochrony przewodów i kabli linii telekomunikacyjnych powziął dopiero Międzynarodowy Komitet Doradczy dla telefonji dalekosieżnej, polecając zaprojektowanie takich przepisów utworzonej w tym celu komisji. Projekt komisji, oparty całkowicie na przepisach szwajcarskich rozesłany został do opinii wszystkich zainteresowanych organizacji oraz krajowych stowarzyszeń elektryków i wniesiony na Zjazd Komitetu doradczego w Como w 1927 r.

Z ostrą krytyką projektu wystąpili na zjeździe w imieniu francuskiego Stowarzyszenia elektryków dyr. Peridier i w imieniu polskiego Stowarzyszenia Elektryków prof. R. Podolski, kwestjonując nietylko słuszność podstaw proponowanych przepisów, ale również jednostronność ich opracowania przez rzeczoznawców jednej tylko z zainteresowanych stron, bez współudziału pozostałych, t. j. kolei i tramwajów elektrycznych oraz przedsiębiorstw gazowych i wodociągowych.

Skutek tej krytyki był taki, że projekt przepisów nie został zatwierdzony, a Kongres polecił ponowne zbadanie sprawy specjalnej komisji, z udziałem przedstawicieli Międzynarodowego Związku tramwajów, kolei dojazdowych i przedsiębiorstw publicznych przewozów automobilowych.

Jak to już zaznaczono, teoretyczne obliczanie różnic potencjałów między szynami a ziemią, którego wymagają przepisy szwajcarskie, a wraz z nimi i proponowane na zjeździe w Como międzynarodowe, możliwe jest tylko przy założeniu stałych wartości oporów przejściowych pomiędzy szynami a ziemią. Dla sprawdzenia dopuszczalności takiego założenia wykonałem, przy poparciu Polskiego Związku Przedsiębiorstw Komunikacyjnych, szereg doświadczeń i pomiarów w 7 miastach Polski. Aczkolwiek wyniki tych pomiarów i doświadczeń nie były jeszcze ostatecznie opracowane w czasie XXI Kongresu Międzynarodowego Związku tramwajów, kolei dojazdowych i przedsiębiorstw przewozów publicznych automobilowych, który odbył

się w 1928 r. w Rzymie, to mogłem już wtedy stwierdzić w krótkim komunikacie, iż założenie stałych oporów przejściowych jest zupełnie niedopuszczalne i prowadzić musi do zupełnie mylnych wyników i błędnych wniosków¹⁾. Na skutek tego komunikatu Międzynarodowy Związek tramwajów, kolei dojazdowych i przedsiębiorstw przewozów publicznych automobilowych postanowił zażądać ponownego przestudjowania sprawy prądów błędnych przez Mieszana Komisję Międzynarodową, złożoną z przedstawicieli wszystkich zainteresowanych zrzeszeń i przedsiębiorstw i wytworzył w swem łonie komisję, złożoną z pp. inż. J. P é r i d i e r, dyrektora badań i kontroli technicznej T-wa Przewozów publicznych rejonu Paryskiego, inż. W o l f f'a, naczelnego inżyniera kolei górnych w Hamburgu, inż. J. K n a f f'a, inżyniera T-wa Tramwajów w Brukseli, inż. V. P a s c h e t t o, naczelnego inżyniera służb technicznych T-wa Tramwajów miejskich w Torino, inż. P. h. T r i p e t, dyrektora Tramwajów w Neuchatel, inż. R. P o d o s k i e g o, prof. Politechniki Warszawskiej, oraz inż. A. d e B a c k e r, jako sekretarza generalnego Związku. Komisji tej polecono zebranie wszelkich możebnych danych o prądach błędnych i zastępstwo interesów Związku w Międzynarodowej komisji mieszanej.

Na następnym kongresie Międzynarodowego Komitetu doradczego dla telefonji dalekosieżnej, który odbył się tegoż 1928 r. w Paryżu, przedstawiciele Związku zażądali w myśl tych uchwał utworzenia mieszanej komisji międzynarodowej, któraby w pierwszej linii zebrała, zbadała i przestudjowała wszelkie istniejące już prace i materiały, dotyczące powstawania i działania prądów błędnych, i w razie potrzeby materiały te uzupełniła przez własne badania i doświadczenia, a dopiero potem przystąpiła do przygotowywania wskazówek ochrony od działań elektrolitycznych o charakterze międzynarodowym.

Czyniąc zadość temu żądaniu, Międzynarodowy Komitet Doradczy dla linii telekomunikacyjnych C. C. I. zreformował i zreorganizował Mieszana Komisję Międzynarodową C. M. I. w ten sposób, aby umożliwić udział w niej nie tylko organizacjom międzynarodowym, ale także narodowym, nie związanym w związki międzynarodowe. Tak zreorganizowana Międzynarodowa Komisja Mieszana podzieliła się przede wszystkim na dwie sekcje, a mianowicie: *sekcję pierwszą*, mającą za zadanie zajęcie się zaburzeniami natury indukcyjnej, wywołanymi przez linie prądów silnych, i *sekcję drugą*, mającą za zadanie zajęcie się sprawami uszkodzeń natury elektrolitycznej.

sekcja druga wyłoniła ze swej strony trzy podkomisje studjów, a mianowicie: 1) biblioteczną dla zbierania literatury, dotyczącej prądów błędnych i ich działań elektrolitycznych, oraz materiałów statystycznych, 2) powstawania prądów błędnych i 3) działania prądów błędnych.

W Międzynarodowej komisji mieszanej, jej sekcjach i podkomisjach studjów reprezentowane są obecnie wszystkie zainteresowane organizacje

¹⁾ Comptes rendus Détaillés de l'Union Internationale de Tramways, de Chemins de fer d'intérêt local et de Transports publics automobiles, XXI Congrès.

i zrzeszenia, jak: Międzynarodowy Związek Kolei, Międzynarodowy Związek tramwajów, Kolei dojazdowych i przedsiębiorstw publicznych przewozów automobilowych, Międzynarodowy Związek Wytwórców energii elektrycznej, krajowe stowarzyszenia elektryków, Związki przemysłu gazowego i wodociągowego, Wytwórnice kabli, Administracje poczt i telegrafów i t. d.

Komisja Międzynarodowego Związku przedsiębiorstw tramwajowych, kolei dojazdowych i przedsiębiorstw publicznych przewozów automobilowych na zebraniu w maju 1929 r. w Paryżu ustaliła swój program działań i doszła do zasadniczego wniosku, iż opracowanie już obecnie ścisłych międzynarodowych przepisów o prądach błędzących i ochronie podziemnych mas metalowych od ich działań elektrolitycznych byłoby niewskazane i przedwczesne, gdyż obecny stan wiedzy i nauki nie pozwala jeszcze na dostatecznie ściśle określenie szeregu różnych czynników, wpływających tak na natężenie i przebieg w ziemi prądów błędzących, jak i na stopień ich oddziaływania na podziemne masy metalowe; jedynie możliwym byłoby więc tylko opracowanie wskazówek natury zupełnie ogólnej.

Ze swej strony Międzynarodowa komisja mieszana na zebraniu w październiku 1929 r. w Paryżu ustaliła swój program działania i ostateczną organizację, poczem poszczególne podkomisje przystąpiły do pracy.

W końcu czerwca 1930 r. odbył się w Warszawie XXII Kongres Międzynarodowego Związku tramwajów, kolei dojazdowych i przedsiębiorstw przewozów publicznych automobilowych, na którym rozpatrzony został obszerny mój komunikat, zawierający wyniki moich prac, badań i pomiarów, dotyczących tak wielkości oporów przejściowych prądów błędzących w ziemi i w podziemnych przewodach metalowych. W komunikacie tym wykazałem, iż opory przejściowe pomiędzy szynami a ziemią, względnie przewodami metalowymi, ułożonymi w ziemi, są wielkością wysoce zmienną, gdyż wartość ich, nawet dla danego sposobu ułożenia szyn i rodzaju podłoża, waha się często w granicach większych, niż 1:30, że zatem założenie wartości stałej tych oporów musi prowadzić do błędnych wyników i mylnych wniosków. Wykazałem ponadto, iż niepodobna z góry ani przewidzieć wielkości prądów błędzących, ani ustalić ich przebiegu w ziemi, ani wreszcie określić, jaka ich część przedostanie się do metalowych przewodów, ułożonych pod ziemią; w każdym razie jest to jednak tylko bardzo mała część całkowitych prądów błędzących. Wobec powyższego wypowiedziałem przekonanie, iż zasada przepisów szwajcarskich jest niesłuszna, że zatem przepisy te nie mogą być przyjęte jako podstawa przepisów lub wskazówek międzynarodowych. Wskazówki takie, o ile mają być wogóle wydane, winny być charakteru bardzo ogólnego i oparte na ograniczeniu nie różnic potencjałów między szynami a ziemią, lecz teoretycznie obliczonych spadków napięć w szynach, które dają się względnie łatwo z dostateczną dokładnością naprzód obliczyć i dowolnie regulować. Przedstawiłem wreszcie opracowany przez Komisję Związku projekt wskazówek, opartych na tych zasadach.

Kongres przyjął mój komunikat do wiadomości i podzielił całkowicie wypowiedziane w nim zapatrywanie oraz zatwierdził z drobnymi zmianami projekt wskazówek swej Komisji²⁾.

Komunikat mój, ogłoszony w sprawozdaniach Kongresu i przesłany przez Sekretariat Międzynarodowego Związku tak Międzynarodowemu komitetowi doradczemu i Międzynarodowej komisji mieszanej, jako też organizacjom i związkom, biorącym udział w jej pracach, wywołał bardzo ożywioną dyskusję, przyczem większość biorących udział w tej dyskusji podzieliła me zapatrywania. Natomiast z ostrą krytyką mego referatu wystąpił w imieniu urzędu kontrolującego Szwajcarskiej komisji uszkodzeń elektrolitycznych inż. H. B o u r q u i n, kwestjonując tak metody tych pomiarów, jak i słuszność moich wniosków i dowodząc słuszności przepisów szwajcarskich. Krytyka ta wywołała z mej strony dalszą odpowiedź, broniącą moich zapatrywań, oraz szereg uwag ze strony fachowców, podtrzymujących także mój punkt widzenia³⁾.

W jesieni 1931 r. Międzynarodowy komitet doradczy wniósł na porządek dzienny swego kongresu w Paryżu ponownie sprawę międzynarodowych przepisów ochrony kabli telekomunikacyjnych od działań elektrolitycznych. Skutkiem protestu przedstawicieli Międzynarodowego Związku tramwajów, kolei dojazdowych i przedsiębiorstw przewozów publicznych automobilowych, iż sprawa przygotowania przepisów polecona została przez Komitet doradczy Międzynarodowej komisji mieszanej, nie może więc być rozpatrywana na Zjeździe Komitetu przed wniesieniem jej na porządek dzienny przez tę Komisję, nowy projekt przepisów, będący dość daleko idącą modyfikacją projektu, przedstawionego w Como, ale zawsze jeszcze oparty częściowo na tych samych zasadach, nie został uchwalony, lecz odłożony do uskutecznienia prac Komisji mieszanej i jej wypowiedzenia się.

Dażąc do wyjaśnienia sprzeczności poglądów między przedstawicielami Związku i Urzędem kontrolującym szwajcarskim i korzystając z obecności przedstawicieli obu stron, sekretariat Międzynarodowej komisji mieszanej spowodował spotkanie między nimi. W dyskusji przedstawiciel Urzędu kontrolującego inż. B o u r q u i n wyjaśnił, iż zdaniem jego głównym argumentem, przemawiającym na korzyść przepisów szwajcarskich jest fakt, iż zastosowanie ich w Szwajcarii daje doskonałe wyniki. Doświadczenia przedsiębiorstw tramwajowych szwajcarskich i liczne pomiary kontrolujące wykazują zupełną zgodność teoretycznie obliczonych różnic potencjałów między szynami a ziemią z rzeczywistie powstającymi, a to dowodzi słuszności przepisów i dopuszczalności założenia stałych średnich wartości oporów przejściowych pomiędzy szynami a ziemią. Badania wykazały dalej, iż wszędzie tam, gdzie stwierdzono znacznie większe różnice pomiędzy wielkościami obliczonymi a wymie-

²⁾ Comptes rendus détaillés de l'Union Internationale de Tramways, de Chemins de fer d'intérêt local et de Transports publics automobiles. XXII Congrès.

³⁾ Comptes rendus détaillés de l'Union de Tramways, de Chemins de fer d'intérêt local et de Transports publics automobiles. XXIII Congrès.

zronemi, istniały zawsze wady w wykonaniu sieci, powodujące upływ prądu i powstanie znacznych prądów błędnych. Takie pomiary kontrolujące są więc najlepszym sposobem wykrywania słabych miejsc sieci i ułatwiają ich naprawę.

Przedstawiciele Związku odpowiedzieli na to, iż przepisy, dające doskonałe wyniki w Szwajcarii, mogłyby się okazać wprost szkodliwymi w innych krajach, przy innych warunkach. W Szwajcarii istnieje Urząd Kontrolujący, złożony z fachowców, gruntownie obeznanych ze sprawą prądów błędnych. Urząd ten przeprowadził sam teoretyczne obliczenia dla wszystkich sieci tramwajowych w Szwajcarii i sam sprawuje nad nimi kontrolę; oczywiście więc jest, iż obrał średnie wartości oporów przejściowych pomiędzy szynami a ziemią, przyjęte do obliczeń teoretycznych tak, aby ich wyniki zgadzały się z wynikami pomiarów. Gdyby nawet przjąć, iż pomimo wielkiej różnicy pomiędzy poszczególnymi wartościami oporów przejściowych pomiędzy szynami a ziemią można by, wobec wielkiej ilości tych oporów o różnych wartościach, liczyć się z pewną średnią ich wartością dla danego sposobu ułożenia, to pomiary prof. P o d o s k i e g o dowodzą, iż zachodzą także znaczne różnice pomiędzy tak obliczonymi średnimi wartościami tych oporów w poszczególnych miastach. Tak np. podług tych pomiarów, średnia wielkość oporu przejściowego pomiędzy torami, ułożonymi na podkładkach drewnianych (zatopionych w jezdni) wynosi w Warszawie 0,421 oma na kilometr, a we Lwowie tylko 0,115 oma; dla torów, ułożonych na podłożu kamiennym, wynoszą te opory 0,264 oma na kilometr w Toruniu, a tylko 0,046 oma we Lwowie i t. d. Jeżeli więc niema Urzędu Kontrolującego, to kto ma określić, jaką wartość należy przyjąć dla danego miasta. W razie przyjęcia do obliczeń niewłaściwych wielkości oporów, musiałyby zajść duże niezgodności między wartościami obliczonymi a wymierzonymi, a to prowadziłoby z konieczności do szeregu sporów i nieporozumień, narażając nieraz przedsiębiorstwa tramwajowe na niczem nieusprawiedliwione koszty. Co do samych pomiarów kontrolujących, to nie są one wcale tak łatwe do wykonania i wymagają dużej fachowości, jeżeli idzie o określenie różnic potencjałów pomiędzy szynami a ziemią.

Tak np. nasuwa się odrazu pytanie, jak ma być wykonany kontakt z ziemią, w jakiej odległości od torów należy skutecznie ten kontakt, czy należy mierzyć napięcie między szynami a ziemią, czy może między szynami a podziemnymi przewodami metalowymi i jakimi i t. d. Daleko pewniejsze jest opieranie się na teoretycznie obliczonym spadku napięć w szynach, z którego wychodzą także przepisy szwajcarskie, prowadząc tylko obliczenia dalej i wprowadzając do tych dalszych obliczeń współczynniki niepewne i zmienne. Kontrola tych obliczonych spadków napięć jest łatwiejsza i o wiele pewniejsza, a większe różnice wskażą i tu zły stan torów pod względem prądów błędnych. Związek nie uważa więc za możliwe opieranie jakichkolwiek obowiązujących przepisów na teoretycznie obliczonych różnicach potencjałów pomiędzy szynami a ziemią.

Komisja Międzynarodowego Związku tramwajów, kolei dojazdowych i przedsiębiorstw przewozów publicznych automobilowych złożyła sprawo-

zдание o stanie prac nad przepisami o prądach błędnych na XXIII Kongresie, który odbył się w lecie 1932 r. w Hadze¹⁾. Po wysłuchaniu tego sprawozdania Zjazd postanowił brać dalej udział w pracach Międzynarodowej komisji mieszanej, podtrzymując jednak swój punkt widzenia, t. j. że wydanie międzynarodowych przepisów o prądach błędnych uważa za przedwczesne i wogóle niepotrzebne. Kraje, które już posiadają odnośne przepisy, są z nich naogół zadowolone i niema narażenie dostatecznych przyczyn, aby przepisy te zmieniać. Sprawa prądów błędnych nie wymaga wogóle międzynarodowej normalizacji, a ogólne wskazówki ochrony od działań elektrolitycznych, opracowane przez Komisję i przyjęte przez Związek na XXII Kongresie w Warszawie, są wystarczające jako podstawa do opracowania dokładniejszych wskazówek lub przepisów dla tych krajów, które ich jeszcze nie posiadają i zamierzają wprowadzić.

Na tych ogólnych wskazówkach oparte są opracowane przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich na zamówienie Ministerstwa Robót Publicznych i wydane w styczniu 1932 r. polskie „Wskazówki Ochrony Urządzeń metalowych, znajdujących się w ziemi od działania elektrolitycznego prądów błędnych” P.N.E. 27-1932.

Bezpośrednio po XXIII Kongresie w Hadze odbył się w Paryżu Kongres Międzynarodowej Komisji Mieszanej dla badań, dotyczących ochrony linii telekomunikacyjnych i kanalizacji podziemnej.

Sprawozdania poszczególnych Komitetów studjów i dyskusje nad nimi dadzą się streścić w sposób następujący.

Komitet II rozpatrywał 4 sprawy, a mianowicie:

1) Powstawanie prądów błędnych. Niema różnicy zdań co do tego, iż istnieją trzy sposoby dla zmniejszenia natężenia prądów błędnych, a mianowicie: a) starać się możliwie utrudniać przedostawanie się prądów z szyn do przewodów metalowych, ułożonych pod ziemią, a zatem dążyć ku jaknajlepszej izolacji szyn od ziemi; b) zwiększać przewodność szyn i c) dobierać odpowiednio miejsce punktów przyłączenia kabli do szyn, ewent. zwiększać ich ilość i zmieniać biegunowość.

2) Obliczenia, dotyczące nowych lub przebudowy istniejących torów. Celowość uprzednich elektrycznych obliczeń torów nie podlega wątpliwości; pewnem jest również, iż należy przy tych obliczeniach uważać tory za zupełnie izolowane od ziemi oraz opierać się na obciążeniach średnich. Pozatem jednak obliczenia mogą być wykonane różnymi sposobami, a pojęcie średniego obciążenia nie jest też niedwuznacznie sprecyzowane. Dość długa dyskusja nie doprowadziła tu do żadnych ostatecznych wniosków. Zaznaczyć tylko należy, iż zwrócono uwagę na celowość używania dla tych obliczeń modeli sieci tam, gdzie znacznie rozgałęzione i powiązane sieci czyniłyby obliczenia bardziej trudnymi i zawiłymi.

¹⁾ Comptes rendus détaillés de l'Union de Tramways, de Chemins de fer d'intérêt local et de Transports publics automobiles. XXIII Congrès.

3) Oporność przejściowa między szynami i ziemią, i

4) Czy należy ustalić granicę maksymalnej dopuszczalnej różnicy potencjałów między szynami a ziemią i jaką?

Te dwie ściśle ze sobą wiążące się sprawy wywołały bardzo ożywioną dyskusję.

Inż. Bourquin referował raz jeszcze zasady i układ przepisów szwajcarskich, dowodząc ich słuszności i zwalczając wyniki prac prof. Podolskiego. Nie mogąc niestety wziąć osobiście udziału w tem posiedzeniu, wyłożyłem swój punkt widzenia w piśmie, skierowanym do sekretarza Komisji mieszanej inż. Valensi. List mój był na zebraniu odczytany i następnie w sprawozdaniach z Kongresu ogłoszony.

W piśmie tem starałem się sprecyzować istotę sporu pomiędzy Szwajcarskim Urzędem kontrolującym a mną w sposób następujący: Kontrolujący Urząd Szwajcarski uważa, że można przyjąć pewne stałe wartości oporów przejściowych pomiędzy szynami a ziemią i oprzeć na nich obliczenie różnic potencjałów pomiędzy szynami a ziemią. Jeżeli późniejsze pomiary, wykonane w czasie eksploatacji, wykażą znaczne różnice pomiędzy wartościami obliczonymi a wymierzonymi, to dowodzi, iż sieć nie jest w porządku i że należy przedsięwziąć kroki ku naprawie. Ja ze swej strony utrzymuję, iż niepodobna uważać oporów przejściowych za stałe i nie można obliczać średnich wartości z wielkości, różniących się od siebie w stosunku 1:30. Ponieważ pozatem zachodzą wielkie różnice nie tylko pomiędzy wielkościami oporów, wynikającymi z poszczególnych pomiarów, ale także pomiędzy średnimi wartościami (ze wszelkimi zastrzeżeniami co do dopuszczalności obliczania takich wartości średnich) dla poszczególnych miast, przeto znaczne niezgodności, jakieby mogły zachodzić pomiędzy różnicami potencjałów, wymierzonymi między torami a ziemią i obliczonymi teoretycznie w założeniu stałych średnich wielkości oporów przejściowych, nie musiałyby konieczności dowodzić złego stanu torów, lecz mogłyby także być spowodowane przyjęciem nieodpowiednich wartości oporów przejściowych. Co do twierdzenia Urzędu, że zastosowane przezemnie metody pomiarowe nie są dokładne, to zupełnie się z tem zgadzam, ale utrzymuję, iż są one dostatecznie dokładne, aby dać przybliżone wyniki, wystarczające dla porównań. Zresztą nie istnieje dotychczas precyzyjna metoda praktycznego pomiaru oporów przejściowych między szynami a ziemią, co nie usprawiedliwia twierdzenia, że są one stałe. Dopóki Urząd Szwajcarski nie przeciwstawi mi twierdzeniom wyniku praktycznie wykonanych pomiarów oporów przejściowych, wykazujących, że są one, wbrew moim twierdzeniom, przynajmniej w grubym przybliżeniu dla danego sposobu ułożenia torów stałe, twierdzenia moje pozostaną w mocy. Jedynym przeto sposobem wyjaśnienia sprawy, kto ma słuszność, Urząd Szwajcarski czy ja, jest bezstronne i fachowe wykonanie szeregu pomiarów oporów przejściowych między szynami i ziemią, względnie ułożeniem w niej przewodami metalowymi i to dla różnych sposobów ułożenia torów, w różnych miastach i różnych krajach. Proponuję więc, aby Komitet takie pomiary wykonał.

Inni mówcy podtrzymywali przeważnie zdanie moje, wobec czego Komitet postanowił kwestyj tych nie rozstrzygać, lecz przystąpić przedewszystkiem do wykonania szeregu prób i pomiarów oporności przejściowych, nie przepisując metody, jaką pomiary te mają być wykonane.

Komitet studjów III rozpatrywał następującą sprawę:

1) Pomiar różnic potencjałów pomiędzy szynami a podziemnymi przewodami metalowymi oraz ziemią i pomiar różnic potencjałów pomiędzy dwoma punktami ziemi.

W dyskusji rozpatrywano różne sposoby dokonywania tych pomiarów, trudności, jakie się przytem spotyka, rodzaj elektrod i kontaktów, jakie należy stosować, wyniki, jakie one dają i t. p. Opisanano między innymi stosowane w Anglii przez Urząd Poczt elektrody kalomelowe, które mają tam dawać bardzo dobre wyniki, zapewniając dużą dokładność pomiarów.

2) Pomiar prądów w kablach i natężenia prądów, uchodzących z kabli.

Pomiarów prądów, płynących w podziemnych przewodach metalowych, aczkolwiek często dość trudny, jest przeważnie możliwy; istnieje ku temu szereg metod. Bardzo dokładne wyniki daje np. metoda, stosowana przez angielski Urząd Poczt, polegająca na zastosowaniu galwanometru Zeissa z rejestracją fotograficzną. Metoda ta pozwala na zmierzenie w płaszczach kali o zewnętrznej średnicy 75 mm prądów o natężeniu 5 mA. Obszerny referat o pracach angielskiego Urzędu Poczt zawiera dokładny opis tej metody, opis wspomnianych już elektrod kalomelowych oraz opisy różnych pokostów i owinięć dla ochrony kabli od działań elektrolitycznych. Co do pomiaru gęstości prądu, odchodzącego od podziemnych przewodów metalowych do ziemi, to dyskusja wyjaśniła, iż nie istnieje dotychczas sposób pewnego i dokładnego jej wymierzenia. Dawno już znana i w Niemczech stosowana metoda niepolaryzujących ramek amperomierzowych Habera nie daje dobrych wyników już choćby dlatego, iż ułożenie ramek wymaga wykonania znacznego wykopu. Zruszenie gruntu zmienia zupełnie jego oporność i przebieg prądów w nim, otrzymane wyniki są więc bardzo niepewne. Dalej powierzchnia takiej ramki wynosi 1 dcm²; zmierzona więc gęstość prądu odnosi się do tej powierzchni, podczas kiedy powierzchnia uszkodzeń bywa przeważnie znacznie mniejsza.

Co do metody amerykańskiej 4 małych elektrod, umieszczonych na rodzaju laski, to i tu należy wywiercić dość szeroką dziurę w ziemi; przytem osiągnięcie dobrego kontaktu dla elektrod jest bardzo trudne i niepewne, tak że uzyskane wyniki nie mogą również być uważane za pewne.

Metoda Michalka, aczkolwiek nie narusza gruntu, wymaga zato zaopatrzenia kabla lub rury przed ich ułożeniem w ziemi w specjalne elektrody w kształcie obręczy, może więc pozwalać na pomiary tylko w pewnych, z góry upatrzonych miejscach, podczas gdy uszkodzenia mogą powstawać w zupełne innych punktach.

Aczkolwiek więc bezpośredni pomiar gęstości prądu byłby bardzo ważny, gdyż gęstość ta rozstrzyga bezpośrednio o istnieniu niebezpieczeństwa

elektrolizy, to jednak pozostaje on dotychczas jedynie nieosiągniętym dezyderatem.

3) Działanie elektrolityczne.

Prof. Chappius wykonał w Paryżu w 1929 roku szereg prób laboratoryjnych w celu wykazania, iż cząsteczki metalu oderwane od mas metalowych, poddanych działaniom elektrolitycznym i uprowadzone z prądem, osadzają się na jego drodze przez ziemię, skutkiem czego zmniejsza się opór pomiędzy obu elektrodami, a przez to samo wzmagają się działania elektrolityczne. Słuszność wniosków prof. Chappius została już wtedy zakwestjonowana, gdyż utrzymywano, że działanie cząstek metalu może dać się odczuć tylko w doświadczeniu laboratoryjnym, wykonanym na małą skalę, podczas kiedy w praktyce, gdzie idzie o większe odległości między elektrodami, a szczególnie większe masy ziemi, oddziaływanie to będzie znikome. Podobne próby wykonane przez angielski Urząd Poczty oraz przez inż. Wolffa w Hamburgu nie wykazały żadnego zmniejszenia oporu. Inż. Wolff przedstawił obszernie i bardzo ciekawe sprawozdanie o swych doświadczeniach.

4) Pomiar oporności ziemi i oporu przejściowego między szynami a ziemią.

Inż. Schumberg przedstawił obszernie sprawozdanie o sposobach mierzenia oporu między dwoma punktami ziemi. Sprawa ta wiąże się dość luźno z praktyczną stroną zagadnienia prądów błądzących, gdyż opór samej ziemi mało tylko wpływa na ich natężenie, a to skutkiem bardzo wielkich przekrojów, z jakimi ma się do czynienia. Prądy błądzące rozchodzą się w ziemi tak szeroko, a skład i struktura gruntu tak są zmienne, iż o obliczeniu ich przebiegu na podstawie mierzonych oporów nie może być mowy. Co do mierzenia oporności przejściowych, to zagadnienie to wiąże się ściśle z zagadnieniami Nr. 3 i 4 Komitetu II, było więc rozpatrywane wspólnie przez oba Komitety.

W wyniku długiej dyskusji, w której inż. Bourquin ze Szwajcarskiego Urzędu Kontrolującego raz jeszcze kwestjonował słuszność moich twierdzeń i wyniki moich pomiarów, postanowiono, jak to już zaznaczyłem, wykonać szereg pomiarów w różnych miastach. Sekretarz generalny Międzynarodowego Związku tramwajów, kolei dojazdowych i przedsiębiorstw publicznych przewozów automobilowych inż. A. de Backer zastrzegł się w imieniu Związku, iż gdyby nawet pomiary te miały wykazać dopuszczalność przyjmowania średnich wartości, to jednak nie wynikałoby jeszcze z tego, iż zasada przepisów szwajcarskich byłaby praktycznie słuszna, gdyż zawsze mogłyby powstawać spory co do liczbowej wielkości tych średnich oporów. Związek więc zachowuje sobie pełną swobodę co do późniejszego wypowiedzenia się po zaznajomieniu się z wynikami zamierzonych pomiarów. Zaznaczyć dalej należy, iż na zapytanie inż. de Backera inż. Bourquin przyznał, iż pomiary, wykonane przez niego, których ścisłość on sam zresztą kwestjonuje, dały dla oporów przejściowych wartości, różniące się między sobą w stosunku 1 : 6.

5) Pomiar gęstości prądu w ziemi.

Zagadnienie to sprowadza się do zagadnienia 2 Komitetu II i było już tam omówione.

6) Sposoby zmniejszenia natężenia prądów, przedostających się do podziemnych przewodów, względnie uchodzących z nich do ziemi.

Z zagadnieniem tem wiąże się zagadnienie t. zw. drenowania elektrycznego, to jest połączeń metalowych między torami a podziemnymi przewodami metalowymi. Połączenia takie wprawdzie zmniejszają natężenia prądów w przewodach, lecz przeciwnie zwiększają je, ale mają za zadanie uniemożliwić uchodzenie tych prądów z podziemnych przewodów do ziemi, tworząc bezpośrednie połączenie ich z szynami.

Zagadnienie drenowania jest bardzo sporne; większość przepisów zabrania ich stosowania, inne zezwalają na to, ale z dużymi zastrzeżeniami i tylko w wyjątkowych warunkach. Natomiast drenowanie jest z wielkiem powodzeniem zastosowane na wielką skalę w sieci telefonicznej Medjolańskiej, o czym złożone zostało obszernie sprawozdanie inż. Solariego, oraz w Brukseli, gdzie też daje dobre wyniki. Amerykańskie Bureau of Standards wypowiada się kategorycznie przeciwko drenowaniu. Rzecz polega na niebezpieczeństwie wprowadzania znacznych prądów do metalowych przewodów podziemnych, nie przeznaczonych do ich prowadzenia, i obawie, by te prądy nie odgałęziały się od tych przewodów, przechodząc do drugich, t. j. aby ochrona jednych nie powodowała uszkodzenia innych. Co do Medjolanu, to zaznaczyć należy, że drenowanie połączone jest z zastosowaniem licznych złączy izolujących.

Większa zgodność panuje co do zastosowania złączy izolujących, wbudowywanych w odpowiednie miejsca przewodów podziemnych. Większość fachowców uważa, że złącza takie mogą być skuteczne, zmniejszając natężenie prądów w chronionych przewodach, muszą być jednak stosowane umiejętnie. Sprawozdania o stosowaniu złączy izolujących oraz różnego rodzaju farb, pokostów i lakierów izolujących oraz owineń kabli lub rur, izolujących powłok i t. p. złożyli inż. Solariego oraz Niemiecki Zarząd Telefonów. Zdania co do skuteczności pokostów, farb i owineń są podzielone, zdaje się jednak być pewnym, że dotychczas zupełnie pewnych i trwałych tego rodzaju ochron niema, za wyjątkiem kosztownych wielowarstwowych owineń, ułożenia w rurach izolowanych zalanych np. smołą i t. p., które mogą być stosowane tylko wyjątkowo na krótkich odcinkach.

Na plenarnym zebraniu Sekcji II postanowiono wreszcie zreferować podział prac pomiędzy Komitety i utworzyć zamiast istniejących 3 Komitetów studjów — 8, a mianowicie:

Komitet Nr. 21 — Biblioteka i bibliografia.

Komitet Nr. 22 — Pomiary różnic potencjałów (między szynami i podziemnymi przewodami metalowymi, szynami i ziemią, między dwoma punktami ziemi i między dwoma punktami sieci szyn).

Komitet Nr. 23 — Pomiary natężeń prądów (w szynach, przewodach podziemnych, w ziemi przy wyjściu z przewodów).

Komitet Nr. 24 — Pomiary oporności ziemi (opór przejściowy między szynami a ziemią, między ziemią a przewodami podziemnymi, opór właściwy ziemi).

Komitet Nr. 25 — Działanie elektrolizy.

Komitet Nr. 26 — Drenowanie i złącza izolujące.

Komitet Nr. 27 — Ochrona przewodów podziemnych.

Komitet Nr. 28 — Badania uszkodzeń nie elektrolitycznych, spowodowanych przez powstawanie iskier wywołanych przez prądy wzbudzone lub odgałęzione.

Termin przyszłego zebrania Międzynarodowej Mieszanej Komisji wyznaczono na październik 1934 r.

Z powyższego opisu obecnego stanu badań i prac międzynarodowych nad powstawaniem, przebiegiem i działaniem prądów błędzących wynika, że znajdujemy się tu na terenie bardzo jeszcze mało zbadanym i znanym; przebieg tych prądów w ziemi, która — praktycznie biorąc — jest przewodnikiem o nieskończenie wielkim przekroju i wysoce nierównomiernym składzie, jest tak skomplikowany, iż obecnie znanymi środkami nie da się nie tylko naprzód obliczyć i przewidzieć, ale nawet stwierdzić i wymierzyć. Badania teoretyczno-

laboratoryjne nie dadzą się bezpośrednio przenieść na grunt praktyczny.

Wobec powyższego zdaje się być zupełnie słusznym podane już poprzednio zdanie Międzynarodowego Związku tramwajów, kolei dojazdowych i przedsiębiorstw publicznych przewozów automobilowych, iż wydawanie obszernych międzynarodowych przepisów byłoby przedwczesne, i że należy się ograniczyć jedynie do wskazówek ogólnej natury, które może każdy kraj dla siebie rozszerzać, uzupełniać i precyzować.

Osobiście uważam, iż wskazówki takie winny możliwie unikać wprowadzania zmiennych, mało znanych i trudnych do ustalenia współczynników, lecz przeciwnie — opierać się na jaknajprostszycy zasadach i czynnikach, łatwych do sprawdzenia. Nie wątpię, iż prace i badania, przedsięwzięte przez Międzynarodową komisję mieszaną, dadzą wyniki bardzo ciekawe i pożyteczne dla nauki, ale nie zmieni to jeszcze przez czas długi strony praktycznej zagadnienia. Uważając pewną reglamentację prawną zagadnienia uszkodzeń natury elektrolitycznej za konieczną, jestem jednak zdania, iż należy poprzestać na wskazówkach, nie zaś dążyć do wydawania stałych, prawnie obowiązujących przepisów.

Sekcja III.

O Ś W I E T L E N I E.

RURY I LAMPY ŚWIETLĄCE Z ROZŻARZONĄ KATODĄ.

Inż. J. L. Jakubowski,

St. asystent Politechniki Warszawskiej.

Obsah. Otázka nových zdrojů světla v podobě trubek a žárovek se žhovou kathodou je stále přetřasána v cizích časopisech. Všichni se shodují v tom, že jsme na začátku nové doby v oboru světelných zdrojů. Tím se také vysvětluje aktualita projednávané zde otázky. Po krátkém historickém úvodu autor vysvětluje vliv kathodového úbytku na spádu na vlastnosti trubek a lamp se studenou kathodou. Další část referátu věnována je způsobům eliminace kathodového úbytku na spádu, vlastnostem lamp a trubek s kovovými parami a světelné účinnosti. Tato práce je zpravodajským referátem a proto nemůže být úplná, poněvadž cizí laboratoře nepospíchají s udáním podrobností. Omezení této práce na cizí údaje je odůvodněno tím, že Polsko nemá výzkumného ústavu v tomto oboru; naproti tomu práce hledí upozorniti na převrat základní výroby světla a zdůrazniti nezbytnost příslušného vybudování světelné výzkumné laboratoře.

Streszczenie. Sprawa nowych źródeł światła pod postacią rur i lamp z rozżarzoną katodą nie schodzi z łam czasopism zagranicznych. Wszyscy zgadzają się co do jednego: stoimy na początku nowej ery w dziedzinie źródeł światła. Tem tłumaczy się aktualność poruszonego w artykule tematu. Po krótkim rysie historycznym autor omawia wpływ występowania spadku katodowego na własności rur i lamp świetlących z zimną katodą. Następne części referatu poświęcone są sposobom usuwania spadku katodowego, własnościom lamp i rur z parami metali i sprawności świetlnej. Praca niniejsza ma charakter sprawozdawczy i, być może, jest niekompletna, gdyż zagraniczne pracownie badawcze są często skąpe w podawaniu szczegółów. Przyczyną oparcia się autora wyłącznie na pracach zagranicznych jest nieposiadanie przez Polskę żadnej placówki badawczej, zajmującej się omawianą sprawą. W związku z tem, głównym celem niniejszej pracy, oprócz zwrócenia uwagi na dokonywany się przewrót w zasadach wytwarzania światła, jest podkreślenie konieczności stworzenia odpowiednio wyekwipowanego laboratorium światłobadawczego.

1. Rys historyczny.

W połowie zeszłego stulecia udało się Plückerowi i Geisslerowi wywołać efekty świetlne w rurkach z rozrzedzonemi (kilka dziesiątych do kilku mm Hg) gazami: powietrzem, dwutlenkiem węgla, wodorem i t. p. Użycie tych rurek (zwanych rurkami Geisslera) do celów oświetlenia lub reklamy było niemożliwe: a) Rurki Geisslera po krótkim czasie działania przestawały świecić; b) Wymagały one źródła prądu o wysokiem napięciu, zwłaszcza przy długościach, potrzebnych do celów reklamy. Źródła wysokiego napięcia, jakimi wówczas rozporządzano, to źródła laborato-

ryjne — cewka indukcyjna i maszyna elektrostatyczna.

W r. 1896 Amerykanin Mac Farlan Moore zastosował rury, napełnione azotem (światło żółtoróżowe) i dwutlenkiem węgla (światło białe). Obie trudności występujące przy rurkach Geisslera Moore ominął w sposób następujący: a) Moore zastosował automatycznie działający wentyl, który doprowadzał świeży gaz w chwili, gdy ciśnienie w rurze spadało do pewnej wartości wskutek pochłaniania gazu przez szkło i wiązania przez materiał elektrod; b) Dzięki postępowi elektrotechniki, Moore rozporządzał technicznym źródłem wysokiego napięcia.

W dalszym rozwoju rur świetlących konieczność użycia wentyla Moore'a usunięto, stosując gazy, jak: neon¹⁾, hel, argon, które, jako szlachetne, nie wchodzą w związki chemiczne z materiałem elektrod. Dzięki temu udoskonaleniu świetlące rury reklamowe w ciągu ostatnich lat bardzo się rozpowszechniły. Zaletą ich w stosunku do żarówek jest możliwość tworzenia w sposób *ekonomiczny* długich linii świetlnych, wadą — w przypadku oświetlenia domowego i ulicznego — barwa światła daleka od białej i konieczność stosowania wysokiego napięcia (kilka tysięcy woltów).

Rury Moore'a i rury z gazami szlachetnemi charakteryzują się katodą „zimną” w stosunku do temperatury emisji cieplnej elektronów. Dążenie do zmniejszenia napięcia pracy rur i zwiększenia ich sprawności doprowadziło ostatnio do powstania rur i lamp z katodą rozżarzoną. Dla rozwiązań: amerykańskiego [9]²⁾, francuskiego [20], niemieckiego [24] i austriackiego [32] wspólne jest usuwanie spadku katodowego przez całkowite czy częściowe rozżarzenie katody, sporządzonej z odpowiedniego materiału. Tym nowym źródłem światła poświęcimy następnie rozdziały.

2. Rury i lampy świetlące z katodą zimną.

Ujemne strony rur i lamp świetlących z katodą zimną są wywołane³⁾ występowaniem spadku katodowego.

¹⁾ Neon został odkryty w r. 1908; do rur świetlących zastosował go G. Claude w r. 1912.

²⁾ Cyfry w nawiasach [] odnoszą się do literatury, podanej na końcu wspomnianego pod ³⁾ artykułu.

³⁾ Patrz np. artykuł J. L. Jakubowskiego: Zjawiska w rurach świetlących z katodą zimną (Przeгляд Elektrotechniczny, 1933).

a) Wysokość spadku katodowego (kilkaset V) powoduje konieczność stosowania wysokiego napięcia podczas świetlenia rur.

b) Strata mocy w obszarze spadku katodowego jest przyczyną niedużej sprawności.

c) Dzięki bombardowaniu katody przez jony dodatnie, nabierające rozpędu w obszarze spadku katodowego, powstaje rozpylanie katody i osady metaliczne na szkło, które pochłaniają gaz. Przy dużym prądzie, gdy spadek katodowy jest anormalny, wiązanie gazu występuje szczególnie intensywnie, co ma za skutek skrócenie życia rury (gdy ciśnienie gazu spadnie zbyt nisko, rura gaśnie). Wskutek powyższego zjawiska rury z katodą zimną pracują przy *małym prądzie* (max. ok. 200 mA), odpowiadającym normalnemu spadkowi katodowemu i, co za tym idzie, nie mogą wysyłać dużego strumienia świetlnego.

Powyższe czynniki grają inną rolę, jeśli chodzi o długie rury, inną zaś — gdy o źródła światła skupione (lampy świetlące). Mała wielkość strumienia świetlnego na jednostkę długości (względ c) jest nawet korzystna dla *długich* rur, używanych dla celów reklamy (długość rzędu kilku metrów). Dzięki niej można tworzyć długie linje świetlne, przy pomocy małego strumienia, a więc zużytkowując małą moc; własności tej nie posiadają żarowe źródła światła, o czym świadczy następujące porównanie [33]. Instalacja, złożona z 12 m niebiesko świetlającej rury (neon+argon+rteć) o średnicy 18 mm oraz transformatora, pobiera 144 W; aby utworzyć z żarówek linję długości 12 m, należałoby zainstalować moc ok. 5 razy większą. Przyczyna leży głównie w większej wielkości strumienia, wytworzonego przez żarówki, gdyż sprawności żarówek i *długich* rur świetlających z gazem szlachetnym są zbliżone.

Dla rur neonowych sprawność wynosi 12—18 lm/W⁴⁾, a dla dobrych żarówek wolframowych o mocy 15 W—ok. 9,5 lm/W, 100 W—ok. 15,2 lm/W, 2000 W—ok. 21,4 lm/W [29].

Sprawność długich rur byłaby większa, gdyby nie straty, występujące w obszarze spadku katodowego, nie emitującego, jak wiadomo, światła. Straty te stanowią dużą część mocy dostarczonej do rury; ponieważ są one niezależne od długości rury, zatem sprawność rur krótkich, a więc o mniejszym strumieniu, jest mniejsza, niż długich. Skrajnym przypadkiem rur krótkich są t. zw. lampki świetlące, w których obszar spadku katodowego obejmuje całą przestrzeń między elektrodami (mm). Te lampki mają sprawność bliską 0 (jeżeli pominąć nikłe świecenie poświaty ujemnej).

Od t. zw. *lampek* świetlających należy odróżnić b. krótkie rury świetlące, w których źródłem światła jest zorza dodatnia⁵⁾. Takie rury, będące pod względem wielkości, a więc i możliwości zastosowań, odpowiednikami żarówek, będą nazywał *lampami* świetlącymi z zimną katodą. Aby takie lampy mogły konkurować z żarówkami, powinny posiadać — pomijając już sprawę barwy światła —

strumień świetlny i sprawność przynajmniej taką, jak żarówki. Tymczasem obie te wielkości są dla lamp świetlających z katodą zimną b. małe w porównaniu z żarówkami, przyczem zwiększyć ich nie można, bo stoją temu w przeszkodzie względy b) i c) (ograniczenie prądu i krótkość rury); dlatego lampy takie nie są fabrykowane. Poświęcamy im jednak nieco miejsca, aby móc je porównać z mającymi znaczenie praktyczne *lampami z katodą rozżarzoną*.

3. Rury i lampy świetlące z katodą rozżarzoną.

Jak widzieliśmy, spadek katodowy jest przyczyną małej sprawności długich rur i bezwartościowości technicznej lamp z katodą zimną. Już prymitywne doświadczenia Meyera i Schüllera⁶⁾ wskazują, że główną rolą spadku katodowego jest nadawanie jonom dodatnim energii kinetycznej, potrzebnej do wyrwania elektronów z katody. Można przypuszczać, że jeśli te niezbędne do utrzymania przepływu prądu elektrony dostarczymy na katodzie w jakiś inny sposób, to zorza dodatnia — część świecąca wyładowania — nie zmieni się. W takim przypadku *wyładowanie będzie zachodziło bez spadku katodowego* lub z bardzo małym spadkiem.

Dostarczyć elektrony na powierzchni katody można, jak wiadomo oddawna⁶⁾, rozżarzając ją. Biorąc tę myśl jako punkt wyjścia, technika amerykańska (General Electric Co.), niemiecka (Studien-gesellschaft für elektrische Beleuchtung, Osram-Konzern), a ostatnio austriacka (A. Lederer, Wien) doszły do prawie jednakowego jej rozwiązania. Stworzono rury i lampy w wykonaniu technicznym z odpowiednio trwałymi katodami, emitującymi elektrony już przy stosunkowo niskich temperaturach. W skład takich katod wchodzi tlenki baru, wapnia lub strontu. Dobierając dostatecznie dużą wielkość prądu emisyjnego elektronowego, unikamy dużego spadku katodowego i związanego z nim niszczącego działania uderzeń jonów dodatnich na katodę. (Hull [10] daje całkowitą emisję z katody równą największemu wymaganemu prądowi). Katoda bywa bądź stale ogrzewana przez uzwojenie grzejne, bądź tylko w czasie włączania; w ostatnim przypadku samo wyładowanie dostarcza odpowiedniej ilości ciepła do ogrzania katody⁷⁾. Podobnie jak rury z zimną katodą, nowe rury i lampy mogą pracować przy napięciu stałym i zmiennym.

Katody zimne, jak widzieliśmy, nadawały się b. dobrze do długich rur reklamowych, wymagających niewielkiego strumienia świetlnego na jednostkę długości. Katody emitujące (rozżarzone) pozwalają przede wszystkim na dawanie dużego prądu wyładowania bez skracania życia rur. W przypadkach rur długich nie jest to naogół pożądane, gdyż zwiększenie prądu oznacza wzrost mocy pobranej przez rurę. Długie rury z rozżarzoną katodą, a więc o dużym strumieniu świetlnym, są uży-

⁴⁾ Dla CO₂ 2—3 lm/W
N₂ 2—7 lm/W (Rziha-Seidener: Starkstrom-technik, str. 924, oraz [24], [29].

⁵⁾ Długość poświaty ujemnej jest tutaj pomijalna wobec długości zorzy dodatniej.

⁶⁾ Zasada fizyczna była znana już w r. 1904 (Whe-nelt); elektrody wówczas używane były b. nietrwałe i nie nadawały się do celów technicznych.

⁷⁾ Niektóre dane katod emitujących podane są w artykule A. Smolańskiego w Przeglądzie Elektrotechnicznym 1932, z 22.

wane tylko do celów specjalnych, jak np. oświetlenie granic lotnisk [35].

Porównując własności rur z rozżarzoną^{a)} i zimną katodą (napięcie świetlenia kilka tysięcy V, prąd do 200 mA, sprawność (Ne) do 18 lm/W), widzimy ogromne rozszerzenie możliwości rur świetlających. Należy zwrócić uwagę zwłaszcza na zwiększenie się granicy prądu z 0,2 do przeszło 100 A. Dzięki nieograniczonej prawie możliwości powiększenia prądu i strumienia świetlnego na jednostkę długości^{b)}, można zbudować lampy świetlące z katodą rozżarzoną, to znaczy źródła światła wielkości żarówek i o podobnych do żarówek właściwo-

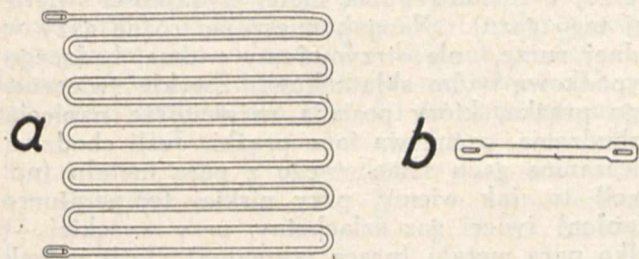
składnika czerwonego). Lampy te mają kształt zbliżony do żarówek i mogą być wkręcone w zwykłe oprawki. Wysokość lamp ok. 30 cm [39].

Z prób, które nie wyszły poza obręb laboratorium, należy wymienić prace Lederera [32]. Jego lampy pobierają 30 ÷ 100 W, katoda w nich jest stale sztucznie ogrzewana. Napełnienie gazami szlachetnymi, lub mieszaniną neonu i pary rtęci dla otrzymania światła białego. Dla lampy 40 W napięcie zapłonu wynosi 20 V, prąd normalny 2,5 A. Napięcie pracy 16 V nie zmienia się przy wzroście prądu z 2,5 do 8 A. Sprawność ok. 15 lm/W.

Z omówionych danych liczbowych wynika, że dla rur i lamp z rozżarzoną katodą wspólne są: małe napięcie pracy i duża sprawność. Obie te właściwości są związane z usunięciem spadku katodowego. Napięcie pracy jest mniejsze dla omawianych źródeł światła o spadek katodowy, a wogóle jest małe, bo rury i lampy są krótkie¹⁰⁾. Mimo małej długości strumień świetlny jest duży, bo duży jest prąd. Powoduje to zmniejszenie napięcia pracy i z innego względu: spadek potencjału na jednostkę długości zorzy jest tem mniejszy, im większy jest prąd^{a)}. Rury i lampy z katodą rozżarzoną palą się zatem przy napięciach niskich 220, 120, a nawet 20 V (rury z katodą zimną potrzebują kV).

Sprawność jest większa dla rur i lamp z rozżarzoną katodą w porównaniu ze starymi rurami, gdyż straty w obszarze spadku katodowego odpadają, a nowe straty, idące na ogrzewanie katody, są wobec poprzednich minimalne (rys. 2). Dzięki temu np. rura neonowa z katodą rozżarzoną daje 35, a z zimną — 18 lm/W.

Sprawę usunięcia spadku katodowego starał się rozwiązać w inny sposób A b a d i e (Francja)



Rys. 1.

Porównanie wymiarów rur z zimną (a) i rozżarzoną (b) katodą, o jednakowych strumieniach świetlnych (Clifford C. Paterson [39]).

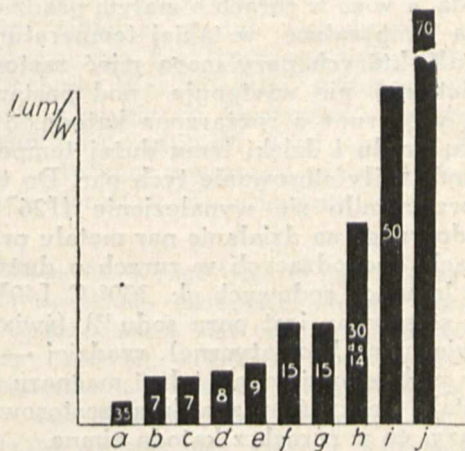
Dane rury (a): 4500 V, 35 mA, 16,5 świec/metr.

Dane rury (b): 80 V, 2,5 A, 360 świec/metr.

ściach (rys. 1). Rozwój techniki idzie zwłaszcza w kierunku małych jednostek 80—500 W. Następujący przegląd ułatwi orientację w nowych typach lamp.

Rozwój sodowych lamp świetlających w Niemczech został bezimiennie opisany w Elektrotechnischer Anzeiger [40]. Omówiony tam typ, to lampy na prąd zmienny o napięciu i prądzie świetlenia 60 V, 2 A, włączona do sieci 220 V przy pomocy dławika. Odstęp elektrod 290 mm; elektrody sztucznie grzane; zapłon przy pomocy induktora z przerywaczem (wysokie napięcie). Aby móc zapalać lampy przy pomocy napięcia sieci 110 V, zmniejszono odstęp elektrod do 30 mm. Napięcie i prąd pracy takich lamp wynosi 20 V, 0,8 ÷ 1,5 A; opór konieczny przy włączaniu do sieci prądu stałego 110 V wynosi 70 Ω. Konstrukcja lamp jest inna dla prądu zmiennego, inna dla stałego.

Lampy sodowe, zbliżone do uprzednio opisanego typu Piraniego, zostały zastosowane przez firmę Philips do oświetlenia dość znacznego odcinka dróg w Holandji, Szwajcarji i Anglji [39]. Również laboratorium General El. Co. w Wembley oświetliło (lipiec 1932) próbną ulicę lampami 400 W, dającymi światło prawie białe (bez



Rys. 2.

Porównanie sprawności różnych źródeł światła elektrycznego (Clifford C. Paterson [39]).

- a — żarówka węglowa,
- b — lampa Nernsta,
- c — żarówka tantalowa,
- d — żarówka osmowa,
- e — żarówka tungstenowa próżniowa,
- f — żarówka tungstenowa gazowana,
- g — rura neonowa z katodą zimną,
- h ÷ j — rury świetlące z katodą rozżarzoną.

^{a)} Dane jednej z rur neonowych Founda i Forneya [9]: napięcie pracy (stałe lub zmienne) 220 V, prąd 3 A, strumień 10 000 lumenów, średnica rury 22 mm, długość 125 cm, sprawność 10—15 lm/W, spadek katodowy około 25 V.

Dane jednej z rur neonowych Piraniego [24]: napięcie pracy (stałe lub zmienne) 110 V, prąd 100 A, sprawność 30 lm/W. Najlepszą sprawność otrzymuje się według Piraniego [24] dla sodu do 50 lm/W, a dla neonu lub rtęci do 35 lm/W.

^{b)} Granicę prądu wyznacza tu ilość ciepła wytworzonego przez prąd, która wywołuje temperaturę szkodliwą dla szklanych ścianek rury.

¹⁰⁾ Spadek napięcia zorzy dodatkowo jest proporcjonalny do jej długości.

[20]. Wskutek dopuszczenia do dużego natężenia prądu w rurach i lampach A b a d i e g o zjawia się łuk, cechujący się niskim spadkiem katodowym. Emisja elektronów w rurach A b a d i e g o następuje z samorzutnie rozżarzonej części katody (tache cathodique), przyczem przez odpowiednie dobrania zespołu: materiał elektrod — gaz szlachetny, uniknięto powstawania większych ilości par metalu elektrody w rurze i ich wpływu na własności świetlne rury. Materiał katody: metale, jak antymon, arsen, lub bizmut, kadm. Napełnienie rur: gaz szlachetny lub gaz szlachetny z parą metalu, z którego zrobiona jest katoda. Dane jednej z rur z parą kadmu i argonem (ciśnienie 5 mm Hg) o średnicy 9/11 mm i 50 cm długości: napięcie zapłonu 69 V, napięcie pracy 65 V, prąd 7 A.

Zaznaczyć należy, że lampy łukowe A b a d i e g o nie są pierwszą próbą tego rodzaju.

4. Własności gazów.

Jednocześnie z powstaniem rur z rozżarzoną katodą znalazły w nich zastosowanie nowe gazy. Do rur z zimną katodą używano głównie:

neonu (światło krwisto-pomarańczowe).

pary rtęci z mieszaniną neonu i argonu¹¹⁾ lub neonu i helu (światło niebieskie, w żółtej lub zielonej rurze — zielone),

helu (światło jasno różowe, w żółtej rurze — żółte).

Oprócz powyższych gazów do napełniania rur Moora stosowano:

dwutlenek węgla (światło białe),

azot (światło żółte, podobne do słonecznego).

Jak widzimy inne pary metali, poza parą rtęci, nie znalazły zastosowania. Gaz w rurach z zimną katodą, a więc w rurach o małym prądzie posiada niską temperaturę; w takiej temperaturze szeregi metali, których pary mogą mieć zastosowanie do oświetlenia, nie występuje pod postacią par. Dopiero więc rury z rozżarzoną katodą, o dużym natężeniu prądu i dzięki temu dużej temperaturze gazu, umożliwiły stosowanie tych par. Do tego postępu przyczyniło się wynalezienie ([26], [39]) szkła odporne na działanie par metalu przy temperaturach, zachodzących w rurach o dużym prądzie (w lampach sodowych ok. 350° C [40]). Najczęściej stosowana jest para sodu¹²⁾ (światło żółte, prawie monochromatyczne), rzadziej — kadmu (światło niebiesko-zielone), talu i magnezu. Oprócz par metalu oczywiście znajdują zastosowanie te same gazy, co w rurach z katodą zimną.

Przy stosowaniu par metalu należało usunąć szereg trudności. Rury z czystą parą metalu przy temperaturze pokojowej mają wysokie napięcie zapłonu (ciśnienie pary 0). Aby usunąć tę trudność, napełnia się rurę mieszaniną gazu szlachetnego i parą metalu; zapłon następuje wtedy w gazie szlachetnym (niższe napięcie zapłonu), a po zapło-

nie (gdy się gaz ogrzeje)¹³⁾ świeci tylko para metalu, gdyż (przy odpowiednio dobranym ciśnieniu pary) szybkość elektronów, wystarczająca dla wzbudzenia świecenia pary, jest za mała, aby pobudzić gaz szlachetny do świecenia¹⁴⁾. Mimo to, że zapłon następuje w gazie szlachetnym, napięcie zapłonu jest większe, niż napięcie świetlenia. Dlatego, zwłaszcza przy długich rurach, używa się do zapłonu impulsu wysokiego napięcia o dużej częstotliwości.

O pierwszorzędnej znaczeniu dla przyszłości lamp świetlających są próby otrzymania światła białego (stosowanie CO₂¹⁵⁾ narazie nie wchodzi szerzej w rachubę wobec małej wydajności świetlnej tego gazu). Naogół, mieszając różne gazy w jednej rurze, nie otrzymujemy widma, będącego wypadkową widm składników. Zwykle świecenie tego prążka, który posiada najmniejsze napięcie wzbudzenia, zaćmiwia inne prążki. Jeśli chodzi o mieszaninę gazu szlachetnego z parą metalu (np. rtęci) to, jak wiemy, przy niskiej temperaturze (zapłon) świeci gaz szlachetny, przy wysokiej — tylko para metalu (praca normalna). Jeśli jednak postaramy się o temperaturę pośrednią, to będą świeciły oba gazy [39]; wadą tego sposobu wytwarzania białego światła jest trudność utrzymywania odpowiedniej temperatury [39].

L e d e r e r starał się uzyskać białe światło inną drogą. Umieszcza on w jednej lampie neon i parę rtęci i uzyskuje rozdzielenie się świecących gazów. Światło tych warstw miesza się już w lampie, dzięki czemu jest bardzo podobne do dziennego.

5. Sprawność rur świetlających.

Zamiana energii elektrycznej na światło zależy od szeregu czynników zewnętrznych i wewnętrznych w stosunku do rur (lamp). Czynniki zewnętrzne — to straty w oporach szeregowych, zmniejszających napięcie sieci do wielkości napięcia świetlenia¹⁶⁾. Przy stosowaniu oporności rzeczywistych straty te są bardzo duże; schodzą na drugi plan przy stosowaniu dławików (napięcie zmienne) lub transformatora z silnym rozproszeniem.

Dużo bardziej skomplikowane są czynniki wewnętrzne. Przedewszystkiem musimy tutaj wziąć pod uwagę względy fizjologiczne; chodzi o to, że oko ludzkie zmienia długości fali światła jednorodnego odczuwa nie tylko jako zmianę barwy, ale i jako zmianę jasności białej powierzchni oświetlonej, na którą przypada określona ilość energii. Na podstawie doświadczenia określono np., że 50 lm światła neonowego (czerwonego) odpowiada pod względem działania fizjologicznego 65 lm światła dziennego [39]. Ponieważ oświetlenie jest przeznaczone

¹³⁾ Straty cieplne w zorzy dodatkowo są w tym przypadku korzystne, gdyż umożliwiają powstanie pary metalu (np. sodu, talu) o odpowiednio wysokim ciśnieniu.

¹⁴⁾ Po zapłonie napięcie spada.

¹⁵⁾ CO₂, jako gaz o cząsteczkach złożonych z kilku atomów, posiada więcej możliwości emisji światła, niż gazy jednoatomowe (szlachetne, pary metali); bogactwo prążków jest dla CO₂ większe i dzięki temu światło zbliżone do białego.

¹⁶⁾ Charakterystyka statyczna (prąd w funkcji napięcia) rur z rozżarzoną katodą jest opadająca wskutek b. małej wielkości spadku katodowego.

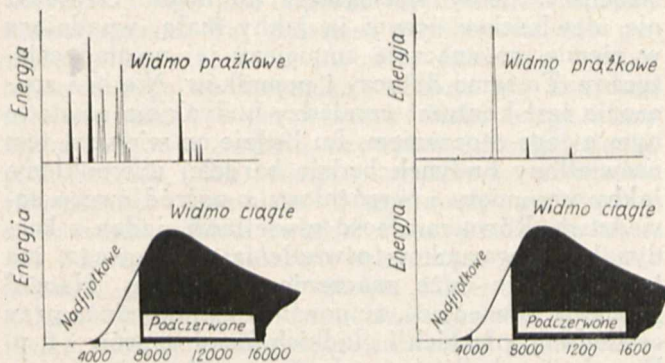
¹¹⁾ W rurach niebieskich zapłon następuje w gazie szlachetnym, po zapłonie świecą pary rtęci. Jeżeli napełnimy rurę parą rtęci i neonem, to przy temperaturze zewnętrznej 3° C para Hg kondensuje się i rura zmienia barwę; unikamy tego, zastępując część neonu argonem.

¹²⁾ W temperaturze pokojowej sód jest metalem stałym; wrze przy 742° C.

dla oka ludzkiego, omówionej rurze neonowej przypisujemy strumień 65 lm; ma to zresztą związek z pomiarem tego strumienia, odbywającym się przy pomocy obserwacji jasności. Największa czułość oka przypada dla fali o długości 5550 Å (światło zielonkawo-żółte).

Aby światło jednobarwne było ekonomiczne, musi posiadać długość fali, zbliżoną do 5550 Å. Sprawa ta wiąże się z rozdziałem energii na część widzialną i niewidzialną widma¹⁷⁾.

W żarówkach duża część energii wypromieniowanej przypada na część podczerwoną widma, czego uniknąć nie można. Z gazów, dających, jak wiemy, widmo prążkowe, te będą najekonomiczniejsze, które wysyłają mało energii pod postacią promieniowań niewidocznych i których prążki widoczne, obdarzone dużą energią, nie leżą w zakresach małej czułości oka (rys. 3 i 4). Zamiana ener-



Rys. 3 i 4.

Rozdział energii w widmie rury rtęciowej (rys. lewy) i rury neonowej (rys. prawy) w porównaniu z rozdziałem w lampie żarowej (rys. dolne). Skale rys. dolnych i górnych są różne (Clifford C. Paterson [39]).

gji bez strat na barwę 5550 Å dałaby ok. 670 lm/W. Jest to granica praktycznie nieosiągalna, gdyż nie ma gazu, któryby emitował tylko prążek 5550 Å. Oprócz tego przyczyną małej sprawności są straty w gazie. W rurach z zimną katodą wiele mocy pochłania obszar spadku katodowego, o czym była

już mowa. Rury z parą sodu, z wyeliminowanym spadkiem katodowym (rozżarzoną katodą), emitują w części podczerwonej widma tylko ok. 1/4 energii, wysyłanej, jako żółty prążek D (5890 Å), a w innych zakresach zaledwie kilka procentów tej wartości. Teoretycznie powinny one posiadać sprawność ok. 360 lm/W [28]. W praktyce lampa 100 W daje najwyżej tylko 70 lm/W [39]¹⁸⁾. Straty w gazie, stanowiące różnicę między wartością teoretyczną a praktyczną energii zamienionej na światło, idą na ogrzanie gazu. Ogrzanie to dochodzi do skutku na drodze elektrycznej; ruch elektronów udziela się przy elastycznych zderzeniach cząsteczkom gazu, gaz oddaje ciepło ściankom rur, a te wypromieniowują je. Aby te straty zmniejszyć, można stosować podwójne ścianki szklane [40]. W warunkach laboratoryjnych¹⁹⁾ udało się Piraniemu [28] osiągnąć dla rur sodowych wydajność ok. 300 lm/W; dotychczas w warunkach technicznych jest to niemożliwe.

6. Zakończenie.

Lampy z rozżarzoną katodą otworzyły nowe horyzonty przed oświetleniem elektrycznym. Dotychczas mamy do czynienia z próbami, jednak powodzenie ich zdaje się wskazywać, że w przyszłości źródłem oświetlenia, w najszerszym tego słowa znaczeniu, będą lampy świetlące. Żarówka osiągnęła kres swego rozwoju — lampy świetlące przewyższają ją już teraz sprawnością. W każdym razie lampy te muszą przejść cały szereg udoskonaleń, zanim będą mogły konkurować z żarówkami. Dzień, w którym zostanie uzyskana pewna w użyciu lampa świetląca o świetle białym, sprawności 70 lm/W i dużej trwałości, palącą się z sieci 110 V — będzie dniem ustąpienia żarówki.

Referat niniejszy został opracowany w Zakładzie Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej. Autor wyraża podziękowanie Organizacji Gospodarki Świetlnej, a w szczególności pp. dyr. M. Kyci i inż. F. Piaseckiemu za ułatwienie mu pracy przez dostarczenie technicznej literatury oświetleniowej.

¹⁷⁾ Bardzo ciekawe dane co do owadów świetlących (fire fly) podaje Clifford C. Paterson [39]. Maksimum emisji ich światła leży w barwie żółto-zielonej (5700 Å), a więc b. blisko optimum czułości oka. Dają one widmo ciągłe, ale tylko w zakresie widzialnym, dzięki czemu są źródłem światła o dużej sprawności, choć b. słabym (1600 owadów świetlących wytwarza razem 1 świecę). Pod względem sprawności źródła techniczne nie dorównują omawianym owadom.

¹⁸⁾ Żarówka 100 W daje tylko 15 lm/W. Co za ogromny przewrót wywołałoby zastąpienie żarówek lampami sodowymi. Na przeszkodzie stoi tutaj monochromatyczność światła lampy sodowej, w którym wszystkie przedmioty byłyby jednobarwne, a różniłyby się tylko jasnością.

¹⁹⁾ Pirani dostarczał z zewnątrz ciepło dla uzyskania potrzebnego ciśnienia pary sodu; w warunkach technicznych ciepło to wytwarza sam gaz.

NAŚWIETLANIE BUDYNKÓW.

Inż. F. S. Piasecki.

Obsah. Autor popisuje základní typy reflektorů, používaných k vnějšímu osvětlování budov, jejich charakteristické známky a způsob rozpočtu nezbytného příkonu. Popis je doplněn praktickým příkladem. Několik zajímavých způsobů uspořádání reflektorů a četné obrázky uzavírají článek.

Streszczenie. Autor opisuje zasadnicze typy reflektorów, używanych w technice naświetlania, ich cechy charakterystyczne i sposób obliczenia zapotrzebowania mocy elektrycznej. Opis ten jest ilustrowany przykładem, wziętym z praktyki, szeregiem ciekawych sposobów rozstawienia reflektorów oraz licznymi rycinami.

Z okazji uroczystości kościelnych lub narodowych, zjazdów, jubileuszów i t. p. coraz częściej spotyka się iluminacje gmachów historycznych, kościołów lub pomników, tonących w potokach światła, rzucanego na nie przez specjalne baterje reflektorów. Naświetlanie światłem reflektorem (po ang. Floodlighting), szeroko stosowane zagranicą, dotarło również i do naszego kraju, gdzie zdobywa sobie powoli uznanie publiczności, a z niem i prawo obywatelstwa. Poważny i uroczysty wygląd naświetlonych budynków przyczynia się do podniesienia uroczystego nastroju publiczności, a olbrzymie dekoracyjne znaczenie tych urządzeń uczy szerokie warstwy społeczeństwa poznawać prawdziwy smak i walory artystyczne. Nie można także pominąć milczeniem dużego znaczenia reklamowego, jakim cieszą się naświetlone gmachy dużych domów handlowych. Wślad za Ameryką, w której powstały urządzenia tego rodzaju, poszły prawie wszystkie kraje europejskie. Dość wspomnieć iluminacje angielskich kościołów i pałaców historycznych z okazji odbywającego się tam w r. 1931 międzynarodowego kongresu oświetleniowego, oraz tak często już opisywane feeryczne zjawy wspaniałych budynków ostatniej paryskiej wystawy kolonjalnej.

Naświetlanie budynków—to jedna z ostatnich dziedzin, opanowanych przez zwycięski pochód światła elektrycznego. Dziedzina ta jest tem ciekawsza, że przyciąga do współpracy także i architektów; dopiero w wyniku tej współpracy mogły powstać tak wspaniałe iluminacje i bajeczne efekty, jakie światu pokazano w ostatnich latach w Barcelonie, Londynie, Paryżu i Antwerpii.

Dziedzinie naświetlania budynków należałoby poświęcić uwagę większą, niż dotychczas. Posiada ona już swoją własną technikę, własne doświadczenia, a także własną literaturę. Zadaniem niniejszego artykułu jest zapoznać czytelnika z zasadami techniki naświetlania.

Naświetlanie gmachów, pomników i t. p. jest dziedziną, zespalającą ściśle technikę ze sztuką. Efekt dekoracyjny oświetlenia nie daje się tutaj ująć w żadne dokładniejsze przepisy, — przeciwnie, największą rolę będzie odgrywać tutaj zawsze zdolność i inwencja artystyczna projektodawcy, który musi już z góry mieć na uwadze wszystkie te subiektywne wrażenia, jakim będą podlegały ty-

siące widzów, patrzących na naświetlony budynek. Wrażenia i złudzenia będą wielorakie. Tak np. duże powierzchnie, jednakowo intensywnie oświetlone, lecz o niejednakowej wielkości, nie będą się wydawać jednakowo jasne. Większe z nich będą uchodzić za lepiej oświetlone, niż mniejsze. Projektodawca musi mieć to na uwadze i dlatego mniejsze powierzchnie będzie oświetlał silniej, niż duże. Doświadczony technik, obeznany z oświetleniem, wie, że szczyt i dach wieży powinien być silniej oświetlony, niż partje wieży niżej położone, gdyż tylko wówczas wieża będzie miała wygląd strzelisty, jakby wyciągnięty ku niebu. Oświetlenie niewłaściwe uczyni ją jakby małą, wpadającą w ziemię, co znacznie zmniejszy jej wygląd estetyczny. To samo dotyczy i pomników. Nie bez znaczenia jest kontrast pomiędzy budynkiem oświetlonym a jego otoczeniem. Im będzie on większy, tem naświetlony budynek będzie bardziej uwypuklony, jakby wysunięty i wyróżniony z pośród swego sąsiedztwa. Równomierność oświetlenia, jeden z kardynalnych warunków oświetlenia użytkowego, ma tutaj jedynie duże znaczenie estetyczne. Naogół możnaby powiedzieć, że powinna być ona duża przy oświetleniu płaskich i gładkich fasad, murów i t. p. Przeciwnie, balkony, wykucia, rzeźby występują znacznie plastyczniej przy umiejętnie dobranym oświetleniu nierównomiernem. Zbytńia równomierność, powodowałaby zanik ich rysunku i plastyki. Bardzo ważny jest także odpowiedni wybór gmachu, który ma być naświetlony. Będzie to z zasady albo kościół, albo pałac, albo pomnik lub kolumna. Względędy praktyczne nakazują naświetlać przedewszystkiem wszystkie te objekty, które stoją na placach lub w parkach, dostępnych z reguły tylko z jednej strony dla publiczności, np. z frontu. Ułatwia to bardzo racjonalne rozmieszczenie reflektorów i mianowicie takie, aby publiczność, oglądająca gromadnie dany obiekt, nie mogła ich widzieć. Dlatego też spotyka się ona nieraz z faktem zamknięcia danego odcinka ulicy, nawet dla ruchu pieszego. Rzadko kiedy można spotkać naświetlenie budynku, stojącego na otwartym placu, bez zarzutu i bez oślepienia przechodniów jaskrawem światłem reflektorów. Niewłaściwe jest również takie umieszczenie reflektorów, aby publiczność przechodziła w ich świetle; duże i przesuwające się ustawicznie cienie tych osób, rzucane na naświetloną fasadę, nie przyczynią się do efektownego jej wyglądu, lecz przeciwnie, stworzą niepoważną groteskę. Złudzenia, które daje naświetlenie, są — jak już wspomniano — wielorakie, a osiągnięty efekt świadczy o zdolności i doświadczeniu projektodawcy oraz wykonawcy instalacji. Nas techników obchodzi przedewszystkiem sama instalacja naświetleniowa oraz jej sprzęt.

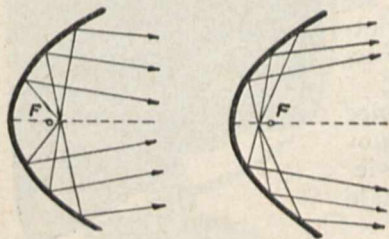
Do naświetlania gmachów używa się dzisiaj naogół elektrycznych źródeł światła, to znaczy żarówek, umieszczonych w odpowiednich reflektorach, mniej lub więcej skupiających światło. W pierwszym przypadku używamy reflektorów, zaopatrzonych w lustra paraboliczne, w drugim —

stosujemy reflektory, których powierzchnia odbijająca światło jest pokryta warstwą białej emalii.

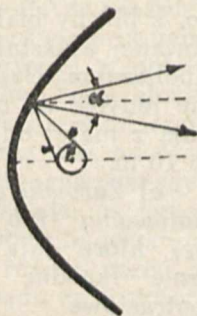
Lustra, spotykane w reflektorach do naświetlań, są wykonane albo ze szkła zwierciadlanego, albo z blachy chromowej polerowanej, blachy aluminiowej albo też z blachy niklowej. Lustra szklane spotyka się najczęściej, a to dzięki wysokiemu współczynnikowi odbicia światła, wynoszącemu około 90%. Lustra metalowe mają naogół zastosowanie tylko wtedy, gdy reflektory podlegają silnym wstrząsom mechanicznym oraz są narażone na nefachową obsługę. Ich współczynnik odbicia światła jest mniejszy od współczynnika odbicia lustra szklanego. Z pośród luster metalowych zasługuje na największe wyróżnienie lustro chromowe, gdyż odbija mniej więcej 65% światła, jest mechanicznie wytrzymałe, a powierzchnia jego jest odporna na szkodliwe wpływy atmosferyczne. Tej ostatniej właściwości nie posiadają lustra srebrne, nic więc dziwnego, że pomimo dużego współczynnika odbicia nie znajdują zastosowania, bowiem wskutek dużej temperatury wysokowatowej żarówki, używanej do naświetlania, powierzchnia ich ulega szybkiemu utlenianiu (oksydacji), ciemnieje i zmniejsza gwałtownie współczynnik odbicia światła. Pokrywanie ich czynnej powierzchni lakierem ochronnym nic tutaj nie pomaga, gdyż wskutek gorąca lakier ten nabiera koloru brązowego i zmniejsza wartość optyczną lustra. Lustra z aluminium lub niklu polerowanego spotyka się b. rzadko, gdyż mają one mały współcz. odbicia, mniej więcej około 60%. Niektóre typy reflektorów, używane głównie w Ameryce, są wyposażone w soczewki, skupiające światło.

Lustra reflektorów mają najczęściej kształt paraboloidu obrotowego, w którego ognisku jest umieszczone źródło światła, t. zn. żarówka. Dzięki takiemu układowi optycznemu, wszystkie promienie świetlne, odbite od lustra, biegną równoległe do osi optycznej reflektora. Oddalając żarówkę od lustra (przed ognisko), otrzymujemy zbieżny snop światła odbitego, podczas gdy przez zbliżenie żarówki do lustra (poza ognisko) snop światła odbitego od lustra staje się rozbieżny. Dzięki tej właściwości lustra parabolicznego mamy możliwość przez proste przesunięcie (wzdłuż osi optycznej) żarówki względem lustra zmienić wielkość kąta bryłowego, w którego obrębie biegnie strumień świetlny, odbity przez lustro (rys. 1). Ta zmiana szerokości snopu światła jest związana ze zwiększeniem ew. zmniejszeniem jego światłości, co w konsekwencji pociąga za sobą także zmianę jasności powierzchni oświetlonej.

Mówiąc o właściwościach lustra parabolicznego, wychodziliśmy z założenia, że źródło światła



Rys. 1.

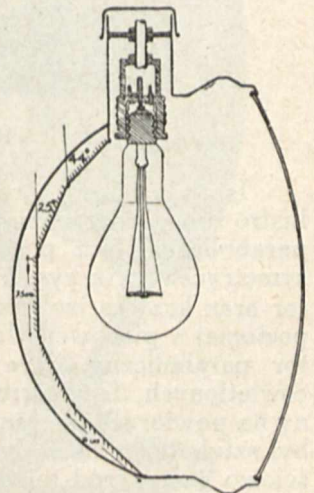


Rys. 2.

jest tak małe, iż moglibyśmy je traktować za punkt geometryczny i że dzięki temu może ono znajdować się dokładnie w ognisku lustra. Niestety, wszystkie źródła światła posiadają wymiary względnie duże i nie można ich uważać za źródła punktowe. Wskutek tego te części drucika świetlnego żarówki, które znajdują się poza geometrycznym ogniskiem lustra, wysyłają promienie, które po odbiciu się w lustrze nie będą już biegnąć równoległe do osi optycznej reflektora. Promienie te będą względem tej osi tak czy inaczej nachylone, przez co światło reflektora będzie nieco rozproszone na boki (rys. 2).

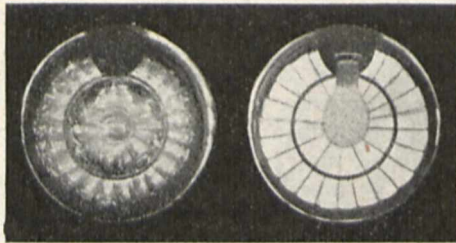
Zjawisko to stanowi jedną z niedoskonałości praktycznych, z jakimi spotykamy się przy zastosowaniu żarówek w dziedzinie projekcji. Aby uniknąć niepotrzebnego rozpraszania światła na boki, stosuje się specjalne żarówki, których drucik świetlny jest skupiony na b. małej powierzchni. Żarówki te mają nazwę żarówek projekcyjnych, kinowych i t. p. Żarówka taka, umieszczona dokładnie w ognisku lustra, daje względnie wąski snop światła, odbitego od lustra, a co zatem idzie — i b. dużą światłość w kierunku osi optycznej reflektora. Należy tutaj wspomnieć, że błędem jest mniemanie, jakoby 2 razy silniejsza żarówka dawała światłość dokładnie 2 razy większą. Żarówka taka posiada siłą rzeczy większe wymiary drucika świetlnego, wskutek czego daje większe boczne rozproszenie światła odbitego, tak że ostatecznie światłość w kierunku centralnym nie będzie 2 razy większa. Bardzo małe wymiary posiada łuk elektryczny, którego używano dawniej w technice reflektorowej (dziś jeszcze używany do silniejszych, dalekosiężnych reflektorów, dzięki olbrzymiej jasności), jednak względy na kłopotliwą obsługę, wahanie światłości i t. p. przyczyniły się do jego zarzucenia. Dla słabszych reflektorów używa się dzisiaj także wolframowych lamp łukowych (z wyglądu podobnych do żarówki), dzięki temu że mają one bardzo skupione, „punktowe” źródło światła.

Mając na uwadze, że powierzchnie oświetlone, a więc: fasady domów, wieże kościelne i niektóre pomniki, przedstawiają sobą powierzchnie dość duże, jest konieczne, ażeby strumień świetlny, na nie padający, miał dostateczną rozwartość. Można ją częściowo osiągnąć, wykorzystując właśnie zjawisko rozproszenia światła w reflektorze, poprzednio opisanym. Widać stąd, że specjalnie w dziedzinie naświetlania rozproszenie światła, spowodowane systemem optycznym: lustro paraboliczne i żarówka, nie jest tak kłopotliwe, jakby to się mogło zdawać. Z drugiej strony, rozproszenie światła w reflektorze, t. zn. mniej równoległy przebieg promieni odbitych, przyczynia się do wzrostu nierównomierności oświetlenia powierzchni przez to, że daje tam ciemne smugi w postaci kół współśrodkowych i t. p.



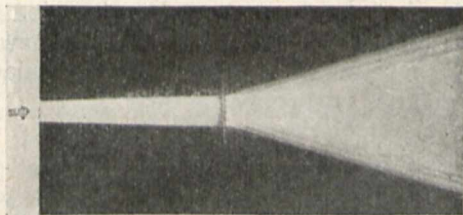
Rys. 3.

W Ameryce rozpowszechniły się reflektory z lustrem parabolicznym nie jednolitem, lecz złożonym z dużej liczby małych płaskich lusterek tak rozłożonych, że tworzą one powierzchnię, zbliżoną w swoim kształcie do powierzchni parabolicznej. Badania wykazały, że lustra te, t. zw. sekcyjne, dają światło łagodne i zapewnią dostateczną równomierność oświetlenia. Są one przystosowane specjalnie do żarówek zwyczajnych, a więc nie projekcyjnych. Reflektory te rzucają strumień świetlny pod dość szerokim kątem, wskutek czego zastosowanie ich ogranicza się jedynie do naświetlania obiektów z małych odległości. Rys. 3-ci przedstawia przekrój takiego reflektora. Na rys. 4 widać ten reflektor z żarówką przezroczystą (po lewej stronie) i żarówką matową (po prawej stronie).



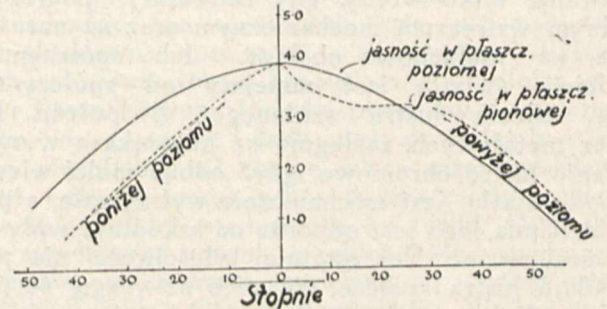
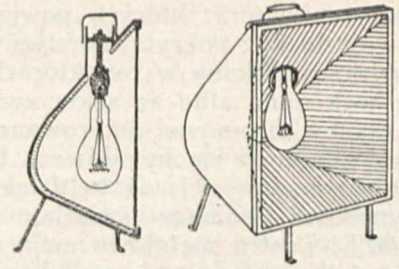
Rys. 4.

Reflektory opisane dotychczas mają krzywą rozsyłu światła naogół symetryczną względem osi optycznej. Praktyka wykazała, że w wypadku oświetlenia ścian wąskich, lecz wysokich, byłoby pożądane mieć reflektor, mający niesymetryczny rozsył światła. Łatwo to osiągnąć, wstawiając na drodze promieni odbitych w lustrze reflektora symetrycznego taflę szklaną o powierzchni, pokrytej prążkami pryzmatycznymi, podobnie jak to się stosuje w reflektorach samochodowych. Szkło takie rozprasza strumień świetlny, rozchylając go na kształt wachlarza (rys. 5). Takie szkło pryzmatyczne zapewnia dostateczne równomierne oświetlenie nawet dla powierzchni o stosunku długości boków 1:4.



Rys. 5.

Istnieją również reflektory specjalne, których lustro lub powierzchnia odbijająca światło nie jest paraboliczna, lecz posiada kształt specjalny, niesymetryczny. Na rys. 6 pokazany jest taki reflektor oraz krzywe izoluksów, zdjęte dla płaszczyzny poziomej i pionowej. Jak już wspomniano, reflektor paraboliczny daje smugi na przedmiotach oświetlonych. Jeżeli strumień światła jest skierowany na powierzchnię, łamaną przez dekorację, rzeźby, sztukaterje, okna, balkony i t. p., smugi te częściowo giną wśród tej dekoracji. Sprawa przedstawia się gorzej, gdy chodzi o naświetlenie gładkiej ściany. W tym celu należy użyć takiego sprzętu



Rys. 6.

oświetleniowego, któryby zapewnił dostatecznie równomierne oświetlenie (bez smug). W tym celu wyposaża się oprawy, t. zn. reflektory, w następujące urządzenia:

a) *Lustra rozpraszające światło.* Lustra takie mają kształt paraboliczny, przyczem powierzchnia ich nie jest gładka, jak w zwierciadle normalnym, lecz posiada szereg zagłębień, rozsianych po całej powierzchni lustra, albo też żłobki lub wypukłe karby, biegnące radialnie od środka lustra do jego brzegu (rys. 7). Lustra takie rozpraszają światło w stopniu większym, niż zwierciadło gładkie, dzięki czemu oświetlenie powierzchni jest bardziej równomierne i nie wykazuje żadnych nierówności, smug, plam i t. p.

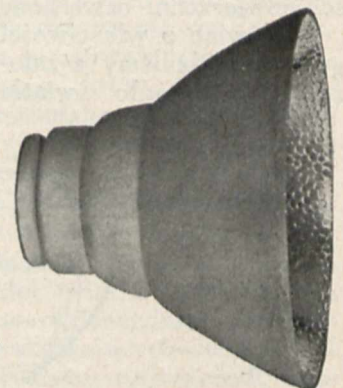
b) *Szklą rozpraszające,* zamykające otwory reflektorów. Są to szkła (ochronne), matowane gruboziarnistą strugą piasku. Szklą te doskonale rozpraszają światło, przyczem pochłaniają go około 5% więcej, niż gładkie szkło zwyczajne. Ich ujemną stroną jest to, że łatwo ulegają zakurzeniu, a oczyszczenie jest stosunkowo dość trudne. Z tego względu powierzchnia matowa powinna być zwrócona zawsze do wnętrza reflektora, przez co zapobiega się prawie że całkowicie gromadzeniu zanieczyszczeń na powierzchni takiego szkła.

c) *Lustra sekcyjne,* złożone z większej ilości małych płaskich lusterek.

d) Zamiast luster wykonywa się *powierzchnie, odbijające światło,* z blachy białą emaljonowaną o kształcie parabolicznym. Nadają się one jedynie do naświetlania z małej odległości do 10 m.

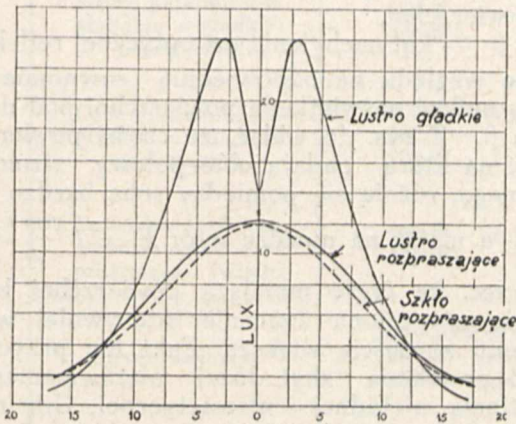
e) *Żarówki o bańce matowanej lub opalowej,* które dają oświetlenie łagodne i mało kontrastowe.

Wyżej wymienione sposoby pozwalają na



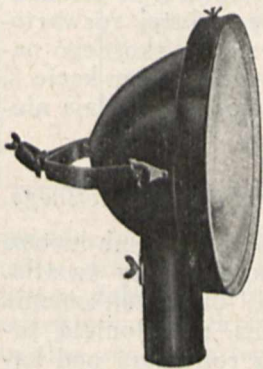
Rys. 7.

osiągnięcie oświetlenia możliwie równomierne, mają jednak tę wadę, że zmniejszają strumień świetlny, wychodzący z reflektora, a to wskutek strat światła, mających miejsce w lustrze, w szkłe ochronnem, wskutek nadmiernego rozproszenia światła oraz wskutek pochłaniania światła przez kurz, pokrywający reflektor.

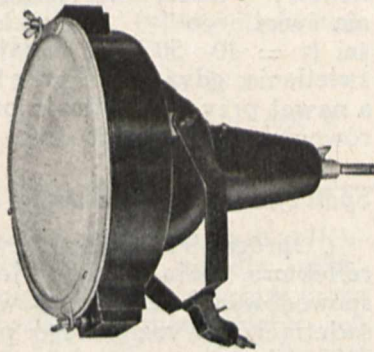


Rys. 8.

Rys. 8 przedstawia krzywe izoluksów dla różnych typów reflektorów.



Rys. 9.

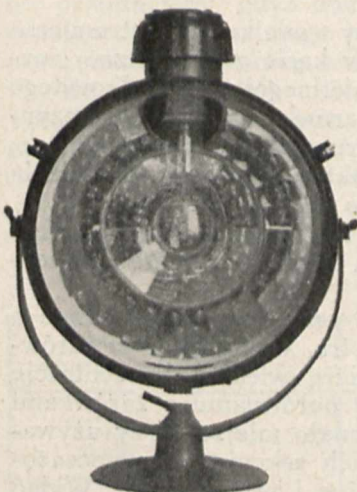


Rys. 10.

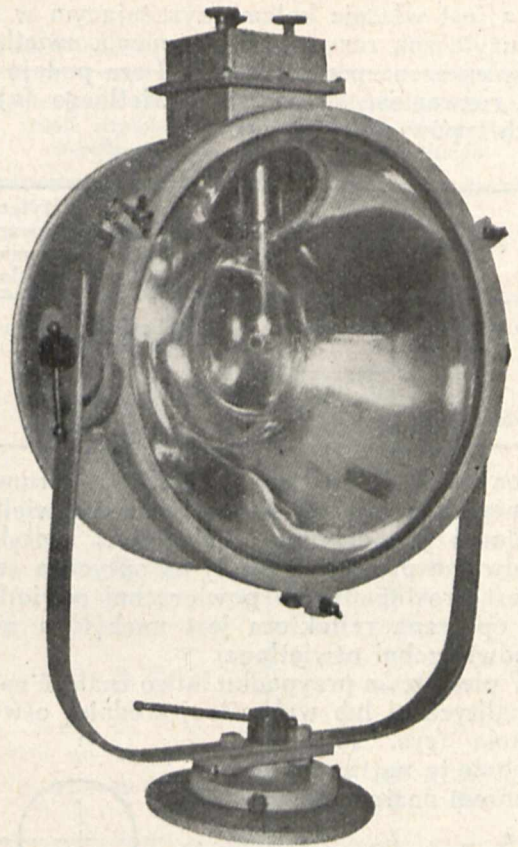
Użyteczna rozwartość strumienia świetlnego.

Rozpatrując światłość poszczególnych promieni, rzucanych z reflektora na jakąś płaszczyznę, łatwo stwierdzić, że promienie, znajdujące się w pobliżu osi optycznej reflektora, mają największą światłość oraz że ta ostatnia zmniejsza się na-

ogół w miarę odchylenia się promieni od tej osi. Nic więc dziwnego, że strumień świetlny, padający w kształcie stożka prostopadle na płaszczyznę, oświetli ją najintensywniej w pobliżu środka tego stożka, przyczem w miarę oddalania się od środka intensywność szybko maleje, aż wreszcie staje się praktycznie równą zero. Ze względu na dostateczną równomierność oświetlenia przyjęto



Rys. 11.

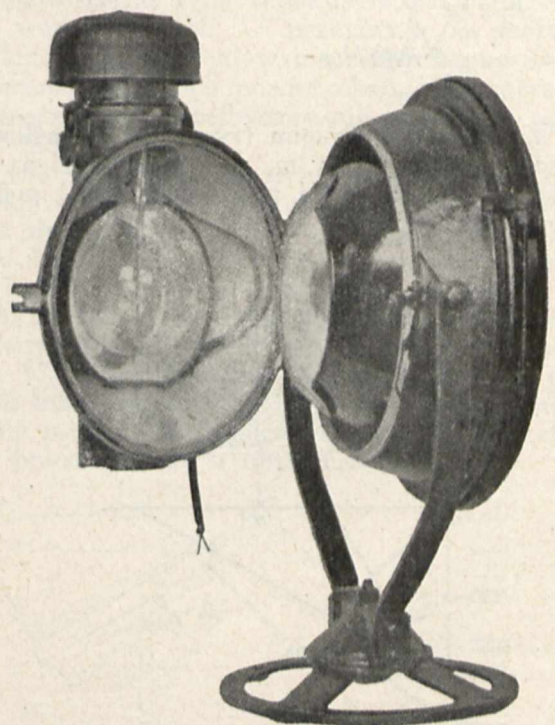


Rys. 12.

uważać za „użyteczną rozwartość strumienia świetlnego” taki kąt (płaski) promieniowania, w obrębie którego równomierność oświetlenia powierzchni waha się w granicach od 1 do 10 (rys. 14).

Z powyższej definicji użytecznej rozwartości strumienia świetlnego wynika, że:

$$\frac{\text{światłość prom. bocz.}}{\text{światłość prom. centralnego}} = \frac{\text{światłość prom. centralnego}}{10 \cdot \cos^3 \alpha/2}$$



Rys. 13.

gdzie α jest właśnie kątem, wyrażającym w stopniach użyteczną rozwartość strumienia świetlnego.

Umieszczona poniżej tablica I-sza podaje użyteczną rozwartość strumienia świetlnego (α) dla różnych typów reflektorów:

Tablica I.

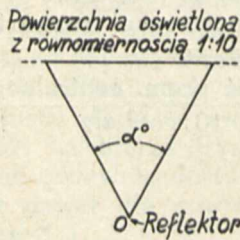
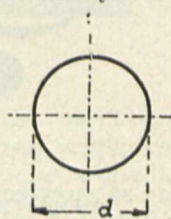
Rodzaj reflektora	Rodzaj żarówki	Użyteczna rozwartość strumienia świetlnego
Lustro paboliczne gładkie . .	projekcyjna 250 W	około 32°
„ „ rozpraszające	„	„ 44°
„ „ gładkie wraz ze szkłem czołowym, matowym	„	„ 46°

Znajomość użytecznej rozwartości strumienia świetlnego pozwala na łatwe obliczenie wielkości oświetlonej powierzchni. Najczęściej spotykamy się z dwoma przypadkami: 1) oś optyczna reflektora jest prostopadła do powierzchni oświetlonej; 2) oś optyczna reflektora jest nachylona względem powierzchni oświetlonej.

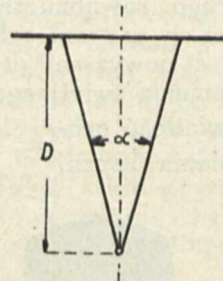
W pierwszym przypadku łatwo znaleźć na drodze analitycznej lub wykreślnej średnicę oświetlonego koła (rys. 15). Powierzchnię tę można wyrazić wzorem następującym:

$$S = \frac{\pi}{4} d^2 = \pi \left(D \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right)^2,$$

gdzie D — odległość reflektora od danej powierzchni.



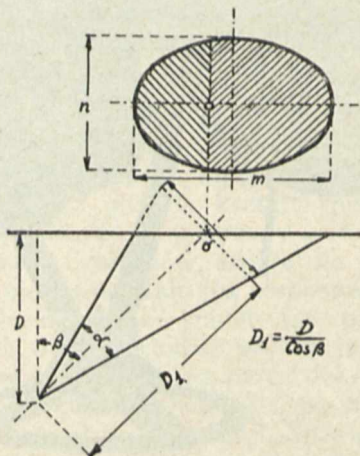
Rys. 14.



Rys. 15.

W przypadku drugim (rys. 16), określwszy wielkość obu osi elipsy m, n , wyświetlonej na powierzchni, obliczamy jej powierzchnię (S) podług następującego wzoru:

$$S = \frac{\pi}{4} m \cdot n,$$



Rys. 16.

$$\text{gdzie } m = D \left\{ \operatorname{tg} \left(\beta + \frac{\alpha}{2} \right) - \operatorname{tg} \left(\beta - \frac{\alpha}{2} \right) \right\};$$

$$n = m \sqrt{1 - e^2}; \text{ przyczem } e = \frac{\sin \beta}{\cos \frac{\alpha}{2}};$$

gdzie D — odległość reflektora od danej powierzchni,

β — kąt nachylenia osi optycznej reflektora.

Ze względu na odpowiednią równomierność należy unikać naświetlania powierzchni pod dużym kątem β . Z rys. 16 widać, że części powierzchni elipsy, na którą padają obie połowy strumienia świetlnego, różnią się pomiędzy sobą bardzo wielkością, a mając na uwadze wzór $E = I \frac{\cos^2 \beta}{r^2}$ łatwo

spoznać, że część mniejsza powierzchni będzie właśnie oświetlona znacznie intensywniej w porównaniu z częścią większą. Fakt ten przyczynia się do powstania zbyt dużej nierównomierności oświetlenia, nieładnej i nieestetycznej. Gdy mamy do czynienia z naświetlaniem powierzchni zapomocą ostro nachylonych strumieni świetlnych, należy starać się o to, aby kąt nachylenia β był możliwie mały. Jest wskazane stosować wówczas reflektory o małej „użytecznej rozwartości strumienia świetlnego (α)”. Reflektory o dużej rozwartości ($\alpha = 40-50^\circ$) nie nadają się do skośnego naświetlania, gdyż nawet przy bardzo małym kącie β , a nawet przy naświetlaniu prostopadłem, dają nierównomierność bardzo dużą.

Spółczynnik zużytkowania strumienia świetlnego.

Oprócz strat, zachodzących w szkłe lub lustrze reflektora, mają miejsce jeszcze straty światła, spowodowane tem, że pewna część strumienia świetlnego, wydzielonego przez nieosłoniętą żarówkę, jest wypromieniowana z reflektora pod kątem większym, niż kąt α „użytecznej rozwartości strumienia świetlnego”. Ta właśnie część strumienia świetlnego pada poza powierzchnię oświetloną, odpowiadającą użytecznej rozwartości strumienia świetlnego i tam nie odgrywa większej roli dla celowego naświetlenia. Nic więc dziwnego, że to rozproszone oświetlenie, znajdujące się poza naświetlonym kołem lub elipsą (z równomiernością 1:10), pomija się w obliczeniach i uważa za stratę światła.

Stosunek pomiędzy wielkością strumienia świetlnego, biegnącego w kącie α (użytecznej rozwartości strumienia świetlnego), do całkowitego strumienia świetlnego żarówki nazwano współczynnikiem zużytkowania strum. świetl. i stwierdzono, że zależnie od typu reflektora wartość jego zmienia się w granicach od 25 do 60%.

Poniżej załączona tablica podaje różne charakterystyczne dane dla rozmaitych typów reflektorów.

Z tablicy widać, że reflektory paraboliczne o gładkiej powierzchni lustra, wyposażone w żarówki projekcyjne, zapewniają większą koncentrację strumienia świetlnego w porównaniu z żarówkami zwyczajnymi, niżby to miało miejsce przy używaniu reflektorów o lustrach sekcyjnych, wyposażonych w żarówki zwyczajne i projekcyjne. Widać również, że współczynnik zużytkowania strumienia

Tablica II.
Dane charakterystyczne reflektorów.

Numer kolejny	Typ reflektora	Rodzaj i moc żarówki	Spółczynnik zużycowania strumienia świetlnego	Użyteczna rozwarłość strumienia świetlnego
1	Lustro paraboliczne głębokie o gładkiej powierzchni	500 W — projekcyj. 250 W — „	45 — 55 %	18° — 23°
2	Lustro paraboliczne płytkie o gładkiej powierzchni	1000 W — zwyczajne 500 W — „ 500 W — projekcyj.	25 — 30 %	24° — 32° 22° — 29° 9° — 14°
3	Lustro paraboliczne głębokie o pow. rozpraszającej światło	500 W — projekcyj. 250 W — „	35 — 50 % 30 — 45 %	40° — 60° 30° — 50°
4	Lustro sekcyjne	300 ÷ 1000 W zwyczaj. 500 W — projekcyj. 300 W — opalowa	40 — 45 %	45° — 65° 48° 74° — 80°
5	Lustro paraboliczne o pow. gładkiej oraz szkło ochronne mat.	250 W — projekcyj.	30 — 35 %	44°
6	Lustro paraboliczne o pow. gładkiej oraz szkło ochr. pryzmat.	500 W — projekcyj.	35 — 45 %	60° × 20° 90° × 30°
7	Lustro niesymetryczne	500 — 1000 W zwyczajna	55 — 60 %	96° × 60°

świetlnego jest dla płytkich parabolicznych reflektorów prawie dwa razy mniejszy, niż dla reflektorów głębokich. Strumień świetlny, rzucany przez reflektory o płytkich lustrach parabolicznych, jest bardzo skoncentrowany ($\alpha = 8^\circ - 9^\circ$). Naogół można stwierdzić, że reflektor o większej użytecznej rozwarłości strumienia świetlnego ma również większy współczynnik zużycowania strumienia świetlnego. Rozwarłość strumienia świetlnego jest przy użyciu żarówek na niskie napięcie mniejsza, a to z powodu mniejszych rozmiarów drucika świecącego żarówki.

Liczby, podane w tablicy II, odnoszą się do reflektorów znanych firm. Mają one jedynie charakter orientacyjny, gdyż dokładne liczby, charakteryzujące reflektor, mogą być dostarczone jedynie przez samą wytwórnę reflektorów.

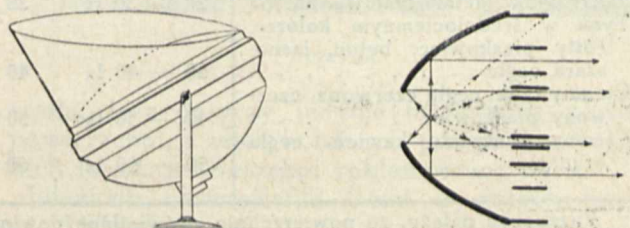
Ze zwiększeniem odległości przedmiotu naświetlanego należy używać reflektorów o większej światłości, a więc i o mniejszej użytecznej rozwarłości strumienia świetlnego (α). Poniżej umieszczona tablica (III) przedstawia te odległości naświetlań w zależności od typu reflektora:

Tablica III.

Użyteczna rozwarłość strumienia świetlnego — α	Odległość reflektora od powierzchni
do 10°	30 do 150 m
około 15°	25 „ 80 m
„ 30°	12 „ 45 m
„ 50° do 90°	3 „ 25 m

Reflektory, używane do naświetlania gmachów, są najczęściej wyrabiane z grubej blachy żelaznej albo z żeliwa i zależnie od przeznaczenia posiadają taki lub inny kształt. Ażeby móc je łatwo nastawić w pożądanym kierunku, są one zaopatrzone w uchwyty, pozwalające na swobodne ich poruszanie. Nowoczesne typy reflektorów nie mają otworów wentylacyjnych, — przeciwnie, są szczelnie zamknięte, a promieniowanie ciepła zapewnia dostatecznie duża ich powierzchnia. Temperatura wewnątrz takiego reflektora nie powinna przekraczać 180° C.

Dla uniknięcia olśnienia osób, patrzących się z boku reflektorów w kierunku ich wnętrza, zaopatrzuje się reflektory w t. zw. zasłony przeciwbłaskowe, które odcinają na swej powierzchni promienie światła, padające pod kątem większym, niż kąt α „użytecznej wartości strumienia świetlnego”. Zasłony te mają często kształt zwyczajnej tarczy (rys. 17), albo też kształt współśrodkowych pierścieni lub równoległych listew tak rozstawionych, że nie pozwalają promieniom rozproszenia reflektora przedostać się w otoczenie.



Rys 17.

Przejdziemy teraz do samej sztuki naświetlania gmachów. Pierwszym zagadnieniem, które należy rozstrzygnąć, jest wartość wymaganej jasności oświetlenia, t. zn. ilość luksów, z jaką należy oświetlić daną powierzchnię. Z ogólnych zasad oświetlenia wiadomo, że powierzchnia oświetlona (w naszym przypadku np. ściana domu) wydaje się tem jaśniejsza, im silniej jest oświetlona, im więcej odbija światła oraz im otoczenie i jej tło jest ciemniejsze. Ponieważ oko ludzkie nie spostrzega jasności, lecz jedynie jaskrawość, z jaką rozpatrywany obiekt odbija światło (lub sam świeci), przeto jedynie jaskrawość jest wielkością miarodajną w obliczeniach. Z tego powodu, chcąc osiągnąć pewną jaskrawość o takiej lub innej wartości, należy powierzchnie ciemne (odbijające mało światła) naświetlać intensywniej, podczas gdy powierzchnie o barwach jasnych (odbijających więcej światła) należy oświetlać słabiej.

Tak np. fasada domu, odbijająca mniej więcej 20% światła, wymaga oświetlenia czterokrotnie silniejszego, niż fasada domu o tej samej wielkości, lecz o powierzchni jasnej, niezanieczyszczonej, odbijającej około 80% światła. Dalszym czynnikiem, wpływającym w znacznym stopniu na uwypuklenie naświetlonej fasady domu, wieży lub pomnika, jest kontrast z otoczeniem. Innemi słowy, dużą rolę odgrywa jaskrawość otoczenia, a także intensywność oświetlenia przylegających ulic. Jasne jest, że dom, znajdujący się przy dobrze oświetlonej ulicy i położony w okolicy domów, również dobrze oświetlonych, będzie wymagał naświetlenia z większą jasnością, niż dom inny, położony na przedmieściu lub w ogrodzie.

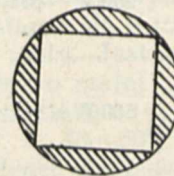
Poniżej podana tablica (IV) zawiera wymagane (z praktyki) jasności oświetlenia w luksach międzynarodowych w zależności: od rodzaju powierzchni naświetlonej, stopnia oświetlenia otoczenia, tła i t. p. Dane liczbowe dotyczą równomiernego naświetlenia powierzchni płaskich. W przypadku oświetlania pewnych fragmentów fasady domu, a więc rzeźb, gzymsów i t. p., należy dla otrzymania większych kontrastów światła, dla otrzymania cieni i t. p. oświetlać te fragmenty jeszcze z większą starannością.

W ostatnich czasach rozpowszechniło się stosowanie reflektorów do oświetlenia terenów budowlanych, placów sportowych, dworców kolejowych

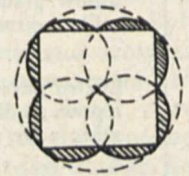
i t. p. W związku z tem podajemy odpowiednie jasności dla kilku takich zastosowań reflektorów:

tereny z wykopami	5 — 20 lx
groble, tamy, mosty	10 — 30 „
dzielnice fabr., dworce kolej. i t. p.	2,5 — 10 „
miejsca rozrywkowe pod gołym niebem	10 — 30 „
baseny pływackie, plaże i t. p.	2,5 — 10 „
boiska do gry w piłkę nożną	20 — 60 „
sceny teatralne na wolnym powietrzu	20 — 40 „

Strumień świetlny, wypromieniowany przez reflektor na fasadę domu, wyświetla na niej niejako koło lub elipsę, której wymiary różnią się naogół od wymiarów (wielkości) rozpatrywanej fasady domu. Na rys. 18 widać strumień świetlny, oświetlający powierzchnię w kształcie kwadratu. Zakresowana część koła wyobraża tę część strumienia świetlnego, która pada poza powierzchnię, jaka ma być oświetloną. Spowodowane tem straty światła dochodzą naogół w takim razie do 30%. Następny rys. 19 wykazuje, że straty te zmniejszają się w miarę wzrostu liczby reflektorów, użytych do oświetlenia danej powierzchni.



Rys. 18.



Rys. 19.

Dla określenia tych strat w przypadku oświetlenia fasady o bardzo nieregularnym zarysie najwygodniej nakreślić na jej planie koła ew. elipsy oświetlone (rzucane przez reflektor), odpowiadające każdemu reflektorowi, i dopiero w ten sposób obliczyć graficznie straty światła. Dla powierzchni o zarysie kwadratowym lub prostokątnym współczynnik straty światła waha się w granicach od 1,2 do 1,5. Dla powierzchni o zarysach nieregularnych osiąga on nawet wartość równą 2. Dla uproszczenia niżej podanych wzorów, służących do obliczenia instalacji oświetleniowej, spółcz. strat powyżej opisanych oznaczmy literą A.

W miarę używania reflektora zmniejsza się strumień świetlny żarówki, maleje współczynnik odbicia światła w lustrze wskutek wpływów atmosferycznych, gromadzi się warstwa kurzu na reflek-

Tablica IV.

Położenie i otoczenie rozpatrywanego obiektu	Park, niebo granatowe w nocy, ulice nieoświetlone	Ulice słabo oświetlone (2 lx)	Ulice lepiej oświetlone (5 — 6 lx)	Ulice dobrze oświetlone (10 — 15 lx)	Ulice ożywione, wiele reklam świetl., dobrze oświetlone okna wystawowe
Budulce lub wyprawa					
Biały marmur, srebro, złoto, polewowany mosiądz	10 — 20 lx	20 — 30 lx	25 — 35 lx	30 — 40 lx	40 — 50 lx
Jasny tynk, metale matowe, patyna	20 — 30 lx	30 — 40 lx	35 — 50 lx	40 — 60 lx	50 — 70 lx
Tynk w średniociemnym kolorze, żółty piaskowiec, beton, jasnoszara cegła	30 — 40 lx	40 — 55 lx	55 — 65 lx	65 — 75 lx	70 — 90 lx
Ciemny tynk, cegła czerwona, czerwony piaskowiec	40 — 50 lx	50 — 60 lx	65 — 80 lx	75 — 100 lx	90 — 120 lx
Ciemny zbutwiałły kamień, cegła brązowa	50 — 60 lx	60 — 80 lx	80 — 100 lx	100 — 120 lx	120 — 160 lx

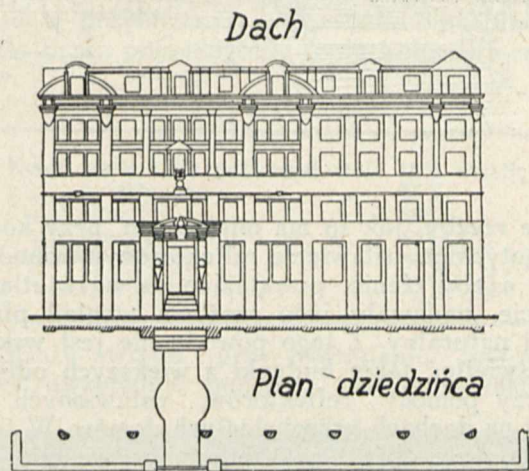
Zaznaczyć należy, że powierzchnie naświetlane powinny być naogół matowe, gdyż dobrze rozpraszają i nie dają ślśniących nieestetycznych plam, tak często spotykanych przy naświetlaniu powierzchni błyszczących.

torze i t. p. Wszystko to powoduje dalsze straty strumienia świetlnego, które należy wziąć pod uwagę w obliczeniach. Straty te w warunkach najkorzystniejszych dochodzą do 50% str. świetl., podczas gdy w — niekorzystnych są znacznie wyższe. W tym ostatnim razie współczynnik tych strat osiąga wartość równą 2. Dla krótkości współczynnik tych strat oznaczmy literą B.

Rozumie się, że straty, o których była mowa powyżej, należy uwzględnić przy obliczeniu całkowitego strumienia świetlnego, potrzebnego do naświetlenia danego obiektu. Strumień ten da się wyrazić wzorem następującym:

$$\text{Całkowity strumień świetlny} = \frac{\text{Jasność} \times \text{pow. ośw.} \times A \times B}{\text{współczynnik z użytkowania}}$$

Dla przykładu podamy przebieg obliczenia kilku urządzeń naświetlających. Należy oświetlić fasadę gmachu wysokości 20 m i długości 30 m, położonego przy dobrze oświetlonej ulicy. Reflektory mają być ustawione w odległości 19 m od fasady na poziomie ziemi (rys. 20). Fasada jest wykonana z żółtego piaskowca.



Rys. 20.

Z tablicy jasności odczytujemy wymaganą jasność 60 lx. Zgodnie z danymi z tablicy III ze względu na stosunkowo małą odległość użyjemy reflektorów o użytecznym rozwarciu strumienia świetlnego $\alpha = 50^\circ$ do 90° . Z tablicy II widać, że dane charakterystyczne takie posiadają reflektory Nr. 3 i Nr. 7, to znaczy, reflektor z głębokim, parabolicznym lustrem o powierzchni rozpraszającej (karbowanej) albo też reflektor niesymetryczny. Pierwszy z nich (Nr. 3) ma współczynnik użytkowania 50%. Współczynnik strat A — 1,25, B — 1,5. Wstawiając te dane we wzór na całkowity strumień świetlny, otrzymamy:

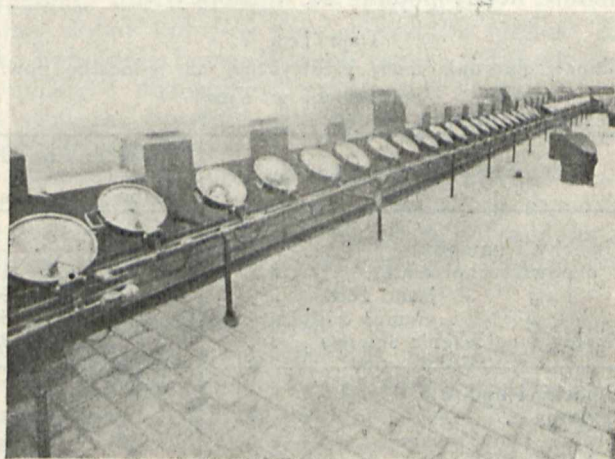
$$F = \frac{E \cdot S \cdot A \cdot B}{\eta} = \frac{60 \cdot 20 \cdot 30 \cdot 1,25 \cdot 1,5}{0,5} = 135\,000 \text{ lm,}$$

gdzie η = współczynnik zużycia strumienia świetlnego.

W tablicy drugiej są przewidziane dla danego typu reflektorów (Nr. 3) żarówki projekcyjne na 500 watów. W katalogu na żarówki łatwo znaleźć, że żarówka projekcyjna 500 W daje mniej więcej

strumień świetlny równy 8 500 lm. Łatwo stąd obliczyć, że dla otrzymania całkowitej wartości strumienia świetlnego należy użyć 16 takich reflektorów.

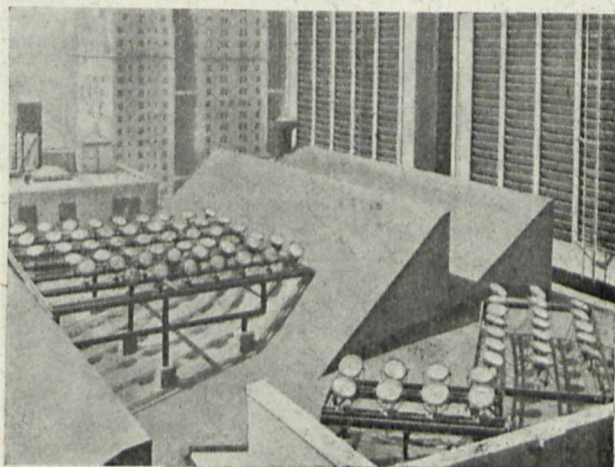
Jak już wspomniano, zamiast reflektorów Nr. 3 możemy użyć reflektorów niesymetrycznych.



Rys. 21.

Pozioma użyteczna rozwartość strumienia świetlnego, wynosząca 60° , wskazuje (łatwo to określić drogą graficzną), że dla równomiernego oświetlenia całej fasady wystarczyłyby zasadniczo trzy takie reflektory. Podobne obliczenie, jak powyżej przeprowadzone, wskazuje, że całkowity strumień świetlny powinien wynosić 135 000 lm. Ponieważ żarówka 1000-watowa, umieszczona w reflektorze niesymetrycznym, daje około 19 000 lm, to dla otrzymania odpowiedniej jasności (całkowitego strumienia świetlnego), jest konieczne ustawienie co najmniej 7-miu takich reflektorów.

W powyższych przykładach zastosowano t. zw. metodę obliczenia, opartą na współczynniku zużycia światła. Jej punktem wyjścia była zgóry określona jasność oświetlenia. Jest to metoda dość



Rys. 22.

ściśła, lecz dotyczy jedynie oświetlenia płaskich powierzchni, a więc w naszym przypadku — gładkich fasad, powierzchni reklamowych i t. p. Przy obliczaniu naświetlania fasad, pociętych liniami architektonicznymi, gzymsami, wykuszami, balkonami, rzeźbami i t. p. metoda ta może dać jedynie

wyniki przybliżone, orientacyjne. W tych razach miarodajne będzie jedynie doświadczenie i długoletnia praktyka.

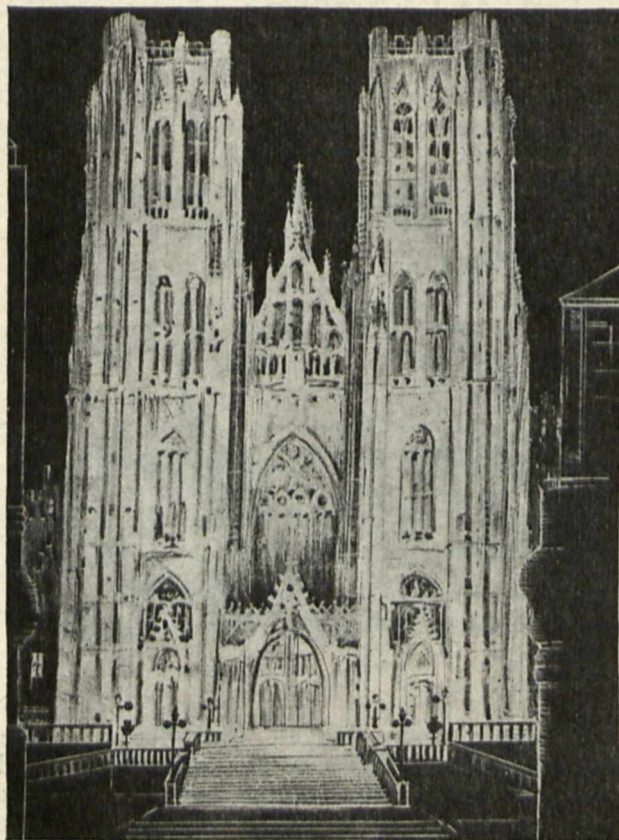
Do krótszych przybliżonych obliczeń nadaje się bardzo znajomość zapotrzebowania mocy elektrycznej na m^2 powierzchni oświetlanej. Odpowiednie liczby podane są w tablicy V.

Tablica V.

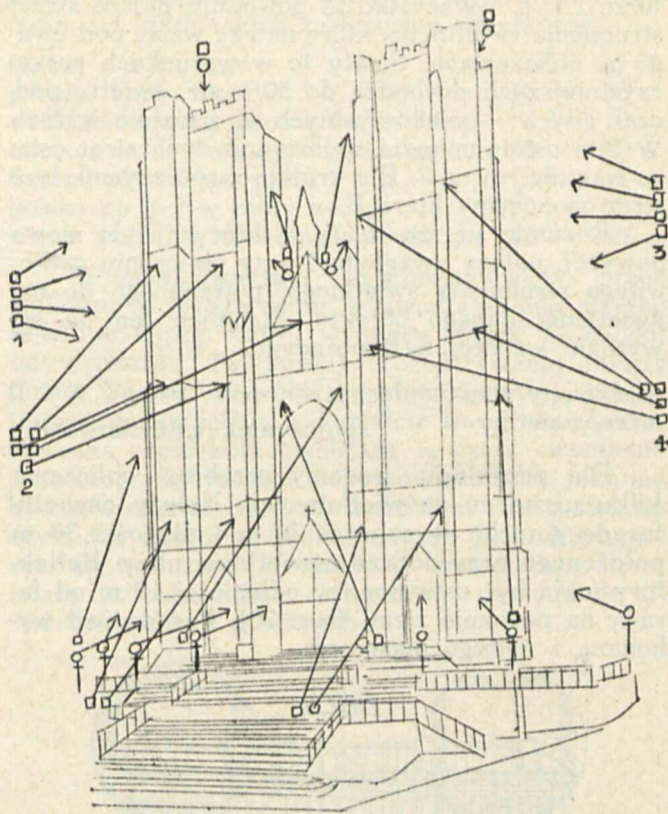
Zapotrzebowanie mocy elektrycznej na jednostkę pow. oświetlonej w W/m^2 .

Oświetlony obiekt	Otoczenie oświetl.	
	słabo	dobrze
Gmachy i pomniki:		
o powierzchni białej	5 — 10	7,5 — 15
„ jasno żółtej	7,5 — 15	15 — 30
„ ciemno żółtej	15 — 30	25 — 50
Szklidy i ogłoszenia ścienne	15 — 40	25 — 75
Gmachy i budowle	5 — 10	
Wykopy	1 — 5	
Groble, tamy, mosty	2,5 — 7,5	
Dziedzińce fabryczne, dworce kolejowe i t. p.	0,5 — 2,5	
Miejsca rozrywkowe pod gołym niebem	2,5 — 7,5	
Baseny pływackie, plaże	0,5 — 5	
Boiska do gry w piłkę nożną	5 — 15	
Sceny teatralne na wolnym powietrzu	5 — 10	

Najodpowiedniejsze rozmieszczenie reflektorów nie jest zagadnieniem łatwym. W tym względzie niema żadnych przepisów ani norm. Przy oświetlaniu płaszczyzn większych ustawia się reflektory blisko siebie, tworząc w ten sposób niejako baterje reflektorów (rys. 21 i 22). Przy naświetlaniu gmachów, mających na swojej powierzchni

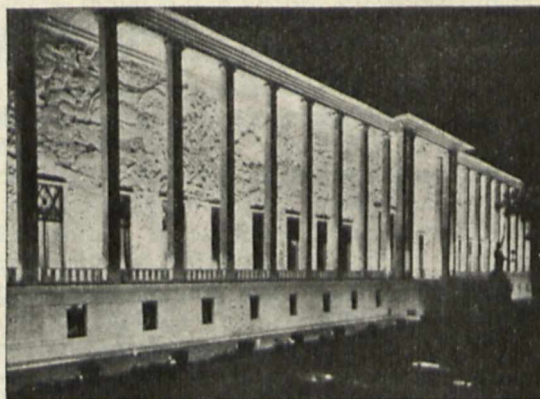


Rys. 23a.



Rys. 23b.

bogate rzeźby, jak to ma miejsce np. przy kościołach gotyckich, ustawienie reflektorów powinno być takie, ażeby cienie, powstające na naświetlanym obiekcie, nadawały jego rzeźbom wygląd plastyczny i naturalny. Z tego powodu nie jest wskazane naświetlać takie budynki z większych odległości przy pomocy reflektorów, ustawionych chociażby na dachach przeciwległych domów. W takim bowiem razie obiekt naświetlany będzie miał wygląd płaski, a rzeźby jego będą trudno spostrzegal-



Rys. 24.

ne. W takich przypadkach jest zalecenia godnym ustawienie reflektorów tak, ażeby świeciły one skośnie na rozpatrywany obiekt. Tylko wówczas rzeźby te będą dawać mniej lub więcej długie lub ostre cienie, nadające im dużą i naturalną plastykę. Można zalecić również takie umieszczenie reflektorów, ażeby światło ich padało na obiekty raczej z góry, niż z dołu. Rozumie się, że będzie to trudno osiągnąć, oświetlając dachy, szczyty wież

i t. p. Często będzie trzeba dla osiągnięcia i uwypuklenia kunsztownej architektury ustawić reflektory na samej oświetlonej budowlu, maskując je w bardzo umiejętny sposób. Za przykład takiego rozmieszczenia może służyć naświetlenie katedry świętej Guduli w Brukseli (rys. 23). Gdy naświetlony budynek posiada kolumny, to dla podniesienia jego architektury powinien być tak oświetlony, ażeby kolumny występowały w postaci ciemnych sylwetek na tle jasno oświetlonego gmachu. Łatwo to osiągnąć, umieszczając reflektory poza kolumnami (rys. 24). Przy umieszczaniu reflektorów należy mieć na uwadze, aby światło ich nie odbijało się w szybach, w witrażach i t. p. powierzchniach błyszczących, wywołując na nich nieestetyczne lśniące plamy świetlne.

W ostatnich czasach stosuje się światło kolorowe, które przyczynia się bardzo do podniesienia uroczystego charakteru iluminacji miasta. Rozumie się, że oświetlenie takie wymaga większych zasobów energii elektrycznej, gdyż światło jest pochłaniane w dużej mierze przez kolorowe szkła reflektorów. Dla osiągnięcia ładnych i czystych efektów kolorowych, naświetlane gmachy powinny mieć ściany możliwie białe. Załączona poniżej tablica VI podaje w przybliżeniu współczynniki pochłaniania światła przez poszczególne szkła kolorowe reflektorów.

Tablica VI.

Kolor szkła	zółty	pochłania około	15%	światła
„	bursztynowy	„	55%	„
„	zielony	„	80%	„
„	czerwony	„	85%	„
„	purpurowy	„	95%	„
„	niebieski	„	99%	„

Straty światła przy oświetleniu kolorowym należy uwzględnić podczas obliczenia instalacji



Rys. 25. Tryptyk Wita Stwosza.

naświetlających, zwiększając odpowiednio zapotrzebowanie mocy elektrycznej, wyrażające się koniecznością zastosowania silniejszych żarówek, a najczęściej większą liczbą reflektorów. Mając do czynienia ze światłem kolorowym, należy położyć szczególny nacisk na dobór kolorów, szarmonizowanych ze sobą, gdyż jedynie takie mogą zapewnić efekt prawdziwie estetyczny. Niewłaściwy dobór kolorów daje w wyniku niemiłą dla oka kakofonię barw. W tych razach inżynier, wykonujący i dozorujący wykonanie instalacji naświetlającej, powinien zasięgnąć porady doświadczonego architekta.

Szerokie zastosowanie znalazły reflektory także w dziedzinie oświetlania kolejowych dworców przelotowych. Opis tych urządzeń był podany w „Przełądzie Elektrotechnicznym” z r. 1930 na str. od 320—322.

Na zakończenie podaję spis prac, traktujących o sprzęcie i urządzeniach naświetlających:

- 1) „L'Eclairage par Projecteurs”, wydane przez Société pour le Perfectionnement de l'Eclairage—Paris.
- 2) „Lichtreklame”, wydane przez Zentrale für Lichtwirtschaft—Zürich.
- 3) „Floodlighting”, wydane przez The lighting Service Bureau — London.
- 4) „Floodlighting”, wydane przez General Electric Company.
- 5) Czasopismo „Licht und Lampe”—Berlin.



Rys. 26. Kościół Panny Marji w Katowicach.

NOWE KIERUNKI W OŚWIETLENIU LOTNICZEM.

Inż. J. Pawlikowski.

Obsah. Krátky popis vývoje osvětlení leteckých tratí. Směrnice osvětlování leteckých tratí a letišť, přijaté Mezinárodní osvětlovací komisí v Curychu. Popis zařízení výstražných traťových svítidel týkajících se radiových věží a sítí vysokého napětí. Návrh C. I. N. A. na úpravu světél na letadlech. Zásady elektrisace letišť a leteckých tratí. Spolupůsobení polského průmyslu v oboru osvětlení letišť.

Streszczenie. Krótka historia rozwoju oświetlenia szlaków lotniczych. Wytyczne oświetlenia szlaków lotniczych i lotnisk, przyjęte przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową w Zürichu. Opis instalacji świateł przeszkodowych na szlakach w odniesieniu do wież radiowych i linii wysokiego napięcia. Projekt CINA, dotyczący zmiany układu świateł pozycyjnych na samolotach. Zasady elektryfikacji lotnisk i szlaków lotniczych. Udział polskiego przemysłu w dziedzinie oświetlenia lotniczego.

Całokształt oświetlenia lotniczego, jak wiadomo, składa się z trzech działów zasadniczych: oświetlenia szlaków, oświetlenia lotnisk oraz oświetlenia samolotów. Oczywiście dwa pierwsze działy łączą się ściśle ze sobą.

Najwięcej sporów oraz największą ilość ewolucji przeszedł dział oświetlenia szlaków; pierwsze kroki w tym dziale prowadziły ku olbrzymim latarniom, rozrzuconym w sferze zasięgu szlaku lotniczego w sposób zupełnie dowolny. Była tu pełna analogia z techniką latarni morskich, skąd szedł prawzór sygnału świetlnego, przeznaczonego do określenia położenia geograficznego dla pragnącej orientacji załogi okrętu.

Drugim etapem było dążenie do umożliwienia lotnikowi latania wzdłuż oświetlonego szlaku bez żadnych dodatkowych urządzeń; doprowadziło to do stawiania na szlaku jaknajwiększej ilości latarni, obliczonych na to, aby pilot, lecąc przy średniej pogodzie, widział przed sobą dwie, a w najgorszym wypadku — jedną latarnię. W celu wykonania takiego oświetlenia ustawiano pomiędzy dwiema latarniami wielkiego zasięgu (głównymi latarniami szlakowymi) latarnie mniejsze (światła pośrednie) mniej więcej co 5 km, tworząc w rzeczywistości prawdziwą iluminację w lotnictwie. Przykładem tak oświetlonej trasy może służyć np. trasa Hannover — Berlin w Niemczech. Role świateł pośrednich grają tam odpowiedniej wielkości rury neonowe. (rys. 1).

Urządzenia takie wkrótce okazały się zupełnie zbędne; lecąc przy dobrej pogodzie, lotnicy nie zwracali uwagi na światła pośrednie, orientując się tylko według latarni głównych, podczas zaś złej pogody sygnały o niewielkim natężeniu światła od razu znikają z pola widzenia. Jednocześnie z tem zaczął się szybki postęp w budowie przyrządów pokładowych, przeznaczonych do tak zw. lotu ślepego, t. j. lotu bez orientacji bezpośredniej w terenie. Zaczęło się również rozwijać zastosowanie radja w lotnictwie. Tak np. we Francji poczęto budować t. zw. latarnie radiowe, przeznaczone do orientowania lotnika co do kierunku lo-

tu, z drugiej zaś strony pokrywano kraj siecią stacji radiogonjometrycznych (Niemcy), umożliwiających lotnikowi każdorazowe określenie miejsca znajdowania się jego samolotu.

Światło zeszło do roli pomocniczej, zaczęło grać rolę rezerwy w stosunku do innych zasadniczych urządzeń, jakimi są dopiero co wymienione przyrządy pokładowe i radio — oraz środka do sprawdzania danych, otrzymanych przez lotnika drogą inną. Poza tem jednak jedną z zasadniczych przyczyn dalszego utrzymania światła w lotnictwie na szlakach był czynnik psychologiczny, podnoszący bezpieczeństwo lotu i niemożliwy do pominięcia zwłaszcza w lotnictwie komunikacyjnym. Jednocześnie z tem powstała nowa kwestja zastosowania światła na szlakach, a mianowicie do znakowania przeszkód. Pod przeszkodą szlakową zasadniczo rozumie się przedmiot, wyższy od 60 m i położony w pasie o szerokości conajmniej 5 km po obu stronach oficjalnie uznanego szlaku lotniczego, — pozatem za przeszkodę lotniczą mogą być uznane wszystkie inne przedmioty, niebezpieczne dla ruchu lotniczego z powodu swej wysokości lub położenia.

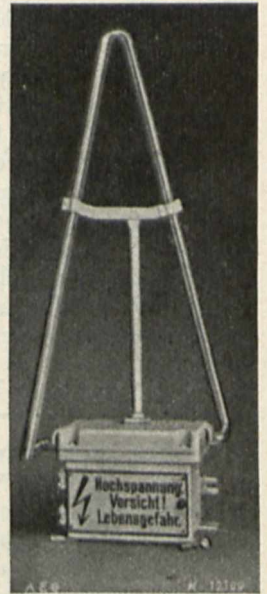
W ten sposób zgodnie z opinią, wyrażoną przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową (Zürich, w październiku r. 1932) należy uznać, iż minimum, konieczne dla zachowania bezpieczeństwa lotu podczas nocy, dają na szlaku światła następujące:

- 1) latarnie szlakowe,
- 2) szlakowe światła przeszkodowe.

Latarnie szlakowe winny mieć jeden i ten sam charakter na całym szlaku lub też na jego części i winny być ustawione możliwie wzdłuż samego szlaku. Jeżeli na szlaku znajdują się lądowiska, jedna z latarni szlakowych, identyfikowana zapomocą dodatkowych świateł rozpoznawczych, może zamienić latarnię lotniskową danego lądowiska.

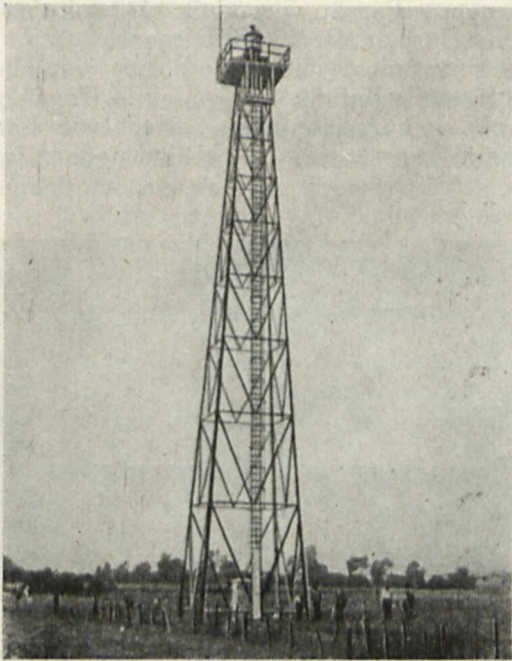
Na rys. 2 pokazana jest latarnia szlakowa francuskiej firmy Barbier, Benard i Turenne, ustawiona w Rosendaal (Holandja). Jest to latarnia dioptryczna, o odległości ogniskowej 187,5 mm, mocy 1,5 kW, natężeniu światła 1 900 000 św. m., dająca co 5 sek. błysk, trwający 0,2 sekundy.

Sprawa długości trwania błysków oraz odstępu pomiędzy błyskami jest obecnie bardzo aktualna. Po stwierdzeniu wpływu błysków na zasięg latarni (prace naukowe Blondel'a i Rey'a, doświadczenia i wzór van Vlotte'n'a) sprawa możliwości powiększenia ilości błysków w latarniach



Rys. 1.
Latarnia szlakowa
pośrednia.

dioptrycznych dała tym latarniom przewagę nad latarniami lustrzanymi, które zasadniczo mogą dać tylko jeden błysk przy jednym obrocie. Zwiększenie częstotliwości błysków musi z konieczności prowadzić do zmniejszenia długości trwania poszczególnego błysku¹⁾. Obecnie budowane są i la-



Rys. 2.

Latarnie szlakowe w Rosendaal (Holandia).

tarnie lustrzane o podwójnych systemach optycznych, co oczywiście pociąga za sobą konieczność i podwójnego źródła światła czyli całkowitego podwojenia latarni. Taką podwójną latarnię zbudowała niedawno dla linii lotniczych St. Zjedn. Am. Półn. Westinghouse Electric and Man. Co. Ltd. (Aviation Engineering VII-33, listopad 1932). Ostatnia pracująca również na gruncie amerykańskim szwedzka firma „Aga” wypuściła typ latarni, zwiększającej ilość rozbłysków wzdłuż danego szlaku lotniczego. Latarnie tej firmy posiadają pewien specjalny system wahadłowo - obrotowy, który zmusza strumień świetlny latarni zaraz po przejściu przez kierunek szlaku do powrotu, przejścia powtórnego przez kierunek szlaku, ponownego powrotu, trzeciego przejścia przez kierunek szlaku, następnie obrotu o 180° i rozpoczęcia nowego wahanía — przyczem różnica szybkości w czasie obrotu oraz przy ruchach wahadłowych jest b. znaczną, oczywiście na niekorzyść ruchu wahadłowego, który jest wolniejszy.

W ten sposób czas trwania rozbłysku w kierunku szlaku (w pewnym kącie żądanej wielkości) jest trzykrotnie dłuższy, aniżeli przy tej samej latarni, obracanej z tą samą ilością obrotów, jednak

¹⁾ Wpływ trwania błysku na zasięg latarni może być ilustrowany następującym zestawieniem: gdy zasięg światła pewnej danej mocy przy stałym jego świeceniu przyjmujemy za 100%, to zasięg ten przy czasie trwania błysków odpowiednio 0,5 sek., 0,4 sek., 0,3 sek., 0,2 sek., 0,1 sek., 0,03 sek. będzie wynosił 95%, 90%, 84%, 70%, 48% i 20%.

przy stałej szybkości kątowej; zwiększa się również częstotliwość błysków.

Krzywe, podane przez firmę, wskazują, że dzięki temu zasięg latarni w kierunku szlaku zwiększa się prawie dwukrotnie, pociąga to jednak za sobą zmniejszenie zasięgu w kierunku prostopadłym do kierunku szlaku ze względu na podwyższoną w tym kierunku szybkość kątową obrotu latarni. To ostatnie oczywiście jest pewną wadą latarni, jeżeli weźmiemy pod uwagę lotnika, który zgubił drogę i stara się do niej wrócić właśnie pod kątem prostym.

Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa poświęciła bardzo dużo czasu opracowaniu zasadniczych wytycznych dla rozstawiania latarni na szlakach. Wyniki prac Komisji da się streścić, jak następuje:

Zaleca się, by latarnie lotniskowe były, o ile to jest możliwe, rozstawione równomiernie wzdłuż całego szlaku. W każdym razie winny one być rozstawione tak, by lotnik, lecący od latarni do latarni, popełniając błąd kierunkowy wartości nie przekraczającej 5°, przeleciał zawsze w sferze zasięgu latarni, w której kierunku leci (nawet w najgorszych warunkach, atmosferycznych, w których jest jeszcze możliwy lot, oparty na obserwacji znaków przy ziemi). Zalecenie to, przyjęte ostatecznie na posiedzeniu Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej w Zürichu, było poruszone już w r. 1931 w Cambridge w referacie Angielskiego Komitetu Oświetleniowego (p. odn. sprawozdanie w Przegl. Elektr. z r. 1932).

Jeżeli warunki miejscowe nie pozwalają na użycie systemu, o którym mówi ustęp powyższy, np. jeżeli topografia terenu wymaga ciągłej zmiany szlaku w zależności od warunków atmosferycznych, to wówczas możliwe jest używanie głównych latarni szlakowych o indywidualnym charakterze świecenia (np. dwu-, trzybłyskowych i t. p., niekoniernie ustawianych na samym szlaku), oraz używanie latarni pośrednich. Ta ostatnia sprawa została postawiona na porządek dzienny przez Francuski Komitet Oświetleniowy, który w tym razie posiłkował się doświadczeniami Francuskiego Ministerstwa Lotnictwa przy znakowaniu szlaku Paryż — Marsylja, przebiegającego wzdłuż terenu górzystego, o częstych niepogodach i mgłach, układających się w poszczególnych dolinach i płaskowzgórzach.

Wracając do świateł przeszkodowych na szlakach, należy zaznaczyć, że głównymi przeszkodami na szlakach są najczęściej maszty antenowe oraz linie wysokiego napięcia.

Zalecenia Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej podają ogólne wskazania dla świateł przeszkodowych, jak: ich barwę, kolor czerwony, w którym panująca fala świetlna posiada długość nie mniejszą od 610 m μ oraz kąt widzialności (światła winny być widzialne w dowolnej płaszczyźnie pionowej, przynajmniej w kącie 95°, licząc w dół od zenitu). Zalecenia mówią również o układzie świateł na przeszkodach (odstępów świateł na zarysach przeszkody).

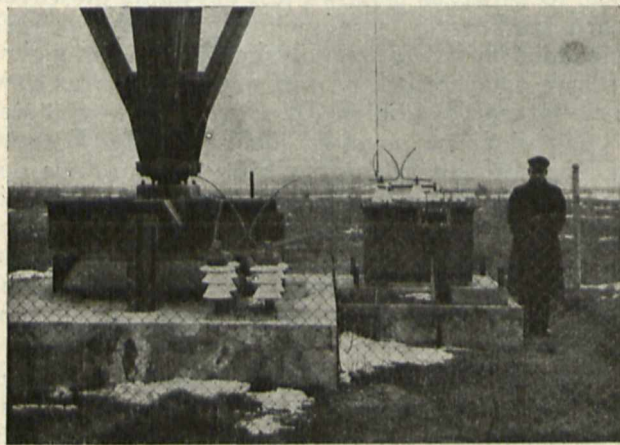
Zalecenia te nie rozwiązują oczywiście wszystkich trudności technicznych, związanych z temi światłami.

Zaznaczono tam tylko, iż mogą zajść wypadki, gdy światła nie mogą być umieszczone na samych przeszkodach, np. na wieżach stacji radiogonjometrycznych; w tym wypadku światła winny oznaczać tylko zarysy przeszkody w płaszczyźnie poziomej, jak również bardzo wyraźnie jej środek, same światła zaś nie mogą mieć charakteru światła stałych, lecz tylko przerywanych, w odstępach rzędu 1 sekundy.

Bardzo ciekawa instalacja światła przeszkodowych wykonana jest na 200-metrowych wieżach stacji nadawczej Polskiego Radja w Raszynie pod Warszawą. Wieże te, jak wiadomo, są od ziemi odizolowane i potencjał ich w stosunku do ziemi może osiągnąć wartość dziesiątków tysięcy woltów.

W celu doprowadzenia energii elektrycznej do lamp ostrzegawczych przy każdym z masztów ustawiono specjalne transformatory o przekładni 1 : 1. Izolacja uzwojeń, połączonych z przewodami, idącymi na wieże, obliczona została na najwyższe napięcie, jakie maszty mogą mieć w stosunku do ziemi. Pozatem konstrukcje transformatorów były zaprojektowane w ten sposób, by ich pojemność była znikoma w stosunku do pojemności masztów antenowych. Instalacja została zaopatrzona w odpowiednie urządzenia ochronne od przebiegów. Moc transformatorów, ustawionych przy każdym z masztów, wynosi 3,5 kW. Transformatory te wykonane zostały przez Marconi Wireless Co Ltd. Charakterystyczna jest tu stosunkowa wielkość transformatorów w stosunku do ich mocy (rys. 3).

Sama instalacja światła przeszkodowych na jednej z wież składa się z 7 lamp po 500 watów, na drugiej zaś — z 4 lamp tej samej mocy. Najniższe lampy na każdym z masztów umieszczone są na wysokości 50 m nad ziemią.



Rys. 3.

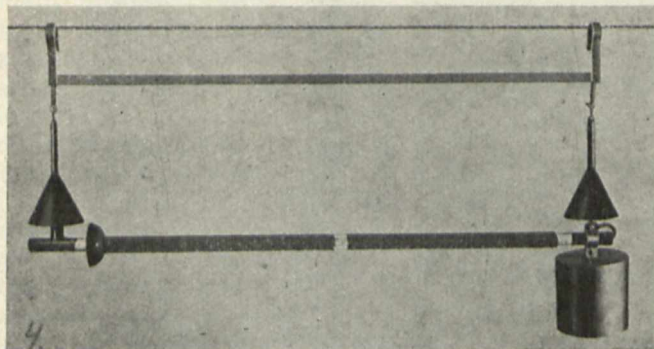
Transformator instalacji światła przeszkodowych na radiostacji Polskiego Radja.

Sprawa odizolowania instalacji światła przeszkodowych może być rozwiązana również przez ustawienie na wieży specjalnej prądniczki. Prądniczka ta połączona jest z silnikiem, ustawionym na ziemi, za pomocą odpowiednio odizolowanej przekładni, np. pasa.

Sprawa znakowania linii wysokiego napięcia, stanowiących groźną przeszkodę dla lotnictwa zwłaszcza wokół lotnisk, obecnie została rozwiązana dzięki wprowadzeniu rur neonowych, dołączo-

nych jednym biegunem do przewodów wysokiego napięcia i jarzących się dzięki polu elektrycznemu, które powstaje wokół przewodów. Rury te były demonstrowane na jednej z linii wysokiego napięcia, przebiegającej w pobliżu lotniska Dübendorf w Szwajcarii podczas posiedzenia Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej oraz na XIII Salonie Aero-nautycznym w Paryżu w grudniu 1932 roku na stoisku firmy Barbier, Benard i Turenne.

Zastosowanie tych rur w Polsce jest obecnie projektowane w linii 60 kV Gródek — Toruń, przebiegającej w bezpośrednim sąsiedztwie lotniska w Toruniu. Typ rury dla takiej linii podany jest na rys. 4.



Rys. 4.

Światło przeszkodowe dla linii wysok. napięcia.

Należy tu podkreślić, że polskie prawodawstwo elektryczne w całkowitem zrozumieniu potrzeb lotnictwa zwróciło baczną uwagę na sprawę linii wysokiego napięcia, przebiegających wokół lotnisk, i w ostatnim Rozporządzeniu Ministra Robót Publicznych z dn. 26 kwietnia 1932 r., zawierającym przepisy techniczne na linie elektryczne prądu silnego, umieszczony jest specjalny rozdział, dotyczący zbliżenia przewodów napowietrznych do lotnisk (§§ 73 — 75 Rozporządzenia).

W stosunku do światła na lotniskach Międzyn. Kom. Oświētł. jako minimum, konieczne dla zachowania bezpieczeństwa lotu podczas nocy, ustaliła: latarnie lotniskowe, lotniskowe światła przeszkodowe, światła graniczne, reflektory lotniskowe, oświetlony wskaźnik wiatru oraz (lub) linie światła lądowania. Latarnia lotniskowa stanowi właściwie zakończenie danego szlaku lotniczego i zasadniczo nie różni się w budowie od latarni szlakowych. Winna ona tylko mieć albo specjalny system błysków albo też być identyfikowana za pomocą bądź latarni pomocniczej lub też światła rozpoznawczych, żeby lotnik wiedział, że ma tu do czynienia z kresem swej podróży. Na lotnisku warszawskim (Okęcie), gdzie ostatnio (w marcu r. b.) została zmontowana latarnia lotniskowa dwubłyskowa o sile $2 \times 7\,000\,000$ św. m. i mocy 2×4 kW, rolę światła rozpoznawczych grają rury neonowe, umieszczone na zarysach wieży. Światła przeszkodowe stanowią dla każdego lotniska łącznie ze światłami granicznymi najbardziej ważną część składową oświetlenia lotniska. W Zürichu została ostatecznie uporządkowana sprawa barwy tych światła w ten sposób, że dla światła granicznych przyjęty jest kolor pomarańczowy (fala świetlna o długości pomiędzy 594 — 598 m μ).

Dla świateł przeszkodowych wprowadzono bardzo ważny punkt, dotyczący zdwajania świateł, umieszczonych na szczycie przeszkody. Należy używać tam świateł, składających się conajmniej z dwóch lamp, palących się jednocześnie, lub też urządzenia automatycznego, zapalającego lampę rezerwową w razie zgaśnięcia lampy pierwotnej.

Ustalono ściśle, jakie przeszkody winny podlegać znakowaniu w zależności od wysokości i odległości od pola wzlotów.

Jako najbliższe prace dla poszczególnych Komitetów Oświetleniowych wyznaczono określenie minimum siły świetlnej dla świateł przeszkodowych. Dla chwili obecnej przyjęto prowizorycznie wartość 5 świec (światła czerwone), przy czym całkowity strumień świetlny nie powinien w żadnym wypadku być mniejszy od 60 lumenów (światła czerwone).

W związku ze światłami granicznymi poruszona też była kwestja świateł podejściowych, przeznaczonych do wskazywania najlepszych podejść do lotniska (w zależności od kierunku wiatru).

Światła podejściowe winny być koloru zielonego (długość panującej fali 490 — 530 m μ), poza tym zaś winny być tego samego rodzaju i wielkości, co i światła graniczne, na miejsce których zostały one ustawione. Odstęp świateł granicznych został ustalony jako możliwie zbliżony do 100 m.

Bardzo ważną kwestją jest dążenie do znormalizowania sposobu rozstawienia świateł lądowania. Dotychczas istnieje bardzo wiele zupełnie dowolnych systemów, przyjętych przez poszczególne państwa, jak: angielski, stosowany również w Polsce, niemiecki oraz francuski, który w swoim czasie wprowadzony był do postanowień CINA'y²⁾. System angielski i niemiecki polegał na łańcuchowym rozstawieniu świateł kolorowych, system francuski — na ustawianiu trójkąta świateł białych.

Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa zaproponowała jako normalne oświetlenie system pośredni pomiędzy angielskim i niemieckim.

części skrajnych: jedna składa się z dwu lub więcej świateł zielonych, druga zaś — z dwu lub więcej świateł czerwonych. Dwa światła białe ustawione są z boku ostatniego światła białego przed światłami czerwonymi. Wszystkie światła są w ten sposób ustawione, że lądowanie odbywa się w kierunku od świateł zielonych do czerwonych.

Odległość pomiędzy poszczególnymi światłami winna wynosić 50 m.

Za wskaźnik wiatru przyjęto wskaźnik w formie litery T o ramieniu i podstawie nie mniejszej od 5 m.

Kwestja reflektorów lądowania była ujęta przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową przez określenie terenu lądowania oświetlonego reflektorem, jako tej części pola wzlotów, na którym jasność, mierzona w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku strumienia świetlnego reflektora, nie jest mniejsza w żadnym punkcie od 1,5 luxa.

Teren do lądowania, oświetlony przez reflektor, winien posiadać taką formę i być takich wymiarów, by we wszystkich kierunkach, przyjętych dla lądowania nocnego, można było na tym terenie wpisać prostokąt 300 \times 100 m, w którym strona dłuższa leżałaby równoległe do kierunku lądowania.

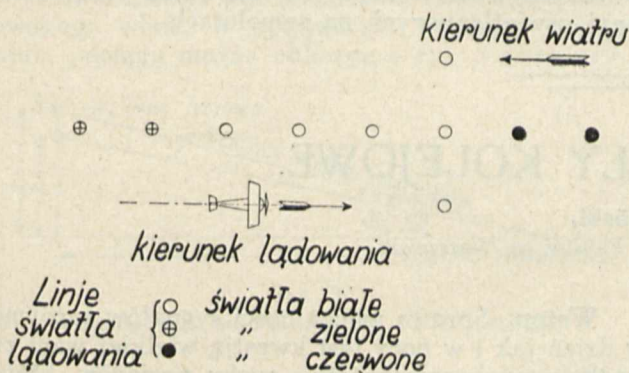
Linja, ograniczająca strumień świetlny reflektora, zasadniczo nie może podnosić się nad płaszczyzną poziomą, przechodzącą przez górne obrzeże samego reflektora. W każdym bądź razie światła lądowania winny być uregulowane lub urządzone w ten sposób, by pilot lądujący był dostatecznie zabezpieczony od oślnienia.

Należy zaznaczyć, że reflektory nawet w czasie lekkiej mgły tracą całkowicie swoje znaczenie, jeżeli więc lotnik nie widzi linii świateł lądowania (obecnie w Polsce używane są w tym celu lampy akumulatorowe), pozostaje mu do lądowania jeden z licznych systemów radiowych, z których obecnie największe praktyczne zastosowanie ma tak zwany system F a r m a n'a.

Sprawa ostatniego działu oświetlenia lotniczego, a mianowicie oświetlenie samolotu, poruszana w licznych referatach w Berlinie w r. 1930 i w Cambridge w r. 1931, na zjeździe Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej w Zürichu rozpatrywana nie była, obecnie jednak sprawa ta jest nadzwyczaj aktualna ze względu na propozycję CINA co do zmiany układu t. zw. świateł pozycyjnych na samolocie.

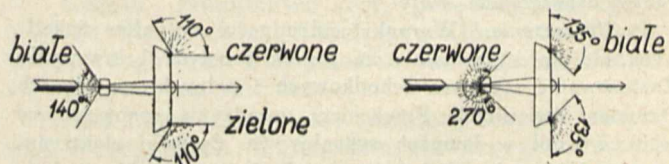
Propozycja CINA'y polega na przyjęciu wniosku francuskiego pilota M. J o u y'a, zgłoszonego na I kongresie bezpieczeństwa lotniczego w 1930 r.

Wniosek ten (rys. 6 i 7) polega na zamianie dotychczasowych świateł: czerwonego z lewej strony samolotu, zielonego z prawej strony samolotu oraz białego z tyłu — na dwa białe światła z przodu oraz jedno czerwone z tyłu. W ten sposób lot-



Rys. 5. Schemat linii świateł lądowania.

Polega on (rys. 5) na ustawieniu systemu świateł, tworzących linię świetlną, leżącą równoległe do kierunku wiatru i składającą się z części środkowej, utworzonej z 6 białych świateł, oraz dwóch



Rys. 6. Schemat świateł pozyc. na samolocie.

²⁾ Commission International de Navigation Aérienne-Oficjalna Instytucja międzynarodowa, do której należy Polska.

nictwo zamiast dotychczas stosowanej sygnalizacji, przejętej z techniki morskiej, przyjęłoby sygnalizację z dziedziny techniki komunikacji lądowej (samochody).

Zalety nowego systemu polegają na zwiększeniu zasięgu światła, przy pozostawieniu dotychczasowej mocy żarówek (16 świecowych) i usunięciu zielonych filtrów, które zwłaszcza przy niepoгодzie praktycznie robią światła pozycyjne całkowicie niewidocznymi i mogą być przyczyną poważnych wypadków lotniczych dla samolotów, ukazujących się wzajemnie po prawej stronie.

Wadę nowego systemu (referat Przew. Kom. Techn. CINA p. M. E. Th. de V e e r'a) stanowi natomiast to, że białe światła samolotu, widziane z przodu, mogą być w czasie nocy gwiaździstej bardzo łatwo splątane z gwiazdami.

Liczne próby, dokonywane z nowym systemem światła pozycyjnych we Francji w sąsiedztwie lotniska Villacoubeley oraz w Holandji, wykazały, że obawy powyższe nie są uzasadnione. Obecnie należy oczekiwać wyników prób przeprowadzonych w innych krajach, między innymi i w Polsce, któreby rozstrzygnęły ostatecznie tę tak ważną kwestję.

Pozatem w dalszym ciągu pozostaje otwarta sprawa reflektorów terenowych na samolotach. W tym kierunku zaznacza się znaczny postęp zarówno w stosunku do wyrobu samych reflektorów, (wielkość, jakość systemów optycznych oraz sposób manewrowania reflektorem), jak i żarówek.

Na zakończenie należy omówić jeszcze sprawę źródła energii i rozprowadzenia tej energii w technice oświetlenia lotniczego. Jeżeli chodzi o urządzenia lotniskowe, to kwestja przechyla się całkowicie do włączania tych urządzeń w sieć istniejących elektrowni okręgowych z tem tylko, iż na samych lotniskach winny istnieć niewielkie elektrownie, przeznaczone do obsługi oświetlenia lotów poza całokształtem elektryfikacji lotniska. Elektrownie te stanowią rezerwę w razie uszkodzenia sieci elektrowni centralnej. Wyjątek stanowią tu reflektory lotniskowe, które najczęściej posiadają włas-

ne zespoły ruchome, oraz światła lądowania (linje świetlne do lądowania), które, jak to już było zaznaczone wyżej, mają zwykle jako źródło energii akumulatory. W niektórych razach dla tych światła używane są zwyczajne lampy naftowe, t. zw. lampy stajenne. Światła graniczne na niektórych lotniskach bywają zasilane gazem ze specjalnych zbiorniczków, umieszczanych przy każdym ze światła.

Jeżeli chodzi o elektryfikację szlaków, to przy słabem uprzemysłowieniu naszego kraju sprawa doprowadzenia energii z istniejących centrów już przy parukilometrycznych odległościach będzie mniej korzystną w stosunku do ustawiania bezpośrednio przy samych lotniskach niewielkich zespołów spalinowo-elektrycznych (1¹/₂ do 2 kW). Oczywiście, sprawa zastosowania specjalnych zespołów utrudnia w znacznym stopniu automatyzację lotarń, polegającą na zastosowaniu do tych lotarń specjalnych zegarowych lub światłoczułych automatów do zapalania. Należy jednak zaznaczyć, że automatyzacja, szeroko stosowana na zachodzie Europy i w St. Zjedn. Am. Półn. w naszym kraju z różnych względów narazie nie jest jeszcze bardzo aktualną.

Sprawa stosowania gazu do lotarń szlakowych głównych obecnie jest całkowicie zarzucona ze względu na konieczność stosowania w urządzeniach gazowych znacznie silniejszych i temsamem znacznie kosztowniejszych systemów optycznych. Gaz na szlakach może mieć zastosowanie tylko dla lotarń średnich o mniejszym zasięgu.

Należy mieć nadzieję, że o ile przy zakupie lotarni lotniskowych i głównych lotarni szlakowych z konieczności będą wchodziły u nas w rachubę firmy zagraniczne, o tyle w dziedzinie pozostałego sprzętu oświetleniowo-lotniczego oraz zespołów specjalnych otworzy się wyłącznie pole pracy dla przemysłu rodzimego, który już sprawą oświetlenia lotniczego bardzo się zainteresował, stwarzając np. nowe typy armatur dla światła granicznych, przeszkodowych, światła do lądowania oraz instalacji oświetleniowych na samolotach.

ŚWIETLNE SYGNAŁY KOLEJOWE.

Józef Zieliński,

Inżynier Dyrekcji Okr. Kolei Państw. w Warszawie.

Obsah. Podminky viditelnosti světelných signálů poblíž a normálně na tratích přímých a křivkách. Použití čoček stupňových a plných, rozloha jejich světelných toků (paprsků). Pomocná zařízení rozptylující na stranu a dolů v signálních lampách. Elektrické žárovky o malé svítící ploše. Druhy světelných signálů pracujících barevnými světly neb příměřeným uspořádáním světla.

Streszczenie. Warunki widzialności sygnałów świetlnych zbliska i normalnie na torach prostych i krzywych. Zastosowanie soczewek schodkowych i pełnych, rozsyły ich strumieni świetlnych. Pomocnicze urządzenia rozpraszające w bok i wdół w lampach sygnałowych. Żarówki elektryczne o małej powierzchni świecącej. Rodzaje sygnałów świetlnych, dających sygnały odpowiednimi kolorowemi światłami lub też odpowiednim układem światła.

Wstęp. Sprawa widzialności sygnałów zarówno w dzień jak i w nocy jest kwestją wielkiej wagi ze względu na bezpieczeństwo ruchu pociągów, które w dużej mierze zależy od tego, czy sygnał jest dostatecznie dobrze widziany przez maszynistę prowadzącego pociąg. Sygnały semaforowe są dobrze widoczne na terenach otwartych. Wprowadzenie trakcji elektrycznej zmusiło koleje do szukania nowych rozwiązań w dziedzinie sygnałów torowych, gdyż sieć napowietrzna (trakcyjna) bardzo zaciemnia pole widzenia, a tem samem pogarsza widzialność sygnału lub jego położenia, szczególnie na łukach. Wielka ilość linii poziomych i krzywych w sieci napowietrznej powoduje złudzenia optyczne, tak że trudno niekiedy ustalić położenie ramienia

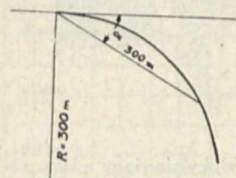
semaforu, zwłaszcza w dzień pochmurny lub o zmierzchu.

Koleje amerykańskie pierwsze wprowadziły sygnały świetlne, działające i w dzień i w nocy, uniezależnione od tła i otoczenia.

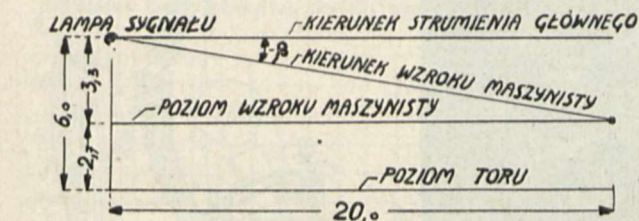
Warunki pracy sygnałów. Sygnały muszą spełniać szereg warunków widzialności. Sygnał główny musi być widoczny z odległości 700 m¹⁾, zaś sygnał ostrzegający — z odległości 300 m przy otwartej przestrzeni.

Na łukach sygnały muszą być widoczne w linii prostej z odległości 300 m (rys. 1), przy czym w czasie jazdy pociągu stale na tym odcinku muszą być widzialne. Z powyższego wynika, że strumień świetlny sygnału musi pokrywać pewien kąt, odpowiadający kątowi $\alpha = 30^\circ$.

Pozatem wymaga się, aby w razie zatrzymania pociągu przed sygnałem w odległości ok. 20 m maszynista mógł spozrzeć zmianę sygnału. Kąt skierowanego wdół strumienia świetlnego β można obliczyć z rys. 2 przy założeniu średniej wysokości



Rys. 1. Warunki widzialności sygnału na łukach.

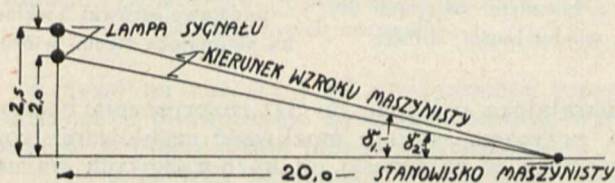


Rys. 2.

Warunki widzialności sygnału wdół z bliska.

poziomu oczu maszynisty od podłogi lokomotywy 1,5 m, zatem od poziomu toru ok. 2,7 m i wysokości masztu sygnału ok. 6,0 m; stąd $\beta = 10^\circ$.

Równocześnie kąt strumienia świetlnego, skierowanego w bok, w powyższym wypadku zatrzymania pociągu można obliczyć z rys. 3 przy założeniu



Rys. 3.

Warunki widzialności sygnału w bok i z bliska.

zeniu odległości oczu maszynisty od środka toru ok. 2,0 m ÷ 2,5 m i odległości masztu semaforu również od środka toru ok. 2,8 ÷ 3,25 m. Dla sygnału dwulampowego z lampami, umieszczonymi obok siebie w jednym poziomie, kąty rozproszenia bocznego winny być od $\gamma_2 = 6^\circ$ do $\gamma_1 = 8^\circ$.

Ze średnich tych obliczeń wynika, że kąt rozproszenia strumienia w bok powinien wynosić około 8° i wdół 10° , aby maszynista ze swej kabiny z odległości ok. 20 m od sygnału widział dostatecznie dobrze jego światła.

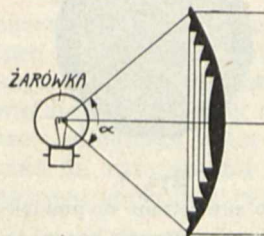
1) Zależnie od szybkości maksymalnych.

Soczewki. W celu spełnienia tych warunków stosuje się odpowiednie szkła (soczewki) sygnałowe. Istnieją dwa rodzaje soczewek:

- 1) soczewki schodkowe: a) pojedyncze, b) podwójne, 2) soczewki pełne.

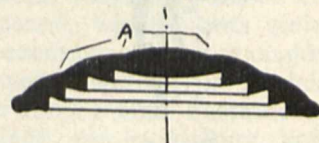
Soczewki schodkowe są wyrabiane ze szkła prasowanego.

W celu utrzymania odpowiedniej wiązki światła, zbliżonej do walca, stosuje się schodki (rys. 4),



Rys. 4.

Przekrój soczewki schodkowej w kierunku pionowym.



Rys. 5.

Przekrój soczewki schodkowej w kierunku poziomym. A — Wgłębienia rozpraszające w bok.

natomiast dla otrzymania rozproszenia bocznego, potrzebnego dla dobrej ich widzialności przy torach krzywych, stosuje się odpowiednie wgłębienia, rozpraszające po stronie zewnętrznej soczewki. Rys. 5 przedstawia przekrój pojedynczej soczewki schodkowej z wgłębieniami A dla uzyskania rozproszenia bocznego.

Dalszym udoskonaleniem sygnałów świetlnych było zastosowanie schodkowych soczewek podwójnych (rys. 6).

Soczewki te składają się zasadniczo z jednej soczewki zewnętrznej (przezroczystej) i jednej wewnętrznej (kolorowej). Soczewka wewnętrzna ma bardzo małą odległość ogniskową, wobec czego nie skupia swego stożka świetlnego całkowicie w walec. Ostateczne pożądane skupienie promieni uzyskuje się dopiero za pomocą soczewki zewnętrznej, i w ten sposób ma się tę korzyść, że soczewka wewnętrzna pobiera światło z dużego kąta przestrzennego α (rys. 6).

Poszczególne schodki soczewki wewnętrznej są tak dopasowane, że współpracują z odpowiednimi schodkami soczewki zewnętrznej. Soczewka zewnętrzna może być zastosowana do rozmaitych kombinacji snopów światła i w ten sposób umożliwia zastosowanie w każdym poszczególnym przypadku najdogodniejszego typu soczewki.

Soczewka wewnętrzna zawsze posiada jednokowe wymiary²⁾; jest ona jednocześnie filtrem odpowiedniego koloru.

Podział układu soczewek na dwie niezależne soczewki daje możliwość tworzenia różnych kombinacji w zależności od warunków lokalnych, przez co zmniejsza się ilość ich typów.

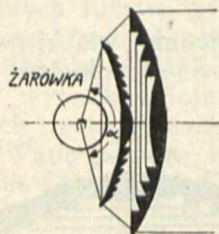
Często niemożliwe jest przewidzenie zgóry miejsca dla poszczególnych sygnałów świetlnych, wobec czego musi być umożliwiona zamiana soczewek dopiero na miejscu.

Aby uniknąć potrzeby wymiany samych soczewek w sygnałach, umieszczonych nieprzewidzianie na łukach, można stosować dodatkowe szkła ze-

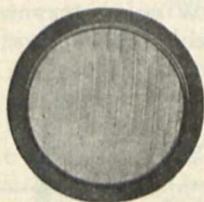
2) Przy wyrobie jednej firmy.

wewnętrzne (rys. 7), pozwalające osiągnąć do 20° rozproszenia bocznego.

Oprócz warunków poprzednich, aby sygnał miał strumień świetlny główny (rys. 8) w kierunku poziomym i prostopadłym do powierzchni soczewki, trzeba również, aby miał i strumień pomocniczy.



Rys. 6.
Przekrój układu dwóch soczewek schodkowych.



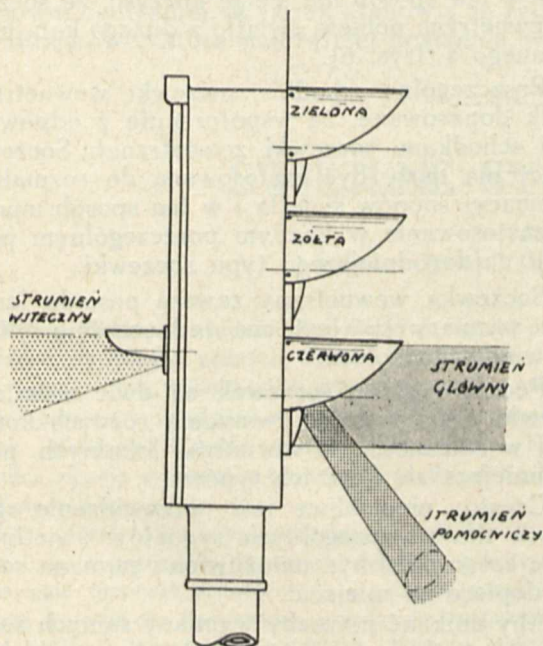
Rys. 7.
Szkło zewnętrzne do powiększenia rozproszenia bocznego.

Niektóre koleje dla bezpieczeństwa personelu na torze stosują wsteczne oświetlenie sygnału „stój” (rys. 8).

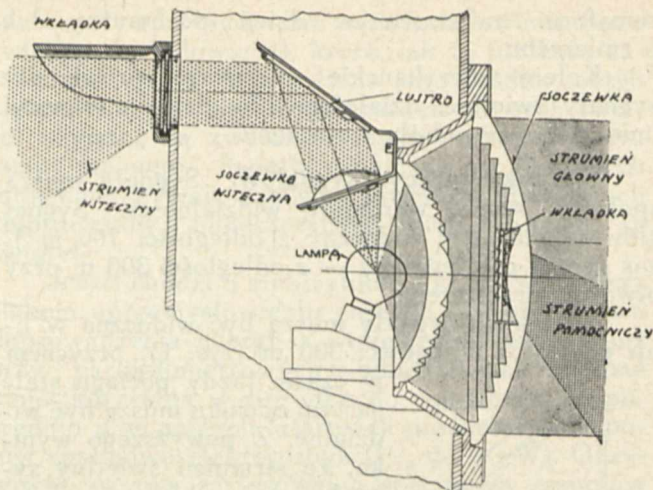
W celu uzyskania wąskiego strumienia światła w dół, stosuje się specjalne wkładki (rys. 9), zaś dla światła wstecznego stosuje się układ soczewki, lustro i wkładki schodkowej. Bardzo wygodne jest stosowanie małych świateł bocznych od razu przy każdej lampie, jak to widać przy sygnale rys. 10.

Oprócz wkładek dla uzyskania widzialności zbliska, stosuje się wkładki środkowe przy sygnałach głównych w celu skoncentrowania głównego strumienia świetlnego w wąską smugę dla osiągnięcia większego zasięgu widzialności. Rys. 11 przedstawia schematyczny przekrój układu soczewek sygnału głównego z wkładką (5) dla skoncentrowania strumienia głównego.

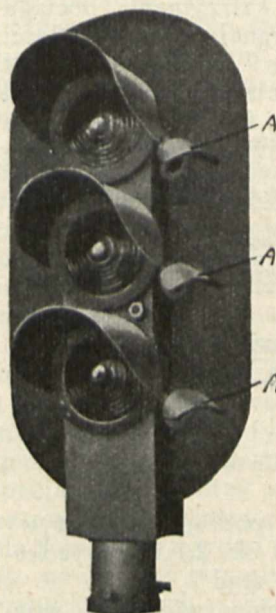
Ustawiając sygnał na łuku, można zastosować zamiast dodatkowej soczewki wkładkę (rys. 12),



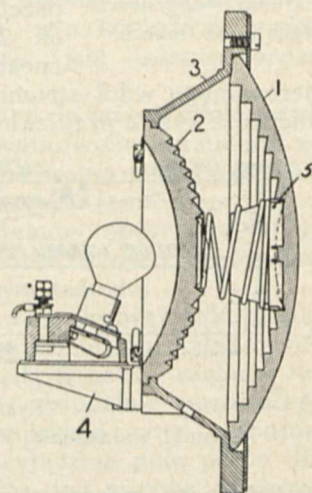
Rys. 8
Schematyczny rysunek sygnału wielolampowego i rozsył strumieni.



Rys. 9.
Przekrój lampy sygnału rys. 8 z uwidocznieniem poszczególnych strumieni świetlnych.



Rys. 10.
Widok sygnału wielolampowego z bocznymi światłami dla widzialności zbliska.



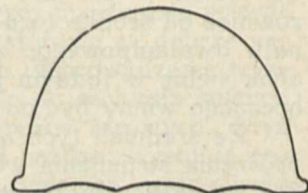
Rys. 11.
Przekrój układu soczewek sygnału z wkładką dla skoncentrowania strumienia głównego. 1, 2—soczewka 3—oprawa 4—podstawa żarówki 5 wkładka skupiająca strumień wtórny.

pozwalającą osiągnąć do 37° rozproszenia bocznego, przy czym istnieje możliwość regulowania rozproszenia w zależności od każdorazowych warunków pracy danego sygnału.

Soczewki pełne (rys. 13) od strony zewnętrznej są podobne do zwykłych soczewek użytku technicznego, natomiast od strony wewnętrznej są one specjalnie szlifowane w celu uzyskania pożądanego rozproszenia bocznego.



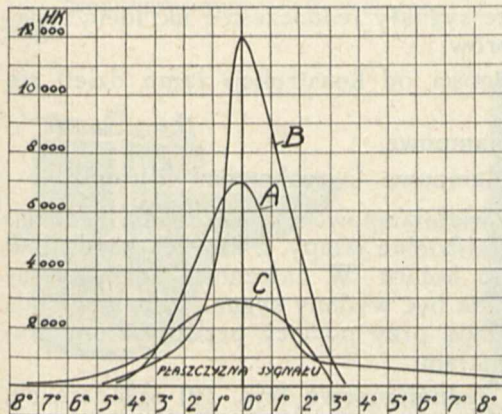
Rys. 12.
Widok wkładki do uzyskania rozproszenia bocznego.



Rys. 13.
Przekrój soczewki pełnej.

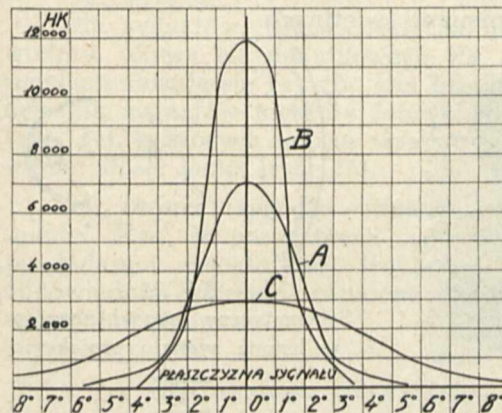
Soczewki tego typu są wyrabiane dla odpowiednich stopni rozproszenia bocznego, np. 4°, 8°, 16°.

Pomiary światłości, jak też i rozsyłów światła sygnałów, wykonywa się praktycznie przez fotografowanie sygnału z różnych miejsc i na tej podstawie wyprowadza się rzeczywisty rozsył strumieni świetlnych, jak też i ich natężenia.



Rys. 14.

Rozkład natężeń światła w płaszczyźnie pionowej przy układzie dwóch soczewek.



Rys. 15.

Rozkład natężeń światła w płaszczyźnie poziomej przy układzie dwóch soczewek.

Krzywe na rys. 14 i 15 uwidaczniają rozsył światła przy podwójnym systemie soczewkowym Corninga w płaszczyźnie pionowej i poziomej:

- A — soczewka skupiająca z sektorem, promieniującym w dół,
- B — soczewka skupiająca,
- C — soczewka rozpraszająca.

Krzywe rys. 16 i 17 podają rozsył światła przy soczewkach pełnych firmy S. H. w płaszczyźnie pionowej i poziomej, dających rozproszenia boczne A — 4°, B — 8°, C — 16°.

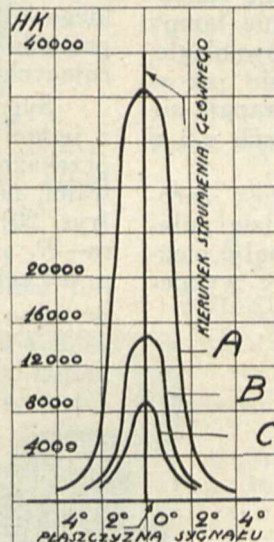
Natężenie światła sygnałów kolejowych. Bardzo trudno określić ściśle, jakiej mocy należy zastosować żarówkę, aby spełnić warunki widzialności sygnału, podane na początku artykułu, gdyż wchodzi tu w grę zmienne warunki atmosferyczne oraz niejednokrotnie jasności tła.

Poszczególne fabryki dobierały odpowiednio żarówki i to tylko drogą doświadczalną dla różnych krajów, przyczem podawały żarówki, gwarantujące dobrą widzialność sygnału w warunkach najgor-

szych (wyjątek stanowi Anglja, gdzie ze względu na bardzo gęste (silne) i częste mgły zastosowane zostały dodatkowe sygnały dla mgły).

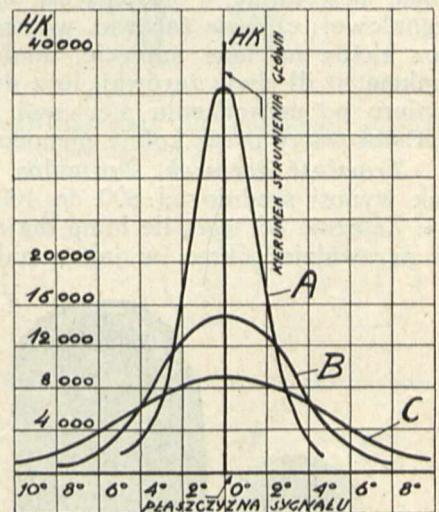
Kolory i z niemi omówione znaczenia lamp sygnałowych są niemyślnie różną widzialnością poszczególnych kolorów, przyczem promienie świetlne o większej długości fali, a więc: czerwone, żółte, ulegają pochłanianiu przez mgłę, powietrze i t. p. w stopniu znacznie mniejszym.

Kolor zielony jest najmniej widzialny, zaś czerwony — najlepiej; zatem rozpoznawalność koloru czerwonego jest znacznie większa, niż zielonego. Z uwagi na bezpieczeństwo ruchu pociągów ważniejsze jest, aby maszynista widział już z większej odległości kolor czerwony i miał dostateczny czas na zatrzymanie pociągu, niż — zielony, koło którego spokojnie przejeżdża.



Rys. 16.

Rozkład natężeń światła w płaszczyźnie pionowej przy soczewce pełnej firmy S. H.



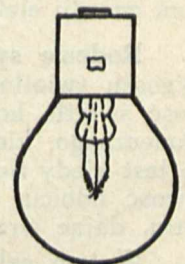
Rys. 17.

Rozkład natężeń światła w płaszczyźnie poziomej przy soczewce pełnej firmy S. H.

Żarówki. Działanie sygnałów poza układem szkiele jest zależne w wielkiej mierze od źródła światła. Najbardziej odpowiadają żarówki z drutem żarzącym o jak najmniejszej powierzchni, co osiąga się przez stosowanie żarówek gazowanych niskiego napięcia, gdyż wówczas skutkiem mniejszego rozproszenia uzyskuje się większy zasięg. Przy sygnałach kolei lokalnych, gdzie nie chodzi o tak duży zasięg widzialności sygnałów, można stosować zawsze żarówki typu handlowego.

Powszechnie przyjęły się do lamp sygnałowych żarówki z drutem żarzącym w kształcie litery A (rys. 18).

Jako napięcie żarzenia stosuje się 12 V, przyczem niektóre koleje obniżają napięcie w nocy, gdy warunki widzialności są znacznie lepsze, w celu: 1) uniknięcia olśnienia sygnałami, ustawionymi w szereg, oraz 2) aby podnieść trwałość samych żarówek.



Rys. 18.

Żarówka z drucikiem skupionym (o małej powierzchni).

Kwestja wymiany przepalonych lub uszkodzonych żarówek, a co zatem idzie i zabezpieczenie od zgaśnięcia sygnału zostało rozmaicie rozwiązane, a mianowicie: a) przez samoczynne zastąpienie uszkodzonej żarówki na nową (droga konstrukcja), przytem po przepaleniu się pierwszej obsługa może jej nie wymienić, zatem gdy druga się spali, to sygnał zgaśnie; b) podwójne uzwojenie dwunitkowe, przyczem jedna nitka na napięcie nominalne 12 V, a druga na wyższe — 16 V. W razie uszkodzenia nitki na 12 V sygnał zostaje słabiej oświetlony, wobec czego maszynista, widząc taki sygnał, melduje swe spostrzeżenie na najbliższej stacji i żarówka może być szybko zastąpiona nową. System ten przyjął się we Francji i Anglii. W Niemczech próbowano stosować dwie nitki równoległe, lecz były wypadki, że jedna przepalając się uszkodziła sąsiednią, a nawet i przy pracy drugiej taka uszkodzona żarówka mogła być w porę nie zamieniona, powodując w następstwie zgaszenie lampy sygnałowej; c) dwie żarówki, włączone równoległe, lecz każda na inne napięcie, analogicznie jak w punkcie b; d) dwie żarówki, lecz druga zapala się dopiero po uszkodzeniu pierwszej. Sposób c i d jest stosowany przez koleje niemieckie.

Trwałość żarówek. Normalna trwałość żarówek wynosi średnio od 800 do 1000 godzin palenia. Zależnie od tego, ile lamp mają sygnały, można przewidzieć okres, w jakim należy je wymie-

widm, które mogą być wywołane przez promienie słońca, zastosowano daszki ocinające soczewkę. W zależności od tego, w jaki sposób otrzymuje się umówiony sygnał, można podzielić je na

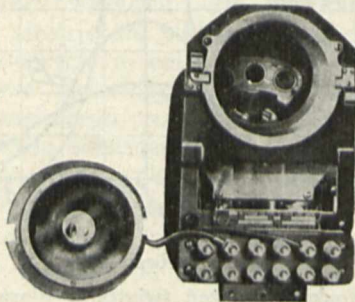
- a) dające sygnały odpowiednimi kolorowymi światłami,
- b) dające sygnały odpowiednim układem świateł,
- c) dające sygnały jednocześnie układem świateł i ich kolorów.

W zależności od konstrukcji lamp dzieli się sygnały na

- a) wielolampowe,
- b) jednolampowe (z ruchomymi filtrami).

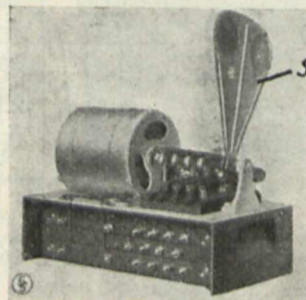
Sygnały wielolampowe dla pokazania każdego koloru mają oddzielne lampy, z których każda jest odpowiedniego koloru. W zależności od tego, jakiego koloru ma być wydany sygnał, zapala się odpowiednią lampę przy pomocy przekaźników, sterujących sygnałami.

Sygnały jednolampowe (rys. 19) składają się z jednej lampy, wewnątrz której znajduje się przekaźnik, uruchamiający sektor (S) z tyłoma filtrami, na ile kolorów dana lampa ma pracować (rys. 20). Rys. 21 uwidacznia ustawienie reflektora—R, soczewki—S i filtru—F i żarówki—L oraz przebiegi strumieni świetlnych.



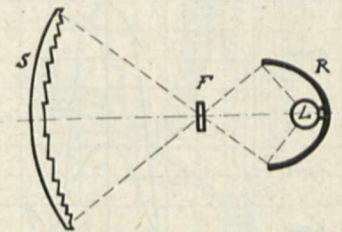
Rys. 19.

Widok sygnatu jednolampowego (projekcyjnego) z tyłu po odjęciu żarówki z reflektorem. We wnętrzu widać sektor z filtrami kolorowymi.



Rys. 20.

Widok przekaźnika typu motorowego z sektorem i filtrami kolorowymi.



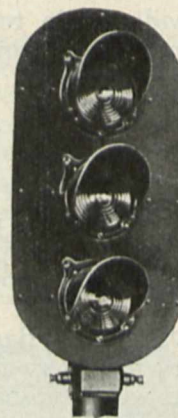
Rys. 21.

Schematyczny rozsył promieni w lampie sygnatu projekcyjnego.

niać. W celu zwiększenia trwałości żarówek koleje szwedzkie³⁾ stosują sygnały, palące się tylko w czasie potrzebnym dla nadchodzącego pociągu. Przy tym sposobie zmniejszono wydatnie ilość godzin palenia się żarówek. W ten sposób osiągnięto oszczędność na zakupie nowych żarówek, jak też i na energii elektrycznej.

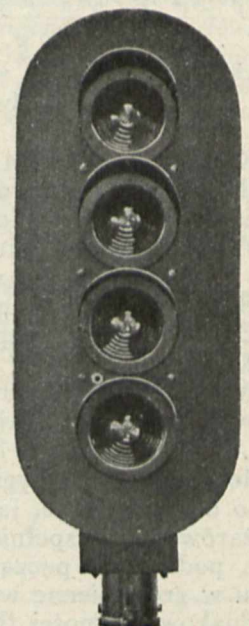
Rodzaje sygnałów świetlnych. Konstrukcja sygnatu świetlnego musi zapewnić dobrą widzialność światła kolorowego nawet w południe dnia słonecznego, kiedy słońce znajduje się w zenicie, to jest kiedy tło jest najjaśniejsze i zachodzi możliwość odbicia światła słonecznego w szkłe sygnatu, dając wrażenie świecącego się sygnatu.

W tym celu umieszcza się lampy sygnałowe na odpowiednim tle, w zależności od tego, gdzie dany sygnał ma pracować. Dla uniknięcia zjawisk



Rys. 22.

Widok sygnatu trzylampowego.



Rys. 23.

Widok sygnatu czterolampowego

Sygnały wielolampowe A), dające sygnały odpowiednimi kolorami światła. Ilość lamp sygna-

³⁾ Patrz: Automatycka blokada linjowa — inż. J. Zieliński, Przegląd Teletechniczny, Nr. 5, r. 1933.

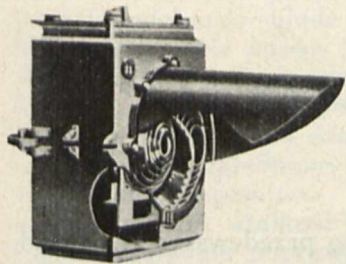
łowych jest bardzo rozmaita w zależności od praktyki poszczególnych towarzystw kolejowych:

dwulampowe — czerwona i zielona lub żółta czy też biała,

trzylampowe⁴⁾ — czerwona, żółta, zielona (rys. 22),

czterolampowe — czerwona, żółta, zielona, żółta (rys. 23),

pięciolampowe — 2 czerwone, 2 żółte, 1 zielona.



Rys. 24.

Widok uniwersalnej lampy sygnałowej.



Rys. 25.

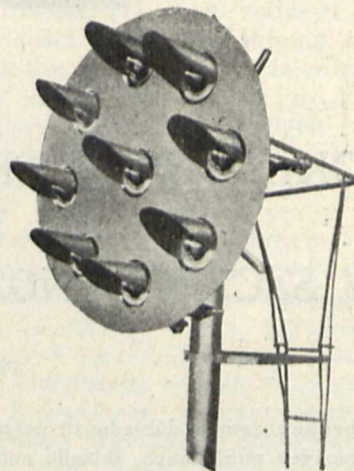
Widok sygnału trzylampowego złożonego z lamp uniwersalnych.

Dla sygnałów, ustawionych na otwartym powietrzu, używa się dodatkowego tła, natomiast w tunelach stosuje się bez tła. Dla ułatwienia kombinowania sygnałów niektóre fabryki budują lampy (rys. 24), z których można składać sygnały o dowolnej ilości lamp (rys. 25).

B) Dające sygnały odpowiednim układem światel. Rys. 26 przedstawia sygnał świetlny, odpowiadający semaforowi trzypołożeniowemu. W odpowiednim kierunku zapalone światła mają poszczególne znaczenia.

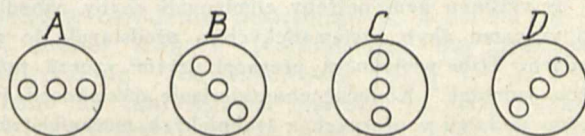
⁴⁾ Ten rodzaj sygnałów został przyjęty przez P. K. P. dla urządzeń automatycznej blokady linjowej.

Rys. 27 objaśnia poszczególne znaczenie sygnału. Oprócz wyżej wymienionych typów istnieje jeszcze cały szereg najrozmaitszych sygnałów i wskaźników torowych, których nie opisuję ze względu na zbyt ciasne ramy niniejszego artykułu.



Rys. 26.

Widok sygnału wielolampowego dla podawania sygnałów układem światel.



Rys. 27.

Znaczenie układu światel dla sygnału, uwidocznionego na rys. 26:

- A. „Stój”; B. „Ostrzeżenie”; C. „Droga wolna”.
D. „Uwaga”; „Szybkość średnia”.

LITERATURA.

(perjodyczne pisma firmowe).

Siemens Zeitschrift. The L. M. Ericsson Review.
Thomson-Houston, The Westinghouse Brake & Saxby signal.

Sekcja IV.

MIERNICTWO.

DOKŁADNOŚĆ PRZY POMIARACH FIZYCZNYCH I TECHNICZNYCH W SZCZEGÓLNOŚCI ELEKTROTECHNICZNYCH.¹⁾

Dr. inż. W. Krukowski,
Profesor Politechniki Lwowskiej.

Obsah. Chybné rozumění důkladnosti měření, setkávání v mnohých vedeckých publikacích, sklánílo autora ke zkoušce vysvětlení této otázky. Autor představuje účelnost rozdílu mezi pojmem opravy a chýby, pak nezbytnost úplně zdefiniovaných znamének pro ně, a doplňuje vyvod řadou příkladů z různých oborů vědy a techniky. Pak ukazuje autor, že většinou není potřeby eliminovat chyby náhodilé oproti významu chyb systematických a představuje to na příkladech. Dále projednává přesnost určení vzorců podstatných jednotek. Konečně charakterisuje důkladnost, jež je možno dodržeti v přesných a technických měřeních různými přístroji a metodami, zvláště přístroji ručičkovými. Referát končí upozorněním na tendence k příliš důkladnému měření, kde podmínky toho nevyžadují neb nedovolují na jeho provedení, a poukazáním na praktické následky.

Streszczenie. Błędne pojmowanie dokładności pomiaru, spotykane w wielu publikacjach naukowych, skłoniło autora do podjęcia próby wyjaśnienia tej kwestji. Autor wykazuje celowość odróżniania pojęć poprawki i błędu oraz konieczność przypisania im zupełnie określonych znaków; wywód jest uzupełniony szeregiem przykładów, zaczerpniętych z różnych dziedzin nauki i techniki. Następnie wskazuje autor na brak w większości wypadków potrzeby eliminowania błędów przypadkowych, podnosząc znaczenie błędów systematycznych, i ilustruje to na przykładach. W dalszym ciągu przechodzi do omówienia dokładności ustalenia wzorców jednostek podstawowych. W końcu charakteryzuje dokładność, które można uzyskać w pomiarach precyzyjnych i technicznych różnymi przyrządami i metodami pomiarowymi, omawiając szerzej przyrządy wskazówkowe. Na zakończenie przestrzega przed sileniem się na zbyt dokładne pomiary tam, gdzie warunki nie wymagają tego lub nie pozwalają na ich wykonanie, oraz wskazuje na skutki, wynikające stąd w praktyce.

Najważniejszym podstawowym zagadnieniem przy wykonywaniu wszelkiego rodzaju pomiarów jak również przy obliczaniu i podawaniu ich rezultatów jest należyte uwzględnienie dokładności. Praktyka wykazuje jednak, że we wszystkich dziedzinach nauki i techniki popelnia się pod tym względem więcej błędów, niżby się tego należało

¹⁾ Treść niniejszego referatu pokrywa się częściowo z treścią odczytu, wygłoszonego przez autora na posiedzeniu Lwowskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Fizycznego w dniu 23 lutego 1933 roku.

spodziewać²⁾. Pochodzi to przede wszystkim stąd, że prawidłowe wykonanie pomiarów wogóle, a należyte ujęcie kwestji dokładności w szczególności wymagają nie tylko zaznajomienia się z teoretycznymi podstawami odnośnej gałęzi miernictwa, lecz przede wszystkim dużej praktyki pomiarowej i dostatecznie krytycznego zmysłu. Warunkiem tym, znaczenie których jest często niedoceniane, odpowiada jednak tylko stosunkowo mała część osób, wykonujących pomiary. Rezultatem tego jest ogłaszanie prac, które z punktu widzenia naukowego są zupełnie bezwartościowe. Ze względu na powyższe referat niniejszy nie ma i nie może obejmować całokształtu zagadnienia dokładności przy pomiarach, lecz ma na celu wyłącznie poruszenie niektórych kwestyj, które autorowi wydają się godnymi wyświetlenia ze względu na ich duże praktyczne znaczenie i na nienależyte traktowanie ich w literaturze.

Wielkością, charakteryzującą dokładność każdego pomiaru albo przyrządu pomiarowego lub metody pomiarowej, jest wielkość uchybienia czyli błędu³⁾: im mniejszy jest błąd, tem

²⁾ W wysokim stopniu daje się to zauważyć w naukowych publikacjach medycznych. Patrz w tej sprawie artykuł H. Wasilkowska-Krukowska i W. Krukowski „Über die Genauigkeit bei der Durchführung und Auswertung medizinischer Untersuchungen“, Klinische Wochenschrift 1932, p. 646 i 690.

³⁾ W niniejszej pracy słowa „uchybienie“ i „błąd“ są użyte jako synonimy. Należałoby się może jeszcze nad tem zastanowić, czy każdemu z tych słów nie nadać odrębnego znaczenia. Główny Urząd Miar definiuje uchybienie jako bezwzględną wartość błędu (Dekret o Miarach z dn. 8 lutego 1919 r. Dz. Ustaw Rp. 1928 poz. 661) i wszystkie dopuszczalne błędy przyrządów pomiarowych są podawane jako uchybienia, rozumiane w tym sensie. W niektórych dziedzinach techniki, w szczególności w technice liczników energii elektrycznej i w technice transformatorów mierniczych, jest naogół jednak celowe, a w wielu wypadkach nawet konieczne uwzględnienie nie tylko bezwzględnej wartości błędu t. z. uchybienia w sensie tej definicji, lecz i uwzględnienie znaku błędu, gdyż tylko wtedy można na przykład osądzić, czy dany przyrząd jest prawidłowo wyregulowany, lub wyregulować należyte inne przyrządy, należące do zespołu pomiarowego.

większa jest dokładność, i odwrotnie. W tem leży pewna niekonsekwencja, która jednak nie nastęrcza większych trudności, i dlatego niema powodu szukania innych metod dla wyrażania dokładności.

O ile wielkość błędu ma służyć tylko za miarę dokładności, to wystarcza podanie bezwzględnej wartości błędu t. zn. niepodawanie jego znaku. Podanie błędu ze znakiem, w związku z podaniem ostatecznego rezultatu jakiegoś pomiaru, wogóle nie jest możliwe, gdyż w najlepszym razie możliwe jest tylko podanie bezwzględnej wartości prawdopodobnego błędu. Gdyby błąd rezultatu był rzeczywiście znany, to mógłby być uwzględniony przy obliczeniu rezultatu. W wielu wypadkach błąd poszczególnych pomiarów jest jednak z mniejszą lub większą dokładnością znany i może być uwzględniony przy obliczeniu ostatecznego rezultatu pomiaru. Nato, żeby poprawkę taką wprowadzić, wielkość bezwzględna i znak uchybienia względnie poprawki powinny być zupełnie jednoznacznie ustalone.

Zdawałoby się, że przy obecnym już bardzo wysokim stanie techniki pomiarowej nie powinno być pod tym względem żadnych wątpliwości. Bliższe zbadanie tej sprawy wykazuje jednak, że nie jest ona dotychczas dostatecznie wyjaśniona. W literaturze naukowej i technicznej znajdujemy szereg niejasności i rozbieżności, które powodują nieporozumienia i nieprawidłowe uwzględnianie uchybień i poprawek. Z tego powodu autor uważa przede wszystkim za konieczne wyjaśnienie tej kwestji.

Jeśli oznaczymy prawidłową, poprawną, czyli właściwą wartość jakiegokolwiek wielkości przez P , a wartość tej samej wielkości, obarczoną jakimś błędem, przez M (wartość mierzona), to poprawką albo korekcją jest taka wielkość k , wyrażona w tych samych jednostkach (lub conajmniej jednostkach tego samego wymiaru), jak P i M , przez dodanie której do wielkości M otrzymujemy wielkość P , czyli:

$$P = M + k \dots \dots \dots (1a)$$

lub $k = P - M \dots \dots \dots (1b)$

Taka definicja „bezwzględnej” poprawki wydaje się jedynie prawidłową i jest ogólnie przyjętą. W poszczególnych przypadkach nastęrczają się tylko pewne wątpliwości co do tego, jaką wielkość należy uważać za wielkość poprawną P , a jaką za wielkość mierzoną M .

Zupełnie określona definicja błędu jest praktycznie może nieco mniej ważna, niż definicja poprawki, niemniej jednak jest nader pożądana. Definicja błędu, przynajmniej pod względem jego znaku, jest poniekąd dowolną, wydaje się jednak, że logicznem jest nadanie uchybieniu odwrotnego znaku, niż ma poprawka, czyli definicja bezwzględnego błędu, który oznaczymy przez δ , jest ta, że błąd się otrzymuje przez pomnożenie poprawki przez -1 , to znaczy, że

$$\delta = -k \dots \dots \dots (2a)$$

albo $\delta = M - P \dots \dots \dots (2b)$

Okazuje się jednak, że w miarodajnej literaturze z dziedziny pomiarów fizycznych, a nawet

metrologji⁴⁾, uchybienie często jest definiowane inaczej, niż to wynika z równań (2), t. z. w ten sposób, że wielkość uchybienia jest $P - M$, z czegooby wynikało, że uchybienie jest wielkością identyczną z poprawką w sensie wyżej przytoczonej definicji i równań (1). Tego rodzaju odmienną definicję wielkości błędu znajdujemy naprzykład w tak miarodajnych dziełach z dziedziny pomiarów fizycznych, jak B. Weinstein „Handbuch der physikalischen Maassbestimmungen” Berlin 1886 (vol. I. p. 15) i F. Kohlrausch „Lehrbuch der praktischen Physik”, 16 wyd. Berlin 1930 (p. 1). W zagadnieniach rozpatrywanych przez tych autorów znak uchybienia jest rzeczą obojętną, gdyż traktując dalej zagadnienie błędów średnich, prawdopodobnych, wyrównanie błędów według metody najmniejszych kwadratów i t. p., oczywiście dochodzą do tych samych rezultatów niezależnie od znaków, które mają uchybienia według przyjętej przez nich definicji. Jednakowoż w wypadkach, w których obok uchybienia występuje poprawka, tę odmienną definicję błędu należy uznać za nieprawidłową, co wynika zresztą z tego, że zasada, iż poprawka ma odwrotny znak niż uchybienie, jest zdaje się przez wszystkich poważnych autorów uznana za prawidłową. Wyraźnie mówi o tem np. tak miarodajny w dziedzinie metrologji K. Scheel w swojej znanej książce „Grundlagen der praktischen Metronomie” (Braunschweig 1911)⁵⁾. Z drugiej strony na tem samym miejscu (p. 26) podkreśla Scheel wyraźnie, że kwestja znaku uchybienia nastęrcza częstokroć trudności, pisząc co następuje: „Ta zmiana znaku uchybienia doprowadzała bardzo często do mylnych rozważań. Dlatego przyzwyczajono się do unikania pojęcia uchybienia, stosując zamiast niego pojęcie poprawki. Poprawka jest zawsze określona jako wielkość, którą trzeba dodać algebraicznie do wartości nominalnej, aby otrzymać wartość poprawną”⁶⁾. Pogląd ten wyraża Scheel w związku z kwestją znaków uchybienia i poprawki w przypadku wzorców długości. Przytoczone niżej przykłady wykazują jednak, że trudności, na jakie napotykażą metrologdzy, wynikają jedynie tylko z tego, że w poszczególnych przypadkach nie zostaje dostatecznie jasno i jednoznacznie ustalone, jaka wielkość została przyjęta za wielkość poprawną P , a jaka za wielkość mierzoną M .

Bezwzględne uchybienie δ , o którym była dotychczas mowa, charakteryzuje dokładność właściwie tylko wtedy, gdy jednocześnie jest znana wartość wielkości, do której uchybienie się odnosi. Właściwą wielkością, charakteryzującą dokład-

⁴⁾ Zadaniem metrologji są przede wszystkim dokładne porównania wzorców długości i masy.

⁵⁾ Odnośne zdanie brzmi w oryginale (p. 27), jak następuje: „Korrektion und Fehler unterscheiden sich also um den Faktor -1 ”.

⁶⁾ Oryginalny tekst brzmi: „Dieser Vorzeichenwechsel des Fehlers hat sehr oft zu falschen Überlegungen geführt. Man hat sich deshalb daran gewöhnt, den Begriff des Fehlers ganz zu beseitigen, indem man statt dessen den Begriff der Korrektion gebraucht. Korrektion wird ganz allgemein als der Wert definiert, welchen man algebraisch zu dem Nominalwert addieren muss, um den wahren Wert zu erhalten”.

ność, jest uchybienie względne, t. zn. wielkość uchybienia δ przypadająca na jednostkę wielkości mierzonej. Jeżeli oznaczymy uchybienie względne przez Δ , to ma ono wartość:

$$\Delta = \frac{\delta}{P} = \frac{M - P}{P} \dots (3)$$

Zazwyczaj uchybienie względne Δ wyraża się w setnych albo tysięcznych, czyli, co na to samo wychodzi, w procentach albo w promilach, a przy pomiarach najwyższej precyzji w dziesięciotysięcznych, stutysięcznych i t. d. Δ w procentach względnie w promilach otrzymuje się przez pomnożenie wartości obliczonej na podstawie równania (3) przez 100, względnie 1000. O ile dalej zajdzie potrzeba specjalnego odróżnienia uchybienia względnego w procentach, to wielkość ta będzie oznaczona indeksem 100. Bliższe omawianie znaczenia uchybień względnych wydaje się zbędne, gdyż kwestja ta nie nastęrcza fachowcom naogół mówiąc żadnej wątpliwości. Warto jednak podkreślić, że uchybienie Δ ma ten sam znak, co uchybienie bezwzględne δ , jak równie i to, że Δ odnosi się do wielkości poprawnej P , a nie do wielkości mierzonej M . Nieuwzględnienie tego doprowadza, ściśle mówiąc, do odmiennych wartości bezwzględnych uchybienia względnego. O ile uchybienie jest małe, to różnice są coprawda nieznaczne. Odniesienie uchybienia względnego do wartości M powinno być zasadniczo uważane za zmianę w pojmowaniu, co jest wielkością P i co wielkością M . Taka zamiana roli wielkości pociąga za sobą zmianę znaku uchybienia bezwzględnego δ , którego wartość bezwzględna oczywiście nie ulega zmianie, i zmianę znaku i wartości bezwzględnej uchybienia względnego Δ .

Jeżeli są dane dwie wielkości A i B , z których zależnie od obranego punktu widzenia raz wielkość A jest uważana za poprawną, a drugi raz B , to oznaczając uchybienia, które się otrzymuje w pierwszym przypadku, t. zn. w założeniu, że $P = A$ indeksem A , w drugim wypadku ($P = B$)—indeksem B , otrzymujemy:

$$\delta_A = B - A \text{ i } \delta_B = A - B = -\delta_A$$

$$\Delta_A = \frac{\delta_A}{A} = \frac{B - A}{A} \text{ i } \Delta_B = \frac{\delta_B}{B} = \frac{A - B}{B} = -\frac{\delta_A}{B} \quad (4)$$

Uwzględniając, że $B = A + \delta_A$ i $\delta_A = \Delta_A \cdot A$ otrzymujemy:

$$\Delta_B = -\frac{\delta_A}{A + \delta_A} = -\frac{\Delta_A \cdot A}{A + \Delta_A \cdot A} = -\frac{\Delta_A}{1 + \Delta_A} \quad (5)$$

Ze względu na to, że Δ_B ma zawsze odwrotny znak, niż Δ_A , różnica bezwzględnych wartości tych uchybień równa się sumie ich wartości i ma znak tej wielkości, której bezwzględna wartość jest większa. Ta suma wynosi

$$\Delta_A + \Delta_B = \Delta_A - \frac{\Delta_A}{1 + \Delta_A} = \frac{\Delta_A^2}{1 + \Delta_A}$$

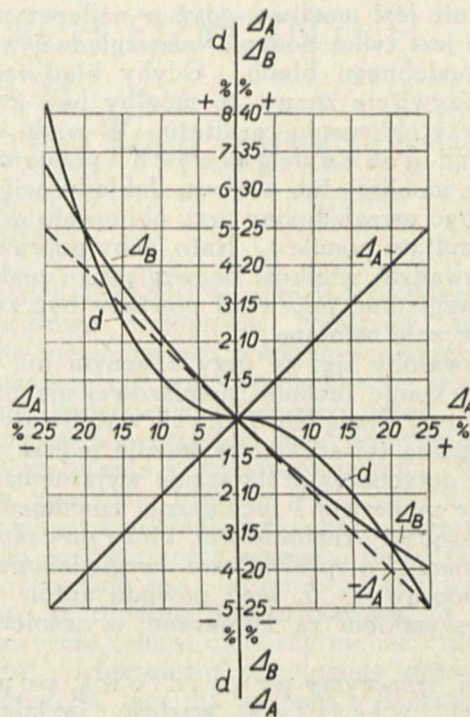
Jeżeli wyrażamy uchybienia względne w %, to suma ich wynosi:

$$\Delta_{A,100} + \Delta_{B,100} = \Delta_A \cdot 100 + \Delta_B \cdot 100 = \frac{\Delta_A^2}{1 + \Delta_A} \cdot 100 =$$

$$= \frac{\left(\frac{\Delta_{A,100}}{100}\right)^2}{1 + \frac{\Delta_{A,100}}{100}} \cdot 100 = \frac{\Delta_{A,100}^2}{100 + \Delta_{A,100}}$$

Krzywe rys. 1 przedstawiają przebieg wielkości $\Delta_{A,100}, \Delta_{B,100}, |\Delta_{B,100}| - |\Delta_{A,100}|$ jako funkcje $\Delta_{A,100}$.

Pożytecznym będzie jeszcze może nadmienić, że jeżeli są dane jakieś dwie wielkości α i β , które



Rys. 1.

są odwrotnościami wielkości A i B , t. zn. $\alpha = 1/A$ i $\beta = 1/B$, to z tych wielkości otrzymujemy uchybienia względne Δ_A i Δ_B z następujących wzorów:

$$\Delta_A = \frac{\alpha - \beta}{\beta} \dots (6a)$$

$$\Delta_B = \frac{\beta - \alpha}{\alpha} \dots (6b)$$

Ze wzorów powyższych robi się naprzykład użytek przy obliczaniu uchybień liczników, jeżeli się liczy zapomocą czasu, odpowiadającego określonej ilości obrotów licznika, albo zapomocą „stałej”, wyrażonej jako ilość jednostek energii przypadających na jeden obrót licznika. Warto jeszcze nadmienić, że przy obliczaniu uchybienia względnego można we wzorach (3) względnie (4) i (6) zamiast wielkości P i M , A i B względnie α i β wstawić inne wielkości do nich proporcjonalne.

Uchybienia względne, wyrażone w procentach, odgrywają szczególną rolę w transformatorach mierniczych i licznikach energii elektrycznej.

Przechodzimy teraz do rozpatrzenia kilku przykładów, wyjaśniających praktyczne znaczenie powyższych wzorów i rozważań. W przykładach tych będziemy oznaczać wielkości poprawne indeksem P , wielkości mierzone, względnie obciążone błędem, indeksem M .

Przykład 1. Określenie wartości wielko-

ści fizycznych. Przypuśćmy, że ma być określona jakaś wielkość fizyczna, np. masa jakiegoś ciała. Jeżeli rzeczywista, t. zn. poprawna wartość tej masy jest m_p , a rezultat pomiaru (ważenia) dał wartość m_M , to z tego wynika na podstawie równania (2b), że bezwzględne uchybienie pomiaru jest $\delta = m_M - m_p$. Jeżeli $m_M > m_p$, to δ jest dodatnie, a poprawka ujemna i odwrotnie. Takie i podobne przykłady nie następują w praktyce naogół żadnych wątpliwości.

Przykład 2. Przyrządy ze skalami, w szczególności wskazówkowe. Ten przykład jest szczególnie ważny w praktyce elektrotechnicznej. Przypuśćmy, że wykonano zapomocą wskazówkowego amperomierza pomiar natężenia prądu i odczytano na jego skali wartość $I_M = 51$ A; w rzeczywistości wynosiło mierzone natężenie prądu $I_p = 50$ A. Z tego wynika, że w danym wypadku poprawka rezultatu pomiaru jest $k = -1$ A, a tem samym uchybienie pomiaru $\delta = +1$ A. Ogólnie: jeżeli oznaczymy przez α_p wskazanie przyrządu, któreby się otrzymało, gdyby przyrząd nie był obciążony żadnym błędem, t. zn. poprawne wskazanie, a przez α_M rzeczywiste wskazanie przyrządu, to korekcja jest $k = \alpha_p - \alpha_M$, a uchybienie $\delta = \alpha_M - \alpha_p$.

Ten i podobne przykłady nie nasuwają zdaje się również żadnych wątpliwości; poprawki i uchybienia pomiarów, wykonanych zapomocą przyrządów ze skalami, w szczególności wskazówkowych, są ogólnie w ten sposób definiowane. Niezupenie ściśle jest coprawda nazywanie tak definiowanych poprawek i uchybień poprawkami i uchybieniami samego przyrządu, ale ten ogólnie przyjęty sposób wyrażania się jest krótki i wygodny, wobec czego jest zbyteczne wprowadzanie pod tym względem jakichś zmian.

Jeżeli poprawka przyrządu jest znana, to można przy jego pomocy nastawić określoną wartość tej wielkości, do mierzenia której przyrząd jest przeznaczony. Tak np. otrzymuje się przy zastosowaniu przyjętego wyżej amperomierza natężenie prądu 50 A, jeżeli się przyrząd nastawi na 51 A. Z tego wynika, że w danym wypadku korekcja nastawienia wynosi $+1$ A. Jeżeli oznaczymy ogólnie korekcję nastawienia, którą należy uważać za właściwą poprawkę przyrządu, przez k_n , to ma ona tę samą wartość bezwzględną, ale odwrotny znak, niż poprzednio ustalona poprawka k , czyli $k_n = -k = \delta$, t. zn., że k_n jest wielkością identyczną z uchybieniem pomiaru. Mamy tu więc przykład zmiany punktu widzenia, o której była mowa wyżej. Gdybyśmy operowali uchybieniami względniemi, to musielibyśmy, ściśle biorąc, przy zamianie punktu widzenia nie tylko zmienić znak, ale i przeliczyć wartości bezwzględne według wzoru (5).

Przykład 3. Liczniki energii elektrycznej. W licznikach energii elektrycznej mają naogół znaczenie praktyczne tylko uchybienia względne, wyrażane zazwyczaj w procentach wielkości poprawnej, t. zn. rzeczywistego zużycia energii. Jeżeli oznaczymy rzeczywiste zużycie energii przez A_p , a odpowiednie wskazania licznika (różnica dwóch odczytów liczydła) przez A_M , to uchybienie w procentach wynosi:

$$\Delta_{100} = \frac{A_M - A_p}{A_p} \cdot 100,$$

natomiast poprawka K_{100} w procentach

$$K_{100} = \frac{A_p - A_M}{A_M} \cdot 100.$$

Operowanie poprawką przy licznikach jest niewygodne i nieprzyjęte; zamiast niej używa się mnożnika korekcyjnego F , który się oblicza jak następuje:

$$F = \frac{A_p}{A_M} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta_{100}}{100}}$$

Większe praktyczne znaczenie w technice licznikowej mają właściwie tylko uchybienia przy zupełnie określonych rodzajach obciążenia⁷⁾.

W technice licznikowej przyjmuje się zatem jako uchybienie i poprawkę wzgl. mnożnik korekcyjny, podobnie jak w przyrządach ze skalą, wielkości odnoszące się do wielkości, którą licznik ma wskazywać względnie wskazuje, a nie właściwą poprawkę samego przyrządu pomiarowego. Korekcja nastawienia odgrywa rolę tylko przy regulacji liczników, pojęcie to nie jest jednak wprowadzone do techniki licznikowej.

Przykład 4. Transformatory miernicze. Przypuśćmy, że mamy transformator prądowy, którego poprawna (nominalna) przekładnia jest $p_p = I_{1,p} / I_{2,p}$; w rzeczywistości transformator ma przekładnię $p_M = I_{1,M} / I_{2,M}$. W takim razie (względne) uchybienie przekładni (wyrażane normalnie w %) jest $\Delta = \frac{p_M - p_p}{p_p}$, czyli zakładając jakąś określoną wartość I_1 pierwotnego natężenia prądu, otrzymamy wzór:

$$\Delta_p = \frac{p_M - p_p}{p_p} = \frac{\frac{I_1}{I_{2,M}} - \frac{I_1}{I_{2,p}}}{\frac{I_1}{I_{2,p}}} = \frac{I_{2,p} - I_{2,M}}{I_{2,M}}$$

Jeżeli na przykład nominalna przekładnia transformatora jest $p_p = 300/5 = 60$, a rzeczywista $p_M = 300/4,925 = 60,91$, to uchybienie przekładni wynosi:

$$\Delta_p = \frac{60,91 - 60,00}{60,00} = \frac{5,000 - 4,925}{4,925} = +0,0152 (= +1,52\%).$$

Uchybienie przekładni tego transformatora jest dodatnie, natomiast przyrząd przyłączony do niego, np. amperomierz, wskazuje za mało. Tego rodzaju ustalenie uchybienia transformatora prądowego jest niewygodne i dlatego weszło w zwyczaj używanie pojęcia uchybienia prądowego Δ_1 zamiast uchybienia przekładni. Uchybienie prądowe jest to (względne) uchybienie (normalnie wyrażane w %) prądu wtórnego względem jego wartości poprawnej, którąby się otrzymało przy

⁷⁾ Zestawienie wzorów odnoszących się do uchybień liczników, patrz np. K r u k o w s k i „Grundzüge der Zählertechnik“ Berlin 1930, str. 395.

danym prądzie pierwotnym przy poprawnej przekładni. To uchybienie wyraża się więc wzorem:

$$\Delta_I = \frac{I_{2,M} - I_{2,P}}{I_{2,P}}$$

Dla transformatora, który wyżej rozpatrywaliśmy, uchybienie prądowe wynosi:

$$\Delta_I = \frac{4,925 - 5,000}{5,000} = -0,0150 (= -1,50\%),$$

Powyższe wzory i przykład liczbowy pokazują wyraźnie, że przejście z uchybienia przekładni Δ_P na uchybienie prądowe Δ_I jest zmianą punktu widzenia co do tego, co jest wielkością P , a co wielkością M . Nieściśle więc jest założenie, które często jest robione, że uchybienie przekładni i uchybienie prądowe różnią się tylko znakiem, a ich wielkość bezwzględna jest identyczna. Z takiego mylnego założenia często już wynikały nieporozumienia, wystarczy chociażby nadmienić, że w Międzynarodowych przepisach o transformatorach mierniczych⁸⁾ znajdują się również pewne niedokładności.

Wszystko, co było powiedziane wyżej o transformatorach prądowych, dotyczy odpowiednio transformatorów napięciowych, w których również należy ściśle odróżniać pojęcie uchybienia przekładni Δ_P od uchybienia napięciowego Δ_u .

Przykład 5. Wzorce Uchybienia i poprawki wzorców mają pierwszorzędne znaczenie w metrologii i właśnie tu następują trudności, o których mówi Scheel (patrz wyżej).

Przypuśćmy, że mamy do czynienia z kreskowym wzorcem metra. Gdyby wzorzec ten był zupełnie dokładny, to odległość między dwoma określonymi kreskami wynosiłaby dokładnie 1 m. Przypuśćmy, że w rzeczywistości odległość ta jest o 10 mikronów większa od 1 m, czyli długość wzorca wynosi 1 m + 10 μ . Stosując wyżej przyjętą definicję przychodzimy do wniosku, że uchybienie wzorca wynosi + 10 μ , a tem samym korekcja - 10 μ . Gdybyśmy chcieli doprowadzić wzorzec do wartości poprawnej, to musielibyśmy zmniejszyć odległość między kreskami o 10 μ . Ogólnie należy oznaczyć poprawną wielkość wzorca, t. zn. jego wartość nominalną przez L_P , wielkość rzeczywistą przez L_M , z czego wynika uchybienie wzorca $\delta = L_M - L_P$, a korekcja $k = L_P - L_M$. Okazuje się jednak, że metrologowie dochodzą do odwrotnego znaku korekcji, t. zn. podają, że korekcja długości, który jest dłuższy, niż powinien być, jest dodatnią; w naszym przykładzie metrologowie uważaliby, że korekcja wzorca wynosi + 10 μ .

Z tego wynika, że metrologowie przyjmują jako wielkość L_P nie wartość nominalną, lecz wartość rzeczywistą. Bliższe zastanowienie się nad tą sprzecznością wykazuje, że metrologowie, mówiąc o „korekcji wzorca”, mają właściwie na myśli korekcję pomiaru, wykonanego z pomocą wzorca, co oczywiście powoduje zmianę znaku uchybienia i poprawki. Przypuśćmy, że mamy do zmierzenia odległość, która wynosi 1 m + 10 μ . W tym wypadku otrzymalibyśmy przy użyciu do pomiaru wymienionego wzorca jako niekorygowany

ny rezultat pewną długość $l_M = 1$ m. Ze względu na to, że użyty do pomiaru wzorzec jest o 10 μ za długi, korekcja pomiaru wynosi rzeczywiście + 10 μ , t. zn. poprawna, czyli korygowana wielkość mierzonej długości jest $l_P = 1$ m + 10 μ . Takiemu ujęciu zagadnienia, przyjętemu w metrologii, nie można niczego zarzucić jak tylko to, że niesłusznie mówi się o korekcji wzorca, myśląc w rzeczywistości o ważniejszej faktycznie dla metrologa korekcji pomiaru, wykonanego za pomocą tego wzorca.

Przykład powyższy pokazuje wyraźnie, jak ważnym jest w poszczególnych wypadkach dokładne ustalenie, co się uważa za wielkość poprawną, a co za wielkość mierzoną. W każdym razie wydaje się niedopuszczalną zmianą punktu widzenia przy określaniu uchybienia i korekcji, jak to częstokroć robią metrologowie. Autor niniejszego referatu sam miał sposobność przekonania się, że sposób ujęcia zagadnienia przez metrologów może doprowadzić do nieporozumień, jeżeli się go stosuje do uchybień liczników elektrycznych, co do których elektrycy właściwie nie napotykają na żadne trudności. Nie można jednak podzielić zdania Scheela, że pojęcie uchybienia może być wogóle pominięte.

O ile chodzi o wzorce, które interesują w pierwszym rzędzie metrologów, przedewszystkiem o wzorce długości, to pomijając ich fabrykację, korekcja samego wzorca interesuje nas właściwie mało. Jednakowoż w niektórych innych wzorcach korekcja samego wzorca może mieć pewne praktyczne znaczenie. Przypuśćmy naprzykład, że mamy do czynienia ze wzorcem oporu o wielkości nominalnej np. 0,001 Ω i wzorzec ten jest o 0,1% za duży. W tym wypadku można łatwo przy pomiarze skorygować wzorzec, przyłączywszy do niego równoległe opór o wielkości około 10 Ω .

Porównując to, co zostało powiedziane o wzorcach z tem, co zostało omówione w przykładach, dotyczących przyrządów ze skalami, liczników i transformatorów mierniczych, przychodzi się do wniosku, że we wszystkich przyrządach, nie wykluczając wzorców, przyjęto uważać za uchybienia i poprawki przyrządów — uchybienia i poprawki pomiarów, wykonanych za ich pomocą⁹⁾.

Przykład 6. Zegary. Pomiar czasu zajmuje nieco odrębne miejsce w technice pomiarowej. Właściwie dokładność zegarów należałoby wyrażać podobnie, jak dokładność liczników energii elektrycznej, uchybieniem względnym. Przyjęło się jednak wyrażanie dokładności zegarów przy pomocy uchybienia bezwzględnego w sekundach, odniesionego jednak do jednej doby, t. zn. właściwie znowu przy pomocy uchybienia względnego. W nauce, przedewszystkiem w astronomii, operuje się wyłącznie poprawkami, a nie uchybieniami, przy czem odróżnia się trzy rodzaje poprawek, które zarazem charakteryzują dokładność zegarów. 1. Poprawka zegara jest to zgodnie z wyżej

⁹⁾ Poruszone wyżej kwestje uchybień i korekcji wzorców i t. p. mają być z punktu widzenia metrologicznego, obszernie potraktowane w specjalnym artykule p. Inż. Z. Rauszera, Dyrektora Głównego Urzędu Miar. Według informacji, uzyskanych od p. Dyr. Rauszera, ma się ten artykuł wkrótce ukazać.

⁸⁾ IEC Recommendations for Instrument Transformers Publication 44.

podaną ogólną definicją poprawki wielkość, którą należy dodać do wskazań zegara, aby otrzymać poprawny czas. Jeżeli oznaczymy tę poprawkę znów przez k , wskazania zegara przez T_M , a poprawny czas przez T_P , to $k = T_P - T_M$. 2. Chód (czasami ruch) zegara jest zmianą korekcji w ciągu jednej doby. 3. Zmiana (dobowa) chodu, której wielkość jest właściwą miarą dobroci zegara, jest zmianą chodu w ciągu jednej doby. Z tego wynika, że chód jest pierwszą pochodną poprawki względem czasu $\frac{dk}{dt}$, a zmiana chodu drugą pochodną poprawki $\frac{d^2k}{dt^2}$.

Przechodzimy teraz do następnej kwestji, mianowicie stosowania teorii błędów przy pomiarach. Kwestję tę należy uważać zasadniczo za zupełnie wyjaśnioną, praktyka jednak wykazuje, że zagadnienie to częstokroć jest ujmowane w sposób zupełnie nieodpowiedni.

Uchybienia każdego pomiaru można podzielić na kilka grup. Przeważnie odróżnia się uchybienia wielkie, uchybienia systematyczne i uchybienia przypadkowe. Uchybienia wielkie są spowodowane jakąś nieostrożnością przy odczytywaniu przyrządów pomiarowych, jakąś niespostrzeżoną większą zmianą warunków pomiaru i t. p.; rezultaty takich pomiarów nie powinny być wogóle uwzględniane, jeżeli się nie dadzą pewnie skorygować. Uchybienia systematyczne są spowodowane całym szeregiem przyczyn i powinny być w miarę możliwości wyeliminowane przez powtórzenie pomiarów przy odpowiednio zmienionych warunkach, przez wprowadzenie odpowiednich korekcji i t. p. Błędy przypadkowe są to takie błędy, których przyczyny nie dają się uchwycić. Wpływ tych błędów na rezultat ostateczny pomiaru daje się jednak zredukować do minimum przez wielokrotne powtórzenie pomiaru. Najprawdopodobniejszym rezultatem pomiaru jest w najprostszym przypadku średnia arytmetyczna z poszczególnych rezultatów, obarczonych uchybieniami przypadkowymi. O ile na zasadzie pewnych przesłanek można wywnioskować, że dokładność poszczególnych rezultatów jest różna, to przy obliczaniu najprawdopodobniejszej wartości uwzględnia się jeszcze w a ż k o ś ć poszczególnych rezultatów. Zagadnieniu wyrównania uchybień przypadkowych, opartemu na teorii najmniejszych kwadratów Gaussa, poświęca się mniej lub więcej miejsca w każdym większym podręczniku o pomiarach fizycznych, a czasami i w podręcznikach o pomiarach technicznych. Wystarcza tu przytoczyć

¹⁰⁾ Mniej szczęśliwą nazwą poprawki zegara jest nazwa, używana w literaturze niemieckiej, „Stand der Uhr”. Zresztą spotyka się również lepszą nazwę „Uhrkorrektur”. Chód zegara nazywają Niemcy „Gang der Uhr”, a zmianę chodu „Gangschwankung” albo „Gangvariation”. Przytoczenie tego wydaje się pożądane, gdyż w literaturze polskiej zdaje się niema żadnej większej książki lub rozprawy z dziedziny zegarów, natomiast odnośna literatura niemiecka jest bardzo obszerna. Patrz np. H. Bock „Die Uhr” Leipzig — Berlin 1917 Teubner (zbiór „Aus Natur und Geisteswelt”) i V. Niesiołowski — Gawin „Zeitmesse für laufende Zeitanzeige” Handbuch der Physik vol II, p. 169, Berlin 1926, Springer. E. Geleisch „Die Uhrmacherkunst” Wien (Hartleben).

wymienione już wyżej podręczniki Kohlrauscha i Weinsteina. Pierwszy tom ostatniego dzieła jest całkowicie poświęcony temu zagadnieniu. Nie ulega oczywiście żadnej wątpliwości, że teoria najmniejszych kwadratów jest jedną z największych zdobyczy techniki pomiarowej; nie ulega jednak również wątpliwości, że stosowanie jej przy pomiarach technicznych nawet najwyższej precyzji jest prawie zawsze bezcelowe, a wnioski, wyciągnięte ze stosowania tej teorii, łatwo mogą dać zupełnie nieprawidłowy obraz rzeczywistości osiągniętej dokładności. Autor niniejszego referatu, zajmując się więcej niż od dwudziestu lat dokładnymi pomiarami elektrotechnicznymi, właściwie nigdy nie natrafił na przypadek, kiedy stosowanie metod wyrównania błędów, określenie błędu prawdopodobnego i t. p. byłoby potrzebne lub chociażby tylko pożądane. Prawie we wszystkich przypadkach, z którymi ma do czynienia technik, uchybienia systematyczne tak znacznie przekraczają uchybienia przypadkowe, że dokładne wyrównanie błędów przypadkowych jest zupełnie bezcelowe. Należy wyraźnie skonstatować, że zastosowanie metody najmniejszych kwadratów jest tylko tam na miejscu, gdzie błędy przypadkowe są większe, albo co najmniej tego samego rzędu, co błędy systematyczne. To maj jednak miejsce tylko przy pomiarach wykonanych zapomocą nader precyzyjnych, ale w zasadzie bardzo nieskomplikowanych przyrządów pomiarowych, np. przy pomiarach geodezyjnych, astronomicznych i t. p., przy których słusznie jest stosowane wyrównanie błędów zapomocą metody najmniejszych kwadratów. Zastosowanie tej metody przy pomiarach fizycznych jest jednak na miejscu tylko przy niektórych podstawowych pomiarach, np. bardzo dokładnych określeniach mas, ciężarów, długości, kątów i niektórych innych. We wszystkich innych wypadkach błędy systematyczne są w porównaniu z błędami przypadkowymi tak wielkie, że wszelkie wyrównanie błędów przypadkowych, za wyjątkiem określenia średniej wartości jako najprawdopodobniejszego ostatecznego rezultatu, jest zupełnie zbyteczne i wprowadzające w błąd. Pomimo że znajdujemy w literaturze podkreślenie powyższego w tej lub innej formie¹¹⁾, stosuje się często wyrównanie błędów przypadkowych w zupełnie nieodpowiednim miejscu. Tak naprzykład znajdujemy w jednym z podręczników pomiarów elektrotechnicznych mniej więcej następujący przykład określenia „dokładności” pomiaru. Wykonano 5 pomiarów oporu, którego wartość jest w wysokim stopniu zależną od wahań temperatury i którego dokładna wartość wogóle nie jest wielkością, mającą jakiegokolwiek większe znaczenie praktyczne. Poszczególne pomiary dały następujące wyniki: 317,7, 317,9, 318,2, 317,7 i 318,0 Ω. Średnia wartość wynosi 317,9. Obliczony na podstawie znanych wzorów prawdopodobny błąd tej średniej wartości wynosi $\pm 0,0639 \Omega$. Na podstawie tego obliczenia ostateczny rezultat pomiaru jest podany w formie $317,9 \pm 0,0639 \Omega$. Oczywiście jest, że w danym wypadku podawanie rezultatu w takiej formie jest nieprawidłowe. Już zaokrąglenie

¹¹⁾ Już w dziełach twórcy teorii najmniejszych kwadratów Gaussa znajdujemy zupełnie niedwuznaczne wyjaśnienia co do tej kwestji. Patrz np. C. F. Gauss „Abhandlungen zur Methode der kleinsten Quadrate” Berlin 1887 p. 2.

nie poszczególnych rezultatów i wartości średniej na $0,1 \Omega$ wskazuje, że obliczanie prawdopodobnego błędu wogóle, a z dokładnością $0,0001 \Omega$ w szczególności, jest zupełnie nie na miejscu. Można było najwyżej podać, że uchybienia przypadkowe są rzędu $\pm 0,1 \Omega$, zwrócić uwagę na to, że błędy systematyczne są stosunkowo duże i spróbować określić ich przypuszczalną wielkość. Z tego samego podręcznika możnaby przytoczyć szereg podobnych przykładów.

Ale nawet w przypadku pomiarów wykonanych bardzo starannie z uwzględnieniem wszelkich korekcji i t. p. podanie prawdopodobnego błędu może być często traktowane tylko z punktu widzenia oceny staranności wykonania pomiarów przez poszczególnych autorów, ale bynajmniej nie charakteryzuje ono faktycznie osiągniętej dokładności. Na dowód tego można naprzykład przytoczyć rezultaty tak klasycznych pomiarów, jakimi są pomiary średniej gęstości ziemi. Jeden z autorów, Wilsing, otrzymał jako rezultat $5,579 \pm 0,012$, z czego możnaby wnioskować, że poprawna wartość leży w granicach od $5,567$ do $5,591$. Richard i Krigar-Menzel otrzymali $5,505 \pm 0,0009$, z czego wynikało, że poprawna wielkość leży w granicach od $5,5041$ do $5,5059$. Wartości te nie mieszczą się w granicach wartości Wilsinga. Bardzo dokładne, przypuszczalnie najdokładniejsze dotychczas rezultaty osiągnęli Boys i Braun, którzy wykonali pomiary niezależnie od siebie i różnymi przyrządami. Autorzy ci podają zgodnie wartość $5,527$, która nie mieści się w granicach żadnego z podanych wyżej rezultatów. Prawdopodobne uchybienia rezultatów Boysa i Brauna nie są autorowi niniejszego referatu znane, ale sądząc z ich zgodności, jak również na zasadzie innych danych, dotyczących dokładności metod i stosowanych przyrządów, należy rezultaty tych autorów uważać za bardzo zbliżone do wartości poprawnej.

Innym przykładem charakterystycznym w dziedzinie podstawowych pomiarów najwyższej precyzji jest określenie wartości bezwzględnej ohma w jednostkach Siemens. Z najpewniejszych znanych przed rokiem 1890 wartości wynikałoby, że dolna prawdopodobna granica wartości ohma bezwzględnego jest $1,06280$, górna $1,06294$ jednostek Siemens. Na zasadzie tych rezultatów i odpowiedniego uwzględnienia jeszcze kilku dalszych rezultatów pomiarów mniejszej dokładności dochodzi Dorn w swej znanej krytycznej pracy¹²⁾ do wniosku, że najprawdopodobniejszą wartością jest $1,0628_5$ i proponuje przyjęcie jako wartości zaokrąglonej $1,063$. Wartość ta została na Kongresie w Chicago w r. 1893 przyjęta przy definicji międzynarodowego ohma. Późniejsze, znacznie dokładniejsze pomiary, wykonane w PTR, NPL i BSt, wykazują daleko idącą zgodność i dają wartość bardzo zbliżoną do $1,06250$, czyli wartość, która znów nie leży w granicach dawniejszych pomiarów¹³⁾.

Źródła błędów systematycznych są najrozmaitsze i nie mogą być w ramach niniejszego ogólnego referatu oczywiście dokładnie omówione. Jednym ze źródeł systematycznych błędów, z którym

należy się liczyć przy pomiarach najwyższej precyzji, na których znowu opierają się pomiary mniej dokładne, jest niedokładność używanych wzorców. Częstość nawet fachowcy nie zdają sobie dostatecznie jasno sprawy z tego, z jaką dokładnością są ustalone podstawowe wzorce i z jaką dokładnością mogą być z tego powodu w najlepszym razie wykonane pomiary najwyższej precyzji. Wobec tego jest ciekawym przynajmniej krótkie zreferowanie tej kwestji.

Najdokładniejszymi pomiarami wogóle są pomiary długości, masy i czasu, a z elektrycznych, pomiary oporu i współczynnika samoindukcji. Względne pomiary tych wielkości mogą być wykonane naogół znacznie dokładniej, niż są ustalone odnośne wzorce podstawowe. Z tego wynika, że wykorzystanie możliwej dokładności pomiarów, ma rację bytu li tylko w związku z ustaleniem podstawowych wzorców.

Podstawowym wzorcem jednostki długości jest międzynarodowy wzorec metra, który, jak wiadomo, jest wzorcem kreskowym, t. zn. takim, którego długość jej określona jako odległość osi dwóch określonych kresek. Wykonanie przechowywanego w Bureau International des Poids et Mesures podstawowego międzynarodowego wzorca, jak również identycznie wykonanych wzorców wtórnych tej instytucji i podstawowych wzorców narodowych nie pozwala na osiągnięcie większej dokładności przy porównaniu, niż $0,2\mu$, t. zn. $0,2 \cdot 10^{-6}$ wielkości mierzonej. Głównym powodem tego jest, że miarodajne kreski są stosunkowo szerokie i nastawienie mikroskopów kompensatora na osi kresek nie może być dokonane z większą dokładnością. Dokładność, z którą jest ustalona długość metra, jest jednak właściwie jeszcze mniejszą; wynosi ona przypuszczalnie około $0,5\mu$, czyli $0,5 \cdot 10^{-6}$ wartości nominalnej. Dowodem tego jest fakt, że dwa wtórne wzorce Międzynarodowego Biura, używane przy miarodajnych pomiarach zamiast podstawowego wzorca, uległy w czasie od r. 1892 do 1901 zmianie długości mniej więcej o $0,4\mu$, i niema żadnej pewności, że i wzorec podstawowy nie uległ podobnej zmianie. Ta niepewność faktycznej długości metra przekracza wartość, która przy obecnym stanie najprecyzyjniejszych pomiarów długości, przedewszystkiem pomiarów końcowych wzorców z płaszczyznami równoległymi (klocków Johansona), może być uznana za dopuszczalną. Z tego i z innych jeszcze powodów już obecnie długość takich wzorców bywa wymierzana wprost w długościach fali światła określonego rodzaju, przyczem normalnie przyjmuje się, że $1 \text{ m} = 1553164,13$ długości fali światła czerwonego prążka kadmu w suchym powietrzu o temperaturze 15° skali termodynamicznej i ciśnieniu słupa rtęci o wysokości 760 mm przy normalnej sile ciężkości. Jest to wartość, do której doszli przy swoich pomiarach Benoit, Fabry i Perot w r. 1907¹⁴⁾. Należy jednak przypuścić, że w rzeczywistości wartość ta powinna być nieco skorygowaną ze względu na to, że wymienieni autorzy posługiwali się wtórnymi wzorcami Biura Międzynarodowego, u których zauważono dopiero póź-

¹²⁾ Dorn, F., Wiss. Abh. d. PTR Bd. II (1895) p. 257.

¹³⁾ Bliższe dane dotyczące tego zagadnienia znajdują się w drugim specjalnym referacie autora, poświęconym jednostkom wielkości elektrycznych.

¹⁴⁾ Benoit, Ch. Fabry et A. Perot, Compt. rend 144 (1907) p. 1082.

niej, że się nieco zmieniły. Prawdopodobna skorygowana wartość jest podana w jednej z publikacji Dyrektora Międzynarodowego Biura Guillaume¹⁵⁾, ale jest ona, jak można wnioskować z pewnych powodów, prawdopodobnie błędna; kwestja ta wymagałaby jeszcze wyjaśnienia. Obecnie są wykonywane, względnie w najbliższym czasie mają być wykonane, nowe pomiary długości metra, wyrażonej w długości fal światła. Przepuszczalnie wcześniej lub później zostanie definicja metra jako długości wzorca międzynarodowego zarzucona i ustalona jako ilość fal światła określonego rodzaju.

Ciekawem jest jeszcze stwierdzenie, że największa dokładność technicznych pomiarów długości, mianowicie pomiarów długości klocków Johansona, może wynosić mniej więcej $0,1 \cdot 10^{-6}$ przy stosunkowo długich wzorcach: przy 100 mm na przykład osiąga się dokładność mniej więcej 0,01 μ . Jest to więc dokładność większa niż ta, z którą mogą być porównywane miarodajne wzorce metra i mniej więcej pięciokrotnie większa, niż dokładność, z którą można dziś uważać metr za ustalony.

Porównanie mas zapomocą równoramiennej wagi może być wykonane nader dokładnie. Największą dokładnością osiągalną przy porównaniu dwóch wzorców kilogramowych jest mniej więcej 0,001 mg, czyli $1 \cdot 10^{-9}$ wartości porównywanych. Tej dokładności pomiaru nie można jednak praktycznie wykorzystać, ponieważ masa kilograma międzynarodowego nie może być uważana za ustaloną z tą wysoką dokładnością. Można przyjąć, że znamy tę masę „tylko” z dokładnością 0,01 mg, t. zn. $1 \cdot 10^{-8}$. Przyczyną tego jest pewna zmienność masy wzorca, spowodowana przypuszczalnie nieco zmiennymi warstwami wilgoci. Przez jakiś czas miało się nadzieję, że można otrzymać dokładniejsze wyniki, używając wag próżniowych. Okazało się jednak, że ważenie w próżni daje nawet mniej pewne wyniki, niż ważenie w powietrzu, i to przypuszczalnie dlatego, że w próżni warstwy wilgoci, osiadające na wzorcach, zmieniają się w znacznym i zupełnie nieokreślonym stopniu. Zdaje się jednak, że dotychczas nie zaszła nigdy i przypuszczalnie nie zajdzie praktycznie potrzeba dokładniejszego ustalenia masy kilograma, niż obecnie możliwe; pod tym względem warunki różnią się od tych, o których była mowa wyżej w odniesieniu do metra.

Pomiar trzeciej podstawowej wielkości, mianowicie czasu, ma nieco odmienny charakter, niż pomiar innych wielkości. Naogół mówiąc, wzrasta dokładność pomiaru czasu znacznie z długością mierzonego okresu, gdyż każdy pomiar czasu jest przede wszystkim związany z pewnymi bezwzględnie błędami, zależnymi od konstrukcji przyrządów, służących do określenia początku i końca mierzonego okresu czasu. Pozatem zależy dokładność pomiaru od dokładności używanego zegara, która może być bardzo wielką.

Jak już było powiedziane wyżej, wielkością, właściwie charakteryzującą dokładność i dobroć zegara, jest zmiana chodu. Z tego powodu przy zegarach astronomicznych, chronometrach okrętowych i innych precyzyjnych zegarach zwraca się

mniej uwagi na wielkość chodu, niż na zmianę chodu. Oczywiście dobry pod tym względem zegar daje się bez większych trudności wyregulować prawie z dowolną dokładnością tak, żeby jego poprawki były małe. Przykładem tego, jak dokładnie można przy pomocy pierwszorzędного zegara astronomicznego określić czas, może być naprzykład zegar Rieflera w hermetycznej osłonie, dostępny publiczności w Deutsches Museum w Monachjum. Zegar ten wskazuje stale bez uwzględnienia jakichkolwiek korekcyj czas średnioeuropejski z dokładnością $\pm 0,2$ sek. Godne uwagi jest, że zegar ten, chociaż bynajmniej nie pracuje w warunkach szczególnie korzystnych, jest regulowany tylko w odstępach jednego do dwóch tygodni.¹⁶⁾ Na określenie czasu z podobną dokładnością pozwala zresztą również zegar Głównego Urzędu Miar w Warszawie. Jako przeciętne granice zmian chodu różnego rodzaju zegarów precyzyjnych można obecnie przyjąć następujące:

1. Precyzyjne kieszonkowe zegarki z hamowaniem ankrowem 1 do 2 sek. czyli mniej więcej 1 do $2 \cdot 10^{-5}$.

2. Chronometry okrętowe (t. zw. Box-Chronometr) 0,1 do 0,2 sek. czyli mniej więcej 1 do $2 \cdot 10^{-6}$. Niewiele mniejszą dokładność osiąga się przy zegarkach kieszonkowych z hamowaniem chronometrowem.

3. Precyzyjne zegary wahadłowe (astronomiczne) 0,01 do 0,02 sek. czyli mniej więcej 1 do $2 \cdot 10^{-7}$.

Przy uwzględnieniu odpowiednich poprawek daje się osiągnąć nawet w ciągu kilku miesięcy dokładność pomiaru czasu w granicach mniej więcej wielkości zmian chodu danego zegara. Odnośne poprawki oblicza się na podstawie równań, których współczynniki są ustalone z dużej ilości obserwacji danego zegara przy uwzględnieniu wielkości, które wpływają na chód zegara, przede wszystkim temperatury i ciśnienia powietrza. Ciekawem jest, że się okazało, iż stosowanie pozornie bardzo dokładnych wzorów, których współczynniki oblicza się na podstawie teorii najmniejszych kwadratów, nie daje dokładnych wyników, a to z powodu błędów systematycznych. Widzimy więc tu znów potwierdzenie wyżej wypowiedzianego poglądu o ograniczonej wartości stosowania metody najmniejszych kwadratów. Z tego powodu stosuje się obecnie dla obliczania poprawek zegarów również uproszczone wzory. Na zakończenie można skonstatować, że współczesne pierwszorzędne zegary astronomiczne, pracujące w korzystnych warunkach, pozwalają w przeciągu mniej więcej jednego roku na określenie czasu z dokładnością do 0,01 sek., czyli okres jednego roku można określić ze względną dokładnością mniej więcej $3 \cdot 10^{-10}$. Jak wielką jest ta dokładność charakteryzuje fakt, że długość doby zmienia się w ciągu stu lat o mniej więcej 10 sek., czyli mniej więcej o $3 \cdot 10^{-4}$ sek. na jedną dobę, co odpowiada mniej więcej względnej zmianie $3 \cdot 10^{-9}$, czyli (średnia) dokładność zegara jest mniej więcej 10 razy większa, niż stałość prędkości obrotu ziemi. Wyobrażenie o postępach techniki zegarowej daje naprzykład to, że główny zegar, zbudowany w r. 1896 dla obserwatorium w Pa-

¹⁵⁾ Guillaume, La création du Bureau International des Poids et Mesures et son oeuvre, Paris 1927.

¹⁶⁾ Bock 1. c. p. 113.

ryżu i umieszczony w szczególnie korzystnych warunkach, bo aż 27 m pod poziomem ziemi, dawał możliwość określania czasu w ciągu mniej więcej pół roku z dokładnością tylko około 0,3 sek.

O ile chodzi o najdokładniejsze nawet pomiary fizyczne i techniczne, to nie zachodzi właściwie potrzeba dążenia do powiększenia dokładności zegarów.

W porównaniu z dokładnością osiągalną obecnie przy pomiarach długości, masy i czasu schodzi dokładność wszystkich innych pomiarów najwyższej precyzji na dalsze miejsca. Najważniejszym z tych pomiarów, które interesują elektryków, jest ustalenie jednostek wielkości elektrycznych i ich podstawowych wzorców. Można uważać, że międzynarodowy ohm jest obecnie ustalony z dokładnością kilku milionowych, a siła elektromotoryczna ogniwa Westona z dokładnością mniej więcej jednej stutysięcznej. Dokładność, z jaką jest ustalona wielkość ohma bezwzględnego, wynosi parę stutysięcznych, a dokładność ustalenia wielkości bezwzględnego ampera jest nieco mniejsza. Zrozumiałe jest więc dążenie do osiągnięcia większych dokładności przy ustaleniu podstawowych wzorców jednostek wielkości elektrycznych¹⁷⁾.

Dalszą kwestją, która może najwięcej interesuje technika, jest dokładność pomiarów technicznych różnego rodzaju. W ramach tej pracy nie można oczywiście omawiać szczegółowo dokładności wszelkich pomiarów, spotykanych w technice, należy jednak wymienić pewne dane, dotyczące dokładności poszczególnych pomiarów i metod pomiarowych.

Prawy w każdej dziedzinie techniki pomiarowej napotyka się przedewszystkiem na pomiary wielkości podstawowych naszego układu jednostek, t. zn. pomiary długości, masy i czasu. Skala dokładności tych pomiarów w technice jest bardzo rozległa. Najdokładniejsze techniczne pomiary długości są, jak już wyżej zaznaczono, tak dokładne, że ich wykonanie bezwzględne, t. zn. wyrażenie w ustalonych jednostkach, jest z pożądaną dokładnością właściwie niemożliwe ze względu na niedostateczną dokładność ustalenia jednostki długości. Ta duża dokładność, wymagana przy niektórych pomiarach technicznych, jest uwarunkowana potrzebami współczesnej fabrykacji wymiennej. Techniczne pomiary długości są zupełnie odrębną, nader rozwiniętą gałęzią miernictwa, której jest poświęcony cały szereg specjalnych dzieł¹⁸⁾. W praktyce elektrotechnicznej naogół nie zachodzi potrzeba bardzo dokładnego mierzenia długości. Przy pomiarach małych długości (mniej więcej do 25 mm) wystarcza zazwyczaj stosowanie dokładnych mikrometrów śrubowych, które pozwalają na osiągnięcie dokładności pomiaru do 3 μ , a przy uwzględnieniu korekcji nawet jeszcze nieco większej. Do pomiarów większych długości (mniej więcej do 250 mm) wystarczają zazwyczaj precyzyjne przyrządy suwakowe, przy zastosowaniu których daje się uzyskać dokładność mniej więcej 0,05 mm, albo nawet

nieco wyższą. Do pomiaru jeszcze większych długości wystarczają w praktyce elektrotechnicznej zazwyczaj miarki kreskowe, przyczem w wielu wypadkach najwygodniejszym jest stosowanie nowoczesnych miarek stalowych o przekroju wygiętym; dokładność pomiaru przy pomocy tego rodzaju narzędzi wynosi mniej więcej 1 mm. Najczęściej dokładność pomiarów długości, wykonywanych przez elektrotechnika, nie jest dana dokładnością zastosowanego do pomiarów przyrządu, lecz tem, że sama mierzona długość nie może być uważana za dostatecznie ustaloną.

Dokładniejszy pomiar masy jest w technice naogół potrzebny tylko w odniesieniu do stosunkowo małych mas (analizy chemiczne, określenie gęstości ciał i t. p.). Do tych celów wystarczają w zupełności dobre, t. zw. analityczne wagi o nośności do 200 g, które pozwalają na ważenie z dokładnością paru setnych miligrama. W praktyce elektrotechnicznej spotykają się dokładne ważenia stosunkowo rzadko i mogą być zawsze bez wielkich trudności wykonane z dostateczną dokładnością.

Stosunkowo duże znaczenie mają przy pomiarach elektrotechnicznych pomiary czasu, które zachodzą przedewszystkiem przy regulowaniu i określaniu błędów motorowych, liczników energii elektrycznej. Do tych i podobnych celów używa się stoperów (sekundomierzy), które pozwalają przy zachowaniu odpowiednich ostrożności na pomiar krótszych odstępów czasu z dokładnością około 0,2 sek.¹⁹⁾.

Nader ważną wielkością, która z większą lub mniejszą dokładnością winna być określona prawie podczas każdego pomiaru fizycznego i technicznego, jest temperatura. Dokładne pomiary temperatury są jednak naogół bardzo trudne i stanowią zupełnie odrębny dział techniki pomiarowej, któremu jest poświęcona obszerna literatura specjalna. Z tego właśnie powodu nie było wyżej mowy o dokładności ustalenia skali temperatur i t. p. Mniej dokładne pomiary temperatury wykonuje się zazwyczaj zapomocą termometrów rtęciowych. Autor uważa więc za potrzebne podkreślić, że w większości wypadków przecenia się dokładność rezultatu, oceniając ją niesłusznie tylko według dokładności, z którą się odczytało wskazania przyrządu interpolacyjnego, np. termometru rtęciowego. Wystarczy chociażby nadmienić, że dokładne odczytanie temperatury na skali termometru rtęciowego jest w większości przypadków iluzoryczne, jeżeli nie została uwzględniona poprawka na wystający słupek rtęci.

Skala dokładności właściwych pomiarów elektrotechnicznych jest bardzo rozległa. Najdokładniejszymi pomiarami są pomiary oporów zapomocą mostków Wheatstone'a i Thomsona (Lorda Kelvina) i metodą kompensacyjną. Najwyższą dokładność osiąga się przy zastosowaniu mostków, złożonych wyłącznie z oporów normalnych. Tego rodzaju pomiary wchodzą przedewszystkiem w rachubę przy kontroli wzorców użytkowych oraz precyzyjnych opornic kołkowych i korbkowych. W pomiarach względnych, t. zn. przy porównaniach wiel-

¹⁷⁾ Patrz odnośnik ¹³⁾.

¹⁸⁾ Jako podstawowe dzieło z dziedziny technicznych pomiarów długości należy w pierwszym rzędzie wymienić: G. Berndt „Grundzüge und Geräte technischer Längenmessungen“ wyd. 2, Berlin 1929. (Springer).

¹⁹⁾ Szczególnie należy zwrócić uwagę na błędy, wynikające z ekscentrycznego położenia osi wskazówki względem tarczy stopera; patrz K r u k o w s k i l. c. p. 399.

kości oporów mierzonych z oporami normalnymi, używanymi jako wzorce, daje się łatwo uzyskać dokładność sięgająca jednej milionowej. Dokładność wyrażona w ohmach jest jednakowoż znacznie mniejsza ze względu na niepewność dokładnej wartości używanych wzorców. Dokładność pomiarów wykonanych przy pomocy mostków i kompensatorów, składających się z precyzyjnych opornic kołkowych albo korbkowych, dochodzi niewiele do $0,2\text{‰}$ i daje się podnieść do niewiele więcej $0,1\text{‰}$, a przy uwzględnieniu wszelkiej potrzebnej ostrożności może nawet do $0,05\text{‰}$, jeżeli się uwzględni poprawki poszczególnych oporów, wchodzących w skład przyrządów. Granica dokładności jest przede wszystkim dana niezupełnie określoną temperaturą oporów.

Jeżeli chodzi o sposób wykonania opornic, to znacznie wygodniejszymi w stosowaniu są opornice korbkowe i niesłuszne jest zdanie niektórych autorów, że należy uważać opornice kołkowe za dokładniejsze. Przy aparatach kompensacyjnych zresztą wchodzi w rachubę tylko opornice korbkowe.

Dokładność pomiarów napięcia i natężenia prądu zapomocą precyzyjnych aparatów kompensacyjnych jest niewiele więcej ta sama co pomiaru oporów. Jest ona zależna prócz dokładności oporów kompensatora od dokładności, z którą jest znana siła elektromotoryczna zastosowanego ogniwa normalnego.

Do precyzyjnych pomiarów prądu zmiennego zaliczają się przede wszystkim badania transformatorów mierniczych, wykonywane metodą kompensacyjną. Ze znanych metod wchodzi w pierwszy rzędzie w rachubę metoda Schering-Alberti, która pozwala na osiągnięcie dokładności niewiele więcej $0,1\%$ przy pomiarze uchybień prądowych i napięciowych, i paru minut przy pomiarach uchybień kąto-
wego; pomiary względne dają się wykonać z jeszcze nieco większą dokładnością. Dokładność pomiaru napięć zapomocą metody kompensacyjnej zależy przy prądzie zmiennym przede wszystkim od dokładności przyrządu, służącego do określania natężenia prądu pomocniczego. W tym względzie należy dążyć do dalszych udoskonaleń aparatury. W każdym razie dają się obecnie osiągnąć dokładności niewiele więcej $0,5$ do 1‰ przy pomiarze napięć i jednego stopnia przy pomiarze rozsuwu faz między dwoma napięciami²⁰⁾.

Poza pomiarami oporu najczęściej spotykane pomiarami technicznymi są pomiary natężenia prądu, napięcia, mocy i pracy. Do pomiaru trzech pierwszych wielkości stosuje się normalnie przyrządy wskazówkowe, do pomiaru pracy — liczniki. Precyzyjne przyrządy wskazówkowe, zwane zazwyczaj laboratoryjnymi, umożliwiają przy odpowiednich warunkach pomiar z dokładnością do $0,2$, w najlepszym przypadku do $0,1\%$. Przy zastosowaniu specjalnych środków ostrożności i sprzyjających warunkach daje się osiągnąć dokładność $0,05\%$. Już dla uzyskania choćby dokładności $0,2\%$ konieczne jest uwzględnienie poprawek przyrządów. W każdym razie wzrasta względna dokładność pomiaru z wielkością odczytu i dlatego należy przy wykonywaniu dokładnych pomiarów do-

bierać zakres przyrządu tak, żeby odchylenia przyrządu były możliwie duże. Podane wyżej osiągalne dokładności odnoszą się do wypadków, kiedy odchylenie wynosi conajmniej $2/3$ maksymalnego odchylenia.

Nieco większą dokładność, niż przy pomocy przyrządów wskazówkowych, daje się osiągnąć przy pomocy przyrządów torsyjnych. Przyrządy te są używane głównie jako watomierze do specjalnych celów. Na tem miejscu warto również wspomnieć o opracowanym niedawno w Bureau of Standards przyrządzie na prąd zmienny, który jest poniekąd kombinacją przyrządu zerowego i odchyłowego i który pozwala na osiąganie znacznie większych dokładności pomiaru, niż przyrządy wskazówkowe²¹⁾.

Określenie poprawek oporów, przyrządów wskazówkowych i t. p. powinno być wykonywane w niedługich odstępach czasu.

Przy oporach precyzyjnych, naogół bardzo niezmiennych, o ile są używane w należyty sposób, można się przede wszystkim spodziewać większych zmian w krótkim czasie po ich wykończeniu. Jako odstęp czasu, w których powinno się w dobrze urządzonym laboratorium opory precyzyjne sprawdzać lub oddawać do sprawdzania, można podać niewiele więcej następujące. Wszelkiego rodzaju nowe opory sprawdza się natychmiast po dostarczeniu przez wytwórnę, oraz po upływie niewiele więcej jednego roku. Opory normalne powinno się następnie sprawdzać conajmniej co dwa lata, a o ile chodzi o właściwe wzorce, z którymi się prównuje inne normalne opory, to należy je sprawdzać conajmniej co rok, wykonując i w międzyczasie stałe pewne pomiary kontrolne. Inne precyzyjne opory wystarczy naogół sprawdzać po upływie pierwszego roku w odstępach trzech, ewentualnie nawet do pięciu lat.

Przyrządy wskazówkowe, będące stale w użyciu przy pomiarach dokładnych, należy sprawdzać conajmniej co trzy miesiące, lepiej nawet co miesiąc. O ile chodzi o osiągnięcie maksymalnej możliwej dokładności, należy określić poprawkę przyrządu przed i po pomiarze w warunkach możliwie zbliżonych do warunków, które zachodziły przy pomiarze. Nader ważnym jest uwzględnienie okoliczności, że przyrządy wskazówkowe są zawsze stosunkowo wrażliwe na wstrząsy, i że poprawki ich przy przesyłaniu frachtowem, a tembardziej pocztą zazwyczaj się zmieniają. Z tego powodu tabele korekcyj, dodawane przez niektóre firmy, do nowodostarczonych przyrządów, są prawie bezwartościowe, chyba że chodzi o większe korekcje; te ostatnie nie powinny zresztą wogóle zachodzić przy nowodostarczonych, faktycznie precyzyjnych przyrządach. Autor niniejszego artykułu nigdy nie robi użytku z tego rodzaju tabel poprawek. Przyrząd powinien być możliwie sprawdzany w laboratorium, w którym jest używany, a jeżeli to jest niemożliwe, to przewożony do sprawdzania i z powrotem tak, żeby w miarę możliwości nie doznał większych wstrząsów. Odpowiednie środki ostrożności należy również zachować przy transporcie przyrządów, o ile są używane poza laboratorium. Przy tej sposobno-

²⁰⁾ Patrz Krukowski „Der Wechselstromkompensator“, Berlin 1920. (Springer) p. 41 i 44.

²¹⁾ F. B. Silsbee, Composite — Coil Electrodynamic Instruments Bur. Stand. J. Res. Vol. 8, 1932, p. 217.

ści warto jeszcze nadmienić, że przy próbach odbiorczych maszyn i innych podobnych pomiarach oczywiście nigdy nie dadzą się osiągnąć wyżej podane maksymalne dokładności. Z tego powodu powinno się przy przyrządach, przeznaczonych do podobnych celów, kłaść nacisk nietylko na najwyższą dokładność, w danym wypadku często zupełnie problematyczną, jak przedewszystkiem na pewność, t. zn. niezbyt dużą wrażliwość na wstrząsy, zewnętrzne pola magnetyczne, zmiany temperatury otoczenia i t. p. Jest oczywiście pożądanym, żeby i przyrządy, przeznaczone do dokładnych pomiarów laboratoryjnych, odpowiadały tym warunkom, ale nie jest to tak konieczne, jak w przyrządach, używanych do pomiarów ruchowych.

Ważnym jest również uświadomić sobie, jak należy rozumieć dane, dotyczące dokładności przyrządów, podawane w katalogach firm, wzgl. gwarantowane przez firmy lub ustalone przez jakiegokolwiek przepisy. Jeżeli nie jest inaczej wyraźnie zaznaczone, to należy taką dokładność zawsze rozumieć w tym sensie, że jest ona, a właściwie dokładność pomiaru wykonanego przyrządem, osiągalna bez zastosowania jakichkolwiek poprawek. Z tego powodu tak podana dokładność musi być oczywiście mniejsza, niż możliwa do osiągnięcia przy zastosowaniu korekcyi. O ile jednak przy przyrządach mniej skomplikowanych i mechanicznie odpornych, jak na przykład przyrządach do pomiaru długości i kątów, odważnikach, poczęści nawet zegarach, oporach, cewkach indukcyjnych, kondensatorach i t. p. przy odpowiednio ostrożnym i należytem użyciu przyrządu mogą być utrzymane jego uchybienia, a tem samem gwarantowana wzgl. przepisana dokładność przez bardzo długi czas, o tyle w elektrycznych przyrządach wskazówkowych są warunki znacznie niekorzystniejsze, i gwarantowane lub przepisane dokładności należy uważać tylko jako te, które mają być dotrzymane przy odbiorze nowego przyrządu. Autor nie twierdzi oczywiście, że elektryczne przyrządy wskazówkowe dobrej konstrukcyi, przy których użyciu są zachowywane odpowiednie środki ostrożności, nie mogą przez długi czas zachować prawie niezmienną dokładności.

Uchybienie δ przyrządu ze skalą może być wyrażone wzorem następującego kształtu:

$$\delta = \delta_0 + \varphi(\gamma) + \psi(\alpha)$$

Wielkość δ_0 jest to pewna wielkość niezależna od wielkości odczytu α np. odchylenia wskazówki przyrządu wskazówkowego. Wielkość δ_0 zależy od rodzaju przyrządu, jego wykonania i t. p. i jest uwarunkowana między innymi grubością kreski skali, wykonaniem indeksu (np. wskazówki), możliwą wielkością paralaksy, w przyrządach wskazówkowych tarciami w łożyskach i t. p. Funkcja odczytu (np. odchylenia) $\varphi(\alpha)$ wyraża błąd właściwej skali t. z. przesunięcie poszczególnych kreski skali w stosunku do miejsca, na którym miałyby się one znajdować przy idealnie wzorcowanym przyrządzie. Funkcja $\varphi(\alpha)$ ma naogół przebieg zupełnie dowolny, nie dający się określić jakimś wzorem matematycznym. Funkcja $\psi(\alpha)$ jest dana przez jakąś mniej lub więcej określoną zależność jednej części uchybienia od wielkości odczytu. W wielu wypadkach w przyrządach wskazówkowych $\psi(\alpha) = c \cdot \alpha$, t. zn. jest proporcjonalna do odchy-

lenia. To ma na przykład wtedy miejsce, gdy opór dodatkowy albo bocznik ma niezupełnie prawidłową wielkość oporu²²⁾. To samo zachodzi również naskutek nienależytej wielkości momentu zwrotnego i t. p. W wielu wypadkach jednak przebieg funkcji $\psi(\alpha)$ jest bardziej skomplikowany. Przebieg ten może być np. zbliżony do kwadratowego, jeżeli zachodzą zmiany oporów wskutek nagrzewania się ich przez prąd. Dokładna, a często nawet tylko przybliżona analiza poszczególnych składowych błędów nie jest możliwa, i zaliczenie jakichś wielkości błędów do jednej lub drugiej kategorii, ustalonej przez powyższy wzór, jest mniej lub więcej dowolne.

Szczególnie duże znaczenie praktyczne ma oczywiście dokładność liczników energii elektrycznej, gdyż od tej dokładności zależą wpływy elektrowni. Ze stosowanych dzisiaj typów liczników mają największą dokładność indukcyjne liczniki jednofazowe i mniej więcej taką samą liczniki trójfazowe. Liczniki takie dają się tak wyregulować, że w granicach między 1/10 nominalnego obciążenia i obciążeniem nominalnym oraz niezbyt małych współczynnikach mocy błędy nie przekraczają $\pm 1\%$, ale również przy obciążeniach mniejszych i większych niż leżące w powyższych granicach błędy są jeszcze bardzo małe. Należy jednak uwzględnić, że ta duża dokładność może być praktycznie tylko wtedy wykorzystana, jeżeli może być utrzymana przy wszystkich temperaturach otoczenia, przy których licznik pracuje. Z tego powodu zaopatruje się dziś pierwszorzędne liczniki indukcyjne w specjalną kompensację temperatury. Uwzględniwszy, że liczniki mają dużą dokładność nawet przy bardzo małych obciążeniach, przychodzimy do wniosku, że są one jednymi z najbardziej dokładnych technicznych przyrządów elektrycznych wogóle. Liczniki na prąd stały są naogół mniej dokładne, niż liczniki indukcyjne; wyjątek stanowią liczniki elektrolityczne, o ile mierzoną ma być ilość elektryczności, a nie energia.

Bardzo wielkie znaczenie mają obecnie transformatory miernicze. Duża dokładność ich jest pożądana przedewszystkiem wtedy, kiedy do nich są przyłączone liczniki energii elektrycznej, służące do rozrachunku. Technika transformatorów mierniczych, w szczególności prądowych, zrobiła w ostatnich czasach bardzo duże postępy (zastosowanie specjalnych stopów żelaza i t. p.) i można twierdzić, że współczesne transformatory miernicze pod względem dokładności, jak również pewności ruchu, prawie nic nie pozostawiają do życzenia. Wpływ przeciętnych dobrych transformatorów mierniczych, np. transformatorów takiej dokładności, jaka jest wymagana w stosunku do transformatorów dopuszczalnych przez Główny Urząd Miar do legalizacji w Polsce, na dokładność pomiarów mocy albo energii nie przekracza w normalnych warunkach pracy $\pm 1\%$, a jeżeli uchybienia transformatorów są uwzględnione przy wzorcowaniu

²²⁾ O ile $\psi(\alpha)$ jest spowodowane temi przyczynami, to przy przyrządach z kilkoma zakresami można określić poprawki przy różnych zakresach, znając poprawki przy jednym zakresie i jedną (lepiej kilka) poprawkę przy każdym innym zakresie. Na tej podstawie jest oparte skonstruowanie swego czasu przez autora urządzenie do obliczania korekcyi (patrz patent niemiecki Nr. 294505 z dnia 6.11. 1915).

przyrządów, to wpływ ten jest jeszcze mniejszy. Przykładem tego, jak dokładne transformatory miernicze są dziś budowane, są np. normalne transformatory prądowe, których uchybienie prądowe nie przekracza w warunkach, dla których są przeznaczone $\pm 0,03\%$, a uchybienie kątowe $\pm 2'$.

W związku z omawianiem osiągalnej przy pomiarach dokładności zdaje się koniecznym zwrócić uwagę na zupełnie elementarny błąd, popełniany jednak nawet bardzo często, mianowicie na nierozróżnianie pojęć dokładności i czułości przyrządu albo metody pomiarowej. Często spotykamy się z zupełnie mylnym zdaniem, że czuły przyrząd, np. czuły galwanometr, jest zarazem przyrządem dokładnym. O ile chodzi o sam przyrząd, to zazwyczaj właśnie przyrządy czułe przeważnie nie są i nie potrzebują nawet być dokładne. O ile natomiast chodzi o metodę pomiarową, przedewszystkiem o metodę zerową, to czułość zastosowanego przyrządu, na przykład galwanometru, jest w najlepszym razie tylko jedną z wielkości, od której zależy dokładność pomiaru. Jeżeli na przykład zostanie wykonany pomiar oporu mostkiem Wheatstone'a, którego poszczególne opory mają dokładność $0,2\%$, to nawet gdyby czułość zastosowanego galwanometru pozwalała na odczytanie rezultatu ze znacznie większą dokładnością, t. zn., że galwanometr reagowałby na mniejsze względne zmiany oporu porównawczego, niż $0,2\%$, to przez to dokładność pomiaru nie mogłaby być zwiększona. Charakterystyczny przykład nieodróżniania pojęcia czułości od dokładności znajdujemy np. w pewnej niedawno ogłoszonej pracy z dziedziny ciepła, gdzie autor tej pracy oblicza dokładność „bezwzględna” pomiaru temperatury na podstawie czułości galwanometru lusterkowego, który był użyty jako przyrząd zerowy przy pomiarze siły elektromotorycznej termoelementu metodą kompensacyjną w układzie Lindecka. Oczywiście jest, że dokładność pomiaru siły elektromotorycznej zależna była w danym wypadku nie od czułości galwanometru, lecz od dokładności pomiaru natężenia prądu kompensacyjnego, który był mierzony jakimś miliamperomierzem, co do którego w pracy nie znajdujemy żadnych bliższych danych i można nawet przypuszczać, że przy pomiarach nie były uwzględniane poprawki tego przyrządu. W wymienionej pracy można znaleźć jeszcze cały szereg nader charakterystycznych przykładów, jakie zasadnicze i zupełnie niedopuszczalne błędy z punktu widzenia techniki pomiarowej są często popełniane w pracach, które pretendują do miana prac naukowych. Podobnych przykładów, jak wyżej przytoczony, możnaby wymienić bardzo wiele. Dokładność pomiaru przy metodzie zerowej byłaby uwarunkowana czułością przyrządu zerowego tylko wtedy, jeżeliby zastosowany przyrząd był za mało czuły; zazwyczaj jest jednak odwrotnie.

Wreszcie warto może jeszcze poświęcić przynajmniej parę słów temu, z jaką dokładnością powinno się w ogóle wykonywać pomiary. O ile przy ustaleniu wielkości wzorców i temu podobnych pomiarach podstawowych w wielu, ale także nie we wszystkich wypadkach, należy dążyć do osiągnięcia najwyższej dokładności, o tyle w większości innych wypadków jako należyłą dokładność należy uważać taką, która odpowiada celowi pomiarów.

Bynajmniej nie jest dowodem umiejętności wykonania pomiaru, jeżeli pomiar jest wykonany z dokładnością w danym wypadku zupełnie bezcelową.

Należy odróżniać dokładność potrzebną t. zw. właściwą, dokładność osiągalną i dokładność faktyczną osiągniętą. Zastosowana metoda pomiaru powinna pozwalać co najmniej na osiągnięcie dokładności właściwej, a osiągnięta dokładność nie powinna być mniejsza, niż dokładność właściwa. Jeżeli zachodzi możliwość wykonania jakiegoś pomiaru zapomocą różnych metod, to najodpowiedniejszą jest najprostsza metoda, która najszybciej pozwala osiągnąć potrzebną dokładność. W wielu wypadkach nawet metoda w zasadzie mniej dokładna daje ostateczny rezultat dokładniejszy, jeżeli warunki pomiarów są zmienne i szybkie wykonanie pomiaru tem samym powiększa dokładność. W bardzo wielu wypadkach prowadzi zastosowanie nieodpowiedniej metody do wyników, których dokładność przez podanie dużej ilości (znaczących) miejsc w rezultacie wydaje się wielką, podczas gdy w rzeczywistości rezultat jest zupełnie bezwartościowy, gdyż przy pomiarze nie zostały uwzględnione wszystkie czynniki, które należało uwzględnić. Przedewszystkiem należy dbać o to, żeby przy skomplikowanych pomiarach wszystkie mierzone wielkości były określane z należyłą dokładnością. Zupełnie błędem jest mierzenie poszczególnych wielkości z dokładnością, która nie uwzględnia wpływu tej dokładności na dokładność ostatecznego wyniku. Często identyfikuje się zupełnie nieustannie dokładność odczytu przyrządu z dokładnością pomiaru, wykonanego tym przyrządem. Błąd ten jest zupełnie analogiczny z pomieszaniem pojęć: dokładność i czułość.

Jeszcze więcej należy się dziwić, jak często niesłusznie ocenia się dokładność wyniku według dokładności obliczenia rezultatu i nie uwzględnia się, że dokładne obliczenie nie może zmniejszyć błędów, popełnionych przy pomiarze. Przykładów takich możnaby przytoczyć bardzo dużo; wystarczy może ograniczyć się do jednego, ale nader charakterystycznego, na jaki autor niedawno się natknął.

Chodziło o decyzję, czy uchybienia pewnego licznika magnetomotorycznego, t. zn. przyrządu w ogóle, a w szczególności przy małych obciążeniach niezbyt pewnego, nie przekraczają przy $1/10$ nominalnego obciążenia granicy 6% , która miała być dopuszczona. Obliczenie, wykonane z dostateczną w danym wypadku dokładnością, dało wynik $6,0\%$. Kontrolne obliczenie dało „dokładniejszy” wynik $6,05\%$, na zasadzie którego zostało zdecydowane, że dopuszczony błąd został przekroczony. Oczywiście jest, że takie postawienie kwestji jest zupełnie nieprawidłowe. W danym wypadku przy uwzględnieniu rzeczywistej dokładności pomiaru i zmienności wskazań licznika wystarczyłoby w zupełności zaokrąglenie wartości błędu podanego do $0,5\%$, a chcąc mieć pewność, że błąd nie przekracza wielkości dopuszczonej, należałoby raczej wyregulować licznik tak, żeby pomiar nie wykazał większego błędu, niż $5,5\%$. Jeżeli natomiast uważało się za możliwe dopuszczenie nieco większego błędu, to wszelka dyskusja nad tem, czy wynosi on $6,0$ czy $6,1$, nie mówiąc już o $6,05\%$, jest dowodem niezrozumienia faktycznego stanu rzeczy.

Jaka dokładność w różnych przypadkach jest właściwa, nie może być oczywiście na tem miejscu omawiane. W każdym razie jest jednak pożytecznym zwrócić uwagę na to, że zachodzi zasadnicza różnica między pomiarem jakiejś wielkości zupełnie określonej, naprzykład wielkości wzorca oporu, i pomiarem własności jakiegoś materiału, naprzykład oporu właściwego stopu czy nawet czystego metalu. O ile nie chodzi o określenie własności zupełnie określonej próbki, mającej specjalne znaczenie, to określenie takiej własności z dużą dokładnością jest zazwyczaj zupełnie bezcelowe i podanie dokładnego rezultatu pomiaru wykonanego na określonej próbce jako wartości, mającej ogólne znaczenie, jest tylko wprowadzeniem w błąd, gdyż nasuwa przypuszczenie, że dany materiał jest dokładnie zdefiniowany, co zachodzi tylko przy zupełnie niewielu ciałach, których własności chemiczne i fizyczne są w wysokim stopniu niezmiennicze. Pod tym względem wartości, podawane w różnego rodzaju tablicach, często nie mają praktycz-

nie żadnego znaczenia. Autorzy tablic powinni pod tym względem być więcej krytycznymi, niż to naogół ma miejsce. Należałoby dążyć do podawania w tablicach granic, w których dana wielkość normalnie się mieści, albo średniej wartości, z podaniem normalnie spotykanych odchyłeń od niej.

Na zakończenie autor chciałby podkreślić, że ogólna tendencja przy pomiarach technicznych idzie dzisiaj w kierunku budowy takich przyrządów i stosowania takich metod, żeby potrzebna dokładność pomiarów mogła być osiągnięta w możliwie prosty i pewny sposób, bez wprowadzania jakichkolwiek poprawek i t. p.

Jednakowoż, szczególnie przy pomiarach o charakterze naukowo-badawczym, jest w każdym wypadku nieodzownie potrzebne zastanowienie się nad wszystkim, co jest związane z dokładnością samych pomiarów i obliczaniem rezultatów, gdyż bez tego nie można osiągnąć wyników, mających faktycznie znaczenie praktyczne i naukowe.

O PRAWIDŁOWOŚCI DZIAŁANIA METODY PROSTOWNIKOWEJ POMIARU WYSOKIEGO NAPIĘCIA

Prof. K. Drewnowski i inż. J. L. Jakubowski.

Politechnika Warszawska

Obsah. Metoda usměrňovačů (zv. také metodou Haefelyho) jen tenkrát převyšuje jiné metody pro měření amplitudy vn, kdy křivka tohoto napětí má pouze dva maxima pro kmit. Více nežli dva extremy dostáváme bud v případě magnetických sdružení v napajecích obvodech transformátoru va nebo v případě různého druhu výbojů v měřeném obvodu neb na zkoumaném předmětu. Autoři podávají oscilografické snímky obdobných případů a poukazují na odchylky proti udané deformaci. Z měření vyplývá, že není možno měřiti touto metodou, kdy se vyskytují silné okrajové výboje, na př. na průchodních izolátorech pro vyšší napětí.

Streszczenie. Metoda prostownikowa (t. zw. metoda Haefely'ego) posiada tylko wtedy wyższość nad innymi metodami pomiaru amplitudy wysokiego napięcia, gdy krzywa tego napięcia wykazuje tylko 2 ekstrema w ciągu okresu. Większa liczba ekstremów krzywej może powstać bądź wskutek sprzężeń magnetycznych w obwodach zasilających transformator wysokiego napięcia, bądź skutkiem różnego rodzaju wyładowań w obwodzie pomiarowym i na obiekcie badanym. Autorowie podają oscylograficzne zdjęcia takich przypadków oraz wskazują na środki zaradcze przeciw omawianym odkształceniom. Z pomiarów wynika, że tylko przy występowaniu silnych iskierek ślizgowych, np. na izolatorach przepustowych wyższych napięć, nie można przeprowadzać pomiaru napięcia metodą prostownikową.

1. Cel pracy.

W dobrze zorganizowanych laboratorjach przemysłowych, np. przy wytwórniach aparatów wysokiego napięcia, jest rzeczą wielkiej wagi dokładny pomiar wysokich napięć tam stosowanych. Iskierniki pomiarowe, używane do tego celu, wymagają dużej staranności przy posługiwaniu się nimi i nie pozwalają na ciągły pomiar napięcia podczas pracy. Z tych względów nadaje się tutaj

szczególnie metoda prostownikowa. Posiada ona jednak pewne niedogodności, które mogą się stać źródłem poważnych uchybów pomiaru. Zalety wszakże tej metody są tak duże, że zasługuje ona na szerokie stosowanie w praktyce, przy zachowaniu oczywiście niezbędnych ostrożności zarówno przy jej zestawianiu, jak i przy posługiwaniu się nią.

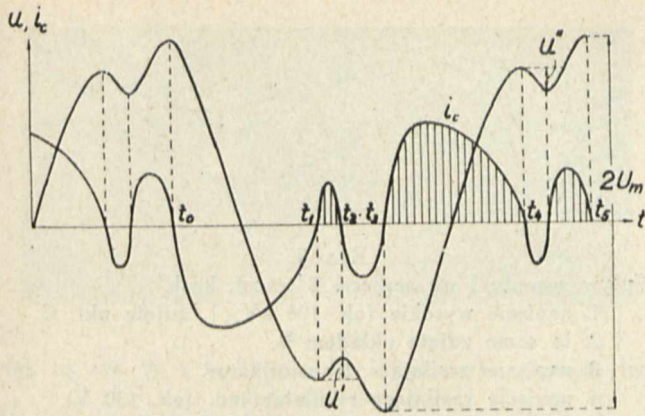
Wobec powstawania w Polsce laboratorjów fabrycznych sprawa ta jest dla nas aktualna. Tem tłumaczy się uwaga, jaką na nią zwraca od paru lat Zakład Miernictwa Elektrotechnicznego i Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej. W jednej z ostatnich publikacji Zakładu [1] omówiono obszernie tę metodę i wskazano na znany fakt istnienia uchybów pomiaru, wywołanych specjalnym kształtem krzywej badanego napięcia, jako na jedyną ujemną stronę metody, której — jak dotąd — nie można usunąć. W innej pracy [2] przeprowadzono analityczne rozważania nad dokładnością metody i podano sposób wyznaczania jej uchybu granicznego. Praca niniejsza jest uzupełnieniem poprzedniej z punktu widzenia praktycznego stosowania metody prostownikowej w laboratorjach przemysłowych, czem — o ile nam wiadomo — mało naogół się jeszcze zajmowano.

Metoda prostownikowa (rys. 2 układ A, oraz rys. 3) wyzyskuje, jak wiadomo, zależność średniej wartości wyprostowanego prądu kondensatora wysokiego napięcia od wartości maksymalnej tego napięcia:

$$I = 2fCU_m \dots \dots \dots (1)$$

I — prąd w A, f — częstotliwość w p/sek., C — pojemność w F, U_m — amplituda mierzonego napięcia w V.

Gdy krzywa mierzonego napięcia posiada więcej, niż 2 ekstrema w ciągu okresu (rys. 1) (krzywa



Rys. 1.

Wielowierzchołkowa krzywa napięcia:

u napięcie mierzone o amplitudzie U_m ; i_c prąd pojemnościowy.

„wielowierzchołkowa”), I nie jest proporcjonalne do U_m , lecz do $U_m + \frac{u' + u'' + \dots}{2}$ [1]. Wtedy

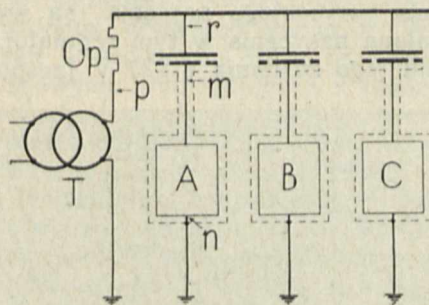
$$I = 2fC \left[U_m + \frac{u' + u'' + \dots}{2} \right] \quad (2)$$

W tym przypadku z odczytu I nie możemy określić U_m , gdyż, nie znając kształtu krzywej, nie wiemy, jaka jest wielkość $\frac{u' + u'' + \dots}{2}$. Obliczając zaś U_m

ze wzoru (1) w przypadku, gdy powinno się zastosować wzór (2), otrzymamy wielkość U_m za dużą. Przy próbie odbiorczej w laboratorium fabrycznym stwarza to warunki próby za korzystne. W takim przypadku przedmioty, poddane próbie napięciowej, wykażą większe napięcia przeskoku, lub przebicia, będą więc pozornie lepsze, podczas gdy w rzeczywistości stosowano do nich napięcie mniejsze, niż obliczone ze wskazania przyrządu pomiarowego i wzoru (1). Przypadek taki może być nawet uzyskany sztucznie (p. niżej).

Stwierdzenie istnienia krzywych wielowierzchołkowych jest trudne bez specjalnych, kosztownych przyrządów, nieposiadanych zwykle przez laboratorja przemysłowe, jak oscylograf katodowy, oscylograf pętlicowy do wysokich napięć [7], lub metoda prostownikowa z komutatorem wirującym [4].

Celem niniejszej pracy jest zbadanie przyczyn powstawania szkodliwych odkształceń krzywych



Rys. 2.

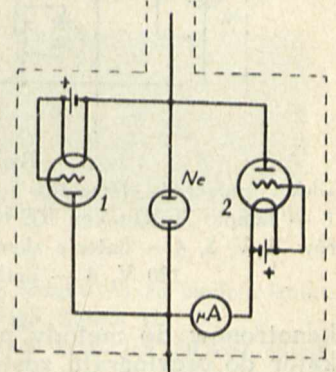
Układ połączeń przyrządów, użytych do pomiaru i oscylografowania wysokiego napięcia.

T — transformator wysokiego napięcia, Op — opornik wodny (1 Ω /1 V największego napięcia transformatora), A — układ kenotronów metody prostownikowej, B — układ elementów członu kompensującego napięcie automatycznie, C — układ elementów wzmacniacza lampowego.

wysokiego napięcia oraz wskazanie, jak można je stwierdzić i usunąć bez posługiwania się przyrządami specjalnymi, wyżej wymienionymi.

2. Układ pomiarowy.

Schemat układu pomiarowego przedstawia rys. 2. Mierzone wysokie napięcie było wytwarzane przez transformatory probiercze powietrzne typu Haefely'ego, łączone pojedynczo (220/120 000 V) lub trzy w kaskadę (220/300 000 V). Energię czerpano z sieci Elektrowni Warszawskiej 5000 V przy pomocy zespołu zasilającego I lub II. Zespół I składał się z transformatora olejowego 3-fazowego 5000/127 V, 25 kVA, z którego wykorzystano 1 fazę niskiego napięcia, oraz regulatora induk-

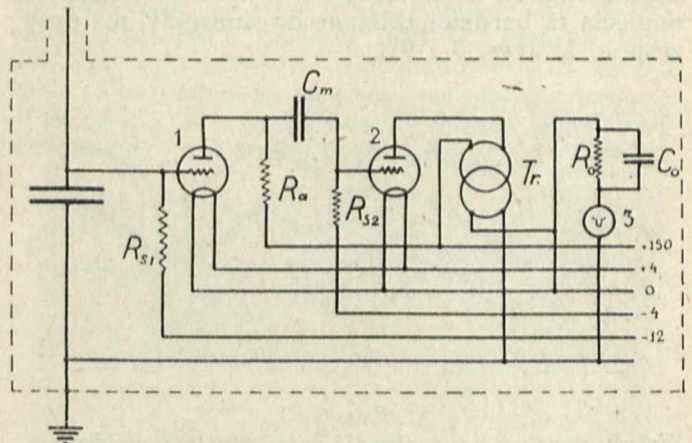


Rys. 3.

Układ połączeń kenotronów metody prostownikowej. 1, 2 — lampy „Philips B.409”, Ne — lampka świetlająca ochronna, μA — mikroamperomierz firmy Hartmann i Braun ($1^\circ = 0,88 \mu A$).

cyjnego obrotowego 220 V/0-220 V. Zespół II składał się z 1 do 3 transformatorów powietrznych jednofazowych 5000/220 V po 5 kVA, połączonych równolegle, i z tego samego regulatora indukcyjnego, co w zespole I.

Jako właściwe układy pomiarowe służyły: 1. Układ metody prostownikowej do pomiaru wartości maksymalnej wysokiego napięcia (rys. 2A, oraz rys. 3). 2. Układ metody automatycznej kompensacji (rys. 2B, oraz rys. 4) przy zastosowaniu przyrządu Dr. S. Dunikowskiego [8] do pomiaru wartości maksymalnej i skutecznej oraz do oscylografowania wy-



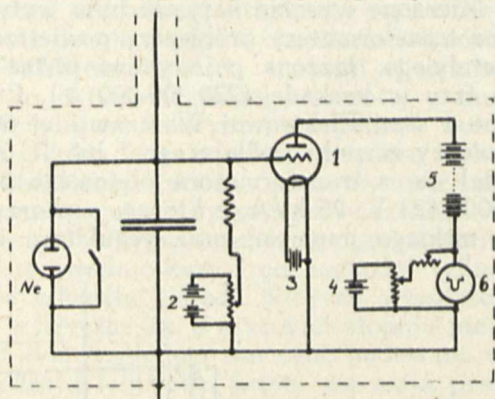
Rys. 4.

Układ połączeń elementów metody kompensacji automatycznej w zastosowaniu do oscylografowania wysokich napięć.

1 — lampka „Philips B.443”, 2 — lampka „Philips B.409”, 3 — pętlica oscylografu, R_{s1} , R_{s2} — oporniki 5 M Ω , R_a — opornik 13500 Ω , R_0 — opornik 4000 Ω , Tr — transformator 1:1, C_m i C_0 — kondensatory 11000 μF .

sokich napięć. 3. Układ amplifikacyjny z dzielnikiem pojemnościowym (rys. 2C i rys. 5) do oscylografowania wysokich napięć.

Układy 1 i 3 posługiwały się dzielnikiem, którego człon wysokiego napięcia stanowił ten sam kondensator płytowy, zaprojektowany przez inż. J. L. Jakubowskiego i opisany w pracy [1]. Układ



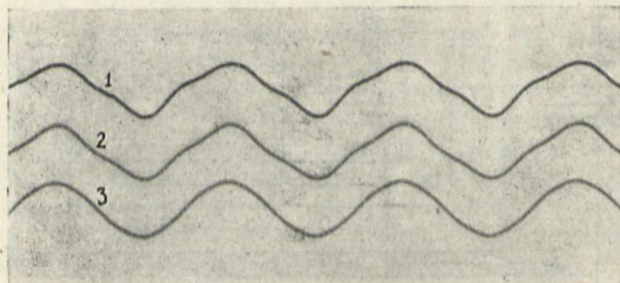
Rys. 5.

Układ połączeń elementów wzmacniacza do oscylografu. 1 — lampka „Telefunken RE 604”, 2 — bateria akumulatorów 20 V, 3, 4 — baterie akum. 4 V, 5 — bateria anodowa 180 V, 6 — pętlica oscylografu.

kenotronów do metody prostownikowej i amplifikator do oscylografu zostały ostatnio wykonane w Zakładzie M. E. i W. N. w postaci technicznych przyrządów przenośnych, mających służyć do normalnych prac w Zakładzie. Przy projektowaniu ich współpracował p. T. Schwartz¹⁾, który oprócz wykonania projektu konstrukcyjnego zmontował własnoręcznie wnętrza obu aparatów. Oscylograf użyty był firmy Siemens i Halske z pętlami do 5 i do 100 mA.

3. Odształcenia krzywych wysokiego napięcia wskutek sprzężeń magnetycznych.

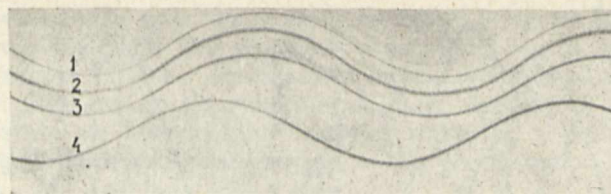
Oscylogramy wysokiego napięcia zdjęte podczas powyższej pracy²⁾ wykazują, że przy stosowaniu zespołu zasilającego I (rys. 6 i 7) krzywe napięcia są bardziej zbliżone do sinusoidy, niż przy zespole II (rys. 8 i 9).



Rys. 6.

Wpływ zespołu I na napięcie 1 transformatora probiercz.

1. napięcie wysokie (ok. 75 kV_{sk}), zdjęte ukł. C.
2. napięcie zasilające transformator.
3. napięcie zasilające regulator indukcyjny (ok. 130 V).

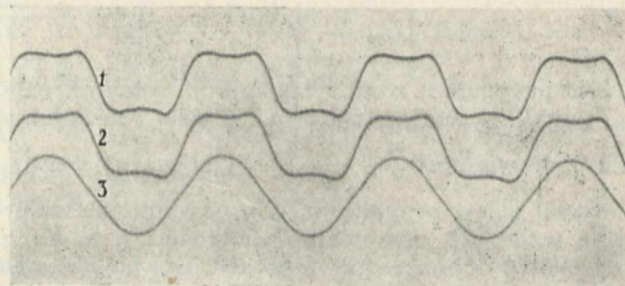


Rys. 7.

Wpływ zespołu I na napięcie 3 transf. kask.

1. napięcie wysokie (ok. 100 kV_{sk}), zdjęte ukł. C.
2. to samo zdjęte układem B.
3. napięcie zasilające transformator.
4. napięcie zasilające regulator ind. (ok. 130 V).

Krzywe z rys. 6 i 7 posiadają tylko dwa ekstremum w ciągu okresu, można zatem stosować metodę prostownikową do pomiaru ich amplitudy. Dla przypadku z rys. 7 (potrójna kaskada) wysokie napięcie było rozłożone na 3 obwody magnetyczne, dzięki czemu nasycenia magnetyczne były



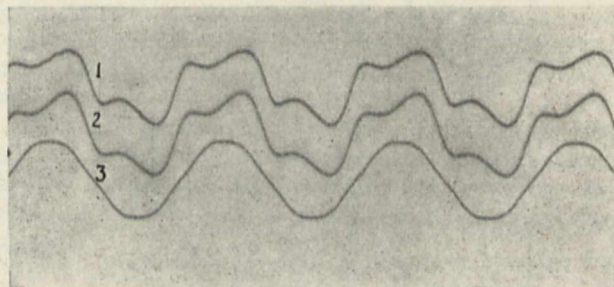
Rys. 8.

Wpływ zespołu II na napięcie 2 transf. równoległ.

1. napięcie wysokie 1 transf. (ok. 10 kV_{sk}), zdjęte układem C.
2. napięcie zasilające transformator.
3. napięcie zasilające regulator ind. (ok. 220 V).

niewielkie, a napięcie bardzo mało odształcone. Przeciwnie było w przypadku z rys. 6, gdzie prawie to samo wysokie napięcie, co na rys. 7, przypadało na jeden tylko transformator.

Krzywa z rys. 8 pokazuje, jak daleko mogą zejść odształcenia, wywołane sprzężeniami magnetycznymi. Ponieważ tutaj, podobnie, jak przy korzystaniu z zespołu I, napięcie zasilające regulator indukcyjny jest sinusoidalne (p. rys. 6 do 9), odształcenia wysokiego napięcia są wywołane głównie zmianą nasycenia w tym regulatorze przy przełączeniu jego zasilania z 127 V (zespół I) na



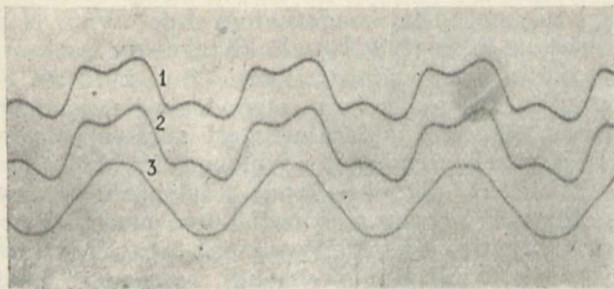
Rys. 9a.

Wpływ zespołu II na napięcie 1 trans. prob.

1. napięcie wysokie (ok. 100 kV_{sk}), zdjęte układem C.
2. napięcie zasil. transf.
3. napięcie zasil. regul. ind. (ok. 220 V).

¹⁾ Praca dyplomowa na Wydz. Elektr. P. W. 1932-33.

²⁾ Oscylogramy na rys. 6, 8, 9, 11 zostały zdjęte przez dypl. T. Schwartza, na rys. 7 i 10 przez inż. W. Rybczyńskiego (praca dypl. 1932 r.).



Rys. 9b.

Jak na rys. 9a z tą różnicą, że krzywa wys. napięcia jest zdjęta układem B.

(Porównanie rys. 9a i 9b wskazuje na prawidłową pracę metod B i C).

220 V (zespół II). Odkształcenia takie mogą postępować tak daleko, że amplitudy krzywej wysokiego napięcia nie można mierzyć metodą prostownikową (rys. 9, krzywa z 6 ekstremami w ciągu okresu).

Podjęcie teoretyczne do zagadnienia kilku (tutaj 4) obwodów sprzężonych magnetycznie, będących w innych stanach nasycenia, jest bardzo trudne³⁾, a rozumowania przeprowadzone dla omawianego szczególnego przypadku nie miałyby znaczenia ogólnego. Dlatego ograniczamy się tylko do stwierdzenia doświadczalnie faktu: Skutkiem zastosowania dużej liczby, zwłaszcza silnie nasyconych obwodów magnetycznych w układzie zasilającym transformatorów probierczych, a przede wszystkim wskutek stosowania nieodpowiednich regulatorów indukcyjnych mogą powstać wielowierzchołkowe krzywe wysokiego napięcia, które nie pozwalają na stosowanie metody prostownikowej do pomiaru amplitudy wysokiego napięcia.

4. Odkształcenia krzywej napięcia, wywołane wyladowaniami.

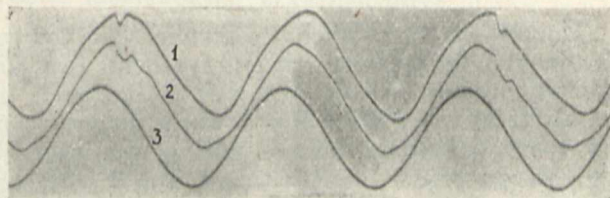
Jakkolwiek wpływ dużej liczby ekstremów krzywej wysokiego napięcia na wskazania metody prostownikowej jest znany oddawna, nie znajdujemy w literaturze zwrócenia uwagi na wpływ na wskazania metody prostownikowej odkształceń napięcia, wywołanych wyladowaniami na obiekcie badanym. Idzie tu zwłaszcza o wyladowania powierzchniowe, które szczególnie silnie występują przy próbie na przeskok izolatorów przepustowych wysokiego napięcia. Pomiaru wykonane ostatnio w Laboratorium Wysokich Napięć P. W. wykazały, że jeśli wyladowania takie przyjmują postać iskier ślizgowych, wybiegających z jednej elektrody, a niedochodzących do drugiej, krzywa wysokiego napięcia odkształca się silnie. Dzieje się to wskutek dużego poboru przez iskry ładunku z pojemności obwodu wysokiego napięcia. Jest to zjawisko elektrycznie analogiczne do przeskoku iskry w iskierniku z jedną elektrodą przyłączoną do jednego bieguna wysokiego napięcia a drugą odłączoną, omawianego w pracy [1].

Ilustracją napięć odkształconych w ten sposób są rys. 10 i 11. Wskazanie metody prostownikowej jest oczywiście w takich przypadkach za duże. Jak

³⁾ Dużą rolę grają w teorii zjawiska spadki napięć indukcyjne i omowe każdego z transformatorów, które są proporcjonalne do prądu, silnie różniące się od sinusoidy przy dużych nasyceniach.

wykazały badania, włączenie oporności (1Ω na $1 V$) w szereg z kondensatorami metody prostownikowej nie usuwało tego zjawiska. Przy próbie elektrycznej izolatorów przepustowych na bardzo wysokie napięcie nie można uniknąć występowania intensywnych iskier ślizgowych. Należy wtedy zrezygnować z metody prostownikowej do tego celu, lub liczyć się ze zmniejszoną dokładnością pomiaru. W badanym przypadku (rys. 11) uchyb wynosił zaledwie kilka %, jednak uchyby większe nie są wykluczone.

Na inne zjawisko, prowadzące również ostatecznie do wzrostu wskazań wskutek wielowierzchołkowości napięcia mierzonego, zwrócił uwagę van Cauwenbergh [3]; zauważył on, że złe styki w przewodzie łączącym kondensator wysokiego na-



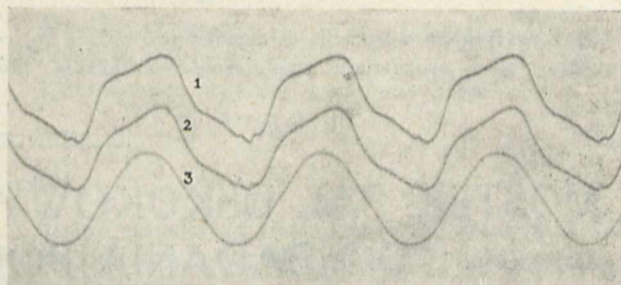
Rys. 10.

Wpływ na napięcie wyladowań ślizgowych na modelu izolatora przepustowego. Zespół II.

1. wysokie napięcie 3 transf. kask. (ok. 80 kV) zdjęte ukl. C.
2. napięcie zasilające kaskadę.
3. napięcie zasilające regul. ind. (ok. 220 V).

pięcia z transformatorem powodują zwiększenie wskazań metody. Pod wpływem rozkładu pojemnościowego napięć mała przerwa powietrzna w miejscu złego styku zostaje przebita przez iskry, a napięcie na kondensatorze otrzymuje składową szybkozmienną. Krzywa napięcia jest wtedy wielowierzchołkowa.

Aby sprawdzić, o ile spostrzeżenia van Cauwenbergha mają znaczenie praktyczne, wykonano w Lab. Wys. Nap. serię pomiarów. Przerwę powietrzną umieszczono w punktach m, n, p, r (rys. 2), przyczem do tego użyto precyzyjnego iskiernika płytowego o średnicy płyt 120 mm. Odległości elektrod tego iskiernika zmieniano od 0,01 do 0,3 mm. Dla badanego obwodu wysokiego napięcia (jak na rys. 2, z tą różnicą, że układy B i C były odłączone) nie spostrzeżono wyraźnego wzrostu



Rys. 11.

Wpływ na napięcie wyladowań ślizgowych na izolatorze przepustowym na 35 kV. Długość iskier ślizgowych ok. 20 cm. Zespół II.

1. wysokie napięcie (ok. 90 kV_{sk}) zdjęte układem C.
2. napięcie zasilające transformator.
3. napięcie zasilające regul. ind. (ok. 220 V).

wskazania metody prostownikowej po włączeniu iskiernika⁴⁾. Różnice wskazań były naogół mniejsze niż $\pm 2\%$ i nie zależały od zwarcia lub rozwarcia opornika wodnego (Op. rys. 2) (120 k Ω , czyli 1 $\Omega/1$ V napięcia maksymalnego transformatora).

Powyższy wynik nie przekreśla ważności ostrzeżenia van Cauwenbergha, ale wskazuje, że krzywe wielowierzchołkowe występują tylko w specjalnie sprzyjających warunkach (rezonans?). W każdym razie należy się liczyć z możliwością odkształceń wysokiego napięcia przez iskry i unikanie złych kontaktów w obwodach wysokiego napięcia.

5. Środki zaradcze przeciw odkształceniom krzywych wysokiego napięcia.

Uniknięcie krzywych wielowierzchołkowych wywołanych sprzężeniami magnetycznymi jest stosunkowo proste. Należy stosować jaknajmniej takich sprzężeń i uważać, aby obwody magnetyczne były mało nasycone. Inną drogą, prowadzącą do tego samego celu i umożliwiającą nawet otrzymywanie krzywych wysokiego napięcia praktycznie sinusoidalnych jest doprowadzenie do rezonansu między sumą indukcyjności obwodu transformatora i generatora, a pojemnością obwodu wysokiego napięcia [6]. Do tego celu stosuje się specjalne cewki indukcyjne, umieszczone po stronie pierwotnej transformatora probierczego. Sposób ten nie był stosowany w niniejszej pracy.

Odształcenia wskutek większych przerw obwodów, np. w oporach wodnych, gdy trochę wody wyparowało, są łatwe do wykrycia słuchem przy pewnej wprawie. Ponieważ ten sposób wymaga orjentowania się w dźwiękach normalnych wyładowań przy różnych napięciach, pewniejszą drogą jest sprawdzenie przy pomocy niskiego napięcia, czy wszystkie obwody są pozamykane; oczywiście przez przerwę powietrzne prąd przy niskim napięciu nie popłynie.

Z innych względów bardzo ważną rzeczą jest sprawdzenie, czy osłona kondensatora wysokiego napięcia (część okładziny niskiego napięcia, izolowana od właściwej części pomiarowej i uziemiona) jest rzeczywiście uziemiona. Przerwanie uziemienia powoduje przyjęcie przez tę osłonę potencjału pośredniego między okładziną wysokiego napięcia a ziemią i bardzo znaczne zwiększenie pojem-

ności czynnej. Dla kondensatora Lab. Wys. Nap. przerwanie takie wywoływało kilkakrotny w r o s t wskazania mikroamperomierza (np. z 15 na 85 działek). Zbadanie stanu omówionego uziemienia powinno stanowić integralną część sprawdzenia instalacji przed pomiarem wysokiego napięcia.

Ponieważ, nie posiadając oscylografu do wysokich napięć, nigdy nie można być pewnym, czy kształt krzywej wysokiego napięcia jest odpowiedni, należy dla każdej instalacji wyznaczyć kilka wartości napięć inną metodą, np. iskiernikową⁵⁾ i porównać wyniki z metodą prostownikową.

Po dokonaniu opisanych wyżej pomiarów kontrolnych można posługiwać się metodą prostownikową z dostateczną dokładnością. Uchyb, jaki popełniamy, można uczynić bardzo mały, jak to wynika ze wzoru na uchyb graniczny metody [2]. Jeśli wyłączyć objekty z silnymi iskrami ślizgowymi, można mieć pełne zaufanie do metody prostownikowej, a trud włożony w jej zestawienie i sprawdzenie opłaci się całkowicie wielkimi ułatwieniami pracy probierczej.

LITERATURA.

[1] J. L. Jakubowski: Pomiar wysokiego napięcia w laboratorjach przemysłowych metodą prostownikową (Przegląd El., 1933, z. 1 i 2).

[2] K. Drewnowski i J. L. Jakubowski: O dokładności metody prostownikowej przy pomiarach wysokiego napięcia (Przegląd El., 1933, z. 3).

[3] R. van Cauwenbergh: Quelques remarques sur la mesure des hautes tensions au moyen d'un courant de capacité redressé (Bull. Techn. de l'Association des Ing. sortis de l'Ecole Pol. de Bruxelles, 1929, z. 4).

[4] R. van Cauwenbergh: La mesure de hautes tensions (Congrès Int. d'Electricité, Paris, 1932, 2-e Section, Rapport Nr. 23).

[5] W. R. Work: Notes of the Measurement of High Voltage (Proc. of A. I. E. E., 1916, Nr. 2, str. 203).

[6] A. Roth: Hochspannungstechnik, Berlin, 1927, § 79.

[7] S. Dunikowski: Oscylografowanie wysokich napięć (Przegląd El., 1931, z. 1).

[8] S. Dunikowski: Nowy przyrząd pomiarowy wysokiego napięcia (Przegl. El., 1932, z. 4).

[9] J. L. Jakubowski: Nowsze poglądy w dziedzinie pomiaru wysokiego napięcia iskiernikiem kulowym (Przegl. El., 1932, z. 10 i 11).

[10] PNE-35 (projekt): Pomiar wysokiego napięcia iskiernikiem kulowym (Przegl. El., 1932, z. 17).

Warszawa, w marcu 1933.

⁴⁾ Z wyjątkiem włączenia iskiernika w punkcie m, co wywołało łatwo zrozumiałe zmniejszenie wskazania (ok. 30%).

⁵⁾ Przy zachowaniu przepisanych ostrożności (por. [9] oraz [10]).

MOSTEK FAL USKOKOWYCH I JEGO ZASTOSOWANIE DO BADANIA PÓL ELEKTRYCZNYCH.

Inż. Stanisław Szpor

St. asystent Zakł. Wysokich Napięć Pol. Warsz.

Obsah. Představena je zásada můstku strmých vln, kterého se dá pohodlně užití pro zkoumání elektrických polí vn. Všeobecná vyšetřování potvrzují pokud odporový potenciometr může dáti s žádanou přesností ryzí odpory v nor-

málních větších můstku. Projednání vlivu škodlivé kapacity a délky spojících vedení udává praktické výsledky a projednání citlivosti můstku při použití jednoduchých schémat nulových dovoluje vyjádřiti meze působení. Porovná-

ni přesnosti mústku strmých vln a příslušných metod střídavého proudu, dále pak výsledky propracovaných měření směřují ke kladnému závěru o významu této metody.

Streszczenie. Przedstawiona jest zasada mostka fal uskokowych, który można dogodnie stosować do badania pól elektrycznych wysokiego napięcia. Rozważania ogólne dają odpowiedź na pytanie, czy potencjometr oporowy może dać z wymaganą dokładnością czyste oporności w gałęziach wzorcowych mostka. Dyskusja nad wpływem pojemności szkodliwych i długości przewodów łączących prowadzi do szeregu wskazówek praktycznych. Rozpatrzenie czułości mostka przy zastosowaniu prostych układów zerowych pozwala określić zakres stosowania. Porównanie dokładności mostka fal uskokowych i odpowiednich metod prądu zmiennego, oraz wyniki przerobionych pomiarów prowadzą do wniosków korzystnych dla przedstawionej metody.

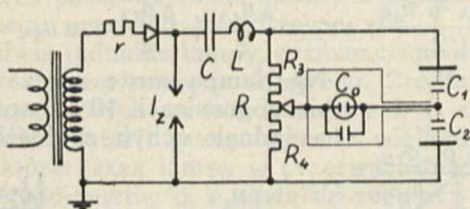
Wstęp.

Do badania pól elektrycznych wysokiego napięcia przy prądzie o częstotliwości małej (technicznej) mamy obecnie szereg metod doświadczalnych¹⁾, a szersze zastosowanie znajdują metody mostkowe i kompensacyjne. Opracowanie metody dla fal uskokowych pozwoli badać własności układów izolacyjnych przy krótkotrwałych przepięciach. Wyniki pomiarów mogą być inne przy falach uskokowych, niż przy częstotliwości technicznej, ponieważ inaczej mogą ułożyć się stosunki między czynnikami, od których zależy rozkład pola (sprężenia pojemnościowe, upływności, wyładowania). Ale nawet przy badaniu pól o sprężeniach czystych pojemnościowych (bez praktycznego znaczenia upływności), kiedy spodziewamy się zgodności wyników przy prądzie zmiennym i przy krótkim przepięciu, zastosowanie układu pomiarowego dla fal uskokowych może wchodzić w rachubę, jeżeli metoda będzie prosta i dokładna.

Poza dziedziną badania pola elektrycznego zagadnienie mostka ma szersze znaczenie w technice pomiarów przy falach uskokowych, obecnie jeszcze niezbyt rozwiniętej.

1. Zasada.

W skład generatorów fal uskokowych wchodzi kondensatory (zasilane różnymi sposobami), iskierniki zapalające i oporniki wyładowujące. Rys. 1 przedstawia schemat prostego generatora fal niesymetrycznych (jeden biegun uziemiony). Po włączeniu obwodu zasilania kondensator C ładuje się powoli dzięki wielkiej oporności szeregowej r . Opornik R jest przy ładowaniu prawie bez napięcia wobec wielkiego stosunku $\frac{r}{R}$. Przy pewnym napięciu iskiernik I_z zostaje przebity i daje na oporniku R falę uskokową o przebiegu, jak na rys. 2. Wła-



Rys. 1.

ności iskierników dają czoło długości t_1 około 0,1 μ sek, można jednak uzyskiwać dłuższe (łagodniejsze) czoła przez włączenie przed opornikiem cewki L. Długość grzbietu t_2 , mierzona zwykle od wierzchołka do połowy amplitudy, zależy od przebiegu wyładowania kondensatora C przez opornik R (wzgl. także L).

Opornik wyładowujący R możemy zbudować jako potencjometr i uzyskać w ten sposób dwie gałęzie mostka fal uskokowych: R_3 i R_4 . Rozwiązanie to odznacza się prostotą i łatwością wykonania, gdyż opornik R może być wykonany z cienkiego drutu oporowego i mieć niewielkie wymiary (niezbyt wielka oporność i tylko krótkie impulsy wielkiego prądu). Poza to dokładność takiego potencjometru jest znacznie większa, niż potencjometrów wielkooporowych (np. wodnych), stosowanych w mostkach na prąd zmienny.

Dwie inne gałęzie mostka otrzymujemy ze sprzężeń między sondą i elektrodami badanego układu izolacyjnego. Przy falach wobec stosunkowo dużych prądów pojemnościowych wpływ upływności jest znacznie mniejszy, niż przy prądzie małej częstotliwości. Dlatego w przypadku bez silniejszych wyładowań sprzężenia sondy z elektrodami przedstawiają się w przybliżeniu jako czyste pojemności C_1, C_2 (rys. 1).

Układ zerowy stanowi lampa świetląca. Osłona na układzie zerowym i na doprowadzeniu do sondy ma podobne znaczenie, jak w zwykłych metodach mostkowych i kompensacyjnych. Kondensator, bocznikujący lampę, służy do regulacji czułości. Przy każdej fali lampa zapala się, jeżeli nie ma równowagi. Po przejściu fali wyłączamy zasilanie i przesuwamy ruchomy zacisk na potencjometrze, szukając położenia równowagi.

2. Warunki uzyskania równowagi.

W przypadku idealnym, kiedy w gałęziach mostka mamy czyste oporności R_3, R_4 (nawinięcie potencjometru bezindukcyjne i bezpojemnościowe) i pojemności C_1, C_2 (nieznaczny wpływ upływności i wyładowań), otrzymujemy proste zależności przy odłączonym układzie zerowym między wartościami chwilowymi napięć u_2, u_4 w gałęziach C_2, R_4 i napięcia u fali generowanej:

$$u_2 = u \frac{C_1}{C_1 + C_2}, \dots \dots (1a)$$

$$u_4 = u \frac{R_4}{R}, \text{ gdzie } R = R_3 + R_4. \dots (1b)$$

Przebiegi napięć u_2, u_4 (a także u_1, u_3) mają taki kształt, jak fala u .

Równowaga mostka zachodzi przy:

$$u_2 = u_4, \dots \dots (2)$$

t. j. gdy $\frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{R_4}{R}$.

Jeżeli uzyskamy równowagę, to możemy określić na podstawie wyników wzorcowania potencjometru stosunek:

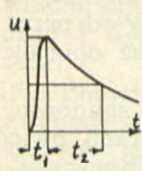
$$\frac{u_2}{u} = \frac{u_4}{u} = \frac{R_4}{R}, \dots \dots (3)$$

uzyskując w ten sposób jeden punkt badanego rozkładu pola.

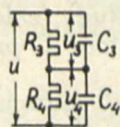
Przy odpowiednim nawinięciu potencjometru pojemności między odcinkami drutu tylko niezna-

¹⁾ Drewnowski. Przegl. El. 1932, str. 623.

cznie bocznikują oporności nawet przy stromem czole fali, można też uzyskać dostateczne ograniczenie indukcyjności²⁾. Musimy natomiast wziąć pod uwagę (ze względu na stosunkowo duże powierzchni- chnie) pojemność układu zerowego (wraz z przewodami i osłoną na doprowadzeniu do sondy) względem ziemi i przewodu, doprowadzającego wysokie napięcie. Pojemności te C_3 , C_4 działają bocznikująco w potencjometrze (rys. 3), wskutek czego zamiast zależności (1b) spełnione jest równanie różniczkowe:



Rys. 2.



Rys. 3.

Rozwiązanie tego równania jest zgodne z wzorem (1b) tylko w przypadku, gdy:

$$\frac{R_4}{R_3} = \frac{C_3}{C_4} \quad (5)$$

Jeżeli warunek (5) nie jest spełniony, to kształt przebiegu u_4 wypada naogół inny, niż u . Jeżeli jednak pojemności C_3 , C_4 są dość małe, to przy stosunkowo niewielkich stałych czasu:

$$R_3 C_3 \ll \left(\frac{du}{dt}\right), R_4 C_4 \ll \left(\frac{du}{dt}\right) \quad (6)$$

drugie wyrazy na prawej i lewej stronie równania (4) wypadają nieznaczne w porównaniu z pierwszymi, wskutek czego w przybliżeniu spełniona jest zależność (1b) i możliwe uzyskanie równowagi w mostku. Wg. warunków (6) potencjometr powinien mieć jak najmniejszą oporność i dlatego właściwe jest przejście przez potencjometr roli opornika rozładowującego.

Najtrudniej spełnić warunki (6) przy stromem czole fali wobec wielkich wartości $\frac{du}{dt}$. Jeżeli długość czola t_1 wynosi około 0,1 μ sek, to musimy liczyć się z wartościami $\left(\frac{du}{dt}\right)$ rzędu 10^{-8} sek.

Nawet w takim przypadku możemy jednak otrzymać dostateczną prawidłowość działania mostka (np. przy $C_4 = 5 \mu\text{pF}$, $R_4 = 200 \Omega$ mamy $R_4 C_4 = 10^{-6}$ sek). Przy dłuższych czołach ($t_1 = 0,5 \mu$ sek; 1μ sek; $1,5 \mu$ sek) łatwiej uczynić zadość warunkom (6).

Jeżeli nie można uzyskać odpowiedniego spełnienia warunków (6), to pozostaje rozwiązanie wg. wzoru (5). W tym przypadku należy włączyć niewielką pojemność regulowaną dodatkową w gałęzi 3 lub 4. Sposób ten komplikuje jednak niekorzystnie układ, który odznacza się poza tem wielką prostotą.

Należy stosować możliwie krótkie przewody w mostku, ażeby uniknąć opóźnień napięcia na przedmiocie badanym względem napięcia na potencjometrze i poważniejszych odkształceń ząbkami z odbić. Ze źródła tego grozi bowiem niebez-

pieczeństwo zakłócenia równowagi w mostku i powstawania uchybów.

Przy wyładowaniach w układzie izolacyjnym badanym pojemności C_1 , C_2 są bocznikowane zmiennymi opornościami, wskutek czego można uzyskać tylko przybliżoną równowagę w mostku.

3. Warunki czułości.

Oprócz symboli, używanych poprzednio, wprowadzamy:

u'_2, u'_4 — napięcia w gałęziach C_2, R_1 przy włączonym układzie zerowym,

u_0, i_0 — napięcie i prąd w układzie zerowym,

C_0 — pojemność układu zerowego (pojemności lampy i oprawki, pojemność doprowadzenia do sondy względem osłony, pojemność dodatkowa, włączona dla zmniejszenia czułości).

Pojemności sprzężeniowe w polu badanym C_1, C_2 są zwykle niewielkie, wskutek czego nawet w stanie silnej nierównowagi mostka prąd i_0 jest nieznaczny w porównaniu z prądem, płynącym przez stosunkowo małą oporność potencjometru (R_3 i R_4). Dlatego napięcie u'_4 jest prawie dokładnie takie same, jak w stanie równowagi, lub przy odłączonej sondzie:

$$u'_4 \cong u_4.$$

Układ równań, ułożonych dla mostka na podstawie praw Kirchhoff'a, daje po rozwiązaniu:

$$u_0 = \frac{C_1 + C_2}{C_0} (u_2 - u'_2) = \frac{C_1 + C_2}{C_0 + C_1 + C_2} (u_2 - u_4); \quad (7a)$$

$$i_0 = (C_1 + C_2) \frac{d(u_2 - u'_2)}{dt}; \quad (7b)$$

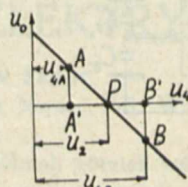
$u'_2 = u_4 + u_0$, a ponieważ zwykle $C_0 \gg C_1 + C_2$, zatem $u'_2 \cong u_4$. Przy równowadze mostka $u_0 = 0$; $u_4 = u_2 = u'_2$.

Wzór (7a) określa czułość napięciową, (7b) prądową układu. W pewnych warunkach nierównowagi ($u_2 - u'_2$) napięcie u_0 jest tem większe, im mniejsza pojemność C_0 . Natomiast prąd i_0 jest niezależny od własności układu zerowego, ale jest określony przez stan nierównowagi ($u_2 - u'_2$), oraz własności badanego pola i wymiary sondy ($C_1 + C_2$).

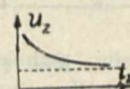
Rys. 4 przedstawia zależność u_0 od regulowanego napięcia u_4 przy stałych C_1, C_2, C_0, u . Punkt P odpowiada równowadze: $u_4 = u_2$. Wobec pewnej wielkości napięcia zapłonu lampy świetlającej świecenie znika w zakresie od punktu A do B. Jeżeli napięcia zapłonu obu znaków są równe: $\overline{AA'} = \overline{BB'}$, to dzięki prostoliniowej zależności $u_0 = f(u_4)$ poszukiwany punkt P leży w środku między punktami A', B', które możemy z łatwością określić. Dlatego uchyb czułości nie jest równy odcinkowi $\overline{PA'} \cong \overline{PB'}$, lecz uchybowi czułości określania punktów A i B:

$$u_2 = \frac{u_{4A} + u_{4B}}{2}; \quad \Delta u_2 = \frac{\Delta u_{4A}}{2} + \frac{\Delta u_{4B}}{2} = \Delta u_{4A} = \Delta u_{4B}.$$

Np. lampa może nie zaświecać się w granicach 10% napięcia u , a jednak uchyb czułości może



Rys. 4.



Rys. 5.



Rys. 6.

²⁾ Zdralek, Arch. f. El. XVIII, str. 1.

Binder, Wanderwellenvorgänge auf exp. Grundlage, J. Springer, 1928, str. 30.

wynosić tylko 1%, jeżeli potencjometr ma 100 zaczepów, a lampa ma jednakie własności przy obu znakach napięcia.

4. Układy zerowe:

a. Układ I. Najprostszym przyrządem zerowym dla fal uskokowych jest lampa świetlająca (rys. 1), stosowana również w mostkach prądu zmiennego. Lampa powinna: 1) mieć małe wymiary ze względu na wielkość układu zerowego i szkodliwie sprzężenia C_3, C_4 , 2) pracować bez opornika szeregowego, któryby zmniejszał czułość, 3) mieć niewielkie i jednakie napięcia zapłonu obu znaków dla ograniczenia uchybu czułości.

Rys. 5 przedstawia charakterystyczną zależność napięcia zapłonu (amplitudy u_1 fali uskokowej) lampy świetlającej od długości grzbietu fali t_2 . Napięcie u_2 może być znaczne szczególnie przy krótkich falach w porównaniu z napięciem zapłonu w warunkach statycznych (prosta pozioma na rys. 5).

Układ zerowy z lampą świetlącą pozwala badać rozkłady pól przy zastosowaniu sond pierścieniowych w układach izolacyjnych obrotowych (na izolatorach przepustowych, wsporczych), lub sond prostych (w iskierniku walcowym), jeżeli udaje się ograniczyć pojemność C_0 do kilkudziesięciu p.p.F przez odpowiednie wykonanie doprowadzenia i osłony. Zwykle przytem uzyskujemy gaśnięcie lampy w zakresie kilku % napięcia u (kilku % na potencjometrze) i dlatego równość napięć zapłonu obu znaków ma wielkie znaczenie.

Jeżeli przy określaniu rozkładu pola na łańcuchu izolatorów wiszących korzystamy z okuc jako sond, to otrzymujemy tak silne sprzężenia C_{11}, C_{21} , że przy dobrym wykonaniu układu zerowego czułość może okazać się za wielka, t. zn. przy podziale potencjometru na pewną ilość odcinków lampa może nie gasnąć przy żadnym zacisku. Określenie zacisku, dającego minimum świecenia, jest trudne, ponieważ porównywane zapłony są oddzielone przerwami między falami. Dlatego zmniejszamy czułość, bocznikując lampę odpowiednimi kondensatorami i zwiększając w ten sposób C_0 .

b. Układ II. Możemy powiększyć czułość lampy świetlającej w układzie zerowym przez zastosowanie początkowego napięcia stałego, na które nakłada się napięcie fali (rys. 6). Jeżeli napięcie początkowe u_p jest znaczne, to stosunkowo niewielkie napięcie fali u_f o krótkim grzbiecie daje przebieg wypadkowy u_w , łagodnie opadający. W tym przypadku napięcie zapłonu (rys. 5) jest niewiele większe od napięcia statycznego zapłonu; czułość napięciową można w ten sposób znacznie powiększyć.

Można stosować różne układy z napięciem początkowym, przykład przedstawia rys. 7. Układ ten ma dwie jednakie lampy, przeznaczone do przeciwnych znaków napięcia falowego. Źródłami napięć początkowych są kondensatory i, j , zasilane ze wspólnej baterji przez oporniki wielkooporowe f, g, h , które gaszą lampy w przerwach między falami. Potencjometry d, e służą do regulacji napięć początkowych tak, ażeby różnice między napięciami statycznymi zapłonu i napięciami początkowymi były jednakie dla obu lamp (symetria napięciowa układu). Potencjometr c reguluje równo-

cznie oba napięcia początkowe, zmieniając czułość lamp na napięcia falowe.

Napięcie fali między osłoną A i doprowadzeniem do sondy B dzieli się między lampy tak, że przy pewnym znaku dodaje się z jednej strony, odejmuje z drugiej od napięcia początkowego. Podział napięcia powinien być równy. W tym celu dobieramy odpowiednio pojemności dzielnika C_{Ax}, C_{By} , które dodają się do pojemności C_{Ax}, C_{Bx} , występujących między elementami układu, przewodami, ekranem i t. d. Dobieramy takie C_{Ay}, C_{By} , ażeby przy $C_{Ax} + C_{Ay} = C_{Bx} + C_{By}$ uzyskać symetrię pojemnościową. Równy podział napięcia falowego możemy łatwo sprawdzić w gotowym układzie przy otwartych wyłącznikach a, b , przykładając fale uskokowe o regulowanej amplitudzie między punktami A, B. Zapłony powinny wystąpić dopiero przy napięciu równym podwójnemu napięciu zapłonu lampy przy danej długości grzbietu fali. Jednakże oporniki $R_A = R_B$ służą do ustalenia napięć po przejściu fali.

Przy silnej nierównowadze w mostku zapalają się obie lampy, jeżeli napięcie falowe u_0 znacznie przekracza napięcie początkowe. Dopiero przy zbliżaniu się do równowagi otrzymujemy zapłony tylko jednej lub drugiej lampy.

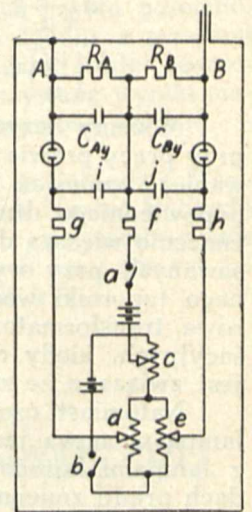
Układ II może być korzystny szczególnie w przypadkach, gdy warunki nie pozwalają stosować prostych małopojemnościowych doprowadzeń. Nie należy jednak zapominać, że prąd i_0 w układzie zerowym jest ograniczony i przy zbyt małej sondzie może nie wystarczyć do zaświecenia lampy.

Układ II daje większą czułość o tyle, że otrzymujemy węższy zakres napięć u_1 bez zapłonów. Musimy jednak zwracać uwagę na dokładną regulację symetrii napięciowej i pojemnościowej, ażeby mieć pewność, że właściwy punkt równowagi leży dokładnie w środku tego zakresu. W przeciwnym razie może zdarzyć się, że zwiększenie czułości przez zastosowanie napięcia początkowego jest tylko pozorne i układ I daje w rzeczywistości większą czułość. Układ II jest znacznie większy od układu I, wskutek czego daje większe pojemności szkodliwe C_3, C_4 .

5. Dokładność.

Uchyb ustawienia sondy przedstawia się podobnie, jak przy metodach dla prądu zmiennego. Uchyb ten zależy od dokładności określenia położenia sondy (np. odległości od elektrody lub osi układu obrotowego), oraz od odkształcenia pola wskutek pewnej grubości sondy i niedokładnego ustawienia we właściwej powierzchni ekwipoten- cjalnej.

Wyraźną natomiast różnicę między dokładnością mostka falowego i układów prądu zmiennego stwierdzamy, rozpatrując uchyby określania napięć u, u_2 . Zwykle przy badaniu pola chodzi o wyznaczenie stosunku $\frac{u_1}{u}$, który w metodzie mostkowej



Rys. 7.

uzyskujemy wg. wzoru (3). Występuje przytem

uchyb: $\frac{\Delta\left(\frac{u_2}{u}\right)}{\left(\frac{u_2}{u}\right)} = \frac{\Delta\left(\frac{R_1}{R}\right)}{\left(\frac{R_1}{R}\right)}$. Oporności R , R_1 wzorcucy

jemy na mostku Wheatstone'a. Uchyb systematyczny składa się w tym przypadku z uchybów 3 oporników wzorcowych: $3 \times 0,1\% = 0,3\%$. Uchyb ilorazu $\frac{R_1}{R}$ może wypaść naogół 2 razy większy ($2 \times 0,3\% = 0,6\%$), jeżeli nie zastosujemy prostego sposobu zwiększenia dokładności. Jeżeli przy pomiarach R i R_1 pozostawimy niezmiennione 2 gałęzie mostka Wheatstone'a, a dobieramy tylko trzecią, to w ilorazie $\frac{R_1}{R}$ uchyby gałęzi niezmiennianych znoszą się, a pozostaną tylko uchyby gałęzi trzeciej. Możemy więc uzyskać:

$$\frac{\Delta\left(\frac{u_2}{u}\right)}{\left(\frac{u_2}{u}\right)} = 2 \times 0,1\% = 0,2\%$$

Możemy liczyć, że oporności R , R_1 pozostają przy pracy prawie bez zmiany (nieznaczne nagrzewanie), ponieważ potencjometr jest wykonany z odpowiedniego drutu oporowego. Zyskujemy więc znacznie większą dokładność, niż w mostkach, stosowanych przy wysokim napięciu prądu zmiennego (oporniki wodne, potencjometry kondensatorowe, transformatorowe), lub w metodach kompensacyjnych, kiedy określanie obu napięć wysokich jest związane ze znacznymi uchybami.

Natomiast czułość przy układzie zerowym z lampą neonową jest mniejsza, niż przy układach z lampami katodowymi, stosowanych przy metodach prądu zmiennego. Uchyb czułości, rozważony poprzednio, zależy od ilości zaczepów na potencjometrze i od własności układu zerowego (sprawa równości napięć zapłonu lampy przy obu znakach).

6. Przykłady.

a. Układ. Pomiary wykonano przy zastosowaniu generatora fal uskokowych na 50 kV, o pojemności wypadkowej $C = 9280 \mu\text{p.F.}$ Potencjometr był nawinięty na rurce bakelitowej $\phi 50 \text{ mm}$, długości 450 mm, drutem chromonikielinowym $\phi 0,15 \text{ mm}$, prowadzonym w rowkach toczonech, i podzielony na 79 części gniazdkami na wtyczki bananowe; oporność $R = 617 \Omega$. Długość grzbietu fali $t_2 \cong 4 \mu\text{ sek.}$ Długość czoła $t_1 \cong 0,1 \mu\text{ sek.}$; tylko przy niektórych pomiarach porównawczych stosowano indukcyjność $L = 66,2 \mu\text{H}$, łagodzącą czoło do $t_1 \cong 0,5 \mu\text{ sek.}$

W układach zerowych stosowano lampę Osram 11 Δ , która ma korzystne małe wymiary, napięcie zapłonu statyczne około 100 V, przy fali o $t_2 = 4 \mu\text{ sek}$ około 250 V, a różnica napięć zapłonu przeciwnych znaków wynosi kilka %. Układ zerowy I miał ekran z blachy miedzianej o wymiarach $70 \times 70 \times 70 \text{ mm}$ z oknem do obserwacji lampy, przysłoniętym przylutowaną siatką miedzianą. Doprowadzenie do sondy stanowił drut $\phi 0,15 \text{ mm}$ w osłonie izolacyjnej i rurce miedzianej $\phi 4 \text{ mm}$ długości 1 m. W ten sposób ograniczono pojemność C_0 (bez kondensatora dodatkowego) do $50 \mu\text{p.F.}$

Przez otwór w ekranie włączano dla zmniejszania czułości kondensatorki, zamknięte w rurkach mosiężnych, stanowiących dalszy ciąg ekranu.

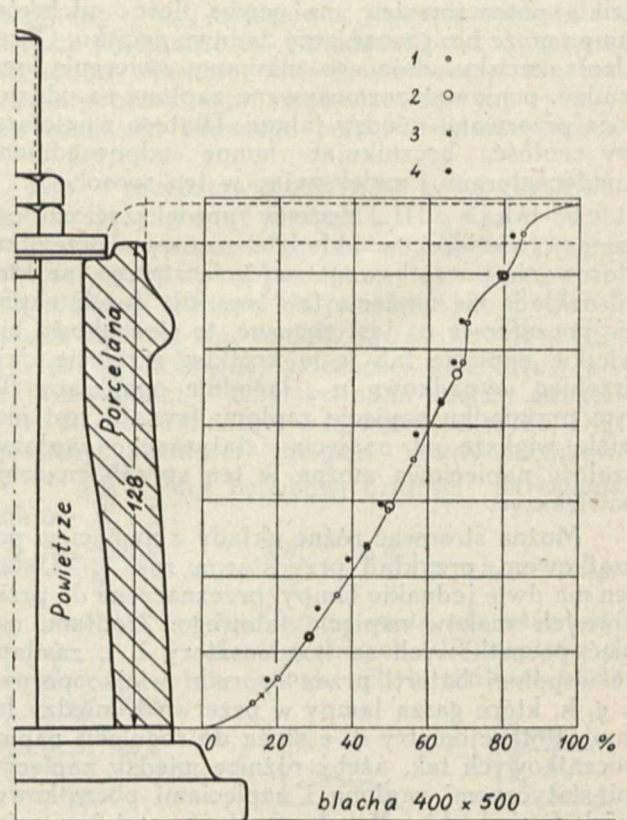
Układ zerowy II znajdował się w skrzynce o wymiarach $200 \times 240 \times 280 \text{ mm}$, obitej blachą mosiężną. Stosowano elementy: c) $5 \text{ k} \Omega$; d), e) po $10 \text{ k} \Omega$; f), g), h) po $5 \text{ M} \Omega$; i), j) po $11\,000 \mu\text{p.F.}$; $R_A = R_B = 0,1 \text{ M} \Omega$; $C_{Ay} = 47 \mu\text{p.F.}$; $C_{By} = 67 \mu\text{p.F.}$; potencjometry zasilane z baterji suchej 20 V; poza tem bateria 90 V.

b) Pomiary w iskierniku walcowym m. Wykonano pomiary w iskierniku walcowym, ażeby porównać otrzymane wyniki z rozkładem teoretycznym, łatwym do obliczenia. Iskiernik miał promień elektrody zewnętrznej $R = 7,5 \text{ cm}$, wewnętrznej $r = 1 \text{ cm}$, długość bez wygięcia krawędziowych 20 cm, z wygięciami 30 cm. Sondę z drutu $\phi 0,35 \text{ cm}$ długości 16 cm ustawiono w odległości $x = 3,6 \text{ cm}$ od osi. Fala kształtu $0,1/4 \mu\text{ sek}$ o amplitudzie 50 kV. Przewody w mostku długości rzędu 1 m. Przy zastosowaniu układu I otrzymano na potencjometrze zakres bez zapłonów lampy około 15%.

Przy uziemionej elektrodzie zewnętrznej określono na podstawie pomiarów $\frac{u_2}{u} = 35,9\%$, przy uziemionej wewnętrznej $\frac{u_2}{u} = 63,5\% = 100 - 36,5$.

Zgodność wyników (w granicach uchybu czułości): $35,9 \cong 36,5$ świadczy o tem, że wpływ pojemności szkodliwych C_3 , C_4 i długości przewodów w mostku, jest niewielki. Wg. wzorów elektrostatyki otrzymujemy wartość:

$$\frac{u_2}{u} = \frac{\ln \frac{R}{x}}{\ln \frac{R}{r}} = 36,3\%$$



Rys 8.

zgodną z wynikami pomiarów, obciążonymi głównie uchybem ustawienia sondy i uchybem czułości.

c) Rozkład pola na izolatorze przepustowym. Rys. 8 przedstawia wyniki pomiarów dla izolatora przepustowego na 6 kV przy użyciu sondy pierścieniowej z drutu 1 mm w różnych warunkach:

- 1) przy fali 0,1/4 μ sek, 50 kV, z układem I,
- 2) przy fali 0,1/4 μ sek, 50 kV, z układem II,
- 3) przy fali 0,5/4 μ sek, 50 kV, z układem I,
- 4) przy napięciu zmiennym 50 okr/sek o amplitudzie 30 kV, metodą kompensacyjną z czułym układem zerowym.

Zgodność wyników 1), 2) i 3) świadczy o tem, że wpływ pojemności szkodliwych C_3 , C_4 , większych w przypadku 2), niż w 1), oraz wpływ przewodów w mostku (długości rzędu 1 m) jest nieznaczny. Niewielkie różnice między wynikiem 4) a poprzednimi można przypisać różnym warunkom geometrycznym (inne odległości od ścian i siatek uziemionych) i działaniu wyładowań w powietrzu w środku izolatora w przypadkach 1), 2) i 3). Przy prądzie zmiennym stwierdzono powstawanie tych wyładowań przy amplitudzie około 35 kV, a przy 50 kV wyładowania są dość silne.

Przy zastosowaniu układu I uzyskiwano na potencjometrze zakres bez zapłonów lampy około 10%, przy układzie II niewiele węższy (znaczenie czułości prądowej).

Wnioski.

1. Opisany mostek daje prosty sposób badania rozkładu pola elektrycznego przy falach usko-

kowych. Potencjometr, tworzący wzorcowe oporności mostka, i układ zerowy (szczególnie I) dają się łatwo wykonać i nawet prymitywnymi środkami.

2. Układy zerowe z lampami świetlącymi pozwalają badać pola np. na łańcuchach izolatorów przy użyciu oku jako sond, przy zastosowaniu sond prostych lub pierścieniowych w układach obrotowych (na powierzchni izolatorów wosporczych i przepustowych).

3. Uzyskujemy większą dokładność, niż przy metodach mostkowych i kompensacyjnych, stosowanych do badania pól przy prądzie zmiennym. Natomiast czułość wypada mniejsza, niż przy niektórych układach zerowych prądu zmiennego.

4. Wyniki pomiarów, poparte rozważaniami ogólnymi, wskazują, że przy prawidłowym przygotowaniu układu wpływ pojemności szkodliwych i przewodów łączących jest nieznaczny.

5. Wyniki, otrzymane przy falach dla układów izolacyjnych o sprzężeniach czysto pojemnościowych (bez wyładowań) są zgodne z wzorami elektrostatyki. Przy wyładowaniach ścisłej równowagi nie można uzyskać i otrzymywane wyniki mają znaczenie tylko jako pewne wartości średnie.

Praca ta została wykonana w Zakładzie Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej. Przewiduje się zastosowanie mostka w najbliższych miesiącach przy nowym generatorze fal uskokowych na 300 kV.

Warszawa, w marcu 1933.

POMIAR STRAT PRZY POMOCY ELEKTRODYNAMOMETRU.

Inż. Roman Trechciński i Inż. Feliks Nowicki.

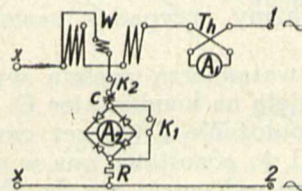
Obsah. Měření ztrát elektrodynamometrem. Popis metody měření. Příkon pro obvod napětí elektrodynamometru a jeho eliminace. Elektrostatický účinek cívek elektrodynamometru. Repulsivní účinek elektrodynamometru. Vliv kapacity a samoindukce obvodu napětí na údaje elektrodynamometru, zapjatého jako wattmetr. Způsob určení resonance obvodu napětí wattmetru na základě repulsivního účinku. Definice samoindukce cívky napětí metodou eliminace repulsivního účinku. Technická stránka měření. Příklady výsledků získaných touto metodou.

Streszczenie. Opis metody pomiaru. Moc pobierana przez obwód napięciowy elektrodynamometru i jej eliminacja. Oddziaływanie elektrostatyczne cewek elektrodynamometru. Oddziaływanie repulsyjne cewek elektrodynamometru. Wpływ pojemności i samoindukcji obwodu napięciowego na wskazania elektrodynamometru w układzie watomierza. Sposób określenia rezonansu obwodu napięciowego watomierza na podstawie oddziaływania repulsyjnego. Określenie samoindukcji cewki napięciowej metodą eliminacji działania repulsyjnego. Techniczna strona pomiaru. Przykłady wyników, otrzymywanych przy pomocy opisywanej metody.

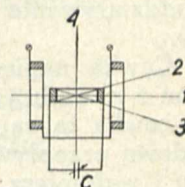
Ogólny opis metody.

Jak wskazuje schemat rys. 1, do badania zastosowano metodę techniczną. Badany obiekt, w danym razie cewka Pupina, włączony jest do zacisków $x-x$. Miliamperomierz A_1 , włączony za po-

średnictwem termoelementu Th , wskazuje prąd w obwodzie cewek prądowych elektrodynamometru W , a mikroamperomierz A_2 , włączony w układ prostowników miedzianych, wskazuje prąd w cewce napięciowej. Zaciski 1 i 2 przeznaczone są do włączania generatora. Wyłącznik K_1 pozwala zwie-



Rys. 1.



Rys. 2.

rać układ mikroamperomierza A_2 , a wyłącznik K_2 wyłącza obwód napięciowy elektrodynamometru. Znaczenie kondensatora C i oporu R będzie wyjaśnione później.

Opisany układ umożliwia otrzymanie zależności strat od częstotliwości dla określonego natężenia prądu.

Zanim przystąpimy do szczegółowego wyjaśnienia pomiaru, podamy wielkości napięć, prądów i mocy, z którymi będziemy mieć do czynienia podczas pomiaru.

Dla cewek Pupina podaje się straty przy prądach od 1-go do kilku miliamperów i dla częstotli-

wości do 3000 hertzów. Samoindukcje cewek wynoszą około 100 mH , a straty w nich są rzędu kilku lub kilkunastu mikrowatów. Dla pomiaru tak małych wielkości należy zastosować przyrządy pomiarowe bardzo czułe. W niżej opisywanych pomiarach mikroamperomierz A_2 wskazywał prądy z dokładnością do 1-go mikroampera, a elektrodynamometr W , włączony w układzie watomierza, wskazywał moc z dokładnością do 0,5 mikrowata. Przyrządów bardziej czułych współczesna technika nie posiada, jednak i takie, mimo pewnych trudności, pozwalają wykonywać pomiary małych strat z dostateczną dokładnością.

Pierwszym czynnikiem, utrudniającym bezpośredni pomiar mocy, jest pobieranie mocy przez obwód napięciowy watomierza. Jeżeli weźmiemy pod uwagę cewkę Pupina o samoindukcji 100 mH , to okaże się, że przy prądzie o natężeniu 1 mA i częstotliwości 800 hertzów napięcie w punktach $x-x$ będzie 0,5 V. Watomierz, dla pewnego działania, musi mieć w obwodzie napięciowym prąd rzędu kilkunastu mikroamperów, a więc opór R w jego obwodzie musi wynosić nie więcej, niż kilkadziesiąt tysięcy omów. W omawianych badaniach R wynosiło około 10 000 omów. Wyżej obliczone napięcie w punktach $x-x$, wynoszące 0,5 V, da w obwodzie napięciowym prąd 50 mikroamperów. Widzimy więc, że w tym wypadku moc, pobierana przez cewkę napięciową, wyniesie $50 \times 0,5 = 25$ mikrowatów. Moc ta, przewyższająca mierzoną moc strat, dodaje się do wskazań watomierza.

Drugim czynnikiem, który mógłby powodować błędne wskazania watomierza, jest jego oddziaływanie elektrostacyjne.

Jeżeli przerwiemy obwód napięciowy przez rozwarcie wyłącznika K_2 , to okaże się, że watomierz da pewne niewielkie wskazanie, chociaż przez cewkę napięciową prąd nie przepływa. Zjawisko to tłumaczy się istnieniem i oddziaływaniem pola elektrostacyjnego między cewkami przyrządu. Oddziaływanie to należy z pomiaru wyeliminować przez wprowadzenie odpowiedniej poprawki.

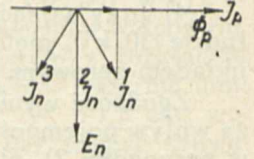
Trzecim czynnikiem, który powoduje błędne wskazanie watomierza, jest oddziaływanie repulsyjne cewki napięciowej i prądowej. Aby określić to oddziaływanie rozważmy przypadek następujący.

Cewka napięciowa watomierza została wyłączona z obwodu i zamknięta na kondensator C . Jeżeli cewka ta zajmuje położenie 1 i przez cewkę prądową przepływa prąd, to pozostanie ona w spokoju i watomierz żadnego wskazania nie da. Prześtawmy teraz watomierz w taki sposób, aby cewka napięciowa zajęła położenie 2. Jeżeli teraz przez cewki prądowe będzie przepływał prąd zmienny, np. 800 hertzów, to cewka napięciowa, która pozostawała w położeniu 2, zacznie się wychylać i wychylenie to zależne będzie od pojemności kondensatora C . Zjawisko to tłumaczy się tem, że pole cewek prądowych wywoła w cewce napięciowej pewną SEM. Prąd cewki napięciowej w polu cewek prądowych da moment skręcający, który wychyli cewkę napięciową z położenia 2. Można jednak tak dobrać pojemność kondensatora C , że żadne wychylenie nie nastąpi.

Jeżeli watomierz włączony jest w obwód, w którym mierzy moc, to jego cewka napięciowa pod-

czas pomiaru jest wychylona z położenia 1 i jest narażona na powyżej opisane oddziaływanie repulsyjne.

Jaką rolę w tym układzie odgrywa kondensator C , wyjaśnimy na wykresie wektorowym. Na tym wykresie (rys. 3) I_p jest wektorem prądu w cewkach prądowych watomierza. Strumień magnetyczny, spowodowany tym prądem, oznaczony jest przez ψ_p . Wektor jego będzie w fazie z wektorem prądu I_p . Strumień ten wywoła w cewce napięciowej, będącej w położeniu 2, pewną SEM. Ta siła elektromotoryczna będzie przesunięta w fazie o kąt 90° względem strumienia. Wektor jej na wykresie oznaczony został przez E_n . W zależności od tego, czy w obwodzie cewki napięciowej przewagę ma pojemność, czy samoindukcja, wektor prądu w tym obwodzie I_n zajmie położenie 1, 2 lub 3. Położenie 1 wektora I_n odpowiada przewodze pojemności, położenie 2 odpowiada rezonansowi samoindukcji i pojemności, a położenie 3 odpowiada przewodze samoindukcji. Wektor I_n możemy rozłożyć na 2 składowe: jedną w fazie z wektorem E_n i drugą w fazie z wektorami I_p i ψ_p . Ta ostatnia składowa wraz z wektorem ψ_p daje moment skręcający. Jeżeli obwód napięciowy jest w rezonansie, to wektor I_n zajmuje położenie 2 i nie posiada wcale składowej, mogącej wywołać moment skręcający.



Rvs. 3.

Jak widać z wykresu wektorowego, moment skręcający będzie miał przy przewodzie samoindukcji inny znak, niż przy przewodze pojemności. Jeżeli cewka znajdowała się w położeniu 2 i obwód napięciowy miał charakterystykę pojemnościową, to cewka będzie się obracała w kierunku osi 4. Przy charakterystyce indukcyjnej będzie odwrotnie, cewka obróci się w kierunku osi 1.

Chcąc uniezależnić się od wpływu repulsyjnego oddziaływania cewek, musimy każdorazowo tak dobrać pojemność kondensatora C , żeby obwód napięciowy był w rezonansie. Pomiar, przeprowadzony w takich warunkach, będzie znacznie prostszy od pomiaru, w którym to działanie zechcemy wyeliminować przez wprowadzenie odpowiednich poprawek.

Oddziaływanie repulsyjne watomierza można wyzyskać jeszcze do innego celu. Można mianowicie przy jego pomocy określić samoindukcję cewki napięciowej watomierza.

W tym celu, po włączeniu do zacisków $x-x$ (rys. 1) jakiegos oporu, należy wykonać dwa pomiary mocy: jeden przy prądzie stałym, a drugi przy takim samym natężeniu prądu zmiennego o znanej częstotliwości. Oczywiście w drugim wypadku wychylenie będzie inne, niż w pierwszym. Wtedy należy dobrać pojemność kondensatora C w taki sposób, aby wychylenie przy prądzie zmiennym stało się takim, jakim było przy prądzie stałym. Po wykonaniu tego, obwód cewki napięciowej będzie w rezonansie i na podstawie zależności $w^2LC=1$, mając w i C , znajdziemy z łatwością L . Będzie to samoindukcja cewki napięciowej watomierza.

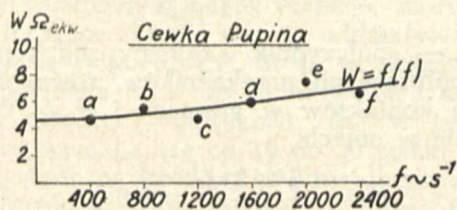
Można również określić samoindukcję cewki, korzystając z układu połączeń, wykonanego wg.

rys. 2. Po przestawieniu cewki w położenie 2 tak się dobiera pojemność kondensatora C , żeby przy przepuszczaniu przez cewki prądu zmiennego o znanej częstotliwości cewka napięciowa pozostała nieruchoma w położeniu 2. Pojemność tak dobranego kondensatora i częstotliwość prądu zmiennego określają samoindukcję cewki. Po odpowiednim dobraniu pojemności C małe jej zwiększenie spowoduje natychmiastowy obrót cewki w kierunku osi 4, a małe zmniejszenie — obrót w kierunku osi 1.

Techniczna strona pomiaru.

Przy pomocy powyższej metody można określić straty cewek Pupina, transformatorów telefonycznych, cewek indukcyjnych, straty w kondensatorach i t. p.

W zależności od wielkości badanych strat trzeba odpowiednio dobierać ilość badanych obiektów. Jeżeli naprzykład badamy cewkę Pupina, której straty nie przekraczają kilku mikrowatów, to pożądanym będzie zastosować do pomiaru jednocześnie

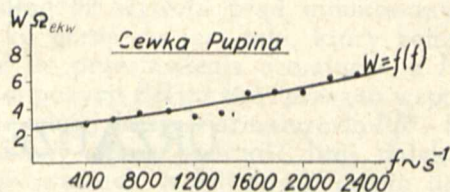


Rys. 4.

kilka cewek, mierząc ich sumaryczne straty i dzieląc otrzymany wynik przez ilość cewek. Oczywiście straty w poszczególnych cewkach muszą być jednakowe. Można też dla sprawdzenia pomiaru włączyć szeregowo z badaną cewką znany niewielki opór omowy i przeprowadzić pomiar ponownie. Jeżeli pomiar był wykonany prawidłowo, wykres cewki z włączonym oporem przesunie się, w stosunku do wykresu samej cewki, o pewną stałą wielkość, niezależnie od częstotliwości.

Należy jeszcze zwrócić uwagę na to, że praca na straty w obwodzie napięciowym watomierza uzależniona jest od oporu układu mostkowego prostowników. Opór prostowników miedziowych może się zmieniać w zależności od częstotliwości, i dlatego ustalenie oporu obwodu napięciowego może sprawić trudność. W tym przypadku lepiej jest prąd cewki napięciowej określić w sposób następujący. Straty cewki określić przy zwartym układzie mostkowym. Następnie odczytać, po rozwarciu przełącznika K_1 , wskazanie mikroamperomierza A_2 . Po wykonaniu tego należy odłączyć badaną cewkę i na jej miejsce podebrać taki opór omowy, aby przy tych samych prądach i tej samej częstotliwości, otrzymać to samo natężenie prądu w cewce napięciowej, po rozwarciu przełącznika K_1 . Jeżeli wielkość podebranego w ten sposób oporu wyniosła r , a opór obwodu napięciowego jest R , to znając prąd całkowity I_p , wskazywany przez

miliamperomierz A_1 , określamy prąd w cewce napięciowej $I_n = I_p \cdot \frac{r}{r+R}$. Obliczony w ten sposób prąd I_n będzie prądem przy zwartym wyłączniku K_1 , a więc niezależnym od zmiennej oporności prostowników miedziowych.



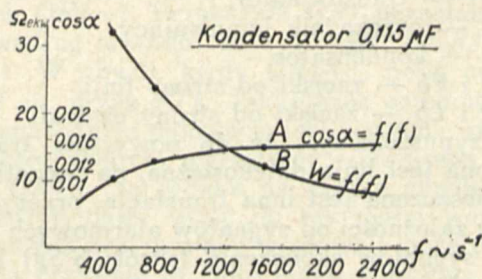
Rys. 5.

Jest ważne również, aby podczas pomiaru częstotliwość prądu nie ulegała żadnym zmianom i dlatego najdogodniejszym będzie użycie generatora, który daje stałą częstotliwość, niezależnie od obciążenia.

Bardzo dobre rezultaty daje pomiar strat w cewce Pupina, uzupełniony dodatkowym pomiarem, w którym badana cewka będzie włączona w szereg z kondensatorem o znanych stratach. Przy częstotliwości rezonansowej dla cewki i kondensatora napięcie między punktami x-x rys. 1 będzie bardzo małe, a więc prąd i straty w cewce napięciowej watomierza będą odpowiednio mniejsze.

Przykład zastosowania metody.

Przy pomocy powyżej opisanej metody przeprowadzono szereg pomiarów strat. Podajemy na wykresie rys. 4 wykres zależności strat od częstotliwości jednej z badanych cewek. Była to cewka Pupina o samoindukcji 88 mH. Pomiar przeprowadzono przy prądzie 1 mA dla częstotliwości do 2400 hertzów. Punkty a, b, c, d, e, f są punktami otrzymanymi z pomiaru; odchylenia od prawdopodobnego przebiegu krzywej leżą w granicach błęd pomiaru i dokładności przyrządów. Przy użyciu do pomiaru 4-ch cewek dokładność znacznie wzrasta. Rys. 5 daje wykres takiej samej zależności dla innej cewki Pupina o większych wy-



Rys. 6.

miarach i samoindukcji 88 mH. Rys. 6 przedstawia wykres zależności, otrzymanych dla kondensatora o pojemności 0,115 μF. Krzywa A pokazuje zależność cosinusa kąta stratności od częstotliwości, a krzywa B — zależność strat, mierzonych w ekwiwalentnych omach, od częstotliwości.

Seksja V*).

TELETECHNIKA

URZĄDZENIA GILOTYNUJĄCE.

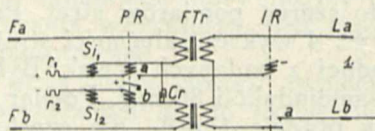
Prof. R. Trechciński.

Obsah. Annulování a kompenzace škodlivých vlivů. Vliv zapínání a vypínání smyčky volené ústředny a způsoby jeho omezení. Vliv nesprávné pulsace a způsob jejího odstranění (gylotínování).

Streszenie. Anulowanie i kompensowanie szkodliwych wpływów. Wpływy od zwierania i otwierania pętli požądanej centrali i sposoby zmniejszenia. Wpływy mylnych tętén i sposoby unicestwienia (gilotynowania).

Pod powyższą nazwą rozumiane są układy, zmniejszające niepożądane wpływy na działającą aparaturę z obwodu własnego lub z obwodów sprzężonych. Kilka przykładów z dziedziny telefonii automatycznej mają służyć jako ilustracja różnorodnych wykonań i zastosowań.

Impulsowanie prądem jednokierunkowym.



Rys. 1.

Rys. 1 przedstawia schemat translacji samoindukcyjnej. Oznaczenia:

- r_1 i r_2 — oporniki ograniczające,
- Si_1 i Si_2 — samoindukcje,
- PR — przekaźnik polaryzowany,
- FTr — transformator,
- IR — przekaźnik impulsujący,
- Cr — kondensator,
- Fa i Fb — zaciski od strony linii,
- La i Lb — zaciski od strony centrali.

Przypuszczamy, że do powyższej translacji dołączona jest linia dalekosiężna, na początku której umieszczona jest inna translacja, przerywająca pętlę w zależności od sygnałów alarmowych (skrót: A Sg), sygnałów skończenia (skrót: S Sg) lub nadawanych impulsów.

Z drugiej strony dołączona jest automatyczna centrala telefoniczna, przyjmująca sygnały i impulsy, a zatem skuteczniająca połączenie do požądanego.

Przypuszczając, że linia dalekosiężna jest pupinizowana, otrzymujemy ograniczenie największej wartości dozwolonego prądu do 5 mA. Stosując do celów technicznych nominalną wartość 4 mA, otrzymujemy przekaźnik polaryzowany o znacznej czułości, wrażliwy na zakłócenia postronne.

Zakładając oporności: $r_1 = r_2 = 300 \Omega$; $Si_1 = Si_2 = 300 \Omega$; $PR = 2 \times 500 \Omega$; $FTr = 2 \times 20 \Omega + 2 \times 20 \Omega$, otrzymujemy prąd ustalony, przepływający przez uzwojenia przekaźnika polaryzowanego, o wartości 1,5 mA. Określić ciśnienie na kontakcie można według wzoru orientacyjnego:

$$I mA = \frac{k \cdot P}{\sqrt{R}}$$

gdzie k — współczynnik, zależny od konstrukcji i dla spóczesnych przekaźników, równy 5, P — ciśnienie kontaktów w gramach i R — oporność uzwojenia w omach.

$$P = \frac{1,5 \times 31,6}{5} = 9,5 \text{ gr.}$$

Cel włączenia oporności ograniczających r_1 i r_2 jest następujący. Może się zdarzyć wypadek bezpośredniego zwarcia na zaciskach Fa i Fb ; gdyby oporności ograniczających nie było, to przy nominalnym napięciu linijowej baterji 24 V prąd, przepływający przez przekaźnik polaryzowany, osiągnąłby wartość długotrwałą 24 mA; dla zwykłej konstrukcji polaryzowanego przekaźnika ta wartość może wywołać powstanie tak silnego magnetyzmu szczątkowego, że przekaźnik może przestać pracować prawidłowo. Przy opornościach ograniczających największa wartość prądu wyniesie 9,3 mA, a ta wartość jeszcze nie wpłynie na prawidłową pracę przekaźnika.

W związku z powyższym można traktować oporności ograniczające również jako gilotynujące ponieważ one odcinają (gilotynują) możliwość przetężenia.

Z chwilą, kiedy pętla przez linię zostanie zamknięta, PR przestawi swą armaturę na PR^a . Powstanie obwód prądu pierwszy, skrót: 01; +, PR^a , IR , — : IR przyciągnie swą armaturę, skrót: IR (+), i zamknie pętle požądanej centrali według 02: La , FTr , TR^1 , Lb .

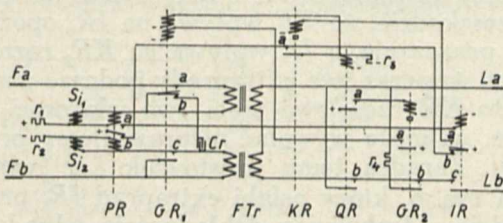
W różnych systemach central automatycznych proces alarmowania odbywa się rozmaicie; ze strony centrali pętla zamyka się, potem może się chwilowo otwierać, mogą się zmieniać wartości prądu i kierunki a także mogą się nakładać prądy zmienne o różnych natężeniach i częstotliwościach. Omówione zmieniające się prądy, przepływając przez jedno uzwojenie FTr , wzbudzają w drugim odpowiedniej sily elektromotoryczne (SEM), które mogą wywołać prądy; prądy te, przepływając przez czuły przekaźnik polaryzowany, mogą oddziaływać na ten przekaźnik i wywoływać zakłócenia,

*) Zorganizowana przy współudziale Stowarzyszenia Teletechników Polskich.

przeszkadzające prawidłowemu oddawaniu sygnałów i impulsów.

Z chwilą nadania impulsu powstaną nowe możliwości zakłóceń: PR przestawi się na PR^b , 01 zostanie anulowany i IR (—); w konsekwencji anuluje się 02 i strumień magnetyczny FTr zanika, wzbudzając SEM w uzwojeniach; upływność i pojemność linii umożliwi przepływ prądów, oddziaływujących na PR . Kiedy pętla linjowa znowu zostanie zwarta, prąd z baterji linjowej będzie przepływał przez uzwojenie FTr , którego drugie uzwojenie jest otwarte; znaczna samoindukcja pierwszego uzwojenia sprawia powolny wzrost wartości prądu, co może stworzyć trudności przy szybkim nadawaniu impulsów. Kiedy PR przestawi się na PR^a , staną się aktualnymi 01 i 02 : prąd z centrali telefonicznej, powstający w FTr , wzbudza w pierwszym uzwojeniu SEM , która wywołuje prąd zakłócający przez PR . Zmniejszenie omówionych prądów zakłócających może być osiągnięte kilkoma sposobami.

Sposób pierwszy. Zmniejszając parametr czasu FTr , naprzykład przez zastosowanie otwartego strumienia magnetycznego, można procesy zakłócające skrócić tak, że oddziaływanie ich ograniczy się tylko do PR , które w zwykłych warunkach wymaga od 3 do 10 milisekund na przestawienie armatury; natomiast IR , w zwykłych warunkach wymagające od 10 do 30 msek, nie będzie reagowało na krótkie, nieprawidłowe impulsy PR . Dla sztucznego opóźnienia IR można zastosować pewną niewielką oporność szeregową i znaczną — w porównaniu z opornością uzwojenia IR — równoległą. Omówiony sposób konstrukcyjnie wywołuje względnie duże tłumienie rozmowy w FTr z otwartym strumieniem magnetycznym, wynoszące około 200 mNp (milineper). Z powodu prostoty i pewności działania nadaje się dla współpracy małych, prywatnych automatycznych central z niedługimi linjami do aparatów, ponieważ dobre zasilanie mikrofonów zrównoważy tłumienie w FTr .



Rys. 2.

Sposób drugi. Za pomocą układu przełączników można gilotynować szkodliwe wpływy. Przykład podobnego układu uwidoczniiony jest na rys. 2. Oznaczenia:

- r_1 i r_2 — oporności ograniczające,
- Si_1 i Si_2 — samoindukcje,
- PR — przełącznik polaryzowany,
- GR_1 i GR_2 — przełączniki gilotynujące,
- Cr — kondensator,
- FTr — transformator,
- KR i QR — przełączniki kontrolujące,
- IR — przełącznik impulsujący,
- r_3 — oporność opóźniająca,
- r_4 — oporność zabezpieczająca,
- Fa i Fb — zaciski od strony linii,
- La i Lb — zaciski od strony centrali.

Z chwilą, gdy pętla linjowa została zwarta, PR przestawi na PR^a ; 01 i 02 staną się aktualne. Jeżeli alarmowana centrala automatyczna nie zmienia biegunów, nie przerywa pętli i nie zmienia wartości prądu przy alarmie, to, jeżeli załączyć biegun dodatni na La i ujemny na Lb , powstanie pętli według 02 wywoła prąd indukowany w PR od dołu ku górze, to jest taki, który będzie miał skłonność do przestawienia armatury z PR^b na PR^a ; na tej pozycji PR już stoi i przez to wspomniany prąd tylko silniej dociśnie armaturę do PR^a . Prąd ten jest osłabiony przez oporność linii dalekosieżnej i w zastosowaniach technicznych często udaje się go utrzymać poniżej wartości, wpływających szkodliwie na PR . 03 : +, IR^a , KR , — : KR (+) i pozostaje przyciągnięty podczas impulsowania, ponieważ jest to przełącznik z działaniem opóźnionem. Z chwilą pierwszej przerwy podczas impulsowania PR przechodzi na PR^b .

- 04 : +, PR^b , KR^a , QR , — : QR (+).
- 05 : +, PR^b , KR^a , GR_1 , — : GR_1 (+).

01 zostaje anulowany i IR (—).

- 06 : +, QR^a , GR_2 , — : GR_2 , (+).

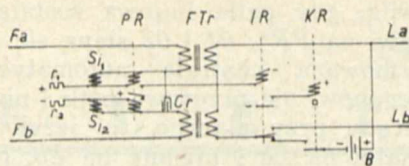
Jeżeli przełącznik GR_1 i QR zbudować tak, aby możliwie szybko przyciągały, naprzykład GR_1 po 8 msek i QR po 10 msek, a IR puszczało nieco wolniej, naprzykład po 15 msek, to GR_1 najprzód zewrze pierwsze uzwojenie FTr , zanim w drugim uzwojeniu powstaną zmiany prądu i przez to ochroni PR od wpływów przerwy pętli od strony centrali. Z chwilą, gdy IR (—), zapewni się dodatkowy prąd do przytrzymania przełączników GR_1 i QR , opóźnionych na puszczenie (pasywność) przez równoległą, stosunkowo niewielką, oporność r_3 według obwodów:

- 07 : +, IR^b , KR^a , QR , —.
- 08 : +, IR^b , KR^a , GR_1 , —.

Podczas serji impulsów QR , GR_1 i GR_2 pozostają aktywne (przyciągnięte), przez co PR jest wolne od wpływów zmian w pętli centrali.

Kiedy serja zostanie zakończona, 04 , 05 , 07 i 08 zostaną anulowane i po pewnym czasie, około 200 msek QR (—). Przełącznik GR_1 pozostanie aktywny według obwodu: 09 : +, GR_2^a , GR_1 , — : GR_1 (+). W chwili, kiedy QR (—), pętla centrali zamknie się przez FTr . Jakkolwiek samoindukcja FTr w omawianym momencie jest ogromnie zmniejszona przez zwarcie pierwszego uzwojenia przez GR_1^a i GR_1^c , to jednak na krótką chwilę prąd pętli centrali może spaść do tak małej wartości, że przełącznik przyjmujący w centrali może drgnąć i centrala przyjmie to, jako jeden, fałszywy (mylny) impuls. Uniknąć tego można dzięki przełącznikowi GR_2 , który puszcza później, niż QR , i przez to oporność zabezpieczająca r_4 pozostaje włączona, utrzymując prąd pętli centrali na takiej wartości, żeby przełącznik impulsujący odbiorczy nie mógł drgnąć. Kiedy GR_2 (—), zostanie anulowany 09 i GR_1 (—); podczas krótkiej chwili zmniejszenia się prądu linjowego, od włączenia samoindukcji FTr przełącznik PR chroniony jest przez kondensator Cr , który również służy dla prądów rozmównych.

Drugi przykład przełączników gilotynujących uwidoczniiony jest na rys. 3.



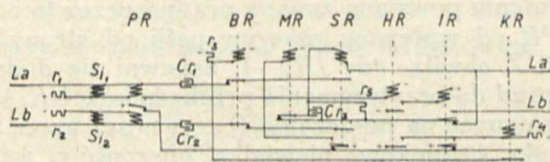
Rys. 3.

Oznaczenia:

- $r1$ i $r2$ — oporniki ograniczające,
- $Si1$ i $Si2$ — samoindukcje,
- PR — przełącznik polaryzowany,
- Cr — kondensator,
- FTr — transformator,
- IR — przełącznik impulsujący,
- KR — przełącznik kontrolujący,
- B — bateria dodatkowa.

W schemacie tym IR , zanim przerwie pętlę centrali, zewrze FTr bądź na krótko, bądź przez baterję dodatkową B , obliczoną tak, aby wartość prądu w $010 [+B, FTr, IR^b, KR^a, -B]$ równała się wartości prądu w pętli centrali; przy tym warunkiem żadnych zmian wartości prądu w FTr przy przerwie pętli centralnej nie będzie. Ponieważ zmiany prądu zwartego FTr mogą następować stosunkowo wolno, to technicznie często można odzwać B i KR , a zwierać tylko przez IR^c .

Trzeci przykład przełączników gilotynujących podany jest na rys. 4.



Rys. 4.

Oznaczenia:

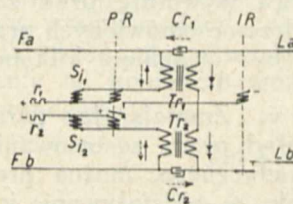
- $r1$ i $r2$ — oporniki ograniczające,
- $Si1$ i $Si2$ — samoindukcje,
- PR — przełącznik polaryzowany,
- $Cr1, Cr2$ i $Cr3$ — kondensatory,
- $r3$ i $r4$ — oporniki opóźniające,
- $r5$ — opornik osłabiający,
- BR — przełącznik odłączający,
- MR — przełącznik osłabiający,
- SR — przełącznik pętli,
- HR — przełącznik pomocniczy,
- IR — przełącznik impulsujący,
- KR — przełącznik kontrolujący,
- 011: +, PR^a, HR , —: $HR(+)$.
- 012: +, IR, HR^a , —: $IR(+)$.
- 013: +, HR^b, KR , —: $KR(+)$.
- 014: +, SR^d, BR , —: $BR(+)$.

IR przyciąga po 15 msek, KR — po 10 msek, BR — po 10 msek, SR — po 15 msek od chwili włączenia prądu, a zatem od chwili przyciągnięcia HR przełącznik BR przyciągnie po 20 msek, a SR — po 30 msek, czyli BR odłączy kondensatory $Cr1$ i $Cr2$, a przez to nieustalone napięcia podczas tworzenia się pętli centrali nie będą wpływały na PR . Kiedy $SR(+)$, to 014 anuluje się i $BR(-)$. 015: +, SR^c, MR , —: $MR(+)$ i włącza opornik osłabiający $r5$ w obwód SR celem przyspieszenia odpadania SR przy przerwie pętli centrali; aby nagle włączenie $r5$ nie oddziaływało szkodliwie, dołączony jest kondensator miarkujący $Cr3$.

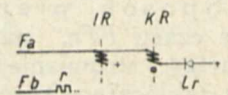
Sposób trzeci. Stosując filtr gilotynujący, można z techniczną dokładnością anulować wpływ pętli centrali; schemat — według rys. 5; oznaczenia, jak wyżej.

Na rysunku są pokazane: strzałką pełną podwójną — prąd pętli, pełną pojedynczą — prąd indukowany przez $Tr1$, względnie $Tr2$, punktowaną pojedynczą — prąd ładunkowy przez kondensatory $Cr1$, względnie $Cr2$. Operując wartościami wzajemnej indukcji Tr i pojemności Cr , nie trudno osiągnąć wzajemną równość prądów indukowanych i ładunkowych w ciągu ustalającego się procesu i tem samym wpływ ich na polaryzowane przełączniki doprowadzić do granic poniżej czułości przełącznika.

Sposób czwarty. Włączając prostowniki (skrót Lr), można zmniejszyć wartość prądów w kierunku niepożądanym. Rys 6 służy jako przykład.



Rys. 5.



Rys. 6.

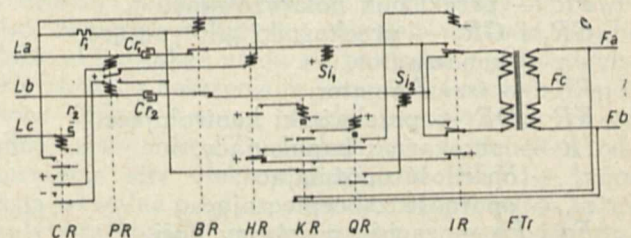
Oznaczenia:

- IR — przełącznik impulsujący,
- KR — przełącznik kontrolujący,
- Lr — prostownik,
- r — opornik.

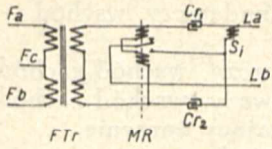
Dla aparatury odbiorczej impulsów często konieczny jest, nawet w obwodach lokalnych, prócz przełącznika impulsującego, jeszcze przełącznik kontrolujący proces impulsowania. Można ten przełącznik uruchomić zapomocą sprężyn IR , ale ponieważ obciążenie sprężynami IR jest bardzo niepożądane, bo zmniejsza możliwości impulsowania przy bardzo szybkich tarczach, to byłoby dogodnie włączenie równoległe IR i KR . Temu jednak stoi na przeszkodzie, że KR wpływa na IR , opóźniając go na puszczenie, a IR wpływa na KR , rozmagne-sowując go przez swe extraprydy podczas przerwy, i przeto KR częściowo traci swe własności opóźniające, co może wywołać nieprawidłowy przebieg alarmu. Zaradza temu prostownik Lr , włączony jak na rys. 6, który osłabi extraprydy IR , przez to IR będzie z techniczną dokładnością odpadać tak samo szybko, jakby KR nie było włączone równoległe, a KR zatrzyma swe własności opóźniające.

Impulsowanie prądami indukcyjnymi.

Sposób pierwszy. Stosując układ przełączników, można gilotynować impulsy szkodliwe. Na rys. 7 uwidoczniiona jest kombinowana transla-



Rys. 7.



Rys. 8.

- 016: +, PR^a, HR, CR^a, -: HR (+).
- 017: +, HR^a, KR, -: KR (+).
- 018: -, IR^e, KR^b, BR, CR^a, -: BR (+).
- 019: +, QR, KR^a, -: QR (+).
- 020: +, HR^b, QR^a, IR, -: IR (+).

Z chwilą, kiedy IR (+), to 018 anuluje się i BR (-) po 200 msek.

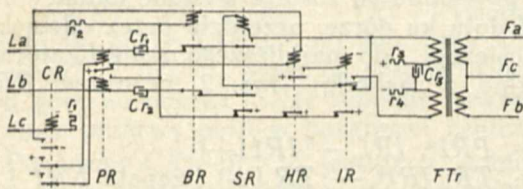
W momencie QR (+) powstaje 021: +, Si1, IR^d, FTr, IR^b, Si2, QR^b, -: w konsekwencji powstaje małe tętno prądu indukcyjnego od dołu ku górze, które przyciska armaturę MR (rys. 8) do MR^a; na tem przekaźnik i tak już stoi, a więc to małe tętno jest bez znaczenia. Po 15 msek według 020 przyciągnie IR, zaanuluje 021 i powstanie 022: +, Si1, IR^c, FTr, IR^c, Si2, -: w konsekwencji powstanie duże tętno od góry ku dołowi, które przestawi MR na MR^b i tem samym zewrze pętlę pożądaną centrali. Podczas impulsowania na każdy impuls powstanie jedno duże tętno od dołu ku górze i jedno od góry ku dołowi.

Przy SSg puszcza kolejno CR, HR, IR, KR i QR.

Kiedy IR (-), powstanie duże tętno od dołu ku górze i przestawi MR na MR^a, czem da SSg do centrali.

Kiedy KR (-), to zewrze linię przez KR^c, co uniemożliwi wysłanie jakiegokolwiek bądź tętna na linię. Kiedy QR (-), to odłączy baterję; przez to powstanie małe tętno od góry ku dołowi; tętno to mogłoby dać mylny alarm, ale zostało gilotynowane przez QR^c i przez to żadnego szkodliwego wpływu mieć nie może.

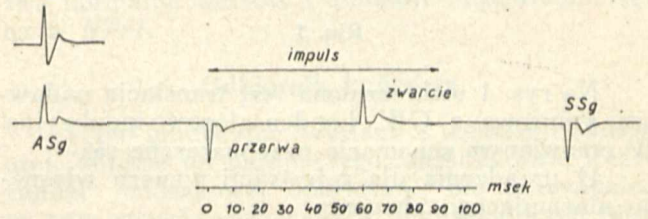
Sposób drugi. Zapomocą układów różnicowych można zmniejszyć niepożądane wpływy. Rys. 9 zawiera translację kondensatorowo-indukcyjną z grupowego wybieracza (GW), kondensatorowo-indukcyjną; na rys. 8 — uproszczona odbiorcza indukcyjna.



Rys. 9.

cyjną, rys. 10 — oscylogram prądów w przekaźniku odbiorczym MP według rys. 11, przyczem górny oscylogram wskazuje wartość prądu bez Lr, a dolny — z zastosowaniem Lr według schematu; rys. 11 — schemat translacji indukcyjnej odbiorczej.

Po przejściu przez zwykle stosowane amplifikatory impuls indukcyjny nabiera charakteru oscylacji zanikających; przekaźnik polaryzowany odbiorczy od tego rodzaju tętna pracuje niepewnie;

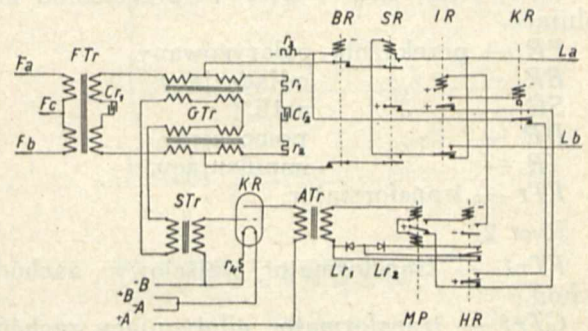


Rys. 10.

stosując układ według schematu rys. 11 z Lr, otrzymuje się różnostronne prostowanie parzystych i nieparzystych tęten i pewną pracę MP.

Tętna, dochodzące z linii, są zwykle niezbyt silne i przez to dla technicznie pewnej pracy MP należy je wzmocnić, co uskutecznia się przez końcowy amplifikator KR.

MP jest w tych warunkach bardzo czuły i AZSg z centrali, w postaci nakładającego się



Rys. 11.

prądu zmiennego o 100—300 okresach na sekundę, wpłynie na pracę MP. Aby uniknąć tych wpływów, można zastosować transformator gilotynujący GTr, który ochroni MP od wpływów centrali, a tylko przekaże sygnały na linię dalekosiężną. Po skończonem impulsowaniu można aparaturę rys. 11 odłączyć, pozostawiawszy tylko konieczną dla prądów fonicznych, SSg i przymusowego odłączenia.

IMPULSOWANIE PRZEZ LINJE DALEKOSIEŻNE.

Prof. R. Trechciński.

Obsah. Translace amplifikační a průběh signálu a impulsů. Translace konečná pro indukční impulsy a pulsave střídavého proudu. Schema měniče. Korekční zařízení.

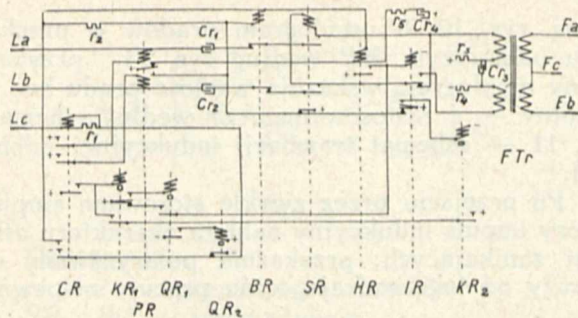
Streszczenie. Translacja amplifikatorowa i przejście przez nią sygnałów i impulsów. Translacja końcowa dla impulsów indukcyjnych i tęten prądu zmiennego. Układ prostujący. Urządzenie korekcyjne.

Zakładając, że linja dalekosiężna będzie systemu fantom z amplifikatorami, otrzymujemy dwa zasadnicze systemy impulsowania: a) zapomocą

impulsów indukcyjnych i b) zapomocą tęten prądów zmiennych o nośnej częstotliwości, odpowiednio dostosowanej do własności linii i aparatury linijowej. Właściwym tematem niniejszego opisu będzie przejście sygnałów i impulsów przez amplifikatory, to jest pominięte będą systemy obejścia amplifikatorów przez odpowiednie translacje.

Translacje amplifikatorowe.

Aparatura ta przewidziana jest dla impulsów indukcyjnych.



Rys. 1.

Na rys. 1 uwidoczniła jest translacja nadawcza sznurowa z GW, kondensatorowo-indukcyjna. W omawianym schemacie przepuszczone są:

- 1) urządzenia dla rejestracji numeru własnego alarmującego abonenta,
- 2) kontrola własnego numeru,
- 3) urządzenia dla liczenia rozmów według czasu, stref i taryf.

Rys. 2 przedstawia amplifikator lampowy, możliwie uproszczony, z wbudowaną węź translacją i rys. 3 — odbiorczą translację indukcyjną, dołączoną do pożądanej centrali automatycznej.

Oznaczenia:

Rys. 1:

CR — przełącznik testujący,
KR1, KR2, QR1 i QR2 — przełączniki kontrolujące,

PR — przełącznik polaryzowany,

BR — „ odłączający,

SR — „ pętli,

HR — „ pomocniczy,

IR — „ impulsujący,

FTr — transformator.

Rys. 2:

FTr1 — transformator wejściowy zachód—wschód,

GTr1 — transformator gilotynujący zachód—wschód,

NTr1 — transformator nadawczy zachód — wschód,

PR1 — przełącznik odbiorczy zachód-wschód,

IR1 — przełącznik nadawczy zachód-wschód,

FTr2 — transformator wejściowy wschód — zachód,

GTr2 — transformator gilotynujący wschód—zachód,

NTr2 — transformator nadawczy wschód — zachód,

PR2 — przełącznik odbiorczy, wschód-zachód,

IR2 — przełącznik nadawczy, wschód-zachód,

TR — przełącznik włączający żarzenie,

KR1 i KR2 — lampy katodowe,

KL1 i KL2 — (ekwiwalentne) linie kontrolujące,

+A i -A — bateria anodowa,

+B i -B — bateria żarzenia.

Rys. 3:

FTr — transformator,

PR — przełącznik polaryzowany,

BR — „ odłączający,

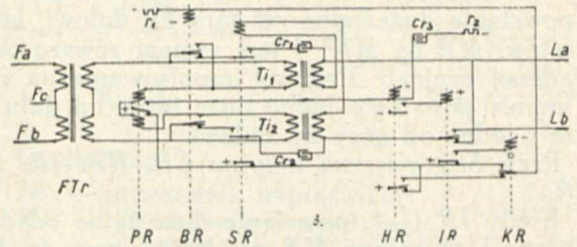
SR — „ pętli,

HR — „ pomocniczy,

IR — „ impulsujący,

KR — „ kontrolujący,

Ti1 i Ti2 — telefoniczne cewki indukcyjne, tworzące łącznie z kondensatorami Cr1 i Cr2 filtr gilotynujący.



Rys. 3.

Kiedy GW przelustruje, CR (+). Według rys. 1:

01: +, PR^a, HR, CR^d, - : HR (+).

02: +, SR^c, BR, CR^d, - : BR (+).

03: +, CR^c, KR1, - : KR1 (+).

04: +, HR, IR, - : IR (+).

05: +, KR1^a, QR, - : QR (+).

06: +, r3, FTr, SR, IR^a, FTr, r4, - : SR (+),

Wskutek SR(+) obwód 2 anuluje się i BR(-).

Przy powstaniu 06 zostaje wysłane indukcyjne tętno od dołu ku górze, przejdzie przez odcinek linii dalekosiężnej do najbliższego amplifikatora, na przykład z zachodu; rys. 2, przestawi PR1 na PR1^a.

07: +, PR1^a, IR1, - : IR1 (+).

08: +, TR, IR1^b, - : TR (+) i zapala KR1 i KR2, przez co powstaje prąd anodowy według

09: +A, NTr1, IR1^a, KR1, -A.

Przy powstaniu 09 drugie uzwojenie NTr1 nada tętno indukcyjne na linię — wschód od dołu ku górze; po przejściu przez odcinek linii dalekosiężnej do następnego amplifikatora proces powtórzy się i tak dalej, aż dojdzie do translacji odbiorczej, rys. 3, gdzie PR przestawi się na PR^a.

010: +, PR^a, HR, - : HR (+).

011: +, HR^b, KR^b, BR, - : BR (+).

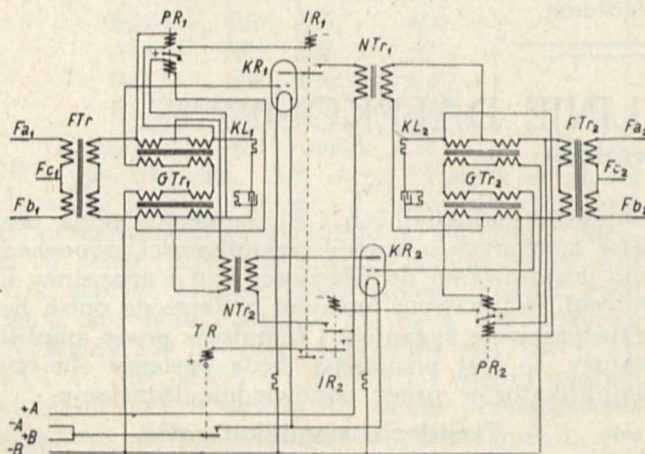
012: +, IR, HR^a, - : IR (+).

Pętla pożądanej centrali zewrze się według

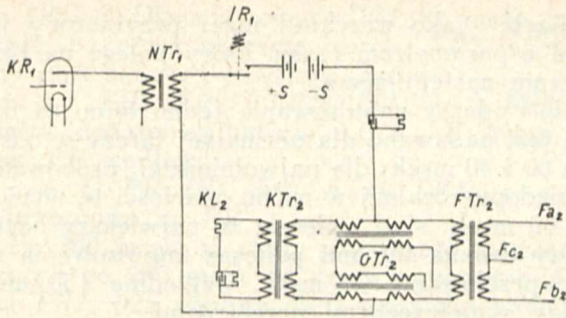
013: La, Ti1, SR, Ti2, IR^a, Lb : SR (+).

014: +, IR^c, KR, - : KR (+), anuluje 011 BR (-).

Pożądana centrala automatyczna zostanie zaalarmowana według 013. Dla różnych systemów



Rys. 2.



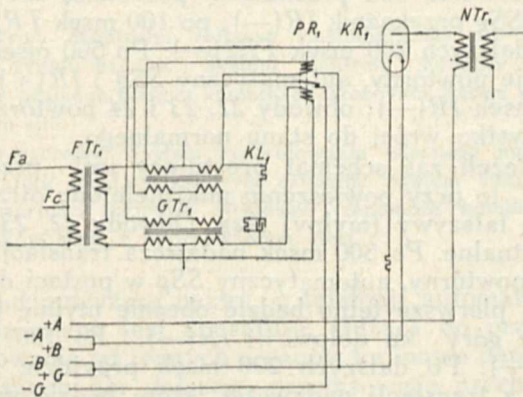
Rys. 4.

central automatycznych dalszy proces połączenia i AZ Sg przebiega różnie, przyczem pętla może być przerywana, zmieniane wartości i kierunki prądów, a także nakładane prądy zmienne o różnych częstotliwościach. Dla ochrony PR od wymienionych niepożądanych wpływów zastosowany jest filtr gilotynujący, w postaci *Ti1*, *Ti2*, *Cr1* i *Cr2*, a także przekaźniki gilotynujące *BR* i *SR*.

Podczas impulsowania na każdy impuls powstaną 2 tętna indukcyjne: od góry ku dołowi i od dołu ku górze; przekaźniki polaryzowane w amplifikatorach i translacji odbiorczej będą się odpowiednio przestawiały i w rezultacie pętla pożądanej centrali będzie przepisowo przerywana i zwierana, co doprowadzi do wybraniażądanego.

Przy Ssg powstanie tętno od góry ku dołowi i pętla centrali zostanie przzerwana. Może się jednak zdarzyć, że abonent podczas powrotu tarczy (impulsowania) zaniecha dalszego wyboru i powiesi mikrotelefon. Przy pewnym zbiegu okoliczności tętno Ssg może być niedostatecznie pewne, względnie rozłączające się połączenie może być „przełapano” przez nowego abonenta, pragnącego otrzymać połączenie przez linię dalekosiężną. Dla uniknięcia niepożądanych zakłóceń służą przekaźniki *KR1* i *QR1* według rys. 1. Po pewnym czasie od chwili powieszenia mikrotelefonu przekaźnik testujący *CR* (—). Ponieważ przekaźniki *KR1* i *QR1* są z działaniem opóźnionem (*KR1* jest dodatkowo opóźnione przez *KR2*), to powstanie: 015 : +, *KR1^b*, *QR1^a*, *IR*, — : *IR*(+) i nada tętno od dołu ku górze (*ASg*); po 200 msek *QR1*(—) anuluje 015 i *IR*(—), przez co nadane będzie tętno od góry ku dołowi (*Ssg*) zupełnie pewne, gwarantujące przzerwę pętli w pożądanej centrali.

Ponieważ *CR*(—), to testujący minus jest odebrany i „przełapano” połączenia nie można; dopiero po 200 msek, od czasu puszczenia *QR1* i wy-



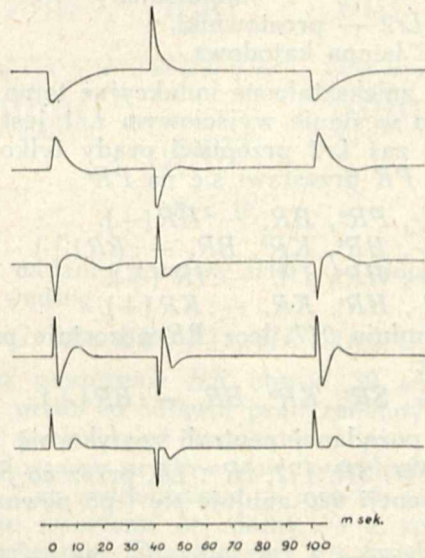
Rys. 5.

slania Ssg *QR2* puści i dołączy testujący minus, co pozwoli na nową lustrację na linię dalekosiężną. Zamiast oddziaływać na prąd anodowy można włączać i wyłączać specjalny prąd od baterji +*S* i —*S* w obwodzie między transformatorami *NTr1* i *FTr2*; schemat przekazany jest na rys. 4.

Można również oddziaływać na prąd anodowy pośrednio przez dodatkową baterję +*G* i —*G*, dobierając —*G*, kiedy *PR1* stoi na *PR1^b* tak, aby prąd anodowy był równy zero. Przy —*B*, to jest kiedy *PR1* stoi na *PR1^a*, prąd anodowy otrzymuje swą normalną wartość i indukuje odpowiednie tętno w *NTr1*.

Odbiornik końcowy.

Tętno indukcyjne, wysłane z translacji nadawczej, dojdzie do najbliższego amplifikatora. Jeżeli żadnej dodatkowej aparatury nie przewidzieć, to przy zwykle stosowanych amplifikatorach tętno to wzmocni się, ponieważ może być traktowane ja-



Rys. 6.

ko nieustalony proces o względnie stromych przebiegach. Wpływ samoindukcji oddzielnych części amplifikatora ujawnia się w postaci zdeformowania; oscylogramy dla kilku punktów linii dalekosiężnej są uwidocznione na rys. 6.

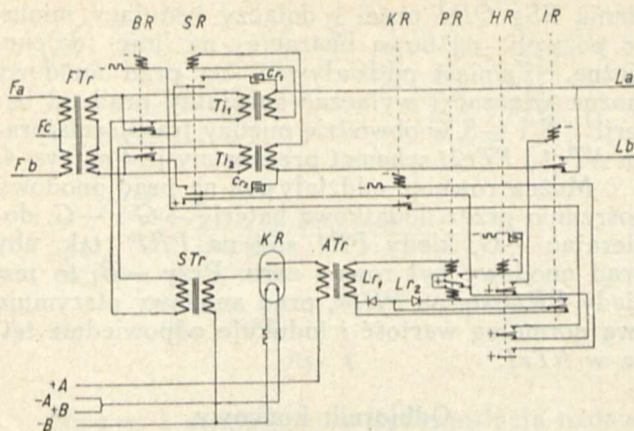
- Oscylogram 1 jest zdjęty za pierwszym *FTr*,
- „ 2 „ „ „ „ drugim *FTr*,
- „ 3 „ „ „ „ pierwszym *NTr*,
- „ 4 „ „ „ „ pierwszym *STr*,
- „ 5 „ „ „ „ pierwszym *STr*,

przyczem prostowniki *Lr*, rys. 7 — były zwarte podczas zdjęć oscylogramu 4 i pracowały podczas zdjęć oscylogramu 5.

Praca odbiorczego *PR* jest technicznie niemożliwa od prądów oscylogramu 4; idzie zaś zupełnie poprawnie przy zastosowaniu specjalnego układu z prostownikami. Schemat takiego amplifikatora uwidoczniony jest na rys. 7.

Oznaczenia:

- FTr*, *STr* i *ATr* — transformatory,
- Ti1* i *Ti2* — telefoniczne cewki indukcyjne, tworzące z *Cr1* i *Cr2* filtr gilotynujący,
- BR* — przekaźnik odłączający,
- SR* — „ „ pętli,



Rys. 7.

KR — przekaźnik kontrolujący,
 PR — „ polaryzowany,
 HR — „ pomocniczy,
 IR — „ impulsujący,
 Lr1 i Lr2 — prostowniki,
 KR — lampa katodowa,

Kiedy zmniejszone indukcyjne tętno dojdzie do ATr, to w stanie wyjściowym Lr1 jest zwarty na krótko, zaś Lr2 przepuści prądy tylko z dołu ku górze i PR przestawi się na PR^a.

016: +, PR^a, HR, —: HR(+).

017: +, HR^c, KR^b, BR, —: BR(+).

018: +, HR^a, IR^d, —: IR(+).

019: +, HR^e, KR, —: KR(+).

019 anuluje 017, lecz BR pozostaje przyciągnięte przez:

020: +, SR^c, KR^a, BR, —: BR(+).

Pętla pożądanej centrali zamyka się według:

021: La, Ti1, SR, Ti2, IR^a, Lb, przez co SR(+); w konsekwencji 020 anuluje się i po pewnym czasie BR(—).

Oscylogramy 4 i 5 wskazują, że po 15 msek wartość prądu jest tak mała, że leży poza granicą czułości PR. Czas przestawienia PR będzie około 4 msek, czas przyciągnięcia HR około 10 msek, IR około 8 msek; razem około 22 msek, a zatem od momentu przyciągnięcia IR przez przekaźnik PR będą przepływać prądy, nie mogące wpłynąć na ten przekaźnik i tak aż do nadejścia nowego tętna. Ponieważ obecnie Lr2 jest zwarte, to Lr1 przepuści prądy tylko z góry na dół i PR przestawi się na PR^b. Przez to anulują się 016 i 017: HR(—) i IR(—). Przeszwanie PR i puszczenie HR i IR wymaga razem około 20 msek, a zatem po puszczeniu IR przez PR będą przechodziły prądy o tak małej wartości, że PR nie jest w stanie ich odczuć i tak aż do przyjscia nowego tętna. Jak widać połączenie PR zależy od tętna: po nieparzystym tętnie — na PR^a, a po parzystym — na PR^b. Ponieważ ASg i SSg pochłaniają dwa tętna i każdy impuls również 2, to zasadniczo cały proces wybierania przebiega prawidłowo.

Może się jednak zdarzyć, że przez przypadkowy zbieg okoliczności prostujący schemat „przekręci” się i przez to ASg będzie przyjęty za SSg i odwrotnie. Abonent, nie otrzymawszy AZ Sg (alarmowego zwrotnego Sg), powiesi mikrofon i tem samym nada ASg. Aby uniknąć omówionego wypadku, można zastosować urządzenia kon-

trolujące; jako przykład niżej przytoczony jest układ z parametrem czasu, który polega na rozumowaniu następującym.

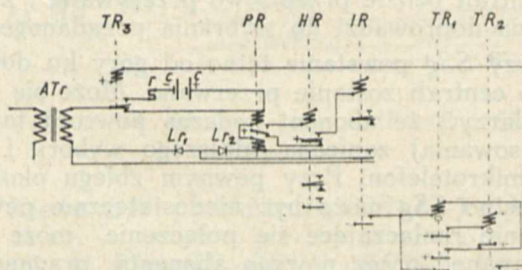
1) Podczas impulsowania jedno tętno za drugim jest nadawane dla normalnej tarczy w odstępach 60 i 40 msek; dla najwolniejszej, próbowanej, ale niedopuszczalnej w ruchu, wartości te wyniosą 90 i 60 msek; stąd wniosek, że największy odstęp między dwoma tętnami podczas impulsowania nie może przekraczać 90 msek, względnie 150 msek między symetrycznymi przebiegami.

2) Po skończonej serii impulsów abonent nabiera nową. Najszybsza możliwość nadania pierwszego tętna nowej serii będzie 350 msek po ostatnim tętnie poprzedniej serii.

3) Jako konsekwencja powyższych 2 rozumowań jest, że abonent nie jest w stanie nadać dwóch tętn, z odstępem między 90, względnie 150, i 350 msek.

4) W takich granicach, na przykład w odstępie 200 msek, można nadać tętno automatycznie, przy czym proces taki może realizować prawidłowe ustawienie się schematu prostującego.

Na rys. 1 uwidocznione są 2 przekaźniki KR1 i QR1, które nadają dwa tętna w odstępie 200 msek jedno od drugiego; przekaźniki te działają przy każdym rozłączeniu.



Rys 8

Na rys. 8 widać grupę z 3 przekaźników TR1, TR2 i TR3, przestawiających „przekręcony” układ prostujący; rysunek ten rozumieć należy, jako dopełnienie rys. 7.

Jeżeli wszystko jest w porządku, to podczas ASg powstają:

022: +, TR2^a, TR1, IR^e, —: TR1(+).

023: +, TR2, TR1^a, —: TR2(+), anuluje 022, ale TR1 trzyma się według

024: +, TR1^b, TR1, IR^e, —.

TR1 puszcza po 100 msek, a TR2 po 200 msek od chwili przerwania prądu; w konsekwencji podczas impulsowania oba przekaźniki pozostaną aktywne. Przy SSg przekaźnik IR(—); po 100 msek TR1(—) i po dalszych 200 msek TR2(—). Po 500 msek następuje powtórny, automatyczny SSg: IR(+) i po 200 msek IR(—); obwody 22, 23 i 24 powtórzą się i wszystko wróci do stanu normalnego.

Jeżeli zaś schemat prostujący jest „przekręcony”, to przy powieszeniu mikrofonu otrzymuje się fałszywy (mylny) ASg. Obwody 22, 23 i 24 są aktualne. Po 500 msek nadawcza translacja nadaje powtórny, automatyczny SSg w postaci dwóch tętn; pierwsze tętno będzie obecnie mylnie przyjęte z góry ku dołowi i IR(—). Po 100 msek TR1(—). Po dalszych 200 msek przyjdzie nowe tętno z translacji nadawczej, które będzie mylnie przyjęte, jako ASg i PR przestawi na PR^a, co wy-

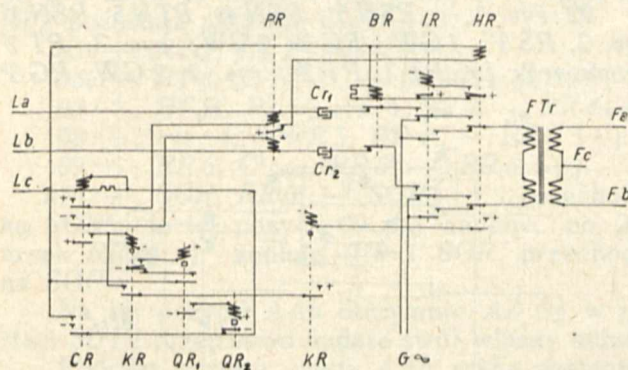
woła $IR(+)$. Obecnie jednak $TR1$ nie może przyciągnąć, bo przez aktywne jeszcze $TR2$ ma odebrany plus baterji i powstaje obwód:

$025 : +, TR3, TR2^b, TR1^c, IR^c, - : TR3(+)$ i włącza dodatkową baterję $+C$ i $-C$, która odstawia PR według:
 $026 : +, C, PR, IR^c, Lr1, ATr1, TR3^a, r, -C : PR$ przechodzi na PR^b .

Po 300 msek od czasu pierwszego puszczenia IR , czyli po 200 msek od czasu puszczenia $TR1$, puści $TR2$; 025 anuluje się i wszystko wróci do stanu normalnego.

Tętno o częstotliwości nośnej.

Oscylogram 4 rysunku 6 wskazuje, że zdeformowany impuls indukcyjny może być traktowany jako tętno zmieniającej się częstotliwości. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby aparatura rys. 7 również dobrze przyjęła krótkie, to jest najdłużej 15 msekundowe, tętno o nośnej częstotliwości, dostosowanej do własności linii i amplifikatorów; za taką można uważać około 500 okresów na sek. Schemat translacji nadawczej dla omawianego wypadku jest uwidoczniiony na rys. 9.



Rys. 9.

Oznaczenia:

CR — przekaźnik testujący,

$KR1, KR2, QR1$ i $QR2$ — przekaźniki kontrolujące,

G — zaciski generatora prądu zmiennego o częstotliwości nośnej około 500 okresów na sek,

PR — przekaźnik polaryzowany,
 BR — „ odłączający,
 IR — „ impulsujący,
 HR — „ pomocniczy,
 FTr — transformator.

Kiedy przekaźnik testujący przyciągnie, powstaną:

$027 : +, PR^a, HR, CR^d, - : HR(+)$.

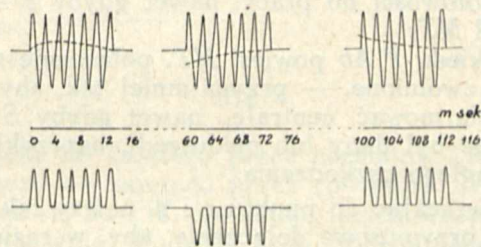
$028 : +, CR^c, KR1, - : KR1(+)$.

Prąd zmienny zamyka się według

$029 : G, IR^i, HR^e, FTr, HR^c, IR^c, G$.

$030 : +, HR^a, IR, - : IR(+)$, anuluje 029

i odłącza prąd zmienny. Ponieważ IR przyciąga po 12 msek od chwili włączenia prądu, to jest aktywności HR , to długość tętna prądu zmiennego będzie również około 12 msek.



Rys. 10.

Przy nadaniu przerwy $HR(-)$ i dołącza prąd zmienny według:

$031 : G, IR^g, HR^i, FTr, HR^d, IR^d, G$.

Przez puszczenie HR obwód 30 anuluje się i $IR(-)$, przez co odłącza prąd zmienny; puszcza IR po 12 msek i tyleż trwa tętno.

Oscylogramy prądów wejściowych do PR według rys. 7 są uwidocznione na rys. 10; górny oscylogram ze zwartemi Lr , dolny — z włączonemi według schematu. Oscylogramy dla każdego indywidualnego tętna nieco odbiegają od wskazanych na rysunku; różnice te, zupełnie umotywowane obecną teorią tych zjawisk, nie mają technicznego znaczenia. Odchylenia, najczęściej obserwowane, są uwidocznione środkową linią przerywaną.

URZĄDZENIA KONTROLUJĄCE.

Prof. R. Trechciński.

Obsah. Kontrolní zařízení vlastního čísla pro meziměstský rychlý provoz. Systém kontroly hodnoty rozmluvy v pásmech pomocí kombinace ukazovačů pásem s rozstředěním sítě.

Streszczenie. System kontrolowania własnego numeru przy trafiku międzymiastowym szybkim. System kontrolowania wartości rozmowy strefowej zapomocą kombinacji wskaźników stref z ugrupowaniem sieci.

Pod powyższą nazwą w telefonji automatycznej rozumiana jest aparatura, służąca do przesygnalizowania od jednych organów ku innym danych, koniecznych dla dalszego przepisowego przebiegu lub zanotowania.

Urządzeń takich jest ogromna ilość; w niniejszym artykule będą opisane niektóre z nich.

2. Sprawdzenie własnego numeru.

Założono następującą dyspozycję międzymiastowego trafiku automatycznego:

a) abonent, chcąc otrzymać rozmowę przez linię dalekosiężną, wybiera pewien numer kierunkowy, charakteryzujący pęczek linii w określonym kierunku;

b) 1 GW i 2 GW łączą A Ab (abonenta alarmującego) z aparaturą, związaną z jedną z linii dalekosiężnych;

c) zachodzi potrzeba ustalenia numeru A Ab dla wystawienia rachunku za połączenie;

d) w tym celu *A Ab* przepisowo wybiera własny numer;

e) aparatura przez specjalną linię łączy się z *A Ab*, przymusowo dołącza się, pomimo cechy zajętości;

f) należy sprawdzić, czy *A Ab* rzeczywiście nadał własny numer;

g) po sprawdzeniu następuje przymusowe rozłączenie „starego” połączenia przez 1 GW i 2 GW;

h) „nowe” połączenie — przez specjalną linię, translację, linię dalekosiężną — alarmuje pożądaną centralę, która wysyła *AZ Sg*;

i) *A Ab* wybiera numer i uzyskuje połączenie do *P Ab* (pożądanego);

k) z chwilą kiedy *A Ab* powiesi *MT*, cała aparatura dalekosiężna (rozumiemy tu przedewszystkiem linię) musi być zwolniona i doprowadzona do stanu gotowości do pracy, nawet gdyby *P Ab* nie powiesił *MT*;

l) kiedy *P Ab* powiesi *MT*, połączenie powinno być zwolnione, — przynajmniej tak, aby *P Ab* mógł alarmować centralę, nawet gdyby *S Sg* od *A Ab* nie był dany lub niedoszedł, naprzykład w razie nagłego uszkodzenia.

Powracając do punktu c i g, należy tak uskutecznić przymusowe dołączenie, aby, w razie gdyby *A Ab* się omylił i wybrał nie własny numer, były zachowane warunki:

m) przy trafieniu na zajętego nie wywołać zauważalnego szmeru,

n) przy trafieniu na wolnego nie dać *A Sg*,

o) nie dać możliwości podsłuchu,

p) nie wywołać przymusowego rozłączenia.

Omówioną operację można uskutecznić:

r) impulsami kondensatorowemi,

s) impulsami indukcyjnemi,

t) impulsami o częstotliwości nośnej.

Komplet rysunków od 1 do 7 zawiera uproszczony schemat kontroli impulsami kondensatorowemi; rys. 8 wskazuje schemat symboliczny a rys. 9 — układ rysunków.

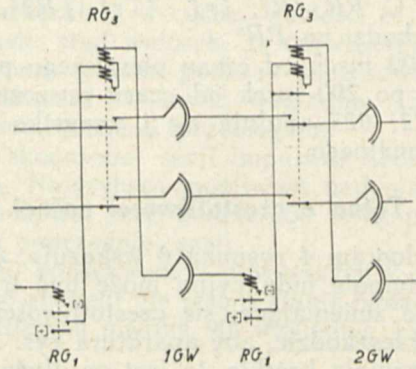
Po wybraniu specjalnego numeru, *A Ab* w znany sposób przez *AS* (rys. 1), 1 GW i 2 GW (rys. 2) dostaje się do kompletu aparatury międzymiastowej, składającej się z:

1. translacji kondensatorowej (rys. 3),

2. specjalnego rejestru (rys. 4 i 5),

3. specjalnej linii sznurowej *SSrL* (rys. 6, 2 i 7).

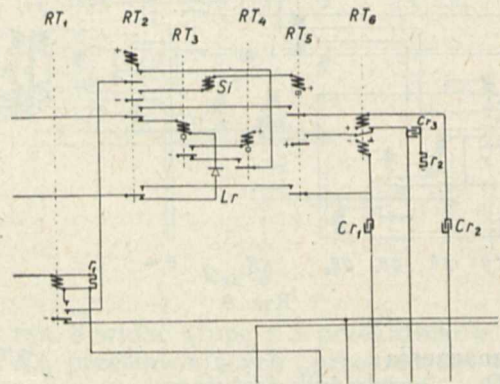
Lustracja z 2 GW według 01: rys. 2 + kontrolowany (skrót: [+]), *RG 1^b*, *RG 3*, rys. 3, *RT 1*, rys. 4, *B¹SOR*, *RR 12^b*, rys. 5, rys. 6, rys. 2, kontrolowany minus przez zwarte na krótko *RG 1 : RT 1 (+)* i zapewnia sobie minus przez *RT 1^b* i *RT 1*. *SrL*



Rys. 2.

nadaje *WSg*. Tripprelais *RSN 6* i *RT 3* otrzymują prąd jednokierunkowy z nałożonym zmiennym według

02: rys. 1, +, *RSN 5^a*, *RSN 4^a*, *RTN 5*, *RSN 8^d*, rys. 2, *RS 3^c*, 1 GW, *RG 3^c*, 2 GW, rys. 3, *RT 2^f*, prostownik *Lr*, *RT 3*, *RT 2^d*, rys. 2, 2 GW, *RG 3^b*,

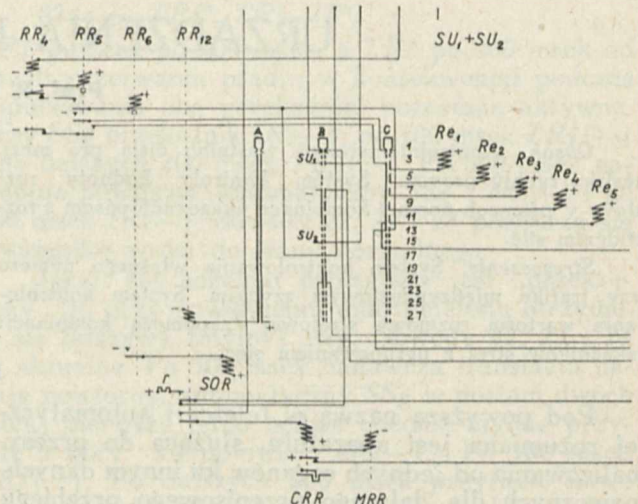


Rys. 3.

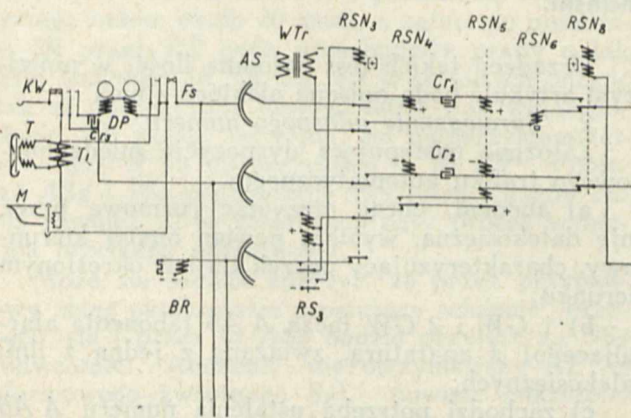
1 GW, *RG 3^b*, rys. 1, *RSN 8^b*, *RSN 6*, *RSN 3^b*, *WTr*, — : *RSN 6 (+)* i *RT 3 (+)*.

Jako konsekwencja przyciągnięcia *RSN 6* będzie aktywność *RSN 8*.

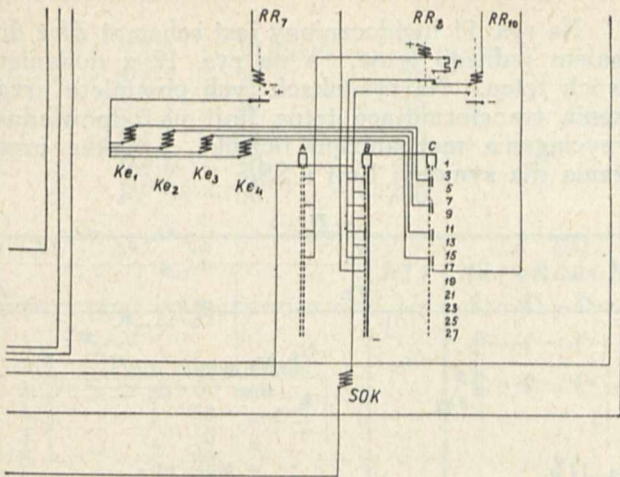
03: rys. 3, +, *RT 4*, *RT 3^a*, — : *RT 4 (+)*.



Rys. 4.



Rys. 1.



Rys. 5.

Kiedy $RSN 8(+)$, to nastąpi przemiana biegunów; Lr nie przepuści prądu w odwrotnym kierunku i $RT 3(-)$.

Ponieważ $RT 4$ jest opóźnione, więc

04 : rys. 3, + $RT 2, RT 4^a, RT 3^b$, - : $RT 2(+)$; po 200 msek 04 anuluje się, przez (-) $RT 4$, ale $RT 2$ pozostaje aktywne według

05 : +, $RT 2, RT 2^a, RT 1^b$, -.

06 : +, $RT 5, Si, RT 2^b$, - : po 300 msk $RT 5(+)$.

07 : +, $RT 5^b, RT 6^a$, rys. 4, $RR 4$, - : $RR 4(+)$.

08 : +, rys. 4, +, $RR 5, RR 4^a$, - : $RR 5(+)$.

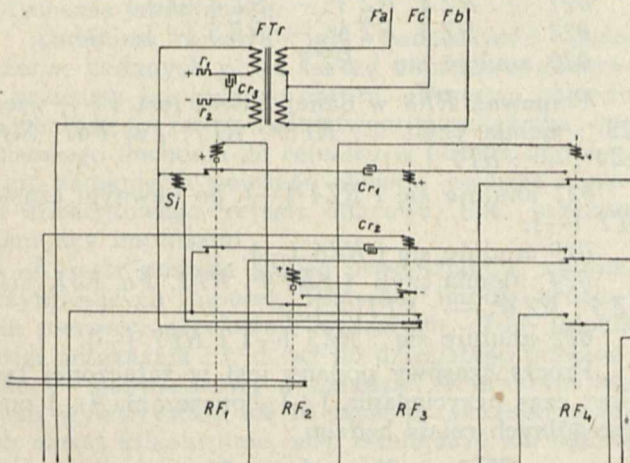
09 : +, $RR 6, C^1_{SOR}, RR 5^b$, - : $RR 6(+)$.

010 : +, $SOR, RR 6^a$, - : $SOR(+)$ i przechodzi na SOR^2 ; na tej pozycji 09 się anuluje, po 200 msek $RR 6(-)$, anuluje 010 i SOR przechodzi na SOR^3 .

Na tej pozycji AAb otrzymuje $AZ Sg$ w postaci $SU 1$ i przepisowo nadaje swój własny numer.

Podczas przerw pętli AAb w Fs następują prądy ładowania kondensatorów sznurowych i $RT 6$ według znanej zasady impulsuje. 07 przerywa się i zwiera, a przez to impulsuje $RR 4$. $Re 1, Re 2, Re 3, Re 4$ i $Re 5$ zapiszą numer własny AAb .

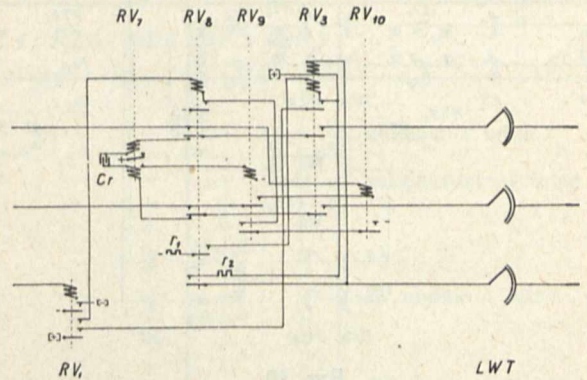
Po nadaniu 2 pierwszych seryj SOR znajdzie się na SOR^7 , i na tej pozycji zamknie obwód dla SOK , który przejdzie na SOK^3 , zaskartuje 1 GW. Dalej przepisowo ustawią się 1 GW, 2 GW i LWT specjalnej SrL . SOK przejdzie na SOK^{17} . 011, rys. 6, +, $RF 4$, rys. 5, B^1_{SOK} , - : $RF 4(+)$. 012 rys. 4, +, $RR 6, C^3_{SOR}$, rys. 5, rys. 6, $RF 4^b$, rys. 5, C^3_{SOK} , - : $RR 6(+)$, SOR na SOR^{14} i anuluje



Rys. 6.

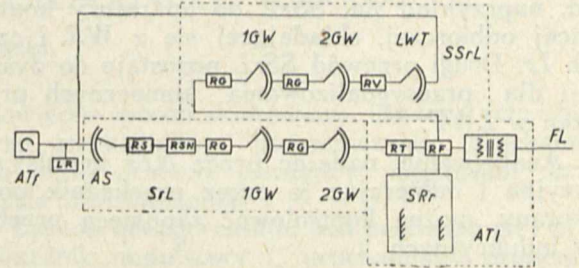
012; po 200 msek $RR 6(-)$ i SOR na SOR^{15} . Na tej pozycji AAb otrzymuje $SU 2$, przepisowo oznaczający, że należy nadać serię kontrolującą o pewnej ilości impulsów, na przykład 2.

W międzyczasie LWT perłustrował według 013 : [+], górne uzwojenie $RV 3, L^c_{LWT}, BR$, (-) : $RV 3(+)$. Uzwojenie to jest tak obliczone, że



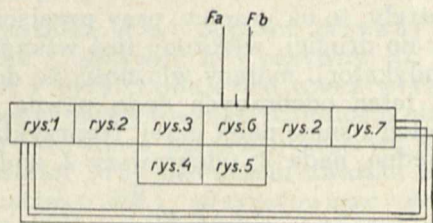
Rys. 7.

przyłączy do zajętego przez normalny LW , a nie przyłączy do zajętego przez specjalny LWT ; dołączając się do LW , nie zrzuci jednak egzystującego połączenia. Podczas serii kontrolującej SOR przechodzi na pozycję SOR^{16} , przyczem podczas przerwy $RR 4$ daje zasilający minus do $RF 3$, a $RV 9$ zamyka pętlę, przez którą przyciąga $RV 10$



Rys. 8.

i daje minus do uruchomienia $RV 8$. Przez powyższą dyspozycję tylko synchroniczne uruchomienie wspomnianych przekaźników skutecznymi przełączeniem; jest to konieczne dlatego, że AAb mógł się omylić i dołączyć się do innego abonenta; przy przypadkowym trafieniu na impulsującego albo dzwonionego mogłyby zajść niepożądane połącze-



Rys. 9.

nia. Kiedy $RV 8(+)$, to przez 014 : +, $RV 3$ dolne uzwojenie, $RV 8^f, r 1$, - przytrzymuje $RV 3$ i przez $RV 8^g$ bocznikuje górne uzwojenie przez $r 2$ tak, że następuje przymusowe rozłączenie pierwszej SrL i AAb ma połączenie tylko przez $SSrL$.

Po skończeniu serii kontrolującej SOR przechodzi na SOR^{17} , kontroluje, czy przymusowe roz-

RZ 2	+	30 msek	—	30 msek
RZ 3	+	30	—	30
RZ 4	+	30	—	30
RZ 5	+	50	—	50
RZ 6	+	50	—	50
RF 5	+	50	—	200

Jak widać z tablicy, *PTI* nada 1 tętno, a *ZI* doda 1 i pośle 2, które uruchomią przekaźnik *RT7*; to ostatnie w sposób, nie pokazany na rysunku, odpowiednio podziela na licznik *AAb*.

Zapomocą analogicznych schematów można osiągnąć dodawanie nie tęten, a impulsów.

		RT7	RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5	RZ6	RF5	RF3	
1		—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	<i>PAb</i> odpowiedział	—	—	—	—	—	—	—	—	+	nadanie 1 tętna
3	po 30 msk	—	+	—	—	—	—	—	—	+	
4	50	—	+	—	—	—	—	—	+	+	zakończenie 1 tętna
5	60	—	+	+	—	—	—	—	+	+	
6	80	—	—	+	—	—	—	+	+	+	
7	90	—	—	+	+	—	—	+	+	+	
8	110	—	—	—	+	—	—	+	+	+	
9	120	—	—	—	+	+	—	+	+	+	<i>ZI</i> nadaie 1 tętno
10	130	—	—	—	+	+	+	+	+	+	
11	140	—	—	—	—	+	+	+	+	+	
12	150	+	—	—	—	+	+	+	+	+	
13	170	+	—	—	—	—	+	+	+	+	<i>ZI</i> przerywa 1 tętno
14	200	—	—	—	—	—	+	+	+	+	
15	220	—	—	—	—	—	+	—	+	+	<i>ZI</i> nadaje 2 tętno
16	250	+	—	—	—	—	+	—	+	+	
17	270	+	—	—	—	—	—	—	+	+	<i>ZI</i> przerywa 2 tętno
18	300	—	—	—	—	—	—	—	+	+	

SYSTEM REJESTRU PRZEKAŹNIKOWEGO.

Inż. Czestaw Rajski.

Obsah. Schema a popis systému relé pro počítání elektrických impulsů na základě poněkud odchylné metody než dosavadní.

Streszczenie. Schemat i opis układu przekaźników, służącego do notowania ilości impulsów elektrycznych i oparłego na zasadzie nieco różnej od dotychczas znanych.

Nieodzownym elementem każdej centrali automatycznej systemu niedziesiątego jest rejestr. Rejestry bywają mechaniczne lub przekaźnikowe. Istniejące systemy rejestrów przekaźnikowych są bardzo nieliczne. Liczba ich w chwili obecnej bodaj nie przekracza trzech. Artykuł niniejszy jest opisem pewnego systemu rejestr przekaźnikowego, zbudowanego na zasadzie nieco odrębnej od dotychczas istniejących.

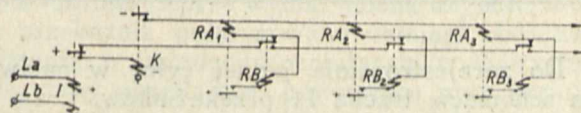
Zadaniem rejestr jest zanotowanie ilości przerw, nadanych przez tarczę numerową abonenta w czasie jej jednego obrotu. Przerwa obwodu abonentowego za pośrednictwem przekaźnika impulsowego dochodzi do rejestr w postaci impulsu, t. zn. zamknięcia pewnego obwodu, zwarcie obwodu abonentowego, rejestr odczuwa, jako przerwę pomiędzy impulsami.

Rejestr posiada szereg przekaźników, kolejno przyjmujących impulsy. Pierwszy impuls uruchamia pierwszy przekaźnik w szeregu, drugi impuls drugi przekaźnik i t. d., aż do dziesiątego przekaźnika, — przynajmniej w zasadzie, w praktyce bowiem wykorzystuje się te same przekaźniki parolub nawet kilkakrotnie, aby zmniejszyć ich ogólną ilość.

Jeśli każdy kolejny impuls ma trafić do właściwego przekaźnika rejestrowego, musi on być w

odpowiedni sposób skierowany. Do tego celu służy szereg przekaźników pomocniczych, uruchamianych przez przerwy pomiędzy impulsami czyli zwarcia linii abonenta.

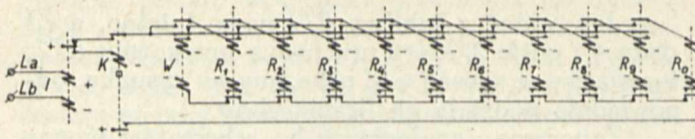
Zasada takiego układu jest pokazana na rys. 1. Przekaźnik impulsowy *I*, uruchamiany prądem z linii abonenta, dołączonej do zacisków *La* i *Lb*, zamyka obwód przekaźnika kontrolnego *K* z działaniem opóźnionem, który pozostaje aktywny podczas impulsowania. Pierwsza przerwa zamyka ob-



Rys. 1.

wód przekaźnika *RA1* poprzez pasywny kontakt przekaźnika *I*, aktywny *K* i pasywny *RB1*. Przekaźnik *RA1* przytrzymuje się przez własny kontakt aktywny, przygotowując temsamem obwód dla *RB1*, który do końca pierwszej przerwy pozostaje jednak zwarty. Przy pierwszym zwarcu linii abonenta przyciąga *RB1*, przygotowując obwód dla *RA2*, który się uruchomi przy drugiej przerwie, tak samo, jak *BB2* przy drugim zwarcu, *RA3* przy trzeciej przerwie i t. d. W ten sposób każde puszczenie przekaźnika *I* uruchamia dwa przekaźniki, zaś ilość par wzbudzonych przekaźników odpowiada cyfrze, wybranej przez abonenta.

Na rys. 2 pokazany jest zasadniczy schemat rejestr, w którym każdy impuls uruchamia tylko jeden przekaźnik. Dolne uzwojenia przekaźników *R* służą do trzymania ich w stanie przyciągniętym, uruchomienie któregośkolwiek przekaźnika *R* może



Rys. 2.

nastąpić tylko przy pomocy górnego uzwojenia. Rejestr pracuje w ten sposób, że po przyjęciu serji impulsów pozostaje w stanie aktywnym tylko ten przekaźnik, którego numer porządkowy jest równy nadanej cyfrze. W tym celu obwód dolnego uzwojenia każdego z przekaźników R zostaje przerywany przez uruchomienie następującego po nim, t. zn. $R2$ przerywa obwód przekaźnikowi $R1$, $R3$ przerywa obwód $R2$ i t. d. Uruchamianie przekaźników R odbywa się w ten sposób, że obwód górnego uzwojenia danego przekaźnika zamyka się poprzez kontakt aktywny bezpośredniego poprzedniego i kontakt pasywny przekaźnika poprzedzającego tamten. Oznacza to np., że obwód górnego uzwojenia przekaźnika $R3$ zostaje zamknięty poprzez aktywny kontakt $R2$, pasywny $R1$, aktywny K i pasywny I . Dla ułatwienia orientacji poniżej jest podana tabela działania przekaźników rejestrowych.

	Przygotowanie	I m p u l s o w a n i e												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0			
I	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
W	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R1	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R2	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R3	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R4	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
R5	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
R6	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
R7	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
R8	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
R9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
R0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-

Do zarejestrowania jednej cyfry w omawianym schemacie trzeba 11 przekaźników, t. zn. 10 przekaźników R i przekaźnik W ; przekaźniki I i K stanowią nieodzowną część każdego rejestru. Dla zmniejszenia ilości koniecznych przekaźników można zastosować układ z rys. 3, w którym przekaźniki R są wykorzystane dwukrotnie w ten sposób, że serja dziesięciu impulsów jest podzielona na dwie serje po pięć impulsów, przytem obie są rejestrowane przez te same pięć przekaźników, zaś pewien dodatkowy przekaźnik odróżnia, czy przekaźniki rejestrowe pracowały raz czy dwa razy.

Z rys. 3 widać, że przekaźniki R są połączone ze sobą cyklicznie, t. zn. przekaźnik $R5$ jest tak samo połączony z przekaźnikiem $R1$, jak $R1$ z $R2$, $R2$ z $R3$ i t. d.

Taki cykliczny układ, w którym nie ma ani początku, ani końca, jest bez pewnego przygotowania niezdolny do wykonania swojej pracy, ponieważ wszystkie przekaźniki R są załączone w stosunku do przekaźnika impulsowego w sposób identyczny,

więc niema pośród nich żadnego, któryby mógł przyjąć pierwszy impuls, ponieważ w ich zamkniętym łańcuchu nie istnieje żadne schematowe kryterjum, pozwalające na wyróżnienie jednego z nich, jako pierwszego. Tak samo jest widoczne ze schematu, że jeśli wszystkie przekaźniki R są pasywne, to impulsy, wysyłane przez przekaźnik impulsowy I , nie docierają do rejestru. Zatem rejestr musi być przygotowany do pracy przez wstępne uruchomienie przekaźnika $R5$, jako tego, który przygotowuje obwód dla przyjęcia pierwszego impulsu przez przekaźnik $R1$, poczem ten znowu przygotowuje obwód dla przekaźnika $R2$ i t. d., jak to zostało opisane wyżej.

Przygotowanie rejestru odbywa się w ten sposób, że po załączeniu pętli abonenta na przekaźnik impulsowy I przyciąga przekaźnik kontrolny K , dając przez kondensator C impuls na dolne uzwojenie przekaźnika wstępnego W . Przekaźnik W przyciąga, przytrzymując się przez swoje dolne uzwojenie, i uruchamia przekaźnik $R5$ przez jego dolne uzwojenie. Naskutek uruchomienia przekaźnika $R1$ podczas pierwszej przerwy, obwody dolnych uzwojeń przekaźników W i $R5$ zostają przerywane, jednak oba te przekaźniki trzymają się przez swoje górne uzwojenia, aż do końca pierwszej przerwy.

Piąty impuls uruchamia znowu przekaźnik $R5$, tym razem przy pomocy górnego uzwojenia poprzez aktywny kontakt $R4$ i pasywny $R3$. Szósty impuls uruchamia po raz drugi przekaźnik $R1$ poprzez aktywny kontakt $R5$ i pasywny $R4$. Równolegle do $R1$, poprzez pasywny kontakt przekaźnika W dostaje prąd na swoje górne uzwojenie przekaźnik piątkowy P , który przytrzymuje się przez dolne uzwojenie, aż do końca pracy rejestru i cechuje przejście do drugiej grupy pięciu impulsów. Poniższa tabela ilustruje szczegółowo przebieg pracy schematu z rys. 3.

	Przygotowanie	I m p u l s o w a n i e												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0			
I	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
R1	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
R2	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-
R3	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-
R4	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
R5	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+
P	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
W	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Rys. 3.

Opornik r rzędu wielkości stu tysięcy omów służy do rozładowania kondensatora C po ukończeniu pracy rejestru.

Pokazany układ może liczyć impulsy nadawane przez abonenta; inny podobny układ, dla którego przekaźnik seryjny S byłby przekaźnikiem im-

pulsowym, może liczyć cyfry, nadawane przez abonenta i t. p. W szczególe taki układ może pracować, jako demultiplikator impulsów czyli urządzenie zmniejszające częstotliwość impulsów w dowolnym stosunku całkowitym, poczynając od trzech.

TRANSLACJA LAMPOWA.

Inż. Czesław Rajski.

Obsah. Užití katodové lampy pro elektrostatické relé za účelem spojení mezi dvěma automatickými ústřednami.

Streszczenie. Zastosowanie lampy katodowej, jako przekaźnika elektrostatycznego, w celu nawiązania współpracy pomiędzy dwiema centralami automatycznymi.

Jednym z codziennych zagadnień współczesnej teletechniki jest współpraca central automatycznych pomiędzy sobą. Zwykle tą sprawę rozpatruje się pod kątem widzenia projektowania sieci łącznic automatycznych, które są wówczas oczywiście budowane z uwzględnieniem wszystkich wymagań przyszłej współpracy. Zdarza się jednak, że trzeba połączyć ze sobą dwie centrale istniejące, z których każda była budowana dla obsługi pewnej ograniczonej grupy abonentów, zupełnie bez uwzględnienia możliwości wybierania abonentów jednej z central przez abonentów drugiej lub naodwrot.

W pewnej chwili powstaje projekt wzajemnego udostępnienia sobie abonentów obu central w ten sposób, by można było z dowolnego aparatu jednej centrali dostać się do dowolnego aparatu drugiej centrali na drodze pełnoautomatycznej. Rozwiązanie leży w takich wypadkach w płaszczyźnie systemu jawnych cyfr kierunkowych. Oznacza to, że abonent jednej z central wybiera numer przewodu połączeniowego do drugiej centrali, czeka na drugi brzęczyk zgłoszeniowy, potem wybiera numer pożądanego abonenta tej drugiej centrali. Urządzenia pośredniczące pomiędzy centralami nazywamy translacjami. Translacje mogą być jedno- lub dwukierunkowe, mogą służyć tylko do spełniania swego zasadniczego zadania, bądź też mogą być skomplikowane przez dodatkowe warunki, jak naprzykład przesyłanie impulsu licznikowego przy podniesieniu słuchawki przez abonenta wywołwanego lub też umożliwienie przymusowego rozłączania ze strony stacji międzymiastowej, istnieje jednak przy budowie każdego rodzaju translacji wspólna trudność podstawowa, a jest nią otrzymanie impulsów od abonenta wywołującego poprzez obwód sznurowy centrali. Artykuł niniejszy jest właśnie poświęcony pewnemu rozwiązaniu tej trudności zasadniczej.

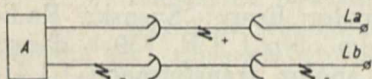
Istotę jej ilustrują rys. 1 i rys. 2, gdzie są podane dla przykładu ewolwenty obwodów sznurow-

wych podczas rozmowy. Po jednej stronie obwodu sznurowego znajduje się aparat abonentowy, po drugiej — zaciski, przeznaczone do dołączenia translacji. Otóż zwykle się zdarza, że żadne inne punkty w centrali nie są dostępne poprostu dlatego, że ani właściciel centrali, ani konserwator nie zgadzają się na to. Zatem przy projektowaniu translacji trzeba się zadowolnić zaciskami La i Lb oraz biegunami baterji.

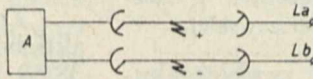
Przy zamkniętym obwodzie abonenta potencjał zacisku La jest nieco niższy od plusa baterji, zaś potencjał zacisku Lb jest nieco wyższy od minusa baterji, przy przerwanym obwodzie abonenta różnice te znikają: potencjały La i Lb zrównują się z potencjałami odpowiednich biegunów baterji. Okoliczność ta znamionuje elektrycznie przerwy i zwarcie w obwodzie abonenta i musi być w jakiś sposób wykorzystana do uruchomienia translacji. Najprościej można to uskutecznić, przepuszczając część prądu mikrofonowego przez przekaźnik, załączony np. między plus baterji a La . Ta metoda jednak jest niezadawalniająca, ponieważ trudno jest z obwodu mikrofonowego wydobyć dość energii na uruchomienie dwóch przekaźników równolegle; zawodzi całkowicie przy oporach linii abonentowych ponad kilkaset omów przy napięciu baterji 24 V. Oznacza to, że abonenci, o linjach z opornością, powiedzmy, 1000 omów, przy której łącznica sama pracuje zupełnie pewnie, nie mogliby korzystać z translacji, co jest oczywiście niedopuszczalne. Lepsze wyniki można uzyskać, stosując przekaźnik polaryzowany zamiast obojętnego zwłaszcza w układach specjalnych, wykorzystujących stany nieustalone, powstające przy impulsowaniu czyli t. zw. impulsy samoindukcyjne i pojemnościowe, — ostatnie w wypadku, gdy linje sznurowe zawierają kondensatory. Rozwiązania te są jednak chronione szeregiem patentów i przeto w ogólnym wypadku niedostępne.

Ze wszystkiego wyżej powiedzianego wynika, że wykorzystywanie energetycznych konsekwencji wahań potencjałów na zaciskach La i Lb przy impulsowaniu jest z tych lub innych względów niemożliwe, nasuwa się wobec tego myśl wykorzystywania tych wahań elektrostatycznie przy użyciu lampy katodowej.

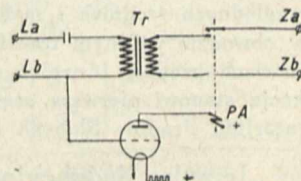
Na rys. 3 podany jest zasadniczy schemat ta-



Rys. 1.



Rys. 2.



Rys. 3.

kiego urządzenia. Jak widać, lampa jest żarzona z baterji stacyjnej, napięcie anodowe jest czerpane również z tego samego źródła. Jest to bodaj koniecznym warunkiem użyteczności translacji lampowej, ponieważ jakieś specjalne źródła prądu dla obwodu żarzenia i anody swoim kosztem obciążałyby układ poza granicę stosowności praktycznej. Działanie translacji nie wymaga prawie wyjaśnienia. Przy zamkniętej pętli abonenta potencjał siatki jest nieco wyższy od potencjału katody, dołączonej do minusa baterji, w obwodzie anodowym płynie prąd paru lub kilku miliamperów, wystarczający na pewne uruchomienie przełącznika polaryzowanego PA. Przy przerwie pętli abonenta potencjał siatki obniża się do zera (w stosunku do ujemnego bieguna katody), prąd anodowy maleje do wartości kilku dziesiątych części miliampera, przełącznik PA puszcza. Ponieważ czas działania lampy katodowej jest znikomo mały, zaś stała czasu obwodu anodowego jest niewielka ze względu na wysoki opór wewnętrzny lampy — w omawianych warunkach opór ten wynosi przynajmniej kilkanaście tysięcy omów — przeto przełącznik PA reaguje prawie momentalnie na zmiany potencjału na siatce lampy, utrzymując prawidłowy stosunek przerwy do zwarcia zarówno przy wolnej tarcz, jak przy szybkiej.

Drugą wielką zaletą omawianego układu jest jego wysoka czułość. Przy napięciu baterji wynoszącym 24 V i oporności przekazników zasilających 200 Ω (pomiędzy Lb i minusem) można osiągnąć dobrą pracę przy linii abonentowej o oporności 4 000 omów i upływności 10 000 omów. Tak trudne warunki w praktyce się nie zdarzają, bo przy takich warunkach centrala nie będzie działać, zaś fakt, że translacja lampowa jeszcze wówczas funkcjonuje poprawnie, zawdzięczamy działaniu wzmacniającemu lampy katodowej. W przeciętnych warunkach pracy translacji przełącznik polaryzowany można zamienić na zwykły, pomimo jego kilkakrotnie mniejszej czułości.

Niskie napięcie anodowe, użyte w translacji nasuwa myśl zastosowania lampy dwusiatkowej.

Od tego też punktu wyjścia rozpoczęły się w rzeczywistości próby. Okazało się, że wyniki, otrzymane z lampami dwusiatkowymi, z trudem można było uznać za zadowalniające, przyczem dopuszczalne wahania napięcia baterji nie przenosiły kilku procent, t. zn. mniej, aniżeli jest możliwe ze względu na działanie samej łącznicy. Dopiero dobranie odpowiedniego typu lampy jednosiatkowej pozwoliło na wykonanie translacji, która, posiadając dużą czułość, nie wymaga dodatkowej regulacji przy takich wahanach napięcia baterji stacyjnej, jakie zdarzają się w praktyce.

Dobremu działaniu translacji lampowej sprzyja znakomicie indukcyjność przełączników, zasilających obwody mikrofonowe. Bowiem przy przerwie linii abonenta powstaje na przełączniku siła elektromotoryczna samoindukcji, która, przyłożona na siatkę lampy, wywołuje duży, choć krótkotrwały przyrost prądu anodowego, energicznie przerzucający kotwicę przełącznika. W ten sposób można regulować przełącznik impulsowy PA na znacznie większy skok kotwicy i większe naciski na kontakty, a tem samem otrzymać większą pewność działania translacji. Jeśli wyregulować przełącznik polaryzowany na możliwie duży skok, a następnie zamiast indukcyjności, zasilającej linię abonenta, załączyć oporność, to praca translacji wogóle ustaje. Wskazuje to na wielką rolę stanów nieustalonych przy impulsowaniu. Mimo to jednak gwarancja statyczna musi być utrzymana, t. zn. że w stanie ustalonym przy linii abonenta przerwanej przełącznik PA, ustawiony na kontakcie pasywnym, winien pozostawać na nim, tak samo jak przy linii abonenta zwartej winien pozostawać na kontakcie aktywnym. Impulsy samoindukcyjne służą tylko do możliwie wysokiego wyzyskania nacisku gwarancji statycznej na kontakty przełącznika.

Centrale automatyczne dużych typów mają za zwyczaj obwody zasilające abonentów oddzielone kondensatorami. Próby uruchomienia translacji lampowej z tego rodzaju łącznic, jak dotychczas nie powiodły się.

BADANIE IMPULSÓW INDUKCYJNYCH.

Inż. St. Judycki.

Obsah. Zkoumání indukčních impulsů obvyklých, akumulovaných a střídavých a jejich středních a maximálních poměrných hodnot proudu a napětí v sekundárním obvodu transformátoru při různých hodnotách proudu a napětí v obvodu primárním. Tato publikace je prvním dílem vyzkumných prací slaboproudé laboratoře vysoké školy technické ve Varšavě.

Streszczenie. Badanie impulsów indukcyjnych zwykłych, akumulowanych i przemiennych w ich wartościach względnych średnich i maksymalnych dla prądów i napięć w obwodzie wtórnym transformatora, przy rozmaitych wartościach prądów i napięć w obwodzie pierwotnym. Publikacja stanowi pierwszą część prac, prowadzonych w Laboratorium Prądów Słabych Politechniki Warszawskiej.

Impulsy indukcyjne mogą być zwykłe, akumulowane i przemiennie.

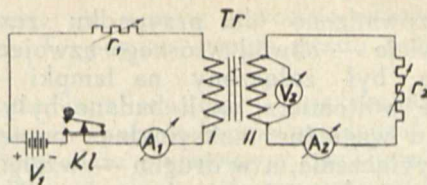
A) Impulsy zwykłe.

Jeżeli weźmiemy dowolny transformator i na pierwotne uzwojenie transformatora załączymy źródło prądu stałego, a w uzwojeniu wtórnem utworzymy obwód zamknięty, to przy zamykaniu i otwieraniu obwodu pierwotnego otrzymamy we wtórnym impulsy prądu, względnie, gdy wtórne uzwojenie tr. otwarte — to na zaciskach otrzymamy odpowiednie napięcia.

Tego rodzaju impulsy nazywamy impulsami zwykłymi. Powyższe doświadczenie zostało dokonane na aparaturze następującej.

Tr — transformator firmy „Svenska Radioaktiebolaget Stockholm” typ L.T.R. 730 o danych 38/88 Ω . Z 800/1600 spólcz. transformacji 1/1,41.

r_1, r_2 — oporności omowe,



Rys. 1.

Kl — klucz sprężynowy.

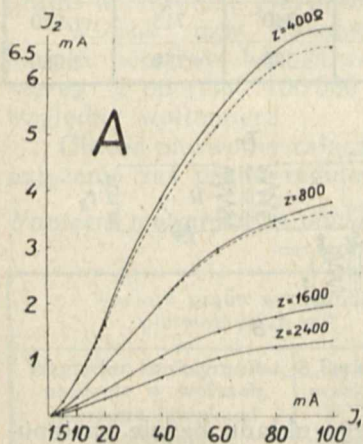
Pomiary powyższe zostały dokonane dla różnych napięć obwodu pierwotnego ($V_1 = 2,5, 7, 10, 25, 50, 100$ V) i dla różnych prądów obwodu pierwotnego ($I_1 = 1, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100$ mA). Obwód wtórny był zamykany na oporność:

($r_2 = 0, 400, 800, 1600, 2400$ omów i woltomierz)

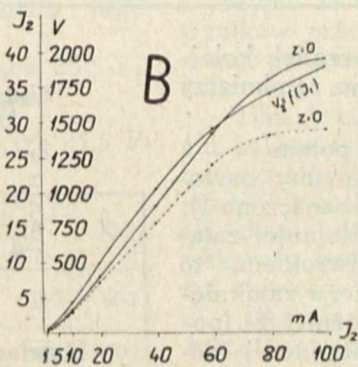
Porządek pomiarów był następujący.

Dla pewnego napięcia i prądu obwodu pierwotnego (np. $2,5$ V, 1 mA), przy różnym obciążeniu obwodu wtórnego była badana względna średnia wartość impulsu prądu przy zamykaniu i otwieraniu obwodu pierwotnego.

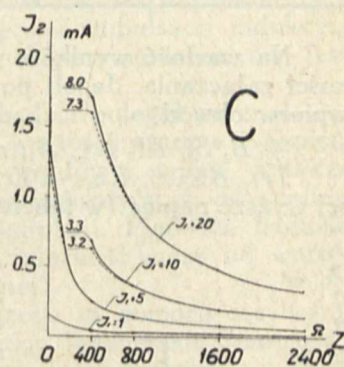
Następnie, przy tym samym napięciu obwodu



Rys. 2.



Rys. 3.



Rys. 4.

pierwotnego, zmieniało się wartość prądu obwodu pierwotnego i w powyżej podanym zestawieniu badane były względne średnie wartości impulsów włączenia i wyłączenia. Dla określenia napięć wtórne uzwojenie transformatora zamykane było na lampki neonowe o określonym zapłonie, lub na galwanometr balistyczny z włączonym w szereg oporem $100\,000$ omów, a zatem pracującym jako względny woltomierz.

Wyniki powyższych pomiarów są podane na wykresach rys. 2, 3, 4, 5, 6 i 7.

$$I_2 = f(I_1) \text{ przy } r_2 = \text{const. } V_1 = \text{const.}$$

$$I_2 = f(r_2) \text{ przy } I_1 = \text{const. } V_1 = \text{const.}$$

$$V_2 = f(I_1) \text{ przy } V_1 = \text{const.,}$$

$$V_1 = 25,5 \text{ V} = \text{const., rys. 2, 3, 4 i 5.}$$

$$V_1 = 100 \text{ V} = \text{const., rys. 6 i 7.}$$

gdzie I_2 — względna średnia wartość impulsu prądu w mA,

I_1 — wartość prądu w obw. pierwotnym w mA,

V_1 — wartość napięcia w obwodzie pierwotnym w woltach,

r_2 — obciążenie obwodu wtórnego w omach,

V_2 — względna średnia, lub maksymalna wartość napięcia na zaciskach wtórnego uzwojenia transformatora. Charakterystyki zależności $I_2 = f(I_1)$ są podobne do krzywych magnesowania, charak-

terystryki $I_2 = f(r_2)$ — do krzywych hyperbolicznych, a $V_2 = f(I_1)$ — do krzywych parabolicznych.

Energja impulsów jest zależna w przybliżeniu od objętości magnetycznej, to znaczy od iloczynu indukcji przez objętość. W artykule niniejszym rozważania teoretyczne nie będą umieszczone, ponieważ praca nad impulsami indukcyjnymi jest w stadium badań.

B) Impulsy akumulowane.

Impulsy akumulowane możemy otrzymać przez dodanie w obwodzie pierwotnym pewnej samoindukcji *Si* (rys. 8).

Tr — transformator o danych, jak wyżej,

Si — transformator dodatkowy typu, jak powyżej, o danych $33/39$ omów, Z $800/800$, współcz. transformacji $1/1$. Służy nam jako dodatkowa samoindukcja — oba uzwojenia są załączone szeregowo w obwód pierw. uzw. transformatora.

Kl_a, Kl_b — klucze do przełączania obwodów.

Gdy oba klucze są nienaciśnięte, a źródło prądu dołączone, mamy obwód:

$$+ B, Si, Kl_{a\ 3-2}, A_1, r_{11}, - B.$$

Pierwotne uzwojenie transformatora jest zwarte.

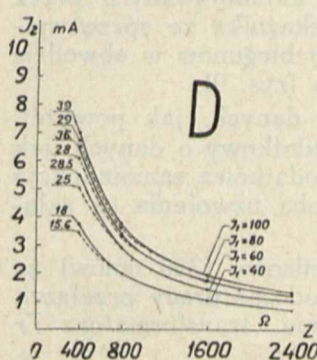
Przez naciśnięcie klucza *Kla* zamykamy obwód źródła prądu na pierwotne uzwojenie transformatora *Tr*.

$$+ B, Si, Tr_1 \uparrow, Kl_{b\ 1-2}, A_1, r_{11}, - B.$$

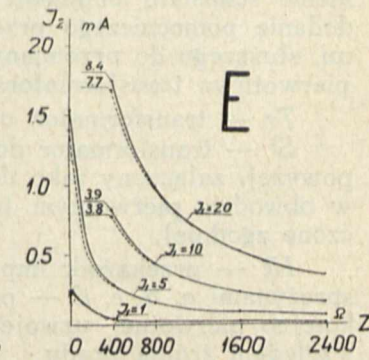
W obwodzie wtórnym transformatora *Tr* otrzymamy impuls prądu akumulowany ($I_{2\ wt}$).

Wartość jego będzie w dużym stopniu zależna od samoindukcji w obwodzie pierwotnym.

Impuls prądu wyłączenia możemy otrzymać przez puszczenie klucza *Kla*, względnie przez na-



Rys. 5.



Rys. 6.

ciśnięcie klucza Kl_b . W pierwszym przypadku pierwotne uzwojenie transformatora Tr zwiera się, a w drugim — otwiera się.

Względna średnia wartość impulsu prądu wyłączenia ($I_{2\text{wyl}}$) we wtórnym uzw. transformatora Tr będzie większa przy otwieraniu, niż przy zwierraniu pierwotnego uzw. transformatora Tr . Doświadczenie nad impulsami akumulowanymi zosta-

ło przeprowadzone dla przypadku szczególnego, a mianowicie — obwód wtórnego uzwojenia transformatora był załączony na lampki neonowe, względnie woltmierz, czyli badane były w 1-y m przypadku względne maksymalne napięcia włączenia i wyłączenia, a w drugim — względne średnie napięcia włączenia i wyłączenia. Wyniki powyższych badań są podane w poniższej tabelce.

Napięcia w obwodzie wtórnym przy $V_1 = 25,5\text{ V} = \text{const.}$

Napięcie	Rodzaj załączenia	$I_1\text{ mA}$	10 mA	20 mA	40 mA	60 mA
Względne maksymalne napięcie w woltach mierzone lampkami neonowymi.	a. Włączanie na obw. pierw. uzwojenia Tr . .	160	380	780	1 200	
	b. Wyłączanie (pierw. uzw. Tr zwiera się) . .	110	110	110	110	
	c. Wyłączanie (pierw. uzw. Tr otwiera się) . .	220	420	780	1 040	
Względna średnia wartość napięcia w woltach mierzona galwanometrem w szereg 100 000 Ω wyskalowanym jako woltmierz	I	a. Włączanie na obw. pierw. uzwojenia Tr .	160	380	750	1 100
		b. Wyłączanie (pierw. uzw. Tr zwiera się)	130	340	715	980
		c. Wyłączanie (pierw. uzw. Tr otwiera się)	160	380	750	1 100
	II	a. Włączanie na obw. pierw. uzwojenia Tr .	140	350	730	1 030
		b. Wyłączanie (pierw. uzw. Tr zwiera się)	130	340	715	980
		c. Wyłączanie (pierw. uzw. Tr otwiera się)	160	380	750	1 060

Na wartość wyników wpływa porządek kolejności załączania. Jeżeli po wyłączeniu zamkniemy wpierw obwód

+ B , Si , $Kl_{a\ 3-2}$, A_1 , r_1 , — B , a potem Tr_I , $Kl_{b\ 1-2}$, $Kl_{a\ 2\ 3}$, Tr_I , to otrzymamy wartości wyższe napięć (w tabelce pomiary oznaczone I), niż przy kolejności załączania odwrotnym, to znaczy wpierw zamknięcie Kl_b a później Kl_a (pomiary oznaczone II). Poza-tem na wartość wyników wpływa czas zamykania obwodu (zależnie od czasu „ Si ” zdąży mniej lub więcej namagnesować się).

Przy tych pomiarach czas dla wszystkich pomiarów został zachowany ten sam, ok. 15 sekund.

C) Impulsy indukcyjne akumulowane przemienne.

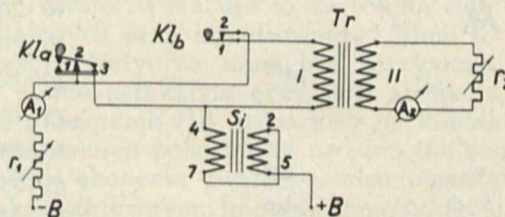
Te impulsy możemy otrzymać przez uzupełnienie schematu impulsów akumulowanych przez dodanie pomocniczego przekaźnika ze sprężynami, służącego do przemiany biegunów w obwodzie pierwotnym transformatora (rys. 9).

Tr — transformator o danych, jak powyżej,

Si — transformator dodatkowy o danych, jak powyżej, załączony jako dodatkowa samoindukcja w obwodzie pierwotnym (oba uzwojenia są załączone zgodnie),

IR — przekaźnik impulsowy (350 omów) ze sprężynami a , b , c , d — podczas pracy przełącza kolejno pierwotne uzwojenie transformatora Tr względem źródła prądu.

TN — tarcza numerowa.



Rys. 8

Działanie powyższego układu będzie następujące

Przy dołączeniu do zacisków „ Si ” źródła prądu zamknie się następujący obwód prądu stałego: + B , Si_{5-2} , IR^d , $Tr_I \uparrow$, IR^b , A_1 , r_1 , Si_{7-4} , — B .

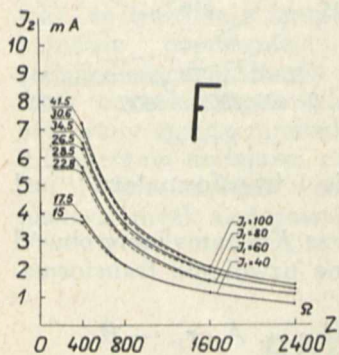
W obwodzie wtórnego uzwojenia transformatora otrzymamy impuls prądu.

Jeżeli załączymy baterię na przekaźnik IR (350 Ω), to stanie się on aktywny, i przełączy swoje sprężyny.

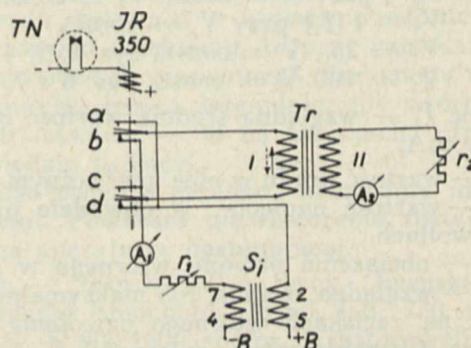
Zamknie się zatem obwód prądu stałego:

+ B , Si_{5-2} , IR^a , $Tr_I \downarrow$, IR^c , A_1 , r_1 , Si_{7-4} , — B .

Prąd zatem w uzwojeniu pierwotnym z pewnej wartości dodatniej przyjmie taką samą war-



Rys. 7.



Rys. 9.

tość ujemną i da nam w obwodzie wtórnym transformatora Tr pewien impuls prądu przeciwnego kierunku.

Podczas impulsowania — przekaźnik IR za pomocą swoich sprężyn będzie przełączał kierunek prądu w obwodzie pierwotnym transformatora Tr . We wtórnym uzwojeniu otrzymamy impulsy prądu włączenia (I_{2wt}) i wyłączenia (I_{2wyt}).

Te impulsy będą większej wartości, niż zwykle, ponieważ przy przełączaniu (przemianie biegunów) prąd, płynący przez pierw. uzw. transformatora w przeciwnym kierunku, wytwarza silny strumień, rozmagnesowujący poprzedni. Wykres prądów będzie następujący, rys. 10:

krzywa a) — wykres prądu impulsowania przekaźnika IR ,

krzywa b) — wykres prądu pierwotnego uzw. transformatora Tr ,

krzywa c) — wykres prądu indukowanego w uzw. wtórnym Tr .

Poniżej załączona tabelka daje nam względne średnie i maksymalne wartości napięć w obwodzie wtórnym transformatora przy zmianie kierunku prądu w obwodzie pierwotnym.

Wtórne uzw. transformatora załączone na lampki neonowe lub galwanometr balistyczny w szereg z oporem 100 000 Ω , pracującym jako względny woltomierz.

Obwód pierwotny załączony na napięcie 25'5 V; natężenie zaś prądu regulowane dowolnie.

Napięcia we wtórnym obwodzie przy $V_1 = 25,5$ V = const.

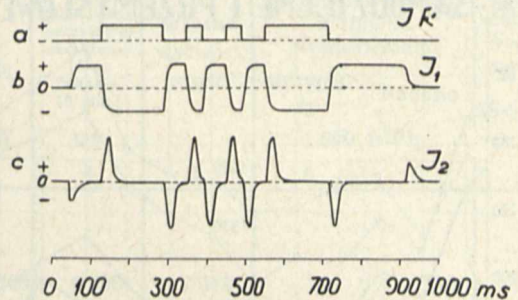
Wartość prądu w obwodzie pierwotnym I_1 , mA		5	10	20
Względne maksymalne napięcie w voltach, mierzone lampkami neonowymi	Przyciąganie przekaźnika IR	180	450	900
	Puszczanie przekaźnika IR	180	450	900
Względne średnie napięcie w voltach, mierzone galwanometrem prac. jako woltomierz	Przyciąganie przekaźnika IR	235	1 300	2 800
	Puszczanie przekaźnika IR	235	1 300	2 800

Stosowanie układu impulsów akumulowanych przemiennych ma bardzo wielkie znaczenie przy translacjach indukcyjnych, pracujących na liniach

dalekosiężnych, fantomowanych lub simultanizowanych^{*)}.

Jak widzimy z powyżej podanych tabel, wartości tych impulsów są kilkakrotnie większe od zwykłych, a przez to dają możliwość przesyłania prawidłowych impulsów na bardzo długich liniach

Przebiegi, jakie zachodzą przy włączaniu i wyłączaniu nie są groźne, ponieważ trwają bardzo krótki okres czasu, tak że na stan kabla nie wpływają ujemnie.



Rys. 10.

Artykuł niniejszy, jak już poprzednio nadmieniałem, nie zawiera opracowania teorii impulsów, a jedynie zestawienie pewnych eksperymentalnych wyników pracy bieżącej nad impulsami indukcyjnymi, ponieważ strona eksperymentalna nie jest całkowicie zakończona.

Dalszy ciąg pracy będzie polegał na znalezieniu zależności średnich wartości prądów i napięć, maksymalnych wartości prądów i napięć, a także mocy i energii impulsów indukcyjnych od wielkości akumulującej samoindukcji. Pierwsze badania wskazały bezpośrednią zależność mocy od wartości objętości magnetycznej.

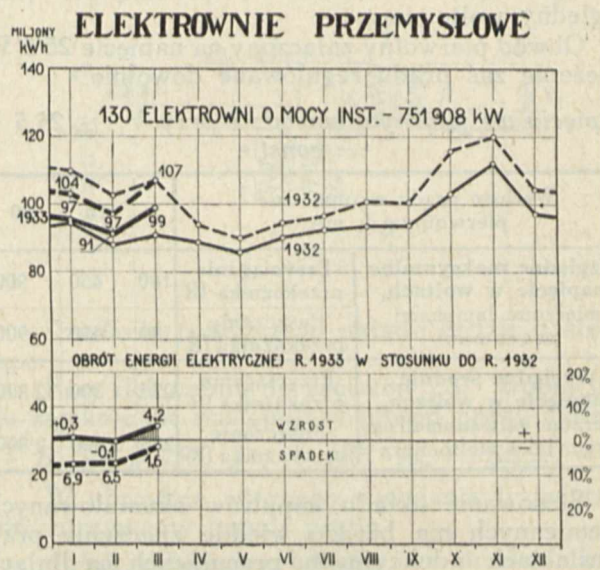
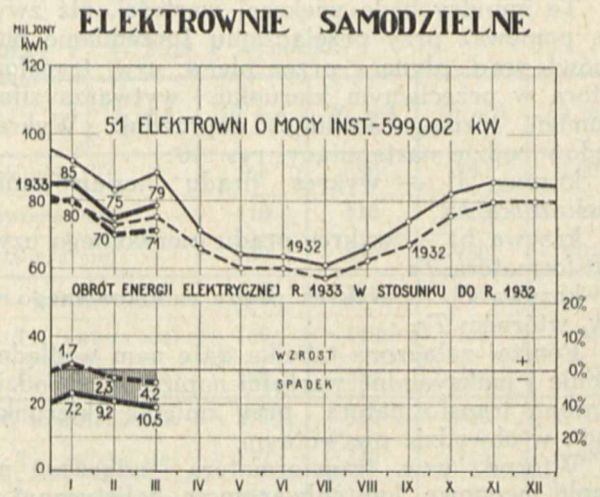
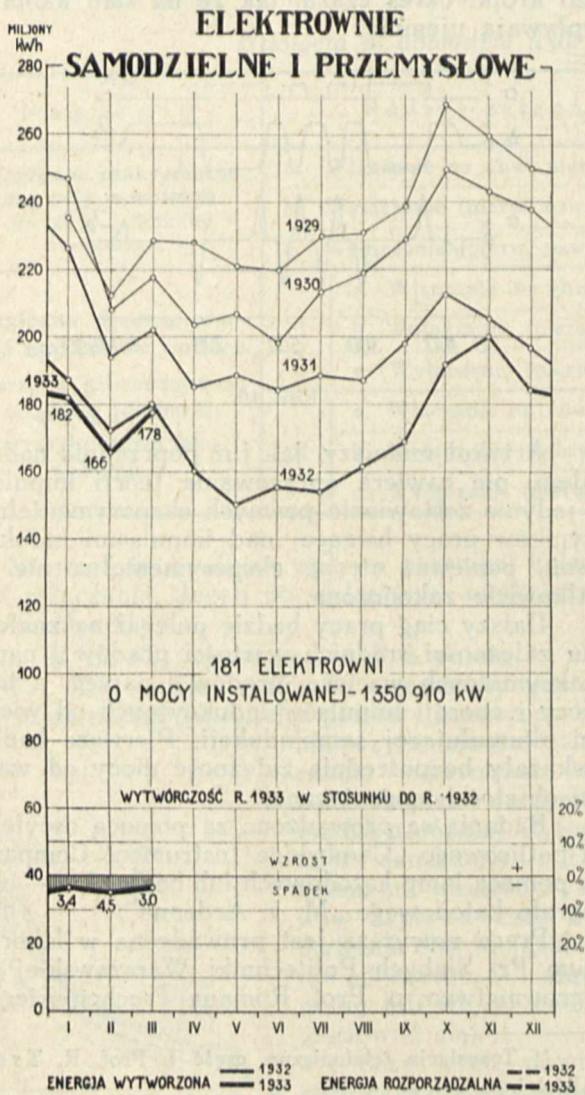
Badania są prowadzone za pomocą oscylografu pętlicowego „Cambridge Instrument Company”, za pomocą lamp katodowych lub bez nich i — oscylografu katodowego „M. v. Ardenne”.

Praca powyższa jest prowadzona w laboratorium Pr. Starych Politechniki Warszawskiej pod kierownictwem p. Prof. Romana Trechcińskiego.

^{*)} Translacje telefoniczne, część I. Prof. R. Trechciński.

MINISTERSTWO PRZEMYSŁU I HANDLU BIURO ELEKTRYFIKACJI STATYSTYKA ELEKTRYCZNA

MIESIĘCZNY OBRÓT ENERGJI ELEKTRYCZNEJ Marzec 1933
Elektrownie (181) o mocy instalowanej ponad 1000 kW (ok. 95% wytwórczości)



ELEKTROWNIE	Moc instalowana kW	Własna wytwórczość	Wymiana energii z innymi elektrowniami otrzymano oddano		Rozporządzalna energia ogółem rb. (3 + 4 - 5)
	1	2	3	4	5
I + II	1 350 910	177 613	45 358	44 149	178 822
I Samodzielne	599 002	78 773	17 538	24 866	71 445
1) Okręgowe O	343 594	50 157	14 297	23 433	41 021
2) Lokalne L	241 828	26 260	2 504	1 433	27 331
3) Trakcyjne T	13 580	2 356	737	—	3 093
II W zakładach przemysłowych	751 908	98 840	27 820	19 283	107 377
1) Kopalnie węgla W	371 396	59 826	12 626	18 330	54 122
2) Huty H	97 585	12 636	10 237	816	22 057
3) Fabryki metalowe M	9 655	1 034	91	—	1 125
4) Fabryki włókiennicze Wł	40 374	3 056	264	—	3 320
5) Fabryki chemiczne Ch	110 038	12 232	4 544	137	16 639
6) Cukrownie Ck	44 257	84	6	—	90
7) Papiernie P	28 929	7 902	19	—	7 921
8) Cementownie Cm	33 411	305	31	—	336
9) Pozostałe zakłady przemysłowe R	16 263	1 765	2	—	1 767

MIESIĘCZNY OBRÓT ENERGJI ELEKTRYCZNEJ

ELEKTROWNIE O MOCY INSTALOWANEJ PONAD 5 000 kW

(Ok. 83% wytwórczości)

Marzec 1933

Nr.	MIEJSCOWOŚĆ — NAZWA ZAKŁADU	Moc instalowana		Największe (szczytowe) obciążenie (czas trwania 15 min.) kW	Własna wytwórczość	Wymiana energii z innymi elektrowniami		Rozporządzalna energia ogółem rb. (5+6-7)
		kVA	kW			otrzymano	oddano	
1	2	3		4	6 7		8	
					1 000 kWh			
1	Będzin-Małobądz—Elektrownia Okręgowa w Zagłębiu Dąbrowskiem	O	31 800 23 500	6 300	2 374	721	1 326	1 769
2	Białystok—Elektrownia w Białymstoku	L	9 780 7 500	2 300	806	—	—	806
3	Borysław — Podkarpackie Tow. Elektryczne (dawniej „Premier”)	O	14 000 11 200	...	1 013	—	—	1 013
4	Brzeszcze—Kopalnia „Brzeszcze”	W	7 025 5 600	1 650	891	—	—	891
5	Buchacz-Radzionków—Kop. „Radzionków”	W	10 780 8 655	—	—	563	—	563
6	Bydgoszcz—Elektrownie { I (nowa)	L	8 750 7 050	2 200	778	—	419	359
		L	2 230 1 910	—	—	419	—	419
7	Chorzów—Elektrownia Okręgowa (O K W)	O	94 000 76 000	26 800	8 425	11 509	6 584	13 350
8	Chorzów—Państw. Fabr. Związków Azotowych Ch	Ch	81 300 55 200	—	—	4 384	—	4 384
9	Chrzanów—Kop. błyszczu ołowiu „Matylda”	R	6 500 5 200	—	—	2	—	2
10	Chwałowice—Kopalnia „Donnersmarck”	W	12 800 10 760	6 900	2 837	—	1 918	919
11	Czechowice-Żebrawce—Zakłady Górn. „Silesia”	O	27 847 17 900	5 000	2 082	—	644	1 438
12	Czerwonka—Kopalnia „Dębieńsko”	W	10 500 8 400	2 800	1 447	—	—	1 447
13	Częstochowa—Elektrownia Okręgu Częstochowskiego	O	16 735 10 700	3 050	1 355	—	16	1 339
14	Częstochowa—Fabryka Wyrob. Bawełnianych „La Czenstochovienne”	Wł	6 375 5 100	2 431	391	—	—	391
15	Dąbrowa Górnicza—Kopalnia „Paryż”	W	16 850 13 600	3 000	1 584	—	—	1 584
16	Dąbrowa Górnicza—Huta Bankowa	H	8 696 7 096	3 500	1 747	26	523	1 250
17	Goeszów—Goesz. Fabr. Portland-Cementu	Cm	7 580 6 056	—	—	31	—	31
18	Grodzic—Kopalnia „Grodzic II”	W	13 700 10 975	5 400	1 817	—	—	1 817
19	Grudziądz — Miejskie Tramwaje, Elektrownia i Wodociągi	O	8 380 6 800	—	—	712	12	700
20	Janów—Kop. „Giesche”, szyb „Carmer”	W	34 780 27 100	13 500	8 345	—	5 739	2 606
21	Jaworzno—Kopalnia „Piłsudski”	W	23 925 19 120	9 000	3 652	—	1 591	2 061
22	Jaworzno—Fabryka elektrochem. „Azot”	Ch	12 500 6 250	—	—	160	—	160
23	Jeziorna—Mirkowska Fabryka Papieru	P	7 250 6 000	2 230	1 136	5	—	1 141
24	Kalety—Fabryka celulozy i papieru „Natronag”	P	6 695 5 075	937	697	—	—	697
25	Kalisz—Elektrownie { I (nowa)	O	... 4 200	1 280	454	—	—	454
		O	1 520 1 274					
26	Kamień—Kopalnia „Andaluzja”	W	9 320 8 320	2 000	1 182	106	5	1 283
27	Katowice-Boğucice—Kop. „Ferdynand”	W	15 265 12 325	2 350	1 108	—	—	1 108

Energja rozporządzalna, w rozumieniu tej statystyki, jest to energja wytworzona brutto, łącznie z otrzymaną energją z innych elektrowni, po potrąceniu oddanej również elektrowniom. Innymi słowy, jest to energja, którą rozporządza elektrownia po dokonanej wymianie energii z innymi elektrowniami.

Górne krzywe na wykresach po stronie prawej wykazują porównawczo energję wytworzoną i rozporządzalną, natomiast dolne krzywe dają procentowe ujęcie stosunku obrotu 1933 r. do 1932 r.

Nr.	MIEJSCOWOŚĆ — NAZWA ZAKŁADU	Moc instalowana		Największe (szczytowe) obciążenie (czas trwania 15 min.) kW	Własna wytwórczość	Wymiana energii z innymi elektrowniami		Rozporządzalna energia ogółem rb. (5+6-7)	
		kVA	kW			otrzymano	oddano		
									1 000 kWh
1	2	3		4	5	6	7	8	
28	Katowice-Brynow—Kopalnia „Wujek”	W	15 500	12 000	3 600	1 771	—	750	1 021
29	Katowice-Zalęże—Kopalnia „Kleofas”	W	10 815	8 940	1 600	698	9	—	707
30	Knurów—Kopalnia „Knurów”	W	9 375	7 500	—	—	2 331	—	2 331
31	Kostuchna—Kopalnia „Boer”	W	9 043	7 243	—	—	1 463	—	1 463
32	Kraków—Elektrownia w Krakowie	L	19 880	15 700	2 615	1 304	1 431	—	2 735
33	Królewska Huta—Huta Królewska	H	9 380	5 200	2 300	1 142	276	—	1 418
34	Libiąż Mały—Kopalnia „Janina”	W	8 115	6 620	1 200	499	—	—	499
35	Lublin—Elektrownia w Lublinie	L	7 250	5 800	1 400	460	—	—	460
36	Lwów—Miejskie Zakłady Elektr. we Lwowie	O	31 380	25 900	9 000	3 067	—	—	3 067
37	Łaziska Górne—Zakłady „Elektro”	O	110 150	80 100	36 100	22 132	—	13 139	8 993
38	Łaziska Średnie—Kopalnia „Szczęść Boże”	W	6 625	5 300	—	—	886	—	886
39	Łódź—Elektrownia Łódzka	L	93 890	70 750	24 000	7 219	—	936	6 283
40	Łódź—Fabr. Wyrob. Bawełn. „J. K. Poznański” Wł	Wł	7 500	6 000	4 300	387	29	—	416
41	Łódź-Widzew—„Widzewska Manufaktura”	Wł	7 730	6 180	5 306	147	70	—	217
42	Mościce—Państw. Fabr. Związków Azotowych Ch	Ch	31 125	24 900	9 200	6 235	—	137	6 098
43	Mysłowice—Kopalnia „Mysłowice”	W	16 222	12 992	3 800	1 679	—	—	1 679
44	Myszków—Fabr. papieru „Steinhagen i Saenger” P	P	11 190	8 950	4 800	2 693	—	—	2 693
45	Niemce—Kopalnia „Juljusz”	W	11 876	9 500	5 000	2 087	—	—	2 087
46	Nowa Wieś—Kopalnia „Hillebrand”	W	10 880	8 800	—	—	1 498	—	1 498
47	Nowy Bytom—Huta „Pokój”	H	18 380	12 910	—	—	3 473	287	3 186
48	Ostrowiec—Zakłady Ostrowieckie	H	7 590	5 070	3 200	591	—	—	591
49	Piaski-Czeladź—Kopalnia „Czeladź”	W	17 435	13 960	5 100	2 482	—	720	1 762
50	Poznań—Elektrownie { I (nowa)	L	25 000	20 000	6 760	2 259	63	65	2 257
	{ II (stara)	L	13 005	10 000	—	—	—	—	—
51	Pruszków—Elektrownia Okręgu Warszawskiego O	O	43 450	31 500	8 000	2 969	—	43	2 926
52	Pszów—Kopalnia „Anna”	W	31 000	24 800	8 900	3 222	65	694	2 593
53	Radlin—Kopalnia „Emma”	W	17 880	14 300	3 800	1 775	694	53	2 416
54	Ruda—Elektrownia „Mikołaj”	W	21 000	16 800	11 300	5 689	—	3 007	2 682
55	Rydułtowy—Kop. „Charlotte”, szyb „Leo”	W	14 200	11 360	6 200	2 816	—	1 982	834
56	Siemianowice—Kopalnia „Huta Laura”	W	25 900	19 760	9 500	4 347	—	469	3 878
57	Siersza Wodna—Elektrownia Okręgowa w Zagłębiu Krakowskim	O	32 140	22 500	4 900	1 870	—	2	1 868
58	Sosnowiec-Sielce—Elektr. Gwar. „Hr. Renard” W	W	11 000	9 200	3 300	532	523	26	1 029
59	Szczakowa—Fabr. Portland-Cem. „Szczakowa” Cm	Cm	8 750	7 000	340	123	—	—	123
60	świętochłowice—Kopalnia „Niemcy”	W	10 445	8 750	5 600	2 184	6	500	1 690
61	świętochłowice—Huta „Falwa”	H	64 660	51 000	15 000	7 737	2	6	7 733
62	Tomaszów-Wilanów—Tom. Fabr. Sztucz. Jedw. Ch	Ch	8 270	6 615	2 880	1 801	—	—	1 801
63	Warszawa—Elektrownia Warszawska	L	79 000	57 900	26 400	8 510	—	11	8 499
64	Warszawa—Elektrownia Tramwajów Miejskich T	T	12 900	12 900	6 000	2 356	11	—	2 367
65	Włocławek—Kujawska Elektrownia Okręgowa O	O	7 250	5 800	1 100	381	—	14	367
66	Wilno—Elektrownia w Wilnie	L	6 725	5 350	2 300	689	—	—	689
67	Wojkowice Komorne—Kop. „Jowisz”	W	21 380	17 100	6 200	2 817	—	876	1 941
68	Wysoka—Fabr. Portland-Cementu „Wysoka” . Cm	Cm	9 800	7 840	108	40	—	—	40
69	Zgierz—Elektrownia Zgierska	L	10 845	7 179	2 500	744	—	—	744
70	Żur—Zakład wodno-elektryczny w Żurze	O	8 800	8 200	6 000	1 023	218	294	947

PORZĄDEK DZIENNY V WALNEGO ZGROMADZENIA STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Warszawa, 11, 12 i 13 czerwca 1933 r.

Niedziela, 11 czerwca, godz. 10.30.

Otwarcie Walnych Zgromadzeń Stowarzyszenia Elektryków Polskich i Elektrotechnicznego Związku Czechosłowackiego w auli Politechniki Warszawskiej.

1. Zagajenie i wybór dwu asesorów Walnego Zgromadzenia S. E. P.

2. Przemówienie powitalne Prezesa Stowarzyszenia Elektryków Polskich inż. Tadeusza Czaplickiego.

3. Przemówienie Prezesa Elektrotechnicznego Związku Czechosłowackiego inż. M. Janu.

4. Przemówienia powitalne przedstawicieli władz polskich i czechosłowackich.

5. Odczyty:

a) Inż. Tadeusz Czaplicki: „O rozwoju elektryfikacji” (odczyt prezydalny).

b) Prof. inż. Vladimir List: „Elektrotechnika w dobie kryzysu”.

c) Inż. Józef Lenartowicz: „Projektowana kolej miejska podziemna w Warszawie”.

Wtorek, 13 czerwca, godz. 17.00.

Sprawy formalne:

1. Wniosek Zarządu Głównego S. E. P. w sprawie nadania godności członka honorowego Stowarzyszenia Elektryków Polskich.

2. Rozpatrzenie i zatwierdzenie sprawozdania Zarządu Głównego z działalności S.E.P. w 1932/33 roku (sprawozdanie będzie wydrukowane w Nr. 12 „Przeglądu Elektrotechnicznego” z dnia 11 czerwca 1933 r.).

3. Rozpatrzenie i zatwierdzenie sprawozdania Komisji Rewizyjnej.

4. Uchwalenie preliminarza budżetowego na rok 1933 i upoważnienie Zarządu Głównego do wydatkowania sum stosownie do wpływów.

5. Zatwierdzenie przepisów i norm elektrotechnicznych (PNE) stosownie do § 26 p. c statutu S. E. P.

6. Ogłoszenie wyników referendum w sprawie wyborów Prezesa i członków Zarządu Głównego S. E. P.

7. Wybór członków Komisji Rewizyjnej.

8. Wybór miejsca przyszłego Walnego Zgromadzenia.

9. Wybór członka Komisji Rewizyjnej Funduszu im. ś. p. Tomasza Ruszkiewicza.

Przerwa.

Godzina 19.00. Wspólne zamknięcie Waln. Zgromadz. Stowarzyszenia Elektryków Polskich i Elektrotechnicznego Związku Czechosłowackiego.

SPIS RZECZY — SEZNAM.

	Str.		Page
Czaplicki T. Stale naprzód!	211	Czaplicki T. Stále ku předu!	211
Sekcja I. Zagadnienia ruchu i ogólnej elektryfikacji.		Sekce I. Otázky provozu a všeobecné elektrisace.	
Sławiński P. Automatyzacja kotłowni	214	Sławiński P. Automatizace kotelny	214
Bednarzewski K. Kontrola ruchu nowoczesnej kotłowni	223	Bednarzewski K. Kontrola provozu moderní kotelny	223
Odrzywolski S. Ulepszanie wody kotłowej.	231	Odrzywolski S. Zlepšení napájecí vody.	231
Kopczyński W. Temperatura krańcowa maszyn i transformatorów	236	Kopczyński W. Dovolené oteplení strojů a transformátorů	236
Namysłowski S. Racjonalna gospodarka olejami izolacyjnymi	239	Namysłowski S. Racionální hospodářství s lačnými oleji	239
Bładowski S. Zagadnienia mechaniczne w konstrukcji kabli niskiego napięcia	249	Bładowski S. Mechanické otázky při konstrukci kabelů nn	249
Konorski B. Obliczanie naprężeń i zwisów przewodów napowietrznych miedzianych metodą nomograficzną	256	Konorski B. Výpočet namáhání a průhybu venkovních měděných vodičů nomogramem	256
Morawski A. J. Zabezpieczenie selekcyjne, zwłaszcza przy współpracy elektrowni	264	Morawski A. J. Selektivní ochrana při spolupráci elektráren	264
Wendt H. Gospodarka licznikowa Elektrowni Łódzkiej	275	Wendt H. Hospodaření s elektroměry v elektrárně v Lodži	275
Mańko St. i Bentkowski Z. Praktyczne wyniki stosowania ograniczników	280	Mańko St. i Bentkowski Z. Praktické výsledky užití omezovačů	280

	Str.		Page
Dunikowski S. Sieci wysokiego napięcia w instalacjach oświetlenia publicznego	283	Dunikowski S. Sítě vn ve veřejných elektrických zařízeních osvětlovacích.	283
Lechowski S. Niektóre zagadnienia, związane z elektryfikacją okręgów rolniczych w Polsce	292	Lechowski S. Několik poznámek k elektrifikaci zemědělských oblastí v Polsku.	292
Hoffmann A. Organizacja współpracy elektrycznej i wodnych na Pomorzu i jej wyniki	298	Hoffmann A. Organizovaná spolupráce vodních a tepelných elektráren v Pomorí a její výsledky.	298
Siwicki K. O wskaźniku elektrycznym produkcji przemysłowej	303	Siwicki K. Ukazovatel výroby elektřiny průmysl.	303
Wolne tematy do dyskusji	307	Volná témata pro jednání	307
Sekcja II. Trakcja.		Sekce II. Trakce.	
Podoski R. Widoki rozwoju elektryfikacji kolei w Polsce	308	Podoski R. Vyhledky vývoje elektrifikace drah v Polsku	308
Kozłowski T. Trakcja elektryczna i gospodarka elektryczna na kolejach wobec rozwoju elektrycznych zaworów nastawnych	313	Kozłowski T. Elektrická doprava a elektrické hospodářství na drahách následkem vývoje elektrických regulčních ventilů	313
Podoski Jan. Trakcja akumulatorowa, jako uzupełnienie zelektryfikowanej podmiejskiej sieci kolejowej	317	Podoski Jan. Akumulátorová trakce jako doplněk elektrizovaných lokálních tratí	317
Lenartowicz J. Projektowana kolej miejska podziemna w Warszawie	327	Lenartowicz J. Projekt městské podzemní dráhy ve Varšavě	327
Podoski R. Prace nad międzynarodowymi przepisami ochrony podziemnych urządzeń metalowych od działań elektrolitycznych prądów błądzących	338	Podoski R. Práce na mezinárodních předpisech pro ochranu podzemních kovových zařízení před elektrolytickým účinkem potulných proudů	338
Sekcja III. Oświetlenie.		Sekce III. Osvětlení.	
Jakubowski J. L. Rury i lampy świetlące z rozżarzoną katodą	345	Jakubowski J. L. Svítící trubky a lampy se žhavou katodou	345
Piasecki F. S. Naświetlanie budynków	350	Piasecki F. S. Ozařování budov	350
Pawlikowski J. Nowe kierunki w oświetleniu lotniczym	360	Pawlikowski J. Nové poznatky při osvětlování letišť	360
Zieliński J. Światłne sygnały kolejowe	364	Zieliński J. Světelné signály dráhové	364
Sekcja IV. Miernictwo.		Sekce IV. Měřičství.	
Krukowski W. Dokładność przy pomiarach fizycznych i technicznych, w szczególności w elektrotechnicznych	370	Krukowski W. Důkladnost při měřeních fyzikálních a technických, zejména elektrotechnických	370
Drewnowski K. i Jakubowski J. L. O prawidłowości działania metody prostownikowej pomiaru wysokiego napięcia	382	Drewnowski K. a Jakubowski J. L. Výhody měření vn metodou usměrňovačů	382
Szpor S. Mostek fal uskokowych i jego zastosowanie do badania pól elektrycznych	386	Szpor S. Můstek strmých vln a jeho užití pro badání o elektrických polích	386
Trechciński R. i Nowicki F. Pomiar strat przy pomocy elektrodynamometru	391	Trechciński R. a Nowicki F. Měření ztrát elektrodynamometrem	391
Sekcja V. Teletechnika.		Sekce V. Teletechnika.	
Trechciński R. Urządzenia gilotynujące	394	Trechciński R. Zařízení pro odstranění chybné pulsace	394
Trechciński R. Impulsowanie przez linie dalekosiężne	397	Trechciński R. Impulsy v dálkových vedeních	397
Trechciński R. Urządzenia kontrolujące	401	Trechciński R. Kontrolní zařízení.	401
Rajski Cz. System rejestru przekaźnikowego	405	Rajski Cz. System relé k počítání impulsů	405
Rajski Cz. Translacja lampowa	407	Rajski Cz. Lampový přenos	407
Judycki S. Badanie impulsów indukcyjnych	408	Judycki S. Badání o indukčních impulsích	408
Sekcja VI. Radjotechnika.		Sekce VI. Radiotechnika.	
Patrz zes. Przeglądu Radjotechnicznego z dn. 15 maja 1933 r.		Viz číslo „Prz. Radjotechn.“ z 15 května 1933.	
Ministerstwo Przemysłu i Handlu	412	Min. Půmyslu a Obchodu. Statistika	412
Porządek dzienny V Walnego Zgromadz. St. El. P.	415	Denní pořádek V. Valného Zjezdu.	415

— CZĘŚĆ OPISOWA —

FABRYKI

H. CEGIELSKI SP. AKC.

W POZNANIU

Zakłady nasze oprócz specjalności budowy parowozów, wagonów osobowych, towarowych i t. p. od szeregu lat specjalnie zajmują się budową kotłów parowych przeznaczonych dla elektrowni, oraz urządzeniem całkowitych kotłowni.

Kotły nasze oznaczają się bardzo wysoką

sprawnością, niezależnie od wielkości. Najlepszym dowodem tego są wyniki osiągnięte przy 4-ch różnej wielkości kotłach podczas pomiarów gwarancyjnych przeprowadzonych przez Stowarzyszenia Dozoru Kotłów.

Kocioł sekcyjno - wodnorurkowy 200 m ² × 22 atm. × 400° C, sprawność cieplna 84,2% ;

Kocioł sekcyjno - wodnorurkowy 300 m ² × 15 atm. × 375° C, sprawność cieplna 85,4% ;

Kocioł sekcyjno - wodnorurkowy 700 m ² × 27 atm. × 400° C, sprawność cieplna 86,2% ;

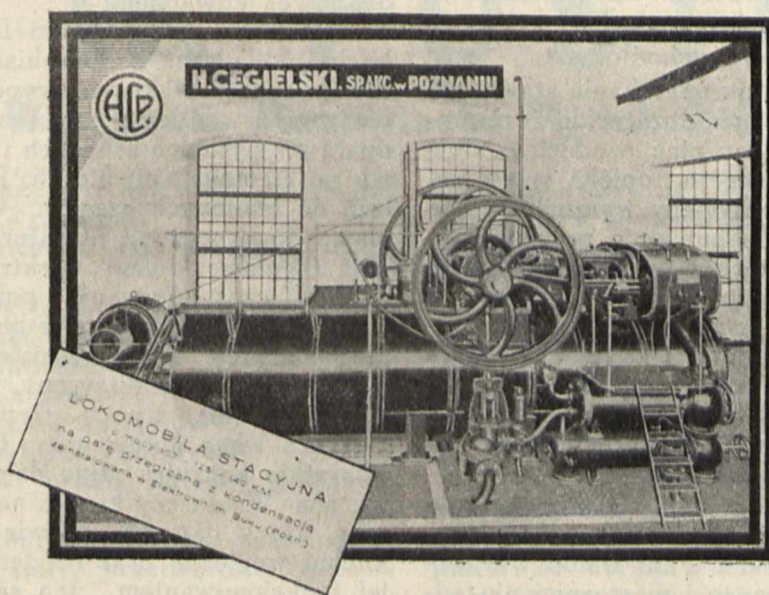
Kocioł stromorurkowy 1 200 m ² × 15 atm. × 350° C, sprawność cieplna 88,3% .

Osiągamy tak dobre wyniki dzięki stosowaniu ostatnich zdobyczy techniki kotłowej, a więc stosujemy ruszty ze strefową regulacją powietrza o racjonalnym kształcie rusztowin, gwarantujące małe straty popielnikowe. Komory paleniskowe o odpowiedniej wysokości i kształcie gwarantują zupełne spalanie. Na cyrkulację wody w kotle zwracamy wielką uwagę.

Przez odpowiedni dobór wielkości powierz-

chni przegrzewacza, podgrzewacza wody i podgrzewacza powietrza wyzyskujemy do możliwych granic gazy wylotowe. Przemysłane konstrukcje obmurowań naszych kotłów dają w rezultacie bardzo małe straty promieniowania, co jest bardzo ważne przy pracy kotłów o zmiennem obciążeniu.

Krzywe sprawności w funkcji obciążenia dla naszych kotłów mają przebieg łagodny.



Dla mniejszych elektrowni dostarczamy lokomobile stacyjne 27 — 350 KM odznaczające się małym zużyciem pary — specjalnie dostosowane do napędu prądnic.

Budujemy kotłownie, które zaopatrujemy we

wszelkie pomocnicze urządzenia, jak zasypy węglowe, elewatory i transportery dla węgla.

Pozatem do kotłów dostarczamy regulatory temperatury pary i destylatory dla wody.

PANI DOMU W ELEKTRYCZNEJ KUCHNI

Za czasów naszych prababek, kuchnia była tem miejscem, do którego nikt nie wchodził poza służbą. Tanie czasy oraz mała wydajność służby i fałszywe poglądy ówczesnych ludzi pozwalały na zatrudnianie większej ilości służby domowej. Kuchnia w owych czasach była pełna dymu, ognia, zapachów i krzykliwego hałasu. Przeważnie znajdowała się taka kuchnia w najgorszej, podrzędnej części mieszkania lub domu, bardzo często była ciemna i brudna. Nikt nie kontrolował, w jakich warunkach odbywało się owo gotowanie i ludziom nawet bogatym wystarczało, że podawano im jedzenie na wikwintnej zastawie. Wszystko to, co czytamy naogół w powieściach o bogatych smakoszach, którzy sami przyrządzali sobie w kuchni wyrafinowane potrawy — jest naogół tylko fantazją autorów względnie należy do bardzo nielicznej grupy prawdziwych wydarzeń.

Była to zatem jedynie fantazja lub przelotny kaprys książąt, królów lub ludzi bogatych.

Normalnie kuchnia była pogardzanem miejscem pobytu, od którego wszyscy „porządni” ludzie stronili. W kuchni królowała jedynie brudna i zaharowana służąca, która bardzo często w tej samej kuchni spała i mieszkała. W tej samej kuchni przechowywano zapasy żywnościowe.

Tak było w czasach, kiedy w brudnych, małych i ciemnych sklepikach owijano artykuły żywnościowe w stare, wybrukane gazety. Równocześnie zaś ludzie zmieniali białiznę bardzo rzadko, kąpiel uchodziła za przesadę i naogół nie zalecano otwierać okien w mieszkaniach...

Dzisiaj to wszystko się zmieniło!

Już przy wynajmowaniu mieszkania stawia się wymagania, aby kuchnia była duża, widna i zaopatrzona w dobry niedymiący piec, wodociąg, zlew i chłodną spiżarkę. Nowoczesna opieka społeczna oraz własne zrozumienie higieny wyrzuciło z kuchni łożko służącej i conajmniej w połowie wypadków dało jej osobny pokój. Na cywilizowanym Zachodzie dawna „kuchta” została zastąpiona przez czystą pomocnicę domową względnie wyręczycielkę Pani Domu. Z kuchni wygnano bezapelacyjnie kurz i wszelkie zakamarki. Kuchnia nowoczesna, to czyste laboratorium, w którym w sposób higieniczny przygotowuje się potrawy w myśl wskazań dietetycznych.

Dawna liczna służba została zredukowana do jednej służącej, która zajmuje się całym gospodarstwem. Coraz częściej sama Pani Domu wkracza do laboratorium kuchennego i w zrozumieniu odpowiedzialności za zdrowie całej rodziny nie tylko dysponuje ale o s o b i ś c i e przyrządza jedzenie. Pani Domu nauczyła się już o wartości witamin i dostosowała odpowiednie menu stojące na poziomie nowoczesnej wiedzy lekarsko-dietetycznej.

Równocześnie zaś odkurzacz i froterka elektryczna skróciły do minimum czas sprzątania mieszkania.

A co najważniejsze:

Kryzys gospodarczy i ustawiczne obniżki dochodów uderzyły w nasze życie rodzinne i zmusiły Panią Domu do zwolnienia służącej.

Do pokonania wspólnej doli życia stanęła Pani Domu jako samodzielna kierowniczką gospodarstwa domowego i ujęła w swoje własne ręce wykonywanie całości prac. Ale to wszystko spotkało Panią Domu w lepszych warunkach, gdyż w nowym gospodarstwie niema już — co do czystości prawie żadnej różnicy pomiędzy sypialnią, jadalnią a kuchnią. Bardzo często nawet dzisiaj średnie warstwy inteligencji jadają w kuchni. W Ameryce jest to zjawiskiem powszechnym.

Czegoż jednak dotąd brakuje Pani Domu w gabinecie kuchennym? Otóż palenie w piecu kuchennym jest dotąd najwięcej przykrą i ciężką pracą w kuchni. Pomimo nawet istnienia dobrych pieców węglowych, zawsze powstaje brud i swąd.

Gaz również nie daje całkowitej wygody. W takiej chwili elektryczność wkroczyła w progi kuchni i uczyniła z niej ostatecznie i bezapelacyjnie czysty pokój-gabinet pracy gospodarczej Pani Domu.

Kuchnia elektryczna wyposażona w buljer oraz piekarnik elektryczny pozwala dzisiaj Pani Domu na gotowanie w zwykłym ubraniu, bodaj nawet jedwabnem.

Normalnie jednak Pani Domu, wchodząc do kuchni, wkłada na ubranie biały płaszcz doktorski! Elektryczność w kuchni wypędziła z niej zapalki i wiadra z węglem i popiołem. Zniknęło noszenie opału po wysokich schodach i rozbijanie sobie głowy po ciemnych piwnicach. Przykre zapachy należą do minionych czasów. Obecnie Pani Domu, mając do dyspozycji literaturę naukową i doskonałą regulację kuchni elektrycznej, z góry może obliczyć czas gotowania poszczególnych potraw i mając do pomocy zegar-budzik może uniknąć niespodzianek jak przypalenie, przegotowanie i t. p. Buljer elektryczny, dając zawsze o każdej porze dnia i nocy ciepłą wodę, upraszcza i skraca samo gotowanie. Trudno opisywać te wszystkie korzyści, jakie daje nam kuchnia elektryczna. Wystarczy krótko nadmienić, że ten cały czas, który dawniej poświęcano na rozpalenie kuchni węglowej oraz na denerwowanie się złem jej funkcjonowaniem, ten sam czas dzisiaj Pani Domu wystarczy na lepsze przygotowanie potraw. Równocześnie zaś nowoczesna higiena odżywiania usunęła z naszego życia masy przetworzonych ciężkich mięs i narzuciła nam cały szereg jarzyn i potraw, które nie wymagają „masy ognia”.

Wszystko to razem wzięte, stwarza dla kuchni elektrycznej dobre argumenty propagandy oszczędnościowej. Kuchnia elektryczna jest zatem w naszych obecnych warunkach, rozsądnie pojętą racjonalną oszczędnością, gdyż pozwala Pani Domu na:

obywanie się bez służby, usuwa z kuchni bezapelacyjnie brud i przykre zapachy, pozwala na poświęcenie całego czasu na lepsze przyrządzenie samych potraw.

W zakończeniu — zamiast nas, niech przemówią cyfry statystyczne:

w kuchni o powierzchni 14 m²

dawniej, w ciągu roku kucharka przebiegała 580 kilometrów,

dzisiaj, dzięki nowym warunkom i organizacji Pani Domu (bez służącej) w ciągu roku spaceruje zaledwie tylko 134 kilometry.

W celu szybkiego zelektryfikowania gospodarstw domowych Pomorska Elektrownia Krajowa „Gródek” na Pomorzu uruchomiła własną fabrykę aparatów elektrycznych, opartą na wykorzystaniu najnowszych zdobyczy technicznych. Aparaty są budowane z materiału krajowego i przed wypuszczeniem na rynek badane kilkakrotnie sumiennie we własnych laboratorjach według przepisów SEP-u oraz przepisów zagranicznych w braku odnośnych przepisów polskich. Znak ochronny „Gródka” umieszczony na aparatach daje pełną gwarancję doskonałej jakości i długotrwałego używania.



Znak ochronny
zarejestrowany w Urzędzie
Patentowym Rz. P.
Nr. 22 757

KUCHNIE

PIEKARNIKI

BULJERY

PIECYKI

Pomorska Elektrownia Krajowa

„GRÓDEK” S. A.

w Toruniu ul. Mickiewicza 5.

Na żądanie katalogi i wszelkie informacje

Zalecamy lekturę: „Kuchnia Nowoczesna”, wyd. Koła Studentów Gospodarstwa Domowego, Oddział Związku Pań Domu w Warszawie.

WYTWÓRNIA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH

K. i W. PUSTOŁA

Warszawa, Mazowiecka 11, tel. 343-30

Program fabrykacyjny wytwórni, założonej w końcu roku 1932, zawiera:

Automaty rozruchowe do wszelkich celów i mocy.

Aparaty elektryczne do suwnic, dźwigów i żoraw, jak: nastawniki, oporniki, elektromagnesy hamulcowe, wyłączniki krańcowe i t. p.

Transformatory mniejszych mocy, szczególnie transformatory do celów specjalnych, jak sygnałowe, do pieców elektr., laboratoryjne i t. p.

Prądnicze i silniki prądu stałego mniejszych mocy.

Przetwornice jednotwornikowe z prądu stałego na zmienny lub stały, przetwornice okresów i t. p.

Szlifierki elektryczne.

Syreny elektryczne.

W ciągu krótkiego istnienia wytwórni zostały wykonane, między innymi, następujące aparaty: urządzenie do samoczynnego rozruchu pomp wo-

dociągu lotniska na Okęciu, także urządzenie dla wodociągów Dyrekcji Kolejowej w Wilnie, szereg aparatów suwnicowych dla Warsztatów Kolejowych w Radomiu, kilkadziesiąt transformatorów dla Min. P. i T., Politechniki, Uniwersytetu i innych odbiorców. W dziedzinie maszyn elektrycznych wykonano serię większych szlifierek elektrycznych dla jednej z Państwowych Wytwórni i serię przetwornic jednotwornikowych do zasilania prądem zmiennym radiostacji nadawczych.

Opierając byt wytwórni na fabrykacji seryjnej, firma dąży jednak, jak widać z powyższego programu, do wytwarzania artykułów nowych, przez inne fabryki w kraju nie wyrabianych, specjalną uwagę poświęcając konstrukcjom skomplikowanym, w opracowaniu oryginalnym, co dzięki dużej praktyce właścicieli przedsiębiorstwa możliwe jest do przeprowadzenia z wynikiem dodatnim bez wzorowania się na konstrukcjach zagranicznych.

TARYFA BLOKOWA I AKCJA FINANSOWA ELEKTROWNI OKRĘGU WARSZAWSKIEGO S. A.

Znaczny postęp w elektryfikacji gospodarstw domowych na terenie zasilania E. O. W. spowodował, że dotychczasowe formy taryf, datujące swoje powstanie zprzód paru lat, kiedy z aparatów elektrycznych jedynie żelazko miało zastosowanie, a inne aparaty należały do rzadkości, okazały się już nieodpowiednie i wynikała konieczność wprowadzenia nowej taryfy bardziej nowoczesnej, odpowiadającej obecnym warunkom i wymaganiom i umożliwiającej szerszą elektryfikację gospodarstw domowych nie tylko wszcz, ale również i w głąb.

Szerokie zastosowanie taryfy blokowej za granicą, z powodzeniem wprowadzonej w ostatnich czasach również przez kilka polskich elektrowni, i wysunięcie się jej na dominujące miejsce wśród taryf dla gospodarstw domowych, skłoniło E. O. W. do opracowania taryfy również w tej formie i wprowadzenie jej z dniem 1-szym maja r. b. na swoim terytorjum.

Wprowadzenie taryfy blokowej przez E. O. W. poprzedziła szczegółowa statystyka, która objęła wszystkich odbiorców E. O. W. z uwzględnieniem ich zużycia w roku 1931 i 1933, a istnienie oprócz zwykłych odbiorców na światło również odbiorców posiadających i używających grzejniki oraz możliwość wyodrębnienia tych odbiorców i ich zużycia pozwoliło nie tylko ustalić wielkość I bloku, który ma odpowiadać zużyciu na światło, lecz również dało orientację co do wielkości bloku drugiego.

Wielkość bloków I i II oraz rozbić ich na poszczególne miesiące przedstawia się następująco:

Cena za kilowatogodzinę wynosi w I bloku 74,41 gr./kWh., cena normalna na światło, w II bloku 32 gr./kWh, w III bloku 20 gr./kWh, a dla odbiorców używających buljerów i kuchni co najmniej 2-paleniskowych — 15 gr./kWh. Do powyższych cen dolicza się 10% podatek państwowy od elektryczności.

Za izbę uważa się wszystkie pokoje, kuchnie oraz pokoje służbowe, nie wlicza się natomiast ubikacji pobocznych, jak: korytarze, łazienki, przedpokoje i t. p.

Z taryfy blokowej mogą korzystać odbiorcy, posiadający różne aparaty elektryczne użytku domowego, zarówno mieszkania prywatne, jak również sklepy, warsztaty i t. p.

Sklepom, warsztatom i t. p. oraz mieszkańcom prywatnym, będącym zarazem warsztatami pracy lub mieszczącymi się przy nich, do ogólnej ilości izb dolicza się dodatkowo 1 izbę.

Z taryfy blokowej nie mogą korzystać świątynie, szkoły, kina, biura, pomieszczenia fabrycz-

Mieszkanie	1-izb.	2-izb.	3-izb.	4-izb.	5-izb.	6-izb.	7-izb.	ponad 7 izb	
	Wielkość I bloku w poszczególnych miesiącach w kilowatogodzinach							za każdą dalszą izbę	
Styczeń . .	4	7	10	14	19	25	32	7	
Luty	3	5	7	10	15	18	23	5	
Marzec . .	2	4	6	9	12	17	22	5	
Kwiecień . .	2	3	5	7	9	12	15	3	
Maj	1	2	4	6	8	11	14	3	
Czerwiec . .	1	2	3	4	5	7	9	2	
Lipiec . . .	1	2	3	4	5	6	8	2	
Sierpień . .	1	2	4	4	5	7	9	2	
Wrzesień . .	2	3	4	6	8	11	14	3	
Październik	3	5	7	10	13	18	23	5	
Listopad . .	3	6	9	12	17	23	29	6	
Grudzień . .	4	7	10	14	19	25	32	7	
Razem	27	48	72	100	135*	180	230	50	
	Wielkość II bloku w poszczególnych miesiącach w kilowatogodzinach							za każdą dalszą izbę	
Każdy miesiąc	M-ce*) zimowe letnie	2	4	6	8	11	14	15	0
Rocznie		30	48	72	96	132	168	180	0

*) Za miesiące zimowe uważa się: październik, listopad, grudzień, styczeń, luty i marzec.
Za miesiące letnie uważa się: kwiecień, maj, czerwiec, lipiec, sierpień i wrzesień.

ne, zakłady fotograficzne, garaże, składy, klatki schodowe i t. p.

E. O. W. spodziewa się, że nowa taryfa blokowa przez wprowadzenie niskiej ceny w III bloku (20 względnie 15 groszy za 1 kWh) umożliwi szerszą elektryfikację gospodarstw domowych przez zastosowanie elektryczności do gotowania, grzania, podgrzewania wody do kąpieli i potrzeb kuchennych i t. p.

Należy również wspomnieć na tem miejscu o akcji propagandowej i finansowej E. O. W.

E. O. W. prowadzi stale usilną propagandę stosowania elektryczności w gospodarstwach domowych i, aby umożliwić swoim odbiorcom elektryfikację gospodarstw bez jednorazowego większego wydatku, sprzedaje na spłaty miesięczne (12 — 18 rat) wszelkie aparaty elektryczne domowego użytku (obecnie zamówiła w jednej z krajowych fabryk partję składającą się z 25 sztuk buljerów 100-litrowych).

E. O. W. finansuje również wykonywanie wszelkich instalacji (świetlnych, silniki, urządzenia przemysłowe) oraz sprzedaż armatur elektrycznych (lamp, żyrandoli i t. p.) i żarówek na dogodnych warunkach.

OSZCZĘDZAJCIE LASY POLSKIE!

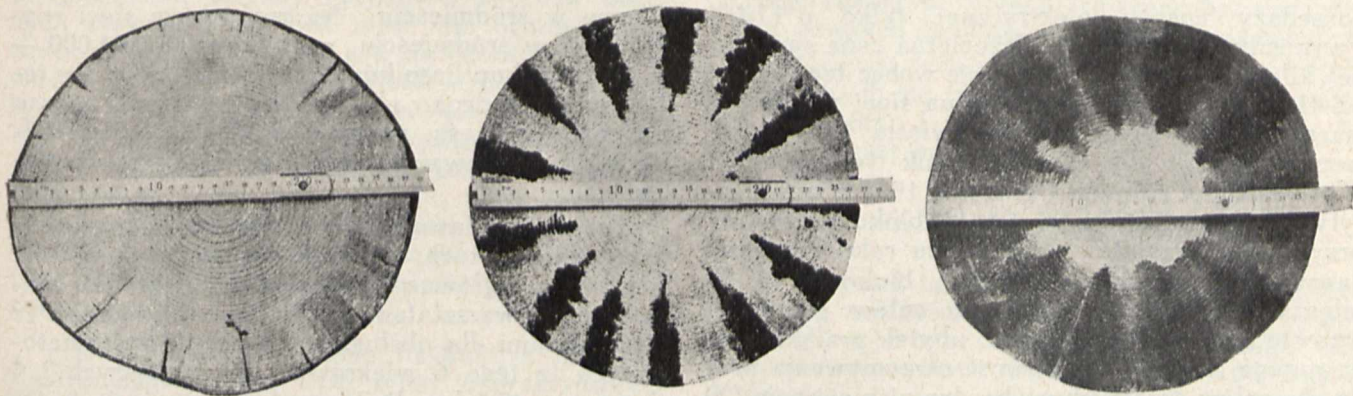
Rozbudowa sieci elektrotechnicznych prądów silnych i słabych (przesyłanie i rozdział energii oraz teletechnika), tak Polsce potrzebna, wymaga wielkich nakładów. Poważną pozycję w tych nakładach stanowią słupy drewniane, to też dążeniem firm, przedsiębiorstw czy instytucyj, budujących i konserwujących te sieci, jest, by sprowadzić koszty amortyzacji słupów do minimum. Zresztą materiał drzewny, z którego wyrabia się słupy, musi być w Polsce bardzo oszczędzany, ze względu na prawidłową gospodarkę leśną. Tym sposobem wysunęło się na pierwszy plan zagadnienie konieczności racjonalnej konserwacji słupów. Tymczasem widzimy, że ogromne ilości słupów są ustawione na linjach w stanie surowym.

Co jest powodem tego, niepożądanego dla narodowej gospodarki, zjawiska? Nie jest to brak zrozumienia przez sfery fachowe konieczności konserwacji drzewa, lecz trudności, jakie sprawia mała ilość zakładów impregnacyjnych i nierównomierne ich rozmieszczenie na terenie Rzeczypospolitej, przez co koszty dostarczania słupów do zakładów impregnacyjnych i na miejsca ich zain-

strykowych, nie ustępującej w swej skuteczności innym metodom, zaś o wiele tańszej i umożliwiającej impregnację materiałów drzewnych na miejscu ich zmagazynowania.

Metoda Kobra nie jest powierzchniową konserwacją, lecz polega na bardzo głębokim zastrzykiwaniu w drzewo środków antyseptycznych. Dzięki temu uzyskuje się przedłużenie długowieczności słupa z przeciętnych lat 5-ciu dla słupa nieimpregnowanego do lat 15-tu i więcej. Metoda ta, stosowana zagranicą do impregnacji słupów od roku 1919, wykazała ogromne korzyści gospodarcze i została wprowadzona w Polsce przez firmę „Polska Kobra, impregnacja drzewa”.

Firma powstała w r. 1927 i w tymże roku rozpoczęła swą działalność, a dzięki sprężystemu kierownictwu rozwija się w szybkim tempie z roku na rok. Na czele Spółki stoi od chwili jej założenia p. Dr. Zygmunt Chamiec, jako prezes, ponadto udziałowcami są Minister Witold Prądzyński z Poznania, Juljusz Prądzyński z Pomorza, Inżynier Tadeusz Sułowski, Stefan Suryn, Jerzy Sznapir i Juljan Zienkiewicz z Warszawy.



stalowania są tak wysokie, że częstokroć opłacało się, z punktu widzenia instytucji inwestującej, ustawianie słupów surowych. Działo się to zwłaszcza w województwach wschodnich, chociaż, niestety, widzimy podobne zjawiska nawet w okolicach naszej stolicy.

Okoliczności te stworzyły odpowiednie warunki do wprowadzenia w Polsce najnowszej metody impregnacji drzewa — **Kobra, nakłuc za-**

Nasze sfery fachowe oceniły w dostatecznym stopniu znaczenie metody Kobra dla gospodarki polskiej i stosują ją w coraz szerszym zakresie. Ministerstwa Poczty i Telegrafów, Komunikacji, Rolnictwa i Spraw Wojskowych, po szczegółowym zbadaniu naukowym wartości metody, stosują ją narówni z innymi metodami impregnacji; stosuje ją również cały szereg **największych elektrowni samorządowych i prywatnych** na ca-

łym terenie Rzeczypospolitej do konserwacji słupów na liniach niskiego i wysokiego napięcia. Między innymi Spółka wykonała impregnację słupów dla Elektrowni Okręgu Warszawskiego dla linii wysokiego napięcia 35 000 V na długości 30 km między Pruszkowem a Piasecznem (słupy długości 14 i 15,5 m).

Spółka pracuje wyłącznie kapitałem polskim, zatrudnia tylko polskie siły fachowe. Wszystkie materiały i narzędzia impregnacyjne produkowane są wyłącznie w kraju. Zatrudnienie dużej ilości sił roboczych wpływa na zmniejszenie bezrobocia.

Oprócz słupów Spółka impregnuje podkłady kolejowe i wszelkiego rodzaju materiały drzewne.

Dla charakterystyki rozwoju Spółki można przytoczyć dane następujące: w r. 1927, t. j. w roku założenia Spółki, zaimpregnowano w Polsce metodą Kobra około 2 000 słupów, do końca zaś roku 1932 liczba ta wyniosła 186 174 słupy i 65 713 podkładów. Impregnacja odbywa się na całym te-

renie Rzeczypospolitej Polskiej, przy pomocy przenośnych maszyn.

Metoda „Kobra” ma specjalnie doniosłe znaczenie dla naszej gospodarki leśnej ze względu na możliwość głębokiego i równomiernego impregnowania tą metodą świerku i jodły, znajdujących się w dużych ilościach na Podkarpaciu, przez co oszczędza się zużycie sosny i dębu, zaś **dla elektrowni**, szczególnie położonych daleko od zakładów impregnacyjnych stałych, **jest niezastąpiona.**

Należy jeszcze zaznaczyć, że metodą „Kobra” można impregnować również słupy już ustawione na liniach, czego nie można osiągnąć żadną inną metodą.

Systemem „Kobra” impregnuje już od kilku lat Ministerstwo Komunikacji podkłady normalno i wąsko-torowe, podrozdzielnicze i inne materiały drzewne.

Zarząd S-ki „Polska - Kobra”: Warszawa, Marszałkowska 94, Tel. 9-94-94.

Adres Telegraficzny: „Polkobra Warszawa”.

DZIAŁALNOŚĆ MIEJSKICH ZAKŁADÓW ELEKTRYCZNYCH W GDYNI W ROKU BUDŻETOWYM 1932/33.

W ciągu roku sprawozdawczego 1932/33 sprzedano ogółem 2.152.330 kWh, co w porównaniu z poprzednim rokiem stanowi przyrost o 476.114 kWh, czyli o 28,5%. Z powodu przeprowadzonej obniżki taryf wzrosły wpływy ze sprzedaży energii elektrycznej tylko o 17,1% i wynosiły 886.670,85 zł. Przeciętą ceną sprzedanej kilowatogodziny obniżyła się wobec tego z 45,2 na 41 groszy. Ilość liczników na sieci w dniu 31 marca 1933 r. wynosiła: dla światła 4.727 sztuk (wzrost 43,2%) dla siły 185 sztuk (wzrost 7%). Wprowadzone z dniem 1 czerwca 1932 r. nowe taryfy, a w szczególności taryfa blokowa zostały przychylnie przyjęte. Przy końcu roku sprawozdawczego korzystało z taryfy blokowej 3.188 mieszkań. Zużycie prądu dla celów grzejnych wzrosło znacznie i wyrównało ubytek prądu sprzedawanego dla siły. Możliwość otrzymywania prądu dla celów grzejnych po bardzo niskiej cenie (20 i 15 gr./kWh) przyczyniła się do powiększenia zbytku aparatów elektrycznych, których sprzedano 2.057 sztuk, natomiast w poprzednim roku tylko 1.223 sztuk. Ogólny obrót sklepu prowadzonego przez Miejskie Zakłady Elektryczne wynosił 139.409,05 zł., z czego na same grzejniki przypada 75.122,57 zł. Wzorcownia liczników była przez cały rok w pełni zatrudniona i zalegalizowała 1.811 własnych i 1.012 obcych liczników. Z ogólnych dochodów budżetowych wynoszących 1.042.622,05 zł., przelano na fundusz renowacyjny 72.725,— zł., a do Głównej Kasy Miejskiej tytułem odsetek od

zaciągniętych pożyczek i oprocentowania kapitału zakładowego przekazano 219.818,89 zł.

Inwestycji wykonano w ciągu roku sprawozdawczego za 784.494,17 zł. M. in. wybudowano kosztem 246.000.— zł. nowoczesne oświetlenie uliczne w śródmieściu. Na rozbudowę sieci rozdzielczej w śródmieściu wydatkowano 194.000.— zł., a na zakup liczników 71.500.— zł. Oprócz tego przeprowadzono elektryfikację gminy Zagórze i zachodniej części gminy Mały Kack, a w śródmieściu wybudowano 2 większe stacje transformatorowe.

Łącznie z inwestycjami przeprowadzonymi w poprzednich latach, M. Z. E. posiadały w dniu 31 marca b. r. 1 główną stację rozdzielczą wraz z magazynami, warsztatami, lokalami biurowymi i mieszkaniami dla obsługi, 22 stacyj transformatorowych (z tego 6 większych, 12 mniejszych i 4 słupowe). 42,1 km. linii wysokiego napięcia (z tego 33,7 km. napowietrznych i 8,4 km. kablowych). 68,7 km. linii niskiego napięcia (57,1 km. napowietrznych i 11,6 km. kablowych). 41,1 km. linii dla oświetlenia ulicznego (31,4 km. napowietrznych i 9,7 km. kablowych). Waga miedzi w całej sieci wynosiła 102,3 ton.

Zadłużenie Miejskich Zakładów Elektrycznych z tytułu wykonanych inwestycji wynosiło na dzień 31 marca 1933 r. 3.156.231,15 zł. przy kapitale zakładowym 1.031.059,46 zł.

Gdynia dnia 12 maja 1933 r.