

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok XIX.

15 Kwietnia 1937 r.

Zeszyt 8.

Redaktor inż. WACŁAW PAWŁOWSKI

Warszawa, Królewska 15, tel. 690-23.

Spis rzeczy str. 636

SEKCJA ELEKTRYFIKACYJNA

A. Elektryfikacja okręgowa

Rozwój elektryfikacji Okręgu Warszawskiego

Inż. Franciszek Bilek
i inż. Adam Ligęza,
Warszawa

Streszczenie. Autorzy podają krótki zarys historyczny powstawania i rozwoju zakładów elektrycznych na terenach Okręgu Warszawskiego, którego granice zostały określone przez M. P. i H. Następnie przedstawiają stan obecny elektryfikacji oraz projekt racjonalnego rozwiązania całkowitej elektryfikacji tego Okręgu. Załączone 3 mapy ilustrują dokładnie ten referat.

Ustawa o popieraniu elektryfikacji z dnia 27.X. 1933 r. przewidywała podział Rzeczypospolitej na Okręgi Elektryfikacyjne i poniekąd nałożyła na Ministerstwo Przemysłu i Handlu obowiązek określenia granic tych okręgów. Upłynęło jednak prawie 3½ lat i dopiero dnia 18-go marca r. b. zostało ogłoszone rozporządzenie p. Ministra Przemysłu i Handlu określające te granice.

Według tego rozporządzenia Okręg Warszawski obejmuje: powiat Warszawski wraz z miastem Warszawą, powiaty Grójecki, Błoński, gminy Głusk, Kampinos, Łazy, Szymanów i Tułowice powiatu Sochaczewskiego, następnie powiaty Płoński, Pułtuski, Radzyński i Mińsko-Mazowiecki, i wreszcie gminy Miastków, Osieck, Parysów, Sobienie-Jeziory, Warszawice i Wola Rębkowska powiatu Garwolińskiego, województwa Lubelskiego.

Z wyżej określonego Okręgu w referacie niniejszym eliminujemy zupełnie miasto stołeczne Warszawę (włącznie z przedmieściami Wolą, Ochotą i Czystem, zasilanymi przez Elektrownię Okręgu Warszawskiego), które stanowić winno zupełnie odrębną jednostkę elektryfikacyjną, a także miasto Warkę leżące w powiecie Grójeckim, lecz przyłączone na zasadzie uprawnienia Nr. 151 z roku 1931 do Okręgu Radomsko-Kieleckiego.

W ten sposób pojęty Okręg Warszawski zajmuje powierzchnię okragło 10 900 km² i posiada około 1 085 000 mieszkańców (według spisu z 1931 r.).

W referacie niniejszym pomijamy wszystkie te elektrownie przemysłowe, które nie odegrały żadnej roli w elektryfikacji publicznej.

Historię elektryfikacji Okręgu Warszawskiego podzielić można na trzy zasadnicze okresy, a mianowicie: okres przedwojenny, wojenny i powojenny.

Pierwszym zakładem elektrycznym publicznym w Okręgu Warszawskim, a bodaj że i w całej Kongresówce, była Elektrownia w Konstancinie zbudowana przez gro-

no miejscowych obywateli w roku 1901 na zasadzie koncesji otrzymanej od władz rosyjskich w 1900 roku. W jedenaście lat potem, w 1912 r. powstaje w podobny sposób elektrownia w sąsiednim Skolimowie. Wreszcie w 1913 r. najbliższymi podmiejskimi miejscowościami na południo-zachód od Warszawy zainteresowało się niemieckie towarzystwo „Gesellschaft für Elektrische Unternehmungen” (t. zw. „Gesfüel”), które niedawno przed tym eksploatowało w Polsce elektrownie w Radomiu i Białymstoku. Dnia 24-go października 1913 roku towarzystwo to zawiera z ówczesną wsią Pruszków umowę koncesyjną (trochę przed tym, bo dnia 16-go września, to samo towarzystwo zawarło podobną umowę z gminą Czyste — obecnie przedmieścia Warszawy: Wola, Ochota i Czyste). Konsorcjum uruchamia promioryczną elektrownię (lokomobilę 120 kW, 380/220 V) dla zasilania oświetlenia w Pruszkowie i zaczyna budowę dużego zakładu wytwórczego. Wybuch wojny w 1914 roku wstrzymuje tę budowę w jej zarodku.

Tak więc z chwilą wybuchu wojny na terenie okręgu istniały trzy embriony elektryczne, a to: Konstancin, Skolimów i Pruszków.

Po ugruntowaniu się okupacji niemieckiej na ziemiach polskich władze niemieckie rozumiejąc korzyści płynące dla ich urzędów z elektryfikacji kraju zachęcały miasta i miasteczka do stwarzania placówek elektrowniarnych. Często bardzo wykorzystywane były w tym celu istniejące urządzenia napędowe młynów i tartaków. Dzięki temu w 1917 r. powstały elektrownie w Radzyminie, Grójcu, Piasecznie, Nowym Dworze i Wilanowie, a w 1918 r. w Grodzisku, Żyrardowie, Błoniu i Mińsku Mazowieckim.

Po wojnie światowej inicjatywę elektryfikacji w szerszym zakresie bierze w swoje ręce S. A. Siła i Światło wykupując od grupy niemieckiej zaczątki Elektrowni w Pruszkowie i tworząc w celu jej sfinansowania oddzielną Spółkę Akcyjną pod nazwą „Elektrowni Okręgowej w Pruszkowie”, która w późniejszych latach zmieniła nazwę na „Elektrownię Okręgu Warszawskiego”.

Brak ustawodawstwa elektrycznego i w związku z tym wynikłe trudności uzyskania potrzebnych funduszy odwlekły budowę elektrowni i sieci. Dnia 21-go marca 1922 roku zostaje wydana Ustawa Elektryczna, zaś



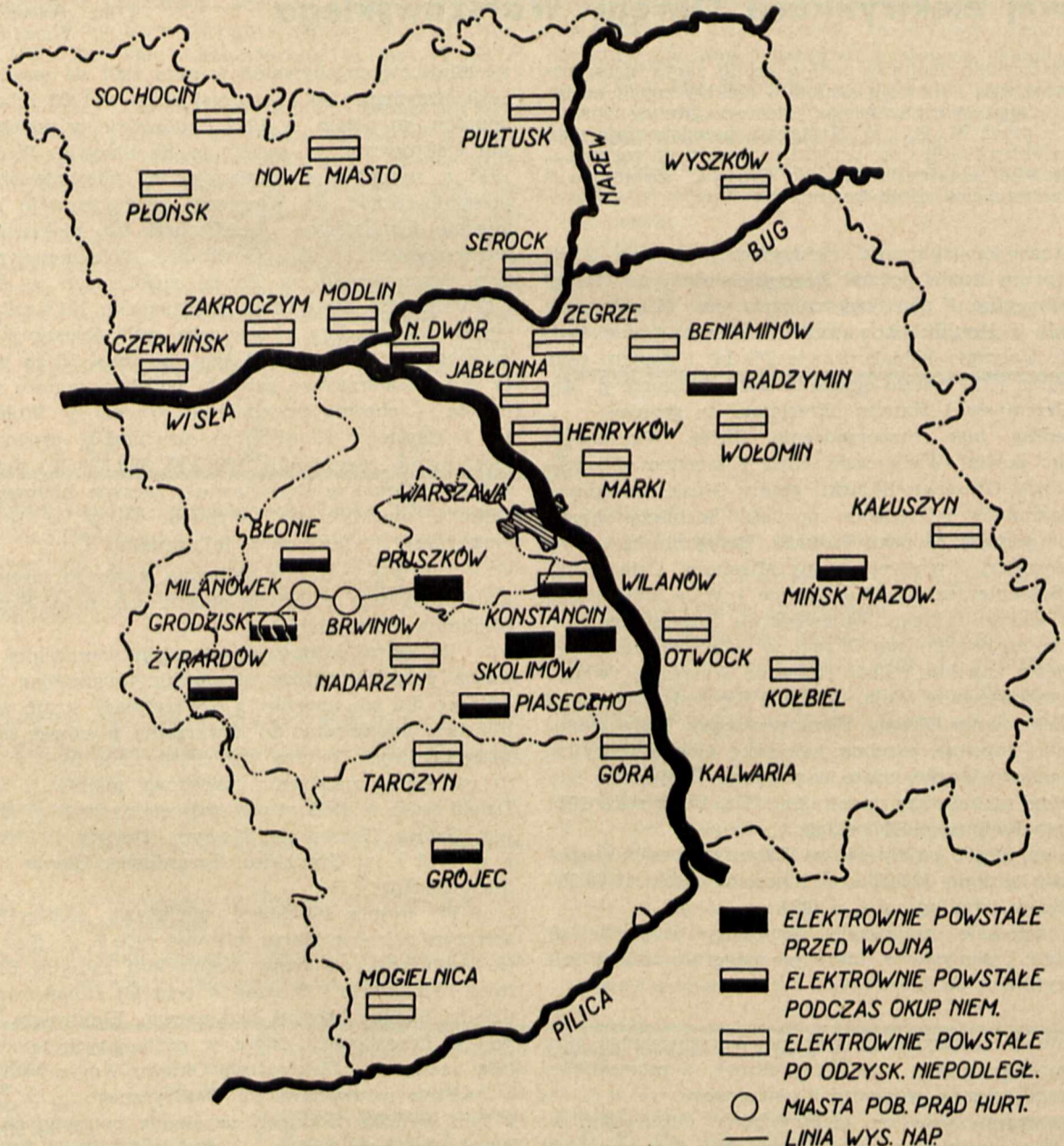
przeszło rok po tym, bo 20-go maja 1923 r., ujrzało światło dzienne Rozporządzenie Ministra Robót Publicznych w sprawie udzielania uprawnień rządowych i wreszcie w czerwcu 1924 r. Elektrownia Pruszkowska uzyskuje uprawnienie rządowe Nr. 1. W międzyczasie przedsiębiorstwem tym zainteresowała się grupa angielska, która zapewniła potrzebne kapitały dla jego uruchomienia i dalszej rozbudowy. Dzięki temu już we wrześniu 1924 r. zostaje wykończony i uruchomiony zakład wytwórczy w Pruszkowie, a w parę tygodni później — linia napowietrzna o napięciu 35 000 V do podstacji na Woli.

Uzyskane uprawnienie obejmowało gminę Ożarów, Blizne i Skorosze pow. Warszawskiego leżące pomiędzy Pruszkowem a Warszawą. Pęd do elektryfikacji zaszczycony poniekąd jeszcze przez władze niemieckie nie ustaje i nie bacząc na trudności finansowe i częściowo natury formalnej (do 1924 r.) powstaje w Okręgu Warszawskim szereg elektrowni miejscowych, jak w Otwocku, Pułtusku, Sochaczewie, Wołominie, oraz szereg elektrowni wojskowych w miejscach stacjonowania oddziałów wojsk technicznych. Prócz tego szereg bliższych i dalszych miejscowości zgłaszało się do Elektrowni Pruszkow-

skiej o zelektryfikowanie ich. Toteż już na początku 1926 r. Elektrownia występuje o rozszerzenie uprawnień na cały powiat Warszawski na lewym i prawym brzegu Wisły oraz na powiat Błoński. Jednocześnie wobec projektów Harrimana sprawa prawego brzegu Wisły została zablokowana. Dopiero po bardzo długich pertraktacjach Elektrownia otrzymała w lecie 1928 roku nowe uprawnienie ale tylko na lewo-brzeżną część powiatu Warszawskiego i powiat Błoński. Na prawym brzegu Wisły nie mogło być mowy o żadnej planowej elektryfikacji. W dalszym jednak ciągu powstają wciąż nowe miejscowe zakłady elektryczne.

Między innymi powstaje w 1927 r. elektrownia w Jabłonnie początkowo jako elektrownia miejscowa, lecz stopniowo przekształcająca się w zakład okręgowy, który odegrał dość poważną rolę w elektryfikacji prawobrzeżnej części okręgu.

Tymczasem na terenie lewobrzeżnym następuje, jeżeli się można tak wyrazić, zcalanie się przedsiębiorstw elektrownianych. Niektóre zakłady, jak np. Konstancin i Skolimów, zostają wykupione przez E. O. W. (Elektrownia Okręgu Warszawskiego), inne kasują swoje wytwór-



Mapa I.

nie pobierając prąd hurtowo z E. O. W. W Milanówku i Brwinowie powstają nowe sieci lokalne budowane przez miejscowe spółdzielnie przy pomocy finansowej E. O. W.

Likwidacja istniejących wytwórni i przyłączanie się do sieci E. O. W. odbywało się przeważnie z inicjatywy tych wytwórni, które rozumiały korzyści tak techniczne, jak i finansowe współpracy z siecią okręgową.

Załączona mapa I podaje stan elektryfikacji Okręgu w 1929 r. i granicę uprawnień E. O. W.

Po upadku koncepcji Harrimana w 1930 r. powstała nadzieja możliwości uporządkowania gospodarki elektrycznej na terytorium prawobrzeżnym, tym bardziej że oprócz starań E. O. W. o uprawnienie na powiat Warszawski na prawym brzegu Wisły oraz na powiaty Radzyński i Mińsko-Mazowiecki wystąpił też Magistrat m. st. Warszawy. Pomimo jednak odbytego dochodzenia w Województwie, pomimo ciągłych dokonywanych na życzenie najprzód Ministerstwa Robót Publicznych, a następnie Ministerstwa Przemysłu i Handlu zmian w projekcie uprawnienia sprawa ta dotychczas ani w jednym, ani w drugim kierunku załatwiona nie została.

Toteż w dalszym ciągu panował tam zupełny chaos elektryfikacyjny i, gdyby nie kryzys, prawdopodobnie byłibyśmy świadkami szczególnie dzikiej i bezplanowej elektryfikacji. Cały szereg drobnych zakładów wybudowanych podczas i po wojnie często na prąd stały nie nadawał się do racjonalnej pracy; trudności finansowe nie dopuszczały nawet myśli o nowych koniecznych inwestycjach. Większość tych zakładów czekała z utęsknieniem na możliwość przyłączenia się do sieci okręgowej.

Dla sprawiedliwości wspomnieć należy o Elektrowni w Jabłonnie, która od uzyskania uprawnienia w 1927 r. na razie tylko na część gminy Jabłonna stopniowo zwiększała swój zakres zasilania na tereny od granic Warszawy aż do Modlina i od Wisły do Serocka. W 1928 roku Jabłonna zawiera z E. O. W. umowę na hurtowy pobór prądu i w tym celu E. O. W. korzystając z wybudowania mostu na Wiśle pod Modlinem doprowadza swe linie przesyłowe do Nowego Dworu dla połączenia się z liniami przesyłowymi 15 000 V. Jabłonna. Jednocześnie Jabłonna uzyskuje za pośrednictwem E. O. W. pomoc finansową dla rozbudowy swych sieci. W dalszej swej ekspansji Jabłonna w końcu roku zeszłego weszła w porozumienie z Elektrownią w Markach obejmując dostawę hurtową do tej elektrowni. W ten sposób na prawym brzegu Wisły powstała bardzo pożyteczna komórka elektryfikacyjna obejmująca całą północno-wschodnią część powiatu Warszawskiego i stanowiąca podstawę wypadową dla elektryfikacji powiatów Pułtuskiego i Radzyńskiego.

Według oficjalnej statystyki za 1934 r. na terenie Okręgu istniały:

a) jeden zakład okręgowy (E. O. W.) o mocy zainstalowanych maszyn 31 500 KW wytwarzający, przesyłający i rozdzielający energię elektryczną, częściowo sprzedając hurtowo obcym sieciom,

b) jeden zakład okręgowy (Jabłonna) posiadający własną wytwórnię o mocy 470 kW, służący jednak przeważnie dla pokrywania szczytów, podstawowe obciążenie pokrywane jest przez E. O. W.; poza sprzedażą bezpośrednio swym odbiorcom także sprzedaż hurtowa,

c) 9 zakładów wyłącznie rozdzielczych a to: Błonie, Brwinów, Góra Kalwaria, Grodzisk, Milanówek i Piaszeczno pobierające energię elektryczną z E. O. W., Serock zasilany przez Jabłonnę oraz Nowy Rembertów i Wesoła pobierające prąd — pierwszy z prywatnej fabryki, druga z elektrowni wojskowej,

d) 23 samodzielne zakłady o łącznej zainstalowanej mocy maszyn wytwórczych niecałe 3 000 kW.

Podana poniżej tablica podaje sprzedaż energii elektrycznej przez te zakłady, wpływy za nią oraz średnią cenę 1 sprzedanej kWh.

	Sprzedaż w 1000 kWh	Wpływy w 1000 zł.	Średnia cena 1 kWh w gr.
E. O. W.	14 350	2 690	18.7
Jabłonna	1 076	405	37.8
Zakłady rozdzielcze	1 088	476	43.7
Samodzielne drobne zakłady	2 219	1 289	58.1
Razem	18 733	4 860	26.9

Należy zauważyć, że cyfry odnoszące się do E. O. W. i Jabłonna nie obejmują sprzedaży hurtowej a więc dotyczą tylko t. zw. „ultimate consumers”, poza tym dane dotyczące E. O. W. nie obejmują też dostaw energii elektrycznej dla elektrotrakcji i elektrometalurgii. Nic dziwnego, że średnia cena sprzedażna 1 kWh drobnych zakładów wynosi trzykrotnie więcej od tej ceny E. O. W. Te drobne zakłady przeważnie zupełnie nie odpowiadają najprymitywniejszym wymaganiom racjonalnej elektryfikacji. Zakłady wytwórcze przeważnie o zbyt małych mocach pracując przeważnie bez rezerwy, a więc bez możliwości ich odpowiedniej konserwacji, nie mogą zapewnić odbiorcom należytej obsługi. Toteż często nie ma mowy o zastosowaniu elektryczności do rzemiosł, a ograniczać się trzeba do uruchamiania elektrowni tylko na godziny wieczorowe.

Nic dziwnego więc, że marzeniem każdego kierownika jest przyłączyć się do sieci okręgowej. Ostatnio, jak wyżej podano, Marki przyłączyły się do Jabłonna a obecnie do Sieci E. O. W. są przyłączane Grójec i Tarczyn. Otwock i Falenica wyczekują chwili, gdy będą mogły przyłączyć się do pewnego źródła energii elektrycznej.

Obecny stan rzeczy pokazany jest na mapie II. Podaje ona obecne rozmieszczenie zakładów elektrycznych i sieci przesyłowych. Widać z niej jasno, że o ile obszary lewobrzeżne można już uważać za jako tako elektryfikowane, to prawy brzeg (poza obszarem obsługiwanym przez Jabłonnę) przedstawia sobą „dzikie pola”.

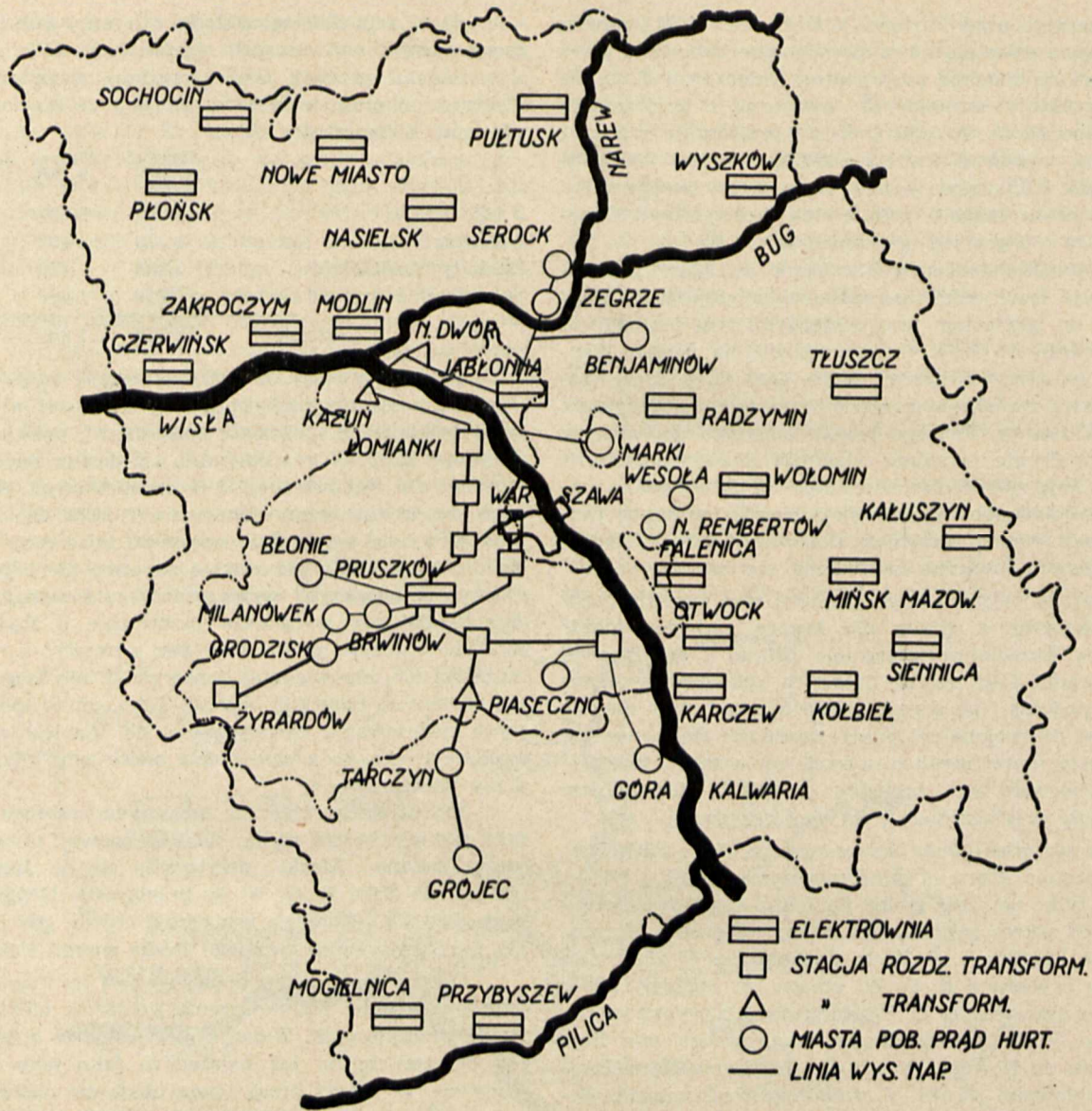
Z blisko 11 000 km² zajmowanych przez okręg 1 750 km² jest obsługiwanych bezpośrednio przez E.O.W., a łącznie z liniami wypadowymi E. O. W. poza obręb uprawnień (Góra Kalwaria, Grójec) — około 2 500 km² może być obsłużone w obecnym stanie rzeczy przez E. O. W. Jabłonna rozciąga swoje wpływy na 400 km². Pozostaje jeszcze około 8 000 km², na których elektryfikację należy w pierwszym rzędzie, że się tak wyrazimy, zcałic, połączyć w jeden duży schemat.

Jeżeli chodzi o zużycie energii elektrycznej na 1 mieszkańca, to ze statystyki za 1934 otrzymuje się następujące cyfry:

Teren E. O. W. z zakładami rozdzielczymi, obsługiwanymi przez E. O. W.	44 kWh na mieszkańca
Teren Jabłonna	7,0 „ „ „
Reszta Okręgu	3,5 „ „ „

Cyfry te podajemy tylko dla zobrazowania stanu obecnego. Rozumie się samo przez się, że cały Okręg Warszawski nie jest jednostajny pod względem podatności do elektryfikacji. Oczywiście jest, że część terenów podwarszawskich objętych uprawnieniami E. O. W. i Jabłonna należy do najpodatniejszych dla elektryfikacji, — jednakże cyfry wyżej podane mówią same za siebie.

Znane francuskie przysłowie „l'appetit vient en mangeant” ma zastosowanie i do elektryczności: głód



Mapa II.

„elektryczny” wzrasta tam, gdzie jest wiadome, że go można zaspokoić.

Nie ulega wątpliwości, że z chwilą gdy istniejącym drobnym zakładom w Okręgu Warszawskim da się możliwość pobierania nieograniczonej ilości energii elektrycznej — to nawet bez znacznie większych nakładów na rozszerzenie ich sieci rozdzielczych zużycie ich wzrośnie parokrotnie.

Gdy się do tego okaże im pomoc finansową do racjonalnej przebudowy i rozbudowy ich sieci, zużycie ich jeszcze więcej wzrośnie, bezwarunkowo wykazując pożyteczność tych wkładów.

Dowodem tego twierdzenia jest historia prawie wszystkich sieci rozdzielczych w Okręgu, które się przekształciły z samodzielnych zakładów wytwórczo-rozdzielczych.

Rozwój sieci E. O. W., która już od roku 1926 dażyła konsekwentnie do objęcia elektryfikacji na obu stronach Wisły, prowadzony był według z góry ustalonego planu. Plan ten naturalnie w pewnych szczegółach musiał ulegać pewnym modyfikacjom, a to w związku z wyrażanymi życzeniami Ministerstwa Robót Publicznych i Ministerstwa Przemysłu i Handlu, zasadnicze jednak założenia nie uległy zmianom. Jako główne arterie

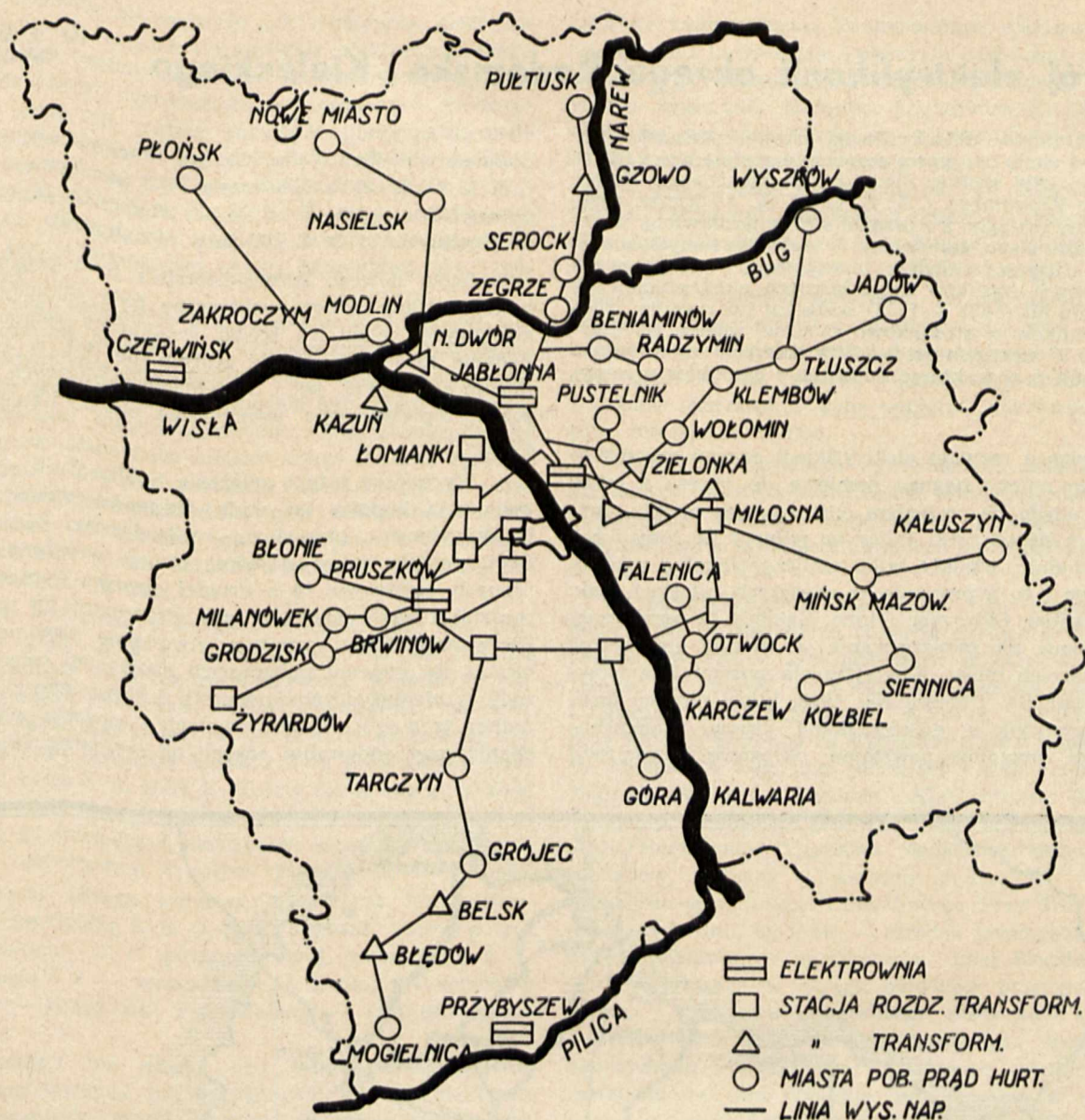
tych sieci projektowany był pierścień 35 000 V okalający Warszawę, a przechodzący z Pruszkowa przez Jeziornę, Otwock, Miłosnę, okolice Jabłonny, Łomianki, Babięcę, z powrotem do Pruszkowa. Pierścień ten zasilany byłby zasadniczo przez istniejący zakład wytwórczy w Pruszkowie oraz nowy zakład wytwórczy na prawym brzegu Wisły (prawdopodobnie na północ od Warszawy). W swoim czasie była rozważana możliwość wyzyskania torfowisk w Pulwach za Wyszkowem, lecz okazały się za duże trudności a za małe korzyści przemawiające za realizacją tego projektu. Raczej należy przewidywać wykorzystanie energii wodnej po wykonaniu projektowanego kanału Bug — Wisła. Następnie źródłem energii byłaby linia b. wysokiego napięcia idąca ze źródeł wodnych na Dunajcu i okręgu naftowego.

Od tego pierścienia 35 000 V odchodziłyby na prawym brzegu Wisły linie mniej więcej promieniste o napięciu 15 000 V.

Tak pomyślana sieć podana jest na mapie III.

Porównując mapy II i III widać, że sieci projektowane są rozwinięciem istniejących już sieci E. O. W. i Jabłonny.

Obecnie jest w toku sprawa nadania uprawnienia na Okręg Warszawski lub jego część. Oprócz E. O. W.



Mapa III.

o uprawnienie to ubiega się Zakład Elektryczny Okręgu Podstołecznego (t. zw. ZEOP) oraz Międzykomunalny Związek Elektryfikacyjny Powiatów i Gmin. Nie przesądzając, jak ta sprawa zostanie załatwiona, należy żywić nadzieję, że po przeszło 10-letniej zwłoce racjonalna elektryfikacja Okręgu Warszawskiego, a w szczególności jego części prawobrzeżnej, znajdzie wreszcie odpowiednie rozwiązanie i od słów przejdzie się do czynów.

Nie możemy nie zwrócić uwagi, że jeżeli elektryfikacja obecnych terenów E. O. W. pochłonięła już w ciągu 12 lat z górą 30 000 000 złotych, dalsza elektryfikacja całego Okręgu, szczególnie jeżeli chodzi o przeniknięcie możliwie „w głąb” do możliwie dużej ilości ludności — wymagać będzie też bardzo znacznych nakładów.

Wreszcie na zakończenie należy wspomnieć o wpływie, który wywarła i w dalszym ciągu wywierać musi na ogólną elektryfikację Okręgu — elektryfikacja Kolei Państwowych. Już obecnie dla zasilania Kolei nastąpiło połączenie i zaczęto współpracę Elektrowni Miejskiej w Warszawie z E. O. W. Nie ulega też wątpliwości, że przy dalszym rozwoju tak elektryfikacji Okręgu, jak i Kolei, wszystkie zainteresowane czynniki elektryfikacyjne będą musiały ściśle ze sobą współpracować. Tylko bowiem ścisła współpraca, wymiana energii elektrycznej, zapewnienie sobie wzajemnych rezerw — zapewnić może szybkie i racjonalne pod względem gospodarczym, technicznym i strategicznym zelektryfikowanie Okręgu i Kolei.

Rozwój elektryfikacji okręgu Radomsko - Kieleckiego

Inż. J. Sawicki,
Warszawa

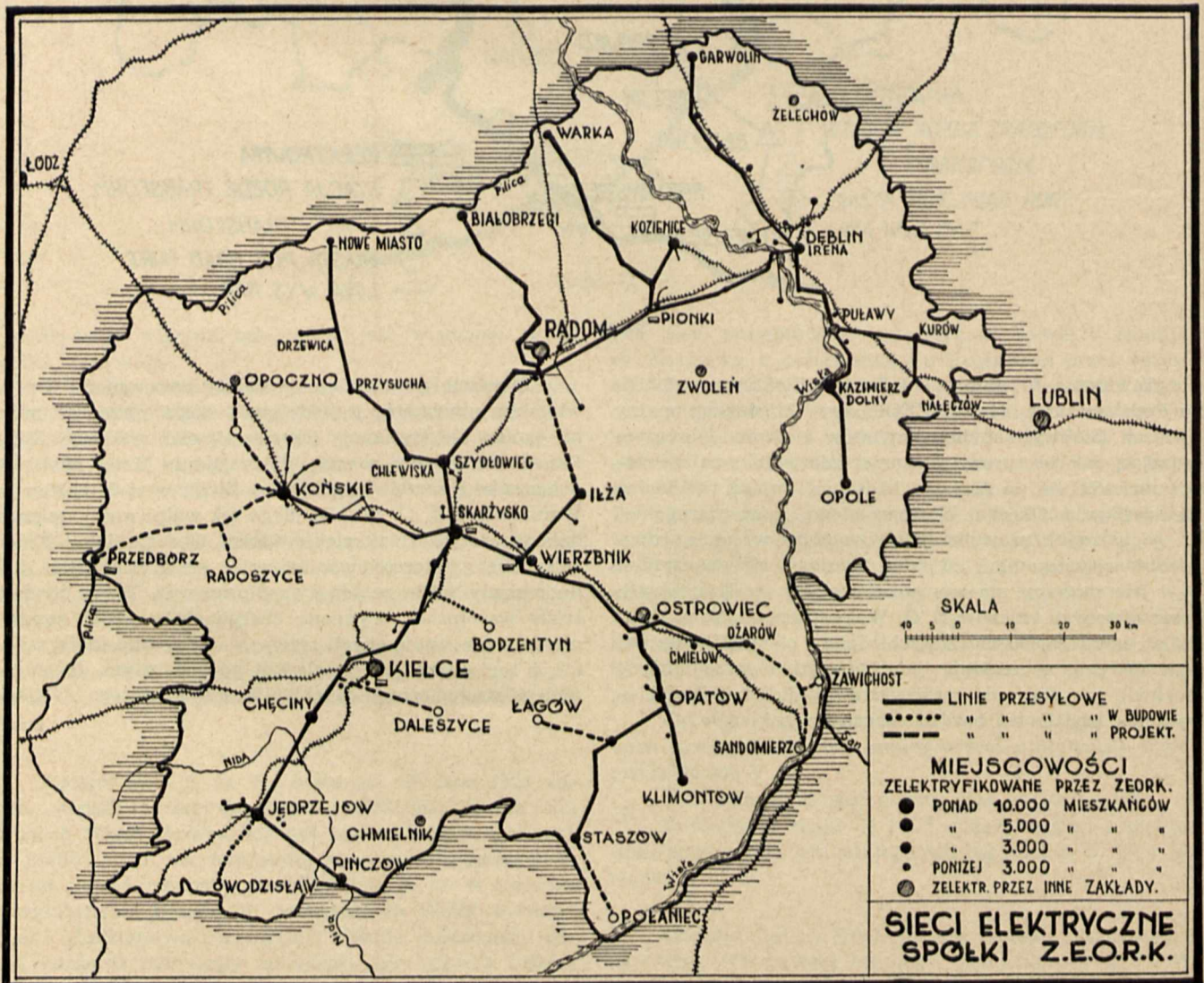
Streszczenie. Elektryfikacja okręgu radomsko-kieleckiego na skalę okręgową rozpoczęta została przez utworzoną w r. 1928 spółkę: Zjednoczenie Elektrowni Okręgu Radomsko-Kieleckiego („Z. E. O. R. K.”). Obszar elektryfikowany rozległy a z drugiej strony pozbawiony większych miast, słabo zaludniony i mało uprzemysłowiony, wymagał dużych nakładów inwestycyjnych w stosunku do osiągniętych wyników gospodarczych elektryfikacji. W ciągu 7-miu lat (1929 ÷ 1936) został on już pomimo trudnych warunków w stosunkowo znacznej mierze zelektryfikowany. W szczególności zelektryfikowana została większość osiedli o charakterze miejskim i ośrodków przemysłu.

Mówiąc o rozwoju elektryfikacji okręgu radomsko-kieleckiego należy sięgnąć pamięcią do okresu z przed lat 9-ciu, kiedy na rozległym obszarze tego okręgu, rozciągającym się od rzeki Pilicy na północy do Nidy i Sany na południu, istniały tylko nieliczne lokalne zakłady elektryczne i to przeważnie w większych miastach, jak: Kielce, Radom, Ostrowiec i inne. Zakłady te ograniczały się wyłącznie do zaopatrywania w energię elektryczną terenów swoich miast. Elektryfikacja pozamiejska wówczas nie istniała. Dopiero rok 1928, który nazwać można przełomowym w elektryfikacji okręgu radomsko-kieleckiego, przyniósł powstanie okręgowej organizacji

elektryfikacyjnej. Powołana została do życia Spółka: Zjednoczenie Elektrowni Okręgu Radomsko-Kieleckiego („Z. E. O. R. K.”). Utworzyły ją 3 państwowe zakłady przemysłowe położone w okolicy Radomia, które weszły do Spółki Z. E. O. R. K. jako udziałowcy.

Istotą nowego przedsiębiorstwa było połączenie w jeden wspólny system elektryczny tych zakładów przemysłowych celem ich ścisłej współpracy energetycznej. Zadanie to jednak szerzej rozumiane tak w odniesieniu do elektrowni, jak i do terenów okolicznych, wymagało przeprowadzenia jednocześnie elektryfikacji okręgowej.

Wychodząc z tego założenia Spółka Z. E. O. R. K. rozpoczęła budowę na skalę okręgową zakładu elektryfikacyjnego przesyłowo - rozdzielczego. Działalność Spółki objęła zatem z jednej strony współpracę połączonych elektrowni, a z drugiej strony — przesyłanie, rozdział i zbyt energii z tych elektrowni na zewnątrz. Pierwsze zadanie wymagało utworzenia wspólnej organizacji dla systemu połączonych elektrowni celem realizacji wzajemnego zabezpieczenia dostawy energii, racjonalnej produkcji w elektrowniach i lepszego ich wykorzystania przy oddawaniu energii na zewnątrz. Drugie zaś



zadanie polegało na możliwie jak najszerszej elektryfikacji okręgu w ramach uprawnienia elektryfikacyjnego, które Spółka musiała uzyskać, i na stworzeniu tą drogą zbytu dla energii wytwarzanej w połączonych elektrowniach.

Te dwa zadania, które Spółka musiała spełniać, wiążąc się ściśle ze sobą charakteryzują specjalnie działalność elektryfikacyjną Z. E. O. R. K., w odróżnieniu od innych okręgowych zakładów elektryfikacyjnych w Polsce, tak w przejawach natury technicznej, jak i gospodarczej.

Przede wszystkim więc rozbudowa okręgowej sieci przesyłowej musiała być z konieczności prowadzona jako uzupełnienie sieci podstawowej łączącej współpracujące ze sobą elektrownie. Musiała być zatem w pierwszym rzędzie dużym nakładem wybudowana ta sieć podstawowa stanowiąca niejako szyny zbiorcze systemu elektrowni, a dopiero następnie rozbudowywana sieć dalsza przesyłowo-rozdziałcza, przy uwzględnieniu geograficznego usytuowania oraz warunków i możliwości produkcyjnych trzech różnych elektrowni stanowiących źródła energii dla sieci.

Pod względem gospodarczym działalność elektryfikacyjną Spółki Z. E. O. R. K. uzależniona jest również od współpracy połączonych elektrowni. Kalkulacja bowiem kosztów własnych energii wydawanej na zewnątrz systemu oparta jest na warunkach wzajemnej wymiany energii pomiędzy każdą z 3-ch połączonych elektrowni a siecią Z. E. O. R. K. Koszty zatem energii w sieci Z. E. O. R. K. uzależnione są nie tylko od gospodarki w każdej z poszczególnych elektrowni, lecz i od ogólnej gospodarki elektrycznej w całym systemie.

Obszar okręgu radomsko-kieleckiego elektryfikowany przez Spółkę Z. E. O. R. K. objął 237 gmin (w tym 26 miejskich) w 11 powiatach woj. kieleckiego, 2 — lubelskiego i 2 — warszawskiego. Ogólna powierzchnia obszaru — 19 162 km² a zaludnienie — 1 707 000 mieszkańców.

Rozległy ten obszar pod względem zaludnienia i uprzemysłowienia nie przedstawiał się dla elektryfikacji korzystnie. Poza większymi miastami, jak Radom, Kielce, które zostały wyłączone z obszaru elektryfikowanego przez Z. E. O. R. K., istnieje na nim zaledwie 21 miejscowości o zaludnieniu ponad 5 000 mieszkańców, a w tym tylko 6 miast liczących ponad 10 000 mieszkańców, jak: Ostrowiec i Puławy (posiadające własne uprawnione zakłady elektryczne) oraz Skarżysko-Kamienna, Jędrzejów, Końskie i Szydłowiec. Drugą grupę w liczbie 20-stu stanowią małe miasteczka i osady o zaludnieniu od 3 do 5 tysięcy mieszkańców.

Liczby te charakteryzują zatem wybitnie wiejski charakter całości obszaru. W odniesieniu do powierzchni terenów elektryfikowanych ogólne zaludnienie wyraża się liczbą zaledwie ok. 89 mieszkańców na 1 km², to jest liczbą znacznie niższą od przeciętnej dla województwa kieleckiego (115 mieszkańców na 1 km²), a nawet od przeciętnej dla wszystkich województw centralnych (97 mieszkańców na 1 km²).

Ze względu na rolniczy charakter okręgu i przemysł poza większymi specjalnymi zakładami państwowymi i metalurgicznymi ma charakter w dużej mierze dostosowany do wsi. Dominuje tu przede wszystkim przemysł metalowy, pracujący głównie na potrzeby rolnictwa, dalej drzewny — tartaki i inne. Istnieją wprawdzie poza tym pewne grupy przemysłów specjalnych, związanych z właściwościami geologicznymi terenów, jak

kopalnie rudy żelaznej, kamieniołomy, wapienniki i inne, jednak i tu brak jest przemysłu większego, mogącego stanowić poważniejsze zapotrzebowanie energii. Liczbowo na około 550 zakładów przemysłowych (nie licząc drobnych zatrudniających do 4 robotników, względnie kategorii przemysłowej wyższej, niż VII-ma) — przypada ok. 200 młynów i kaszarni, ok. 100 zakładów metalowych (kilka hut, kilkanaście odlewni i walcowni oraz szereg innych mniejszych warsztatów i fabryczek), ok. 70 zakładów drzewnych (tartaki, fabryki wyrobów z drzewa i warsztaty stolarskie), ok. 60 cegielni, fabryk wyrobów cementowych i ceramicznych; poza tym wymienić jeszcze można kilka kamieniołomów, wapienników, gipsarni, jak również kilkanaście garbarni, fabryk wyrobów skórzanych, parę papierni, cukrowni, browarów, mleczarni i inne.

Z pośród wszystkich wymienionych zakładów przemysłowych zaledwie dwadzieścia kilka posiada moc za instalowaną urządzeń napędowych przekraczającą 100 KM. Olbrzymia większość natomiast — to zakłady drobne o mocy do 50 KM.

Charakterystyczne jest przy tym rozmieszczenie powyższego przemysłu na obszarze okręgu, a mianowicie przeważnie wzdłuż 2-ch głównych szlaków kolejowych: Dęblin — Radom — Kielce — Zagłębie Dąbrowskie i Opoczno — Skarżysko — Ostrowiec — Sandomierz, przy których położone są wszystkie niemal większe miasta obszaru. A więc przy pierwszej z wymienionych linii znajdują się, oprócz Radomia i Kielc, miasta: Skarżysko-Kamienna skupiające poważną część przemysłu metalowego, Suchedniów, Zagnańsk będący ośrodkiem kamieniołomów, Chęciny i wreszcie Jędrzejów — ośrodek przemysłu spożywczego i metalowego. Przy drugiej z wymienionych linii: Opoczno — ośrodek przemysłu mineralnego, metalowego i spożywczego, dalej Końskie — jeden z większych w okręgu ośrodków przemysłu metalowego i częściowo mineralnego, Stąporków i Niekłań — rejon przemysłu górniczo-hutniczego, następnie za Skarżyskiem Starachowice i Ostrowiec, wielkie zakłady metalurgiczne oraz kopalnie rudy żelaznej, a w okolicy także przemysł drzewny, Kunów — przemysł drzewny i papierniczy, Ćmielów — ceramiczny i Sandomierz — spożywczy.

Oddzielnie, to znaczy w oddaleniu od wymienionych dwóch głównych linii, jako ośrodki przemysłu wymienić można jeszcze tylko: w powiecie koneckim — Przedbórz n. Pilicą — przemysł metalowy, Machory — papierniczy i spożywczy; w pow. opoczyńskim — Drzewica — wyroby metalowe; w pow. opatowskim — Częstocice i Włostów — cukrownie, oraz Opatów — przemysł spożywczy i wreszcie w pow. kozienickim — przemysł drzewny i częściowo odzieżowy oraz spożywczy.

Z pośród wymienionych miast okręgu nie wszystkie jednak podlegają bezpośredniej elektryfikacji przez Z. E. O. R. K. w myśl uprawnienia rządowego tej Spółki. Poza bowiem Radomiem i Kielcami również 7 innych miast o stosunkowo większym zaludnieniu i uprzemysłowieniu, mianowicie: Ostrowiec, Puławy, Opoczno, Zwoleń, Żelechów, Chmielnik i Sandomierz — posiadają lokalne zakłady elektryczne, działające bądź na podstawie odrębnych uprawnień rządowych, bądź też na podstawie tak zwanych praw nabytych w myśl Ustawy Elektrycznej. Do miast tych Spółka Z. E. O. R. K. uzyskała jedynie prawo hurtowej dostawy energii.

Poza tym istniały w wielu miejscowościach lokalne elektrownie działające bez uprawnień elektryfikacyj-

nych. Elektrownie te musiały ze względu na elektryfikację okręgową ulec likwidacji. Likwidacja ta musiała być przy tym połączona z wykupem przez Z. E. O. R. K. tak sieci rozdzielczych, jak i w wielu wypadkach i samych elektrowni. Uzyskiwane w drodze wykupu urządzenia tych lokalnych zakładów mogły jednak przedstawiać dla zakładu okręgowego niewielką wartość, a to przeważnie tylko wartość zużytego materiału. Sieci wykupione, jako budowane przeważnie na prąd stały, zużyte i wykonane prymitywnie, musiały być gruntownie przebudowywane.

Wymagania uprawnienia rządowego nadanego Spółce Z. E. O. R. K. pod względem rozmiarów rozbudowy sieci i tempa elektryfikacji zostały określone bardzo wysoko stosunkowo do wielkości obszaru. Spółka musiała w ciągu pierwszych 6-ciu lat wybudować co najmniej 655 km sieci. Niezależnie od tego nałożony został na Z. E. O. R. K. obowiązek zelektryfikowania do końca 1935 r. wszystkich miejscowości na całym obszarze o zaludnieniu ponad 5 000, a następnie do końca 1937 r. — o zaludnieniu ponad 3 000 mieszkańców. Pomimo niewielkiej stosunkowo ilości 34 takich miejscowości o większym zaludnieniu, które musiały być zelektryfikowane w powyższych terminach, obowiązek ten pociągał za sobą konieczność b. intensywnej rozbudowy rozległej sieci wysokiego napięcia, a to ze względu na znaczne oddalenie od siebie poszczególnych miejscowości w terenie.

Taka intensywna rozbudowa sieci w pierwszym kilkuletnim okresie rozwoju przedsiębiorstwa pociągnąć musiała za sobą konieczność wyjątkowo ostrożnej kalkulacji gospodarczej i ograniczoną rentowność inwestycji. Toteż przystępując do elektryfikacji okręgu Spółka Z. E. O. R. K. musiała dużo uwagi i czasu poświęcić na opracowanie pod względem nie tylko technicznym, ale i gospodarczym, planu elektryfikacji i zasad jego realizacji tak, aby w wyżej scharakteryzowanych trudnych stosunkowo warunkach osiągnąć możliwie zadawalające gospodarczo wyniki.

Postanowiono budowę sieci realizować w sposób jak najtańszy: wszystkie roboty inwestycyjne wykonywać sposobem gospodarczym, jako materiał na wsporniki stosować drzewo, żelazo zaś tylko na niezbędne konstrukcje; stacje transformatorowe z reguły jako napowietrzne, przy czym mniejsze — typu słupowego.

Zdecydowano zastosować napięcie 30 kV jako przesyłowe zarówno dla linii łączącej elektrownie, jak i dla całej sieci z tym, że jako napięcie wtórne dla pewnych rejonów, skupiających drobniejsze i bliżej siebie położone miejscowości — zastosowane będzie 6 kV, względnie 3 kV w miejscowościach (przy elektrowniach), gdzie takie napięcie już istniało. Jako napięcie niskie rozdzielcze przyjęto 380/220 woltów.

Po okresie prac przygotowawczych rozpoczęto w roku 1929 budowę linii głównej łączącej elektrownie, o długości 83 km. Z ukończeniem tej linii i realizacją współpracy elektrowni w ogólnym systemie — przystąpiono już w r. 1930 do rozbudowy okręgowej sieci przesyłowej.

Zgodnie z rozmieszczeniem głównych osiedli obszaru przeważnie wzdłuż wspomnianych poprzednio dwóch zasadniczych kierunków przy szlakach linii kolejowych — rozbudowa sieci przeprowadzona została siłą rzeczy tymi drogami. Przede wszystkim więc jeszcze w r. 1930, po wybudowaniu linii zasilającej najbliższej do linii głównej położone zakłady w okolicy Radomia, wybudowano linię do Dębina z odgałęzieniem do Kozienic, a następnie w r. 1931 przeprowadzono linię ze Skarżyska do

Końskich, jednego z ważniejszych w okręgu ośrodków przemysłowych, w okolicy którego, jako też wzdłuż linii Skarżysko-Końskie, przyłączono szereg mniejszych stonkowo, lecz uprzemysłowionych miejscowości. W tym samym mniej więcej czasie wybudowano ze Skarżyska linię przez Suchedniów do Zagnańska, ośrodka kamieniołomów.

W latach następnych, 1932 i 1933, pomimo nasilenia kryzysu gospodarczego budowa sieci przesyłowej nie ustaje; zostały wybudowane: przedłużenie linii głównej ze Starachowic w kierunku wschodnim przez Kunów do Ostrowca i Częstocic oraz odgałęzienia tej linii z Ostrowca do Opatowa i Ćmielowa a następnie w południowej części obszaru — linia Chęciny — Jędrzejów zasilana czasowo, niezależnie od reszty sieci spółki Z. E. O. R. K., z elektrowni kieleckiej.

Rok 1934 powiększa dalej tempo rozbudowy sieci. Sieć przesyłowa Spółki, która w końcu 1933 r. osiągnęła długość 335 km, została w r. 1934 powiększona o dalsze 166 km. Są to przede wszystkim linie we wschodniej części obszaru w pow. puławskim, jak linie: Dęblin — Puławy — Kazimierz — Opole, Puławy — Kurów — Markuszów, Kurów — Nałęczów i Wąwolnica, oraz linia Dęblin — Ryki. W rejonie Ostrowca buduje się w tym czasie linia Ćmielów — Ożarów, a w okolicy Jędrzejowa — lokalne linie do Sudoła i Kulczyzny. Rok 1935 przynosi dalszych 217 km linii wysokiego napięcia, a mianowicie: połączenie dotychczasowej oddzielnej linii Chęciny — Jędrzejów z ogólnym systemem sieciowym linią z Zagnańska obok Kielc do Chęcin, oraz szereg odgałęźnych od dotychczasowych szlaków linii, sięgających miejscowości położonych już przy granicach okręgu, jak linie: Dęblin — Garwolin, Pionki — Warka, Szydłowiec — Nowe Miasto, Jędrzejów — Pińczów i inne. W roku 1936 wybudowana zostaje dalej linia z okolic Radomia do m. Białobrzegi na północnej granicy okręgu, oraz z pod Opatowa do m. Staszowa na południowej granicy okręgu; przeprowadzona zostaje również linia ze Starachowic do Iłży.

Z końcem roku 1936 ogólna długość sieci przesyłowej wysokiego napięcia wynosi już 824 km szlaku.

Jednocześnie z budową sieci wysokiego napięcia budowano wględnie przebudowywano wykupione sieci rozdzielcze niskiego napięcia w przyłączonych miejscowościach. Ogólna długość sieci niskiego napięcia osiągnęła z końcem 1936 r. — 536 km w 100 miejscowościach, wliczając w to 32 przebudowane sieci wykupione od dotychczasowych właścicieli.

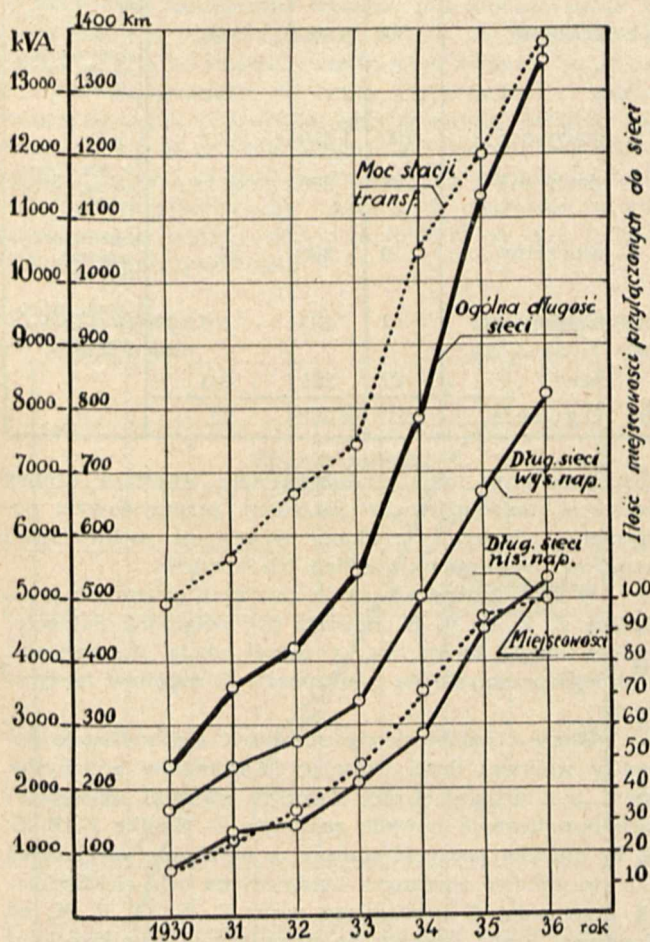
Zamieszczony wykres (1) ilustruje wzrost długości sieci, mocy stacji transformatorowych i ilości przyłączonych miejscowości według poszczególnych lat.

Jak widać z wykresu, wzrost ogólnej długości sieci był znacznie intensywniejszy, niż wzrost ogólnej mocy stacji transformatorowych, co wynika z przyłączania w miarę lat miejscowości o coraz mniejszym zaludnieniu i uprzemysłowieniu pomimo wzrostu ich ilości.

Przyłączono ogółem 100 miejscowości, nie licząc drobnych wiosek i osiedli w liczbie 33, położonych przy miejscowościach większych i połączonych z nimi siecią niskiego napięcia. Ogólne zaludnienie wszystkich powyższych miejscowości wynosi 260 000 mieszkańców.

O tym, jak stosunkowo znacznych inwestycji wymagało osiągnięcie dotychczasowego stanu elektryfikacji okręgu, świadczą średnie liczby, dotyczące inwestycji sieciowych, przypadające na jedną przyłączoną miejscowość. I tak na jedną z elektryfikowanych przez Z. E. O. R. K. miejscowości przypada 8,24 km linii wysokiego

napięcia i 5,36 km sieci niskiego napięcia oraz 137 kilowoltamperów mocy stacji transformatorowych zainstalowanych na sieci, poza mocą stacji transformatorowych zainstalowanych przy elektrowniach.



Rys. 1.

Koszty powyższych inwestycji sieciowych były stosunkowo również bardzo znaczne. Wprawdzie, jak już zaznaczone było poprzednio, budowę zarówno linii jak i stacji transformatorowych starano się realizować jak najtaniej, to jednak szczególnie w pierwszych latach (1929 ÷ 1931), przy wysokich ówczesnych cenach materiałów budowlanych koszty inwestycyjne wypadły stosunkowo wysokie. Stosowano dla linii wysokiego napięcia przeważnie przekrój $3 \times 16 \text{ mm}^2$. Na ogólną długość 824 km sieci przesyłowej wysokiego napięcia wybudowano 685 km linii 30 kV, a w tym 460 km, czyli 67%, o przekroju $3 \times 16 \text{ mm}^2$. Średni koszt linii 30 kV wszystkich przekrojów wyniósł biorąc przeciętnie za cały okres od początku budowy do końca 1936 r. — ok. 6 625 zł. km. Koszt linii $3 \div 6 \text{ kV}$ — w tym samym okresie — ok. 4 735 zł. km. Ogólnie jeden kilometr sieci wysokiego napięcia kosztował 6 305 zł. a sieci niskiego napięcia — 4 075 zł.

Co się tyczy kosztu stacji transformatorowych, to ulegał on w tym okresie mniejszym nieco wahaniom, niż koszt linii i wynosił przeciętnie 136 zł. na 1 kilowoltamper mocy.

Wracając do wartości średnich inwestycji na jedną miejscowość elektryfikowaną — przypadnie, wg. powyższego, 51 965 zł. kosztu ogólnego sieci wysokiego napięcia i 21 840 zł. kosztu sieci niskiego napięcia, oraz 18 635 zł. kosztu stacji transformatorowych. Razem 92 440 zł. ogółu sieciowych inwestycji elektryfikacyjnych.

Jeszcze bardziej charakterystyczną, ze względu na małomiasteczkowy i wiejski typ elektryfikowanych już przez Z. E. O. R. K. miejscowości okręgu, których średnie zaludnienie wynosi 2 600 mieszkańców, będzie wynikająca z powyższego wartość ogółu dokonanych inwestycji elektryfikacyjnych na 1 mieszkańca elektryfikowanych miejscowości, a mianowicie zł. 35,55.

Ogólny koszt sieciowych inwestycji elektryfikacyjnych wyniósł 9 244 000 zł., nie licząc kosztu stacji transformatorowych w elektrowniach zasilających sieć oraz liczników energii u odbiorców.

Powyższy stan rozbudowy sieci przesyłowej umożliwił już elektryfikację prawie wszystkich miejscowości o większym zaludnieniu i znaczeniu w okręgu, dotąd nieelektryfikowanych. Mianowicie na ogólną liczbę 34 wszystkich miejscowości o zaludnieniu ponad 3 000 mieszkańców znajdujących się w okręgu i podlegających elektryfikacji przez Z. E. O. R. K., w tym sensie, że nie są elektryfikowane przez inne zakłady uprawnione, Spółka Z.E.O.R.K. elektryfikuje już w obecnej chwili 30 takich miejscowości, czyli 88%.

W miarę przyłączania poszczególnych miejscowości do sieci zasilającej Spółki i rozbudowy lokalnych sieci rozdzielczych w tych miejscowościach, wzrastała ilość odbiorców energii. Ogólny wzrost liczby odbiorców wzrastał przytęmniał proporcjonalnie do ilości przyłączonych miejscowości, to znaczy średnia ilość odbiorców energii na jedną przyłączoną miejscowość ulegała bardzo niewielkiej zmianie:

W końcu roku	Ilość miejscowości elektryfikowanych	Ilość odbiorców	
		ogółem	na 1 miejscowość
1930	15	3 570	238
1931	24	6 650	277
1932	32	7 210	226
1933	46	10 350	227
1934	69	14 900	216
1935	92	19 500	212
1936	100	23 350	233

Była ona nieco wyższa w pierwszych latach wskutek tego, iż przyłączane były wówczas miejscowości większe, o większym zaludnieniu, następnie spadła nieco w miarę przyłączania miejscowości mniejszych. Spadek ten jednak był łagodzony przybywaniem wciąż nowych odbiorców w miejscowościach przyłączonych poprzednio. Średnia liczba odbiorców na miejscowość, utrzymująca się w granicach dwustu kilkudziesięciu w ciągu całego 7-letniego okresu, ilustruje dobitnie wielkość i charakter elektryfikowanych osiedli.

Na 100 miejscowości przyłączonych do końca 1936 r. (o średnim zaludnieniu 2 600 mieszkańców) zaledwie 30 miast i miasteczek, to jest zaledwie 30%, liczy ponad 3 000 mieszkańców, reszta zaś — to wsie i małe osady o charakterze na wpół wiejskim, z których 45 nie osiąga nawet 1 000 mieszkańców. Liczba 233 odbiorców średnio na jedną z takich miejscowości, przy stosunku odbiorców do zaludnienia jak 233 : 2 600, czyli jak 1 : 11, może być uważana za stosunkowo wysoką.

Porównanie liczby odbiorców z kosztem inwestycji sieciowych wykazuje, iż na jednego odbiorcę przypada średnio 396 złotych inwestycji sieciowych nie licząc kosztu licznika energii. Jest to liczba bardzo charakterystyczna, która, przy uwzględnieniu osiągniętych już stosunkowo dobrych rezultatów akwizycyjnych wyrażających się stosunkiem liczby odbiorców do zaludnienia jak

1 : 11, — określa wyraźnie, jak trudne były warunki elektryfikacji okręgu w całości.

Zapewnienie możliwej rentowności dla inwestycji sieciowych poczynionych z konieczności na tak wielką skalę wymagało pozyskania możliwie jak największego rynku zbytu energii, a to siłą rzeczy przede wszystkim w przemyśle, mającym na ogół duże możliwości rozwojowe w okręgu i mogącym zapewnić sieci odbiór energii w stosunkowo większych ilościach.

Okres jednak ogólnego kryzysu gospodarczego, który przypadł właśnie na pierwsze, najtrudniejsze lata dla zakładu elektryfikacyjnego Z. E. O. R. K., utrudniał w znacznym stopniu akwizycję i rozwój przemysłu. Pomimo to Spółka Z. E. O. R. K. wyciskując jak najdalej swoje możliwości gospodarcze zdołała zrealizować w pewnym, dość znacznym nawet stopniu elektryfikację przemysłu. Niskie, odpowiednio dostosowane do warunków produkcyjnych poszczególnych gałęzi przemysłu, ceny energii oraz konieczna w wielu wypadkach pomoc kredytowa były tymi warunkami, które w tym czasie elektryfikację przemysłu umożliwiły.

W ciągu ubiegłych 7-miu lat działalności Spółki przyłączone zostało ogółem 315 zakładów przemysłowych o łącznej mocy 6 290 kW.

Zakłady te podzielić można na dwie grupy: 1) — zakłady większe, skoncentrowane w kilku większych ośrodkach przemysłowych o mocy powyżej 50 kW, w ilości tylko 16, dla których średnia moc zakładu wyniosła ok. 260 kW, oraz 2) — zakłady drobne o mocy średnio ok. 7 kW, lecz w ilości 299.

Ten podział przemysłu zelektryfikowanego jest bardzo charakterystyczny dla okręgu. Uwidacznia on mały rozwój przemysłu średniego. Odpowiada to w zupełności scharakteryzowanemu poprzednio ogólnemu uprzemysłowieniu okręgu, gdzie na zaledwie dwadzieścia kilka fabryk o większej mocy, istnieje kilkaset zakładów małych.

Grupę większych zakładów stanowią: zakłady metalurgiczne, fabryki metalowe, kamieniołomy i kilka innych. Grupa zaś zakładów małych obejmuje cały spożywczy, drzewny, skórzaný i inne przemysły okręgu.

Przemysł większy został mniej więcej w $\frac{2}{3}$ zelektryfikowany. Istnieje zaledwie kilka większych zakładów przemysłowych posiadających dotychczas własne napędy o mocy ponad 100 kW. Elektryfikacja zaś przemysłu drobnego, jako rozrzuconego na całym rozległym obszarze okręgu, trudniejsza do zrealizowania, dała może stosunkowo mniejsze rezultaty pod względem ilości zakładów przyłączonych w porównaniu z ogólną liczbą zakładów istniejących i tu jednak niektóre gałęzie przemysłu drobnego zostały już zelektryfikowane w bardzo znacznym stopniu.

Zamieszczona tablica przedstawia ilości i moce zelektryfikowanych zakładów przemysłowych wg. poszczególnych gałęzi przemysłu.

Pod względem ilości zakładów przemysłowych na pierwszym miejscu stoi przemysł spożywczy, co odpowiada rolniczemu na ogół charakterowi okręgu; pod względem zaś mocy przyłączonej dominuje przemysł metalowy obejmujący prawie całą wymienioną wyżej grupę istniejących w okręgu większych zakładów.

Średnia moc przyłączonych do sieci zakładów, wynosząca zaledwie 20 kW, charakteryzuje dobitnie charakter i poziom uprzemysłowienia okręgu.

Pozyskanie tak drobnego przemysłu dla elektryfikacji nastęrczało szczególnie wiele trudności ze względu na słabość finansową przemysłu w dobie kryzysu. Sytuacja

Rodzaj przemysłu	Ilość zakładów	Moc przyłączona w kW		Rodzaj zakładów
		Ogólna	Średnia na 1 zakład	
1. metalowy . . .	62	3 365	54,5	10 odlewni i hut, 7 fabryk wyrobów metalowych, 3 zespoły warsztatowe, 42 drobne zakłady w tym 44 młynny w tym 2 większe fabryki chemiczne. kamieniołomy, cegielnie, gipsiarnie tartaki, fabryki wyrobów drzewnych i t.p.
2. spożywczy . . .	100	1 210	12,1	
3. chemiczny . . .	28	870	31	
4. mineralny . . .	16	385	24	
5. drzewny	42	235	5,6	
6. różne	67	225	3,4	
Ogółem	315	6 290	20	

gospodarcza, w jakiej znajdował się wówczas drobny przemysł, uniemożliwiała zakładom przemysłowym poczynienie własnymi środkami inwestycji elektryfikacji napędów pomimo niewielkich ich kosztów.

W tych warunkach akcja akwizycji przemysłu przez Spółkę Z. E. O. R. K. musiała być połączona jednocześnie z akcją kredytową, a raczej akcją finansowania drobnego przemysłu na cele inwestycji napędów fabrycznych.

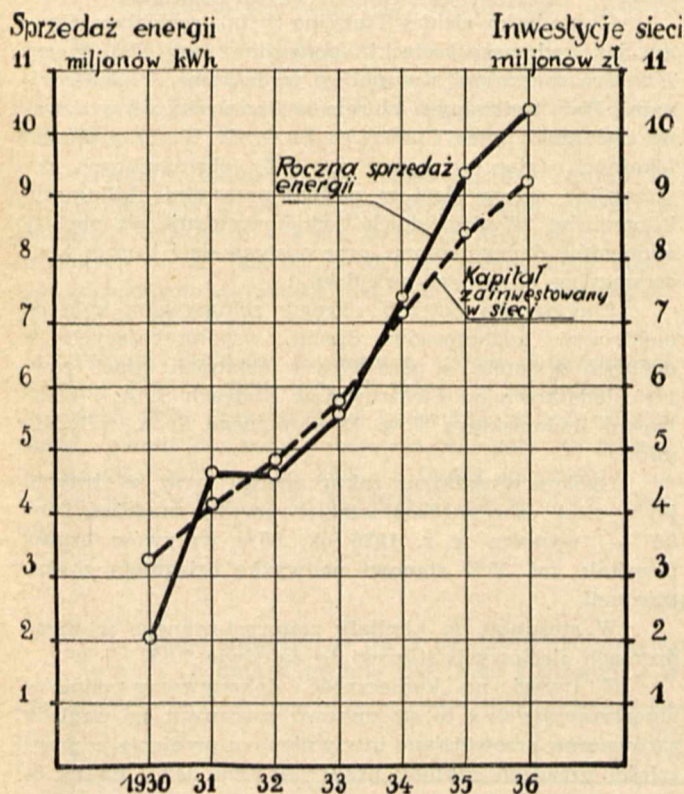
Chcąc z jednej strony umożliwić elektryfikację napędów większej ilości istniejących zakładów przemysłowych a z drugiej strony stworzyć warunki umożliwiające powstawanie nowych zakładów — Spółka Z. E. O. R. K. musiała poczynić starania o uzyskanie specjalnych i to stosunkowo znacznych kredytów na cele elektryfikacji przemysłu. Z uzyskanego przez Z. E. O. R. K. od Funduszu Pracy kredytu na powyższy cel, w kwocie zł 150 000, skorzystało 96 zakładów przemysłowych, którym Spółka Z. E. O. R. K. dostarczyła na długoterminowe spłaty 128 silników elektrycznych o łącznej mocy 1 613 KM. W ten sposób przeprowadzona akcja akwizycyjna umożliwiła przyłączenie do sieci Z. E. O. R. K. w dobie kryzysu około $\frac{1}{3}$ ogólnej obecnej liczby odbiorców siły. Większość przy tym zakładów, które skorzystały z kredytu — to zakłady nowopowstałe w różnych gałęziach przemysłu.

Zarówno akwizycja odbiorców światła jak i przemysłu przyczyniała się do wzrostu ilości sprzedawanej energii. Wzrost ogólnej rocznej sprzedaży energii w poszczególnych latach przedstawia zamieszczony wykres (2), na którym zostały podane ogólne ilości energii sprzedanej poza zakładami przemysłowymi udziałowców Spółki Z. E. O. R. K. istniejącymi przy elektrowniach.

Porównując przebieg wzrostu sprzedaży energii ze wzrostem sieciowych nakładów inwestycyjnych widzimy silniejszy nieco wzrost sprzedaży, niż nakładów inwestycyjnych, szczególnie w okresie początkowym (lata 1930÷31) kiedy przyłączano do sieci na ogół miejscowości większe, bardziej uprzemysłowione, a bliższe do elektrowni. Jedynie okres nasilenia ogólnego kryzysu gospodarczego (w r. 1932) daje przewagę wzrostu inwestycji przy zahamowaniu wówczas, a nawet pewnemu zmniejszeniu sprzedaży energii.

Charakterystyczny jest przy tym przeciętny stosunek ogólnej ilości kilowatogodzin rocznej sprzedaży energii do wartości sieciowych nakładów inwestycyjnych w złotych. Stosunek ten mianowicie dla całego 7-mioletnie-

go okresu wynosi ok. jedności, czyli że na 1 złoty nakładów inwestycji sieciowych przypada średnio około 1 kilowatogodziny sprzedawanej rocznie energii. W początkowym okresie jest on mniejszy: w r. 1930 wynosi 0,63, w latach zaś następnych wzrasta, przechodząc przez 1 i wreszcie w r. 1936 osiąga wartość 1,13. Ma on tendencję wzrastającą, a to przede wszystkim w związku ze stopniowym rozszerzaniem się rynku zbytu energii w miejscowościach już poprzednio przyłączonych, pomimo że, w odniesieniu do nowych miejscowości warunki ich przyłączania do sieci są coraz trudniejsze ze względu na rozległość elektryfikowanego obszaru i charakter nowo przyłączanych miejscowości o mniejszym na ogół zaludnieniu i uprzemysłowieniu.



Rys. 2.

Analizując sprzedaż energii wg. rodzajów zasilanych odbiorów można stwierdzić, iż przeważająca część sprzedanej energii przypada na odbiory przemysłowe, w tym zaś głównie na większy przemysł skoncentrowany w kilku większych ośrodkach. Ten podział zbytu energii wynika siłą rzeczy z jednej strony z minimalnego zaludnienia osiedli podlegających elektryfikacji, biednych na ogół o typie nawpół wiejskim, i stąd małego zapotrzebowania światła, z drugiej zaś strony z wprowadzenia niewielkiego stosunkowo, lecz rozwijającego się stale przemysłu, chociażby tylko w kilku ważniejszych ośrodkach.

Na ogólną ilość sprzedanej w r. 1936 energii — 10 414 000 kWh, przypadła niewielka część — 460 000 kWh energii dostarczonej hurtowo odsprzedawcom, cała zaś pozostała część, czyli 9 954 000 kWh, została sprzedana bezpośrednio konsumentom, przy czym w odbiorze tym wymieniony wyżej przemysł większy partycypuje w 59% (5 854 000 kWh), reszta zaś czyli 41% przypada w równych prawie częściach na drobne odbiory światła i siły.

Zamieszczona niżej tablica przedstawia moce przyłączone w końcu r. 1936, ilości sprzedanej w r. 1936 energii wg. poszczególnych rodzajów odbiorów, przy czym ogólne ilości sprzedanej rocznie energii przeliczone zo-

stały również średnio na jedną z elektryfikowanych 100 miejscowości, na 1 mieszkańca w tych miejscowościach i na 1 odbiorcę energii.

Rodzaj odbioru	Moc przyłączona ok. kW	Roczna ilość godz. użytkow.	Sprzedaż ogółem		Średnio kWh		
			kWh	%	na 1 miejscowość	na 1 mieszkańca	na 1 odb.
Oświetlenie wewnętrzne (wraz z grzejnictw. domowym) . . .	2 300	700	1 599 000	16,1	15 990	6,15	68,5
Oświetlenie publiczne (zewn.) .	140	2 500	355 000	3,3	3 550	1,35	
Siła napędowa w drobnym przemyśle i rzemiośle	2 390	900	2 146 000	21,6	21 400	8,30	
	4 830	850	4 100 000	41	41 000	15,80	
Przemysł większy skoncentrowany w kilku ośrodkach	3 900	1 500	5 854 000	59		22,50	
Razem bezpośrednia sprzedaż konsumentom . . .	8 730	1 140	9 954 000	100		38,30	
Sprzedaż odsprzedawcom	330	1 390	460 000				
Ogółem	9 060	1 150	10 414 000				

Charakterystyczny jest niski ogólny stopień użytkowania przyłączonej mocy odbiorów. Na ok. 9 060 kWh tej mocy roczny odbiór energii wynosi 10 414 000 kWh, czyli roczna liczba godzin użytkowania — ok. 1 150. Składa się na to przede wszystkim małe wykorzystywanie mocy przyłączonej przez przemysł, szczególnie drobny, gdzie ogólna liczba godzin rocznych użytkowania mocy instalowanych silników wynosiła zaledwie ok. 900. Przyczyną tego jest w dużej mierze sezonowość pracy niektórych zakładów, jak cegielni, kamieniołomów, niektórych młynów korzystających w pewnych okresach roku również z siły wodnej, oraz nieregularna, uzależniona od koniunktury praca wielu przyłączonych do sieci drobnych, słabych gospodarczo, zakładów. Dla przemysłu większego, pracującego również, z nielicznymi wyjątkami, jednoznacznie, roczna liczba godzin była nieco większa — wynosiła ok. 1 500.

Przy wielkiej jednak różnorodności ogółu odbiorów i krótkim na ogół, niejednoczesnym wykorzystaniu mocy odbiorników suma lokalnych faktycznych obciążeń sieci wypadła znacznie, bo o kilkadziesiąt procent niższa od sumarycznej mocy przyłączonej, a ogólne skumulowane dalej szczytowe obciążenie sieci wyniosło 3 830 kW. Stąd całoroczna ilość godzin użytkowania tego szczytu wynosiła 2 700 godzin.

Jeżeli porównać moc przyłączonych do sieci odbiorów (ok. 9 060 kW) z ogólną mocą zainstalowanych na sieci transformatorów (13 700 kVA), to stwierdzić można, iż przy zachowaniu potrzebnej rezerwy ogólna gospodarka transformatorowa w okręgu była prowadzona oszczędnie, zgodnie z ogólną zasadą oszczędności w inwestycjach. Możliwie ściśle dostosowanie mocy transformatorów do obciążeń sieci było przy tym ułatwione dużą ilością — 159 — transformatorów, a zatem łatwą ich wymianą.

Wykazane wielkości średnie zużycia energii dla oświetlenia i drobnej siły przypadające na 1 miejscowość przy jednolitym w znacznym stopniu charakterze miejscowości elektryfikowanych — odpowiadają faktycznym

ilościom sprzedanej energii w typowym, przeciętnym miasteczku elektryfikowanym o zaludnieniu $2 \div 3000$ mieszkańców. Szczególniej odnosi się to do oświetlenia. Jeżeli chodzi o siłę, to odchylenia są z natury rzeczy większe, jednak i tu nie odbiegają one znacznie od wykazanych norm średnich. To samo da się powiedzieć i o zużyciu na 1 odbiorcę energii. Liczba 68,5 kWh domowego zużycia energii przez odbiorcę jest nie tylko wielkością średnią, lecz i typową dla olbrzymiej większości odbiorców. Zużycie domowe energii światłowej przez odbiorcę Z. E. O. R. K. pomijając nieliczne wyjątki waha się w zależności od wielkości i charakteru miejscowości, od 50 do 80 kWh rocznie na licznik. Odpowiada to przeciętnie ok. 100 watom mocy odbiorników światła, użytkowanych przez ok. 700 godzin rocznie.

Przeciętna roczna cena sprzedawanej energii światłowej wynosi ok. 65 gr./kWh przy maksymalnej cenie 72,5 gr./kWh.

Dla odbiorców posiadających grzejniki została jeszcze w r. 1932 wprowadzona specjalna taryfa blokowa (jedna z pierwszych w Polsce). Ogólna roczna wielkość 2-go, po światłowym, bloku energii „grzejnej”, liczonego po 25 gr/kWh, wynosiła w r. 1936 około 6% ogólnego domowego zużycia energii, czyli ok. 90 000 kWh. Liczba ta wprawdzie stosunkowo, jak dotąd, niewielka charakteryzuje jednak osiągnięty już w pewnym stopniu rozwój elektrycznego grzejnictwa domowego, w trudnych małomiasteczkowych warunkach w okręgu.

Oświetlenie publiczne zostało przeprowadzone w 52 miejscowościach na ogólną liczbę 100 elektryfikowanych przez Z. E. O. R. K. Po odliczeniu 48 miejscowości drobnych, w których oświetlenie uliczne nie mogło być jeszcze zainstalowane — ogólna ilość energii światła ulicznego przypadająca średnio na jedno oświetlone miasteczko wynosi 6 800 kWh rocznie — a na 1 mieszkańca tych miasteczek 1,7 kWh. Skromne te liczby tłumaczą się niewielkimi terenami i rozciągłością ulic w powyższych miasteczkach, typu przeważnie $2 \div 5000$ mieszkańców, a z drugiej strony sytuacją finansową odnośnych samorządów, która ograniczała możliwość intensywniejszego oświetlenia ulicznego. W powyższych miasteczkach zainstalowane zostało przeszło półtora tysiąca lamp ulicznych o mocy od 60 do 200 watów. Ogólna moc tych lamp wyniosła ok. 140 kW, zaś średnia ilość godzin ich świecenia ok. 2 500 rocznie. Stosowane były dla oświetlenia ulicznego, łącznie z jego obsługą, taryfy przeważnie jednolite, przy czym średnia cena wyniosła w r. 1936 — ok. 25 gr./kWh.

Co się tyczy sprzedaży energii dla siły, a to zarówno dla drobnych zakładów, jak i dla większego przemysłu — główną zasadą polityki handlowej Z. E. O. R. K. było możliwie jak najdalej idące dostosowanie poziomu taryf do możliwości i warunków produkcyjnych przemysłu. Przyjęto jako najracjonalniejszy w tych warunkach system taryf indywidualnych dla różnych gałęzi przemysłu, o typie blokowym.

Taryfy te musiały jednak uwzględniać kalkulacje kosztów własnych, a więc koszty zakupu energii w elektrowniach i wysokie stosunkowo koszty odległego, na skalę przeciętnie kilkudziesięciu kilometrów, przeniesienia tej energii i jej rozdziału. Niską kalkulację cen sprzedażnych energii utrudniało przy tym, scharakteryzowane poprzednio małe wyzyskanie mocy przyłączonych w przemyśle.

Ogólna roczna kwota wpływów za sprzedaną w r. 1936 energię wraz z licznikowymi opłatami stałymi wyniosła zł. 2 295 000 przy ilości 10 414 000 kWh sprzedanej energii.

Wpływ ogólny przypadający na 1 sprzedaną kilowatogodzinę wyniósł zatem średnio 22 grosze.

Powyższy niski poziom przeciętnego utargu na 1 kWh sprzedaną przypisać należy przede wszystkim malej stosunkowo sprzedaży energii dla celów oświetlenia oraz scharakteryzowanym poprzednio trudnym gospodarczym warunkom elektryfikowanego przemysłu, przy których polityka taryfowa Z. E. O. R. K., drogą stosowania niskich cen sprzedażnych energii, zmierzała do umożliwienia rozwoju elektryfikacji przemysłu w jaknajszerszej skali.

Gospodarka elektryfikacyjna w tak rozległym okręgu, jak radomsko-kielecki, połączona jest siłą rzeczy z bardzo znacznymi stosunkowo wydatkami eksploatacyjnymi. Poza centralnym biurem w Skarżysku utrzymywane być musi przez Spółkę Z. E. O. R. K. 19 placówek lokalnych (stan w końcu r. 1936) obsługujących poszczególne rejony sieci w zasięgu przeciętnie kilkunastu kilometrów. W placówkach tych koncentruje się obsługa abonentów danego rejonu, oraz obsługa sieci i prace konserwacyjne odnośnych urzędzeń.

Energia dla potrzeb okręgu zakupywana była od elektrowni udziałowców Spółki współpracujących w ogólnym systemie, a poza tym w ostatnich latach również dodatkowo od Elektrowni w Kielcach S. A. i Elektrowni Radomskiego Tow. Elektrycznego S. A. w Radomiu.

Ogółem wydatki na zakup energii wraz ze stratami jej w sieci oraz na eksploatację, remonty urzędzeń i inne — wynoszą w r. 1936 ok. 65% wpływów brutto, pozostałe zaś 35% stanowi nadwyżkę osiągniętą z eksploatacji.

W stosunku do kapitału zainwestowanego w urządzeniach sieciowych stanowi to zaledwie 7,8%.

Z uwagi na konieczność dokonywania odpisów amortyzacyjnych i to stosunkowo znacznych ze względu zarówno na przewidziane uprawnieniem przejęcie w przyszłości urzędzeń zakładu przez Państwo, jak i na to, że poważną część inwestycji stanowią stosunkowo krótkotrwałe urządzenia — osiągnane nadwyżki eksploatacyjne musiały być niemal całkowicie przeznaczone na amortyzację.

Odpisy amortyzacyjne za cały czas działalności elektryfikacyjnej Z. E. O. R. K. wyniosły ok. 3 300 000 zł. Zostały one włożone w dalsze inwestycje elektryfikacyjne w okręgu, co powiększyło w ten sposób majątek Spółki, ponad złotych 5 100 000 kapitału zakładowego i, wraz z kredytami uzyskanymi na inwestycje sieciowe, umożliwiło dotychczasowy rozwój elektryfikacji okręgu. Ogólna kwota nakładów inwestycyjnych Spółki w dotychczasowym stanie przewyższyła przeszło w dwójnasób kapitał zakładowy Spółki.

Niska rentowność dotychczasowa elektryfikacji okręgu, pomimo 7 lat jej gospodarczo oszczędnego i celowego rozwoju, wskazuje, jak dalece „cierpliwym” musi być kapitał inwestowany w okręgowych przedsiębiorstwach elektryfikacyjnych na terenach tak stosunkowo mało zaludnionych i uprzemysłowionych, jak radomsko-kielecki i inne jemu podobne.

Elektryfikacja Województwa Lubelskiego

Inż. Jan Czerwiński, Lublin.

Streszczenie. Charakterystyka terenu Województwa jako wybitnie rolniczego. Podział Województwa pod względem elektryfikacji na trzy okręgi, z których jeden obsługiwany jest przez ZEORK i dwa przez ZEL. Stan elektryfikacji Województwa w początku 1936 roku. Krótka wzmianka o stanie technicznym elektrowni. Stan sieci przesyłowych i rozdzielczych przed powstaniem ZEL-u. Zamierzenia elektryfikacyjne południowej i północnej części Województwa przez ZEL. Sposób finansowania inwestycji przez ZEL.

Charakterystyka terenu Województwa.

Województwo Lubelskie zajmuje powierzchnię 31 176 km² o zaludnieniu według statystyki z dnia 9.XII. 1931 — 2 466 900 mieszkańców, w tym ludności miejskiej 442 100 (18%) i wiejskiej 2 024 800 (82%) mieszkańców.

Gęstość zaludnienia dla całego obszaru wynosi 79 mieszkańców na 1 km². Województwo dzieli się na 18 powiatów, 277 gmin i 3 982 gromady. Ilość miast wydzielonych — 3: Lublin, Siedlce i Chełm. Ilość miast niewydzielonych o ludności od 2 323 do 23 379 mieszkańców — 30.

Przyrost ludności na terenie całego województwa w latach 1921 ÷ 1931 wynosił 18½%, w miastach 21%, na wsiach 18%. Przyrost ilości budynków w tym samym czasie wynosił dla całego województwa 29% (z 274 000 do 354 008), w miastach 36% (z 25 482 do 34 601), na wsiach 28½% (z 248 618 do 319 407) — na dz. 9.XII. 1931 rok.

Jak widać ze statystyki, Województwo nosi charakter wybitnie rolniczy. Gleby południowej części Województwa co do gatunku różnią się od gleb północnej części. Południowe powiaty posiadają gleby loessy, rędziny i czarnoziem, tylko w powiecie biłgorajskim i części tomaszowskiego i janowskiego — piaski pokryte lasami, natomiast powiaty północne mają gleby bielcowe na szczyrkach i piaskach. Linia dzieląca te gleby przechodzi mniej więcej z zachodu od Puław przez Kurów, Łęczną, na północ od Chełma pod Dubienkę.

Wzdłuż rzeki Wieprza i jego dopływów rozłożone są torfowiska. Na północ od Chełma w powiecie włodawskim położone są ogromne bagna torfowe zajmujące kilkanaście tysięcy ha. Bagna te są częściowo osuszane i mogą w przyszłości służyć jako wielki zbiornik materiału opałowego. Mniej więcej po tej samej linii, tj. z zachodu na wschód dzieli się Województwo na północną część nizinną o wysokości ponad poziom morza nie przekraczającej 200 m i na południową pagórkowatą o wysokości do 350 m ponad poziom morza.

Pod względem narodowościowym ludność według statystyki z 1921 r. dzieliła się na polską 85,4%, żydowską 10,9%, rusińską 3%, niemiecką 0,5% i inne 2%. Ludność żydowska stanowiła w miastach niewydzielonych od 52,5% (Łuków) do 70,5% (Radzyń). Tablica I i II.

Stan uprzemysłowienia Województwa Lubelskiego widoczny jest z tablicy III. Jak widać z tablicy, są to zakłady drobne.

Tablica I

Dane statystyczne dla 9 powiatów południowych Województwa Lubelskiego w/g spisu ludności z dnia 9 grudnia 1931 roku i Dziennika Wojewódzkiego Nr. 22 z dnia 14.X. 1933 roku.

Nr.		Razem	Biłgoraj	Chełm	Hrubieszów	Janów	Krasnostaw	Lubartów	Lublin	Tomaszów	Zamość
1	Powierzchnia w km ²	14 024,6	1 575	1 741	1316,7	1 735	1 470	1 361,4	1 848,5	1 324,5	1 602,5
2	Ilość gmin wiejskich	127	15	13	14	15	14	14	16	13	13
3	Ilość sołectw	2 167	269	327	221	234	211	205	322	202	176
4	Ilość gromad	1 894	100	341	220	214	179	196	296	180	181
5	Ilość osiedli wiejskich	3 976	256	466	391	479	445	383	651	504	401
6	Ilość gmin miejskich	13	1	1	2	2	1	2	1	1	2
7	Ilość budynków miasta	17 171	868	1 966	1 824	2 082	1 173	1 102	4 813	1 214	2 649
 wieś	177 151	19 583	22 403	19 202	21 891	19 312	1 4575	22 785	18 811	18 499
8	Ilość mieszk. gmin wiejskich	1 212 337	118 874	133 569	129 963	153 931	134 281	108 033	163 823	121 241	148 622
9	Ilość mieszk. gmin miejskich	248 192	8 181	29 150	16 879	18 801	10 340	11 693	112 469	10 337	30 842
10	Ilość mieszkańców na terenie powiat.	1 461 029	127 055	162 719	146 842	172 732	144 721	119 726	276 292	131 578	179 464
11	Ilość mieszkańców na 1 km ² na terenie powiatów	104	81	93	111	97	100	88	147	100	112
12	Ilość mieszkańców na 1 km ² na terenie gmin wiejskich	87	75,1	72	100	89	91,5	84	89	91,5	94,5
13	Ilość budyn. na 1 km ²	21,1	10,2	12	14,2	11,5	12	10,7	12,3	14,3	11,8
14	Przyrost ludności za 10 lat wieś %	19,3	17,2	36	25,2	15,5	14,2	12	17,1	23	13,5
15	Przyrost ludności za 10 lat miasta %	23,3	23,5	26	26,7	20	17	15,5	19	37	25
16	Przyrost budynków wieś %	31,6	17	59,2	49	28,4	27	19	30	34,5	20,3
17	Przyrost budynków miasta %	37,9	14,5	43,2	40	41	30	41,5	35	55	40,5
18	Ilość gromad i osiedli z ilością mieszkańców ponad 2 800	19	6	2	1	3	1	1	3	2	1
19	Ilość gromad i osiedli z ilością mieszkańców ponad 1 900 ÷ 2 800	30	5	2	4	8	6	2	3	—	—
20	Ilość gromad i osiedli z ilością mieszkańców ponad 950 ÷ 1 900	215	30	5	26	31	29	11	21	27	29
21	Ilość gromad i osiedli z ilością mieszkańców ponad 500 ÷ 950	520	44	62	52	35	60	59	78	68	68
22	Ilość gromad i osiedli z ilością mieszkańców poniżej 500	3 194	172	398	304	402	349	310	546	409	304

Tablica II.

Dane statystyczne dla 7 powiatów północnych
Województwa Lubelskiego.

Rubr. jak w tabl. I	Biała Podlaska	Łuków	Radzyń	Siedlce	Sokołów	Węgrów	Włodawa	Razem
1	1 844,6	1 665	1 563	1 775	1 277	1 277	2 396	12 396
2	21	17	14	22	12	14	14	114
3	298	327	171	495	236	309	232	2 068
4	239	231	130	229	241	202	197	1 503
5	467	597	346	550	474	455	404	3 302
6	3	3	2	3	1	1	3	16
8	93 712	106 962	76 703	106 095	74 010	79 587	90 687	627 700
9	23 131	21 913	22 128	45 310	9 927	9 397	23 312	154 700
10	116 843	128 825	98 831	151 400	33 937	88 984	113 999	782 400
11	63	77	63	85	66	74	49	63
12	51	66	51	60	46	65	41	51
18	2	3	3	3	1	1	3	16
19	4	1	—	2	—	—	1	8
20	8	16	10	8	7	6	14	69
21	20	8	9	22	3	6	3	71
22	436	564	324	518	474	443	386	3 145

Podział Województwa na okręgi elektryfikacyjne.

Projekt elektryfikacji Polski ogłoszony w sprawozdaniach i pracach Polskiego Komitetu Energetycznego z roku 1930 proponuje podział Województwa na dwa okręgi po linii mniej więcej idącej od Dęblińska po przez granice powiatów łukowskiego i lubartowskiego przecinając powiat radzyński i po granicy powiatów bialskiego i włodawskiego. W rzeczywistości powiaty Województwa Lubelskiego z wyjątkiem niektórych miast i gmin zostały przydzielone przez Ministerstwo Przemysłu i Handlu do trzech instytucji elektryfikacyjnych:

1. Powiaty puławski i garwoliński (bez dwóch gmin północnych) wchodzi do uprawnień Nr. 151 ZEORK-u. Są to powiaty, szczególnie puławski, najgęściej zaludnione, bo przeciętnie po 91 mieszkańców na 1 km² (puławski 102), obejmują one powierzchnię 3 662 km² o ludności 332 200 mieszkańców. Na terenie tym znajdują się 4 miasta o ludności 33 871.

Dwa te powiaty przejęte przez ZEORK od 1928 r. posiadają sieć o napięciu 30 kV przechodzącą od Dęblińska na południe przez Puławę (Nr. 79), Kazimierz do Opola, na północ przez Łaskarzew do Garwolina i na wschód przez Końskowolę, Kurów, Markuszów, pod Garbów do Nałęczowa i Wąwolnicy. Wszystkie wymienione wyżej miejscowości korzystają z energii elektrycznej.

2. Siedem północnych powiatów: węgrowski, sokołowski, siedlecki, biały - podlaski, łukowski, radzyński i włodawski mają stworzyć Związek Międzykomunalny północnej części województwa.

W tej sprawie odbyło się już zebranie przedstawicieli miast powiatowych i władz administracyjnych, które postanowiło przyłączyć się jako oddzielny okręg do Lubelskiego Międzykomunalnego Związku Elektryfikacyjnego obejmującego południową część Województwa. Teren ten jako całość jeszcze nie jest objęty żadnym uprawnieniem.

3. Pozostałe 9 powiatów południowych: lubartowski, lubelski, chełmski, krasnostawski, hrubieszowski, zamojski, tomaszowski, biłgorajski i janowski zostały przydzielone do uprawnień Lubelskiego Międzykomunalnego Związku Elektryfikacyjnego.

4. W powiecie zamojskim pięć gmin: Mokre, Łabunie, Nowa Osada, Wysokie i Stary Zamość i w powiecie krasnostawskim dwie gminy: Izbica i Tarnogóra przy-

Tablica III.

Stan przemysłu w 16 powiatach Województwa Lubelskiego
(bez Puław i Garwolina) wg danych za 1934 r.

	Rodzaj przemysłu	Ilość zakładów	Razem
1	Metalowy: Fabryki maszyn rolniczych Wyroby mechaniczne Odlewnie	7 6 2	15
2	Chemiczny: Mydlarnie Farbiarnia Olejarnie Różne inne	80 7 37 12	136
3	Produktów zwierzęcych: Garbarnie Wyroby skórzanego, obuwia Sitarzki, włókienniczy Szczeciński	56 12 19 111	198
4	Spożywczy: Młyny i wiatraki Krochmalnie Gorzelnie Octownie i winiarnie Cukrownie Browary Mleczarnie Kaszarnie Piekarnie mechaniczne	1 492 3 74 9 12 4 128 9 2	1 733
5	Drzewny: Tartaki Meblarnie Wyroby z drzewa	120 3 20	143
6	Papierniczy i graficzny: Drukarnie Papiernie	40 1	41
7	Mineralny: Cegielnie Klinkiarnie Kafelarnie Wapienniki Huty szklane Betoniarnie	116 4 7 50 6 9	192
8	Włókienniczy.	6	6
9	Ilość ludzi zatrudnionych w tych zakładach	13 705	

dzielone są do uprawnień Nr. 129 Samorządowej Zamojskiej Okręgowej Elektrowni w Zamościu.

Elektrownia w Janowie Lubelskim należąca do firmy „Elektrotar” posiada uprawnienie Nr. 190 na miasto Janów i kilka okolicznych wsi.

Poza wymienionymi na terenie Województwa posiadają uprawnienia Zarządy Miejskie w Lublinie Nr. 36, Hrubieszów Nr. 76, Tomaszów Nr. 66 i spółki lub osoby prywatne — Kraśnik Nr. 173, Piaski Nr. 246, Parczew Nr. 279, Radzyń Nr. 117, Sokołów Nr. 167, Węgrów Nr. 195, Włodawa Nr. 217 i Lubartów Nr. 231.

Prawa nabyte posiadają Zarządy Miejskie w Siedlcach, Chełmie i Białej Podlaskiej.

Stan elektryfikacji Województwa w roku 1936.

Wszystkie miasta wydzielone i niewydzielone powiatowe posiadają elektrownie. Nowocześnie urządzone elektrownie posiadają tylko trzy miasta: Lublin, Zamość

Tablica IV
Okręg południowy

Nr.	Miasto	Właściciel	Rodzaj silnika	Ilość silników	Moc silnika	Moc na 1 miesz.	Szczytowe obciążenie	Szczytowe obciąż. na 1 miesz.	Rodzaj prądu	Godzin pracy	Produkcja prądu w tysiącach	Nr. Nr. uprawnień	Napięcie
					kW	W/m	kW	W/m			kWh		V
1	Bilgoraj	miasto	silnik spal.	1	115	12,89	45	5,03	3 f	2 900	731,31	105	330 220
2	Chełm	miasto oddało w dzierżawę miasto	lokom. parowa	3	408	9,6	250	7,8	3 f	8 760	432,29	bez upr.	380 220
3	Hrubieszów	miasto	silnik spal.	2	96	6,65	90	6,25	3 f	2 950	143,34	76	380 220
4	Janów Lubel.	prywatna Sp. elektrotartak	lokom.	1	100	12,9	50	6,45	3 f	3 000	55,2	190	380 220
5	Krasnystaw	L. M. Z. E.	silnik spal.	2	132	11,8	46	4,16	3 f	3 538	87,78	bez upr.	380 220
6	Lubartów	L. M. Z. E.	„	2	93	11,3	60	7,3	3 f	2 949	99,12	231	380 220
7	Lublin	miasto	turbozespół	2	5 800	47,8	1 860	15,4	3 f	8 760	5 650	36	6 000 380 220
8	Tomaszów	miasto	silnik spal.	3	171	14,9	70	6,1	3 f	2 950	120,3 zain.	66	380 220
9	Zamość	miasto	turbozespół	2	1 340	52,3	700	25,4	3 f	8 760	2 561,4	129	3 000 380 220
10	Kraśnik Jan.	Sp. prywatna	lokom.	2	75	5,97	70	5,7	st.	2 900	80	173	2 × 220 380
11	Piaski Luter.	Sp. prywatna	silnik spal.	1	42	6,15	30		3 f	2 900	25	246	222

Okręg północny.

Nr.	Miasto	Rodzaj silnika	Ilość silnik.	Moc silnik. kW	Moc na 1 miesz. kańca watów	Szczyt. obciąż. kW	Szczyt. obciąż. na 1 m. watów	Rodzaj prądu	Napięcie woltów	Go-dziny pracy	Prod. w tys. kWh	Nr. Nr. uprawn.	Właśc.
1	Biała Podlaska	s. dyzl. turbina	2	240								bez upraw.	miasto
2	Łuków	gaz ss.	1	300	32	250	15	3 f	380/220	8421	537	bez upraw.	miasto
3	Siedlce	s. dyzl. parowy	3	1025	28	374	10	3 f	380/220	3750	230	bez upraw.	miasto
4	Radzyń	spalin.	2	99	18,5	50	9,5	stały	2 × 220 2 × 220	7800	816	prawo nabyte	miasto
5	Sokolów	parowy							i 110			upraw. 117	miasto
6	Węgrów	spalin	3	380	38	63	6,3	3 f	380/220	6800	62	upraw. 117	spółka
7	Włodawa	spalin.	2	105	12,3	39	4,6	stały	110	6300	104	upraw. 167	spółka
8	Parczew	spalin.	2	65	7	36	3,8	stały	2 × 220	4735	49	upraw. 195	spółka
									2 × 220			upraw. 217	spółka
									i 110	6432	225	upraw. 217	spółka
									220			upraw. 279	spółka

i Biała Podlaska. Pozostałe elektrownie posiadają przeważnie silniki spalinowe lub lokomobile. Wykaz mocy i rodzaju silników podane w tablicy IV (mapa).

Poza pięcioma miastami: Lublin (5 800 kW), Chełm (408 kW), Zamość (1340 kW), Biała Podlaska (590 kW), Siedlce (1 000 kW), pozostałe miasta otrzymują energię elektryczną tylko w godzinach od zmierzchu do rana. Takich elektrowni jest 13 o mocy od 55 kW do 250 kW.

Poza tymi elektrowniami zawodowo dostarczającymi energię na terenie Województwa istnieje szereg elektrowni zbywających energię okolicznościowo. Takich elektrowni, które są pionierami elektryczności w małych osiedlach jest na terenie 16 powiatów 36, o mocy od 3 kW (w Skórcu) do 287 kW (w Zwierzyńcu). (Tablica V i mapa).

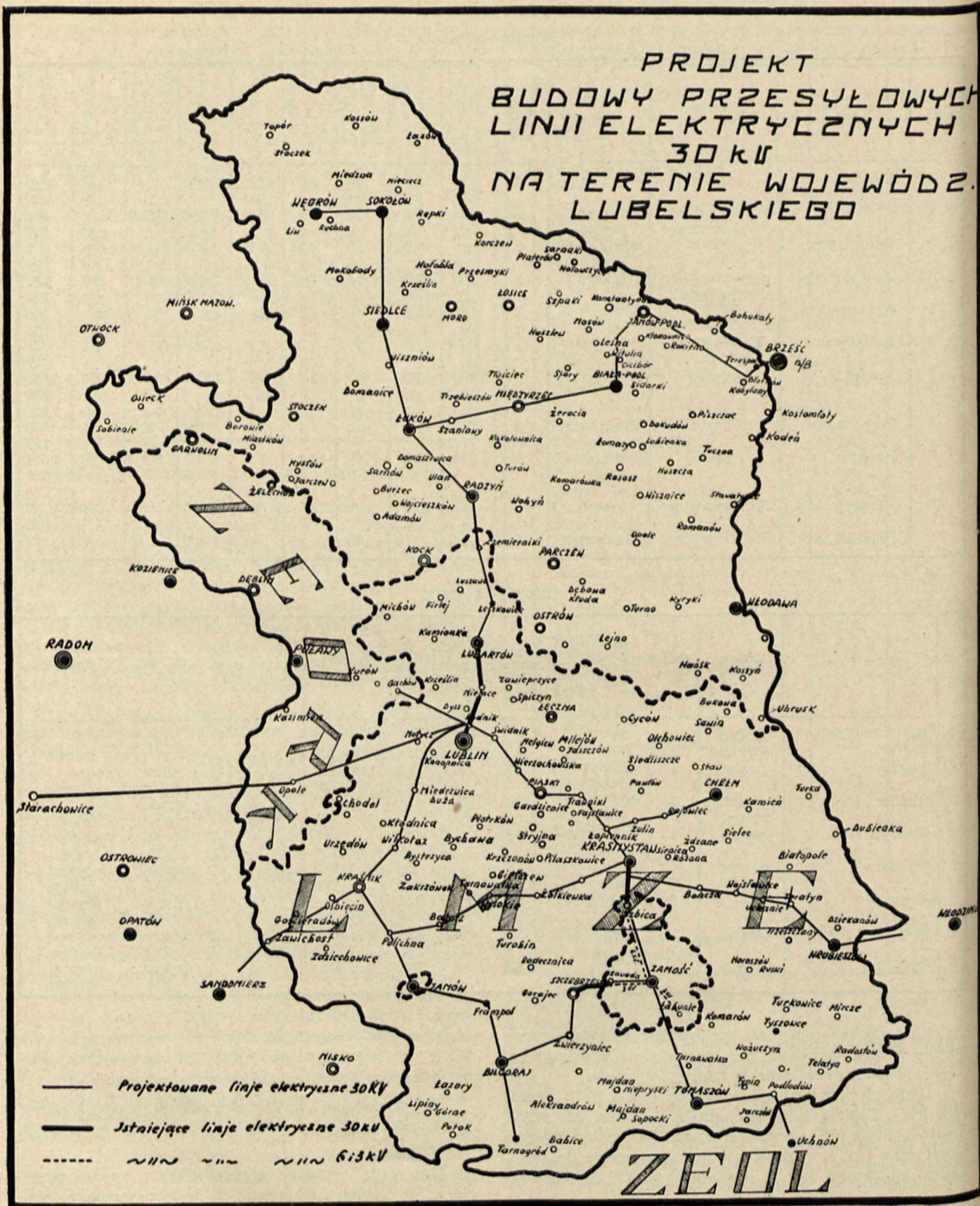
Oprócz wyżej wymienionych elektrowni istnieją przy 27 zakładach przemysłowych (tablica VI) elektrow-

nie o ogólnej mocy 5 343 kW, (w tym Cementownia „Firlej” w Rejowcu 4 000 kW), które pracują na własne potrzeby swoich zakładów przemysłowych.

W przeważnej ilości elektrownie okolicznościowe i przemysłowe (oprócz Firleja i Strzyżowa) wytwarzają prąd stały.

Jak widać z tablic, na omawianym terenie zaledwie w 78 osiedlach 16 powiatów, w tym w trzech miastach wydzielonych i 23 niewydzielonych, ludność ma możliwość korzystania z dobrodziejstw elektryczności. Stosunek osiedli zelektryfikowanych do ogólnej ilości widoczny jest z tablicy VII.

Ogólna ilość osiedli w 16 powiatkach wynosi 7 307; wydzielając miasta zelektryfikowane na osiedla wiejskie pozostaje 52 miejscowości zelektryfikowanych, tj. 0,70% ogólnej ilości osiedli wiejskich.



Stan techniczny elektrowni.

Na wysokości wymagań techniki nowoczesnej stoją poza Lublinem, Zamościem i Białą Podlaską elektrownie kilku samorządów miejskich. Należy jednak przyjąć pod uwagę, że wiele z małych elektrowni powstało w czasie lub zaraz po wojnie z urządzeń po oku-

pantach, toteż pod względem technicznych urządzeń pozostawiają wiele do życzenia.

W niektórych elektrowniach można spotkać różne rodzaje silników spalinowych i starych lokomobil, inne składają się z kilku różnych wielkości lokomobil jeszcze przedwojennych.

ZAKŁADY ELEKTRYCZNE NA TERENIE WOJEWÓDZTWA LUBELSKIEGO



Pomiędzy silnikami spalinowymi są najrozmaitsze typy i wielkości od 3 MK do stukilkudziesięciu.

Taką samą różnorodność można spotkać w rodzajach prądu i napięciach. W elektrowniach zawodowych przeważa prąd zmienny trójfazowy o napięciu 380/220 V. Dwie elektrownie tylko idą na prąd stały 220 V.

W elektrowniach okolicznościowych natomiast przeważa prąd stały o napięciu 220 V.

W elektrowniach użytku prywatnego tylko w największych zakładach (Rejowiec — Cementownia i Zwierzyniec — Tartak) prąd trójfazowy zmienny o napięciu 380/220 V, w małych zakładach natomiast tylko prąd stały o napięciu 110 i 220 V.

Tablica V.
Okręg południowy.

L. p.	Powiat	Osiedle	Rodzaj silnika	Ilość silników	Moc kW	Napięcie V	Rodzaj prądu	Rodzaj przedsiębiorstw
1	Chełm	Sawin . . .	spal.	1	10	220	stały	młyn
2		Siedliszcze	„	1	22	220	„	„
3		Swierże . .	„	1	46	220	„	„
4	Hrubieszów	Dubienka .	„	1	23	2 × 220	„	„
5		Grabowiec	„	1	23	380 220	3 f.	„
6	Janów Lub.	Zaklików .	„	1	33	220	„	„
7		Zakrzówek	„	1	30	220	zmienn.	„
8	Krasnystaw	Turobin . .	„	1	20	220	zmienn.	„
9		Zółkiewka .	„	1	66	220	stały	„
10	Lubartów	Michów . .	„	1	25	220	„	„
11		Łęczna . .	„	1	28	110	„	„
12	Lublin	Głusk . . .	„	1	17	220	„	„
13		Bychawa . .	„	1	25	220	„	„
14		Bełżyce . .	„	1	15	380 220	„ 3 f.	„
15	Zamość	Krasnobród	„	1	70	380 220	3 f.	„
16		Majdan . .	„	1	13	220	stały	tartak
17		Michałów	„	1	90	220	„	folwark
18		i Klemensów Zwierzyniec	Lokomob. i spal.	212 3—3 15	287 6000 i 220	zmienn. stały	ordynacja Zamojskich	
19	Biłgoraj	Frampol . .	spal-	1	92	380 200	3 f.	tartak
20	Chełm	Chełm — kolej dworzec	2 spal. 1 lok.	35 3—27 27	89	220	stały	warsztaty kolejowe
21	Zam.	Szczebrzeszyn	turb. wodn.	1	50	2 × 200	„	młyn
Okręg północny								
1	Biała Podl.	Lomazy . .	spal.	1	6	220	stały	młyn
2		Janów . . .	„	1	20	220	„	miejs. el.
3	Luków	Stoczek . .	„	1	18	220	„	młyn
4		Adamów . .	„	1	18	110	„	„
5		Kock	„	1	34	380/220	trójfaz.	„
6	Radzyń	Wołyn . .	„	1	17	220	st.	„
7		Międzyrzec .	„	1	83	2 × 220	„	„
8	Siedlce	Łosice . . .	„	1	20	220	„	„
9	Sokołów	Kosów . . .	„	1	18	220	„	„
10		Sterdyń . .	„	1	16	220	„	„
11	Węgrów	Stoczek . .	„	1	18	220	„	„

Sieci przesyłowe i rozdzielcze.

Zamojska Elektrownia Okręgowa posiada uprawnienie obejmujące tereny poza granicami miasta, jak i wyżej wskazana spółka „Elektrotar” w Janowie.

Sieci więc przesyłowe na terenie 16 powiatów nie są rozległe. Na terenie uprawnienia Zamojskiego istnieją sieci przesyłowe dla napięć 3 kV i 15 kV. (Tablica VIII).

W 1936 roku dobudował Zamość kilka kilometrów linii 3 kV do Łabuń. Pod Janowem Lubelskim wprowadzona jest linia do pobliskiej wsi Białej.

Sieci rozdzielcze w osiedlach małych przeważnie są w bardzo złym stanie; w wielu miejscach jeszcze przed niedawnym czasem były przewody żelazne, dziś już są usunięte.

Na terenie uprawnienia ZEORK-u poza tym znajduje się kilkadziesiąt km sieci przesyłowych 30 kV idących od Dębina.

Lubelski Międzykomunalny Związek Elektryfikacyjny (okręg południowy).

W początkach 1935 roku z inicjatywy p. Wojewody Lubelskiego został opracowany statut Lubelskiego Międzykomunalnego Związku Elektryfikacyjnego, oparty na rozporządzeniu Pana Prezydenta Rzeczypospolitej o Związkach Międzykomunalnych.

Do Związku przystąpiło pięć miast: Lublin, Chełm, Lubartów, Krasnystaw i Zamość.

Koncepcja Związku oparta została na następujących przesłankach:

Lublin — elektrownia, jednostka o mocy zainstalowanej 5 800 kW i napięciu 6 000 V, miała wówczas szczytowe obciążenie 1 860 kW. Zamość — elektrownia o mocy zainstalowanej 1 340 kW i napięciu 3 000 V miała szczyt nieprzekraczający 700 kW.

Obie te elektrownie turbinowe — racjonalnie urządzone.

Poza tymi dwiema elektrowniami elektrownia cementowni „Firlej” w Rejowcu o mocy zainstalowanej 2 × 2 000 kW i napięciu 5 250 V miała wówczas szczyt 1 260 kW.

Chełm — elektrownia zaopatrzona w trzy lokomobile stare, o łącznej mocy generatorów 408 kW dla napięcia 380 220 V przy szczytowym obciążeniu 250 kW. Elektrownia wydzierżawiona prywatnej spółce.

Krasnystaw — elektrownia o dwóch silnikach o łącznej mocy 200 MK przy szczytowym obciążeniu ok. 50 kW pracowała tylko w nocy. Własność miasta.

Lubartów — elektrownia prywatna. Silnik spalinowy 110 KM, szczytowe obciążenie wynosiło 54 kW. Pracowała tylko w nocy.

Opierając się na tych danych i danych z innych osiedli, które w przyszłości mogłyby być przyłączone do sieci Związku, ustalono, że moc zbywająca w Lublinie, Rejowcu i Zamościu może wystarczyć na zapotrzebowanie w ciągu najbliższych lat całego obszaru południowej części Województwa, bez potrzeby rozbudowy tych trzech dużych elektrowni i stwarzania nowych źródeł energii. Te trzy elektrownie miały być połączone siecią przesyłową o napięciu 30 kV i w przyszłości pracowałyby na wspólną sieć, wzajemnie się uzupełniając.

W miarę łączenia sieciami przesyłowymi wszystkie małe elektrownie byłyby likwidowane, a sieci rozdzielcze byłyby zasilane z wyżej wymienionych trzech źródeł energii.

W listopadzie 1935 statut został zatwierdzony i Związek ukonstytuował się.

Związek wystąpił do Ministerstwa Przemysłu i Handlu o uprawnienie rządowe na teren 9 powiatów południowych: lubartowski, lubelski, chełmski, krasnostawski, hrubieszowski, zamojski, tomaszowski, biłgorajski i janowski.

Projekt sieci (mapa) stworzony został w założeniu trzech źródeł energii w początkowym etapie i w przewidywaniu w przyszłości połączenia sieci Związku z sieciami sąsiednich organizacji elektryfikacyjnych: od południa z Zakładem Elektryfikacyjnym Okręgu Lwowskiego (ZEOL) i z zachodu ze Zjednoczeniem Elektrow-

Tablica VI.
Okręg południowy.

Nr.	Powiat	Osiedle	Rodzaj przedsiębiorstwa	Moc kW	Rodzaj prądu	Napięcie V	U w a g i
1	Chełm	Chełm	szpital wojskowy	11	stały	220	
2	"	Rejowiec	cukrownia	91	"	2 × 220	
3	"	Rejowiec Firley	cementownia	4 000	3 f.	380/220	szczyt 1 600 kW
4	Hrubieszów	Hrubieszów	młyn	10	stały	110	
5	"	Nieledew	cukrownia	111	zmienny	220	nieczynna
6	"	Hrubieszów	folwark	10	stały	110	
7	"	Dziekanów	młyn	9	"	220	
8	"	Strzyżów	cukrownia	419	stały i zmienny	110 330	w ruchu
9	Janów	Zakrzówek	"	32	stały	220	nieczynna
10	Krasnystaw	Tarnogóra	młyn	55	"	220	
11	Lublin	Milejów	cukrownia	123	zmienny	380/220	nieczynna
12	"	Strzyżewice	majątek	20	stały	2 × 110	
13	"	Piotrowice	"	11	"	220	
14	"	Trawniki	cukrownia	85	stały i zmienny	220	
15	Tomaszów	Tomaszów	młyn	5	stały	180	
16	"	Woźuczyn	majątek	47	"	220	
17	"	"	cukrownia	39	"	220	czynna
18	Lublin	Trawniki	majątek	12	"	220	
19	Zamość	Klemensów	cukrownia	70	"	110	
20	"	Długi Kąt	tartak	29	"	220	
21	"	Zwierzyniec	"	15	"	220	

Okręg północny							
22	Radzyń	Radzyń	młyn	7	"	110 i 220	
23	Siedlce	Siedlce	koszary	74	trójfaz.	380/220	
24	"	Skórzec	klasztor	3	stały	220	
25	Sokołów	Sokołów	cukrownia	40	"	110	
26	Włodawa	Włodawa	młyn	15	"	110	

Tablica VII.

P o w i a t y	Biłgoraj	Sokołów	Siedlce *)	Biała	Włodawa	Radzyń	Łuków	Lubartów **)	Lublin	Chełm ***)	Krasnystaw	Hrubieszów	Zamość	Tomaszów	Węgrów	Janów	Cały teren
Ilość osiedli zelektryfikowanych	1	4	2	3	2	4	4	3	7	5	5	5	20	2	2	4	74
% osiedli w powiecie	9,7	0,85	0,36	0,64	0,49	1,15	0,66	0,78	1,07	0,82	1,12	1,28	5	0,4	0,37	0,83	1,02
Pość ludności w tys. w osiedlach zelektryfikowanych	8,2	12,5	50	23,2	13,5	26,1	24,6	15,1	18,3	9	37,1	20,7	17,5	11,6	11,1	27,2	336,5
% stosunek do całej ludności pow.	6,45	14	4,35	13,7	16,2	26,4	18,8	12,6	11,2	8,8	12,3	14,1	12,6	8,85	12,5	15,7	16,2

*) bez Siedlec, **) bez Lubina, ***) bez Chełma.

ni Okręgu Radomsko-Kieleckiego (ZEORK); przekroje wypadły $3 \times 25 \text{ m}^2$ jako wystarczające dla zasilenia całego terenu uprawnienia i zgodnie z przepisnymi terminami zelektryfikowania wszystkich miejscowości o zaludnieniu ponad 2 000 mieszkańców.

Dlatego w tablicy Nr. 1 podane miejscowości rozdzielone są na kategorie tak, aby wraz z przyrostem dawały na rok 1935 ilość mieszkańców 2 000 i 3 000 przyjmując jako podstawę dzień spisu ostatniego 9.XII. 1931 r.

Ze szczegółowego projektu sieci przesyłowych 30 kV i odgałęzień o napięciu 6 kV opracowanego dla ustalenia planu działalności Związku wypada, że po 40 latach istnienia Związku i corocznych inwestycjach wynoszących ok. 500 000 złotych (przy cenach z sierpnia 1935 r.), sieć Związku w 1976 roku obejmowałaby ok. 550 km linii o napięciu 30 kV i ok. 1 140 km linii o napięciu 6 kV. Sieci te przechodziłyby przez tereny 90% gmin (zbiorowych) i 29% gromad mogąc zasilać około 38% osiedli wiejskich całego terenu o zaludnieniu stanowią-

Tablica VIII.

z Zamościa do osiedla	3 kV/km	15 kV/km
Starego Miasta	0,912	—
Nowej Osady	4,407	—
Białobrzegów	11,455	—
Majdana	5,807	—
Zawady	10,307	—
Izbicy	—	22,787
Razem w 1935 r.	32,951	22,782

cym ok. 51% całej ludności wsi. Poza tym byłyby zelektryfikowane wszystkie 33 miasta terenu uprawnienia.

Według tego ogólnego projektu Związek przystąpił do częściowej realizacji w czerwcu 1936 r. i do grudnia 1936 r. wybudował trzy odcinki projektowanej sieci o ogólnej długości 47 km sieci 30 kV. Wykupił dwie elektrownie małe w Lubartowie i Krasnymstawie łącząc pierwszą z Lublinem, a drugą przez Izbicę z Zamościem. Poza tym w powiecie zamojskim połączył linią 30 kV Zamość przez Zawadę ze Szczebrzeszynie.

Elektryfikację mniejszych osiedli i wsi projektuje się wykonać w roku 1937 od już istniejących linii wysokiego napięcia, przechodząc bezpośrednio z 30 kV na 380/220 V, lub dla więcej odległych od głównej linii — za pośrednictwem 6 kV.

Poza sieciami rozdzielczymi na wsiach i liniach 6 V Związek ma w 1937 r. wybudować połowę linii z Lublina do Chełma.

Wobec wysokiej koniunktury dla przemysłu cementowego i wskutek tego większego zapotrzebowania energii dla fabryki koncepcja włączenia do współpracy elektrowni „Firlej” w Rejowcu odpadła i pozostały tylko dwa źródła energii dla Związku: Lublin i Zamość. Oba te źródła w najbliższych latach będą połączone ze sobą siecią 30 kV.

Przy obliczaniu sieci przyjmowane były przypuszczalne obciążenia szczytowe w poszczególnych osiedlach w zależności od ich charakteru na rok 1976 po 10 watów do 25 watów na 1 mieszkańca danego osiedla. Dane za rok 1934 ze statystyki Lubelskiego Urzędu Wojewódzkiego, skąd pochodzi większość danych, wynosiły dla poszczególnych miast następujące cyfry:

w Lublinie	15 watów na 1 mieszkańca
w Zamościu	12 „ „ „ „
w Chełmie	8 „ „ „ „
w Lubartowie	6 „ „ „ „
w Krasnymstawie	4 „ „ „ „

Co do dwóch ostatnich cyfr trzeba zaznaczyć, że są to obciążenia czysto świetlne, gdyż obie te elektrownie pracowały tylko od zachodu słońca do 2 ÷ 3 godziny w nocy, nie miały więc wcale abonentów na siłę. W Chełmie zaś wobec braku dostatecznej mocy elektrownia nie chce przyłączać silników.

Przyjmując więc wyżej podane 10 ÷ 25 w/mieszkańca uważaliśmy, iż nie będą to przesadzone obciążenia za 40 lat przy całodziennym dostawie energii, kiedy Czesi już w 1926 r. mieli przeciętne obciążenie szczytowe na 1 mieszkańca 26 watów dla okręgu morawskiego.

Przyjmując jako podstawę dla obliczeń wyżej przytoczony projekt sieci i dane obciążenia szczytowego na 1 mieszkańca dochodzimy do przypuszczalnego zapotrzebowania szczytowego w 1976 roku przyjmując przyrost ludności na podstawie statystyki z lat 1921 i 1931 (patrz tabl. IX).

Tablica IX.

	Ludność na 9. XII. 31	Ludność na 9. XII. 76.	Szczyt na 1 mieszk. watów	Obciąż. szczytowe kW w 1976 r.
Lublin i Zamość	136 000	258 000	25	6 450
Chełm	29 150	55 300	20	1 100
Pozostałe miasta okręgu	84 000	160 000	15	2 400
50% ludności wiejskiej	1 212 350	1 150 500	10	11 500
	2			
Razem				21 450

W założeniu przyrostu ludności w ciągu 45 lat od 1931 roku do 1976 przyjmujemy świadomie mniejszy przyrost, niż wypada w pierwszym dziesięcioleciu ze statystyki, uwzględniając, że w pierwszym dziesięcioleciu po wojnie przyrost był większy, niż będzie w późniejszych latach. Dlatego przyjęliśmy dla 45 lat po 2% rocznie, tj. 90% za cały okres.

Z cyfry szczytu 1976 widać, że obecne źródła okręgu nie wystarczą może już za kilka lat i należy myśleć o powiększeniu elektrowni zasilających już teraz.

W myśl tego elektrownia Zamojska już przygotowuje się do powiększenia swej mocy.

Dlatego też Związek przeprowadził wstępne rozmowy z ZEORK-iem co do ewentualnego połączenia sieci Związku z linią państwową Rożnów — Warszawa.

Należałoby również już teraz zacząć myśleć o wyzyskaniu pokładów torfowych koło Chełma.

Badania tych torfowisk przeprowadzone przez ekspertów powołanych przed kilku laty przez Urząd Wojewódzki w Lublinie wykazują, że zapasy torfu mogłyby wystarczyć na długie lata. Elektrownia zbudowana przy tych torfowiskach miałaby w przyszłości być źródłem energii dla terenów leżących po prawym brzegu Bugu, a jednocześnie zasilac północną część Województwa Lubelskiego.

Przypuszczamy również, że w niedługiej przyszłości zostanie nawiązana współpraca Lubelskiego Międzykomunalnego Związku Elektryfikacyjnego z południową częścią kraju z ZEOL-em, który już podobno w najbliższym czasie ma stworzyć szynę zbiorczą południową idącą od Lwowa do Mościc.

Północny okręg Lubelskiego Międzykomunalnego Związku Elektryfikacyjnego.

Pierwsze porozumiewawcze posiedzenie przedstawicieli 7 północnych powiatów i miast z tego terenu odbyło się pod przewodnictwem p. Wojewody Lubelskiego w r. 1936.

Przedstawiciele postanowili na razie nie tworzyć odrębnej jednostki administracyjnej, a przyłączyć się do L. M. Z. E.

Na podstawie tego porozumienia ZEL opracował ogólny projekt sieci, który został przedyskutowany przez inżynierów-elektryków, przedstawicieli samorządów miejskich i przedstawiciela Urzędu wojewódzkiego.

Projekt ten w części, jaka przypadała na pierwsze lata istnienia Związku, został złożony do Ministerstwa Przemysłu i Handlu jako część składowa planu inwestycyjnego Związku na najbliższe czterolecie.

W obecnym stanie rzeczy elektryfikacja północnej części województwa samodzielnie nie może być uskuteczniiona, gdyż te 7 powiatów nie posiadają nadmiaru energii. Elektrownie miejskie zaledwie wystarczają na obecne zapotrzebowanie wewnętrzne.

Musiłaby któraś z elektrowni rozbudować się, na co znów nie pozwalają finanse samorządowe.

W przyszłości mógłby ten teren czerpać energię z okręgu warszawskiego — z Mińska Mazowieckiego, dokąd ma dojść linia z Warszawy.

Brześć n.B. robi starania o przyłączenie do swego uprawnienia jednej gminy miejskiej przylegającej do terytorium Brześcia, a mianowicie m. Terespoła (2 323 mieszkańców) i ofiarowuje współpracę w elektryfikacji północnego okręgu.

Pozostaje jedyne rozwiązanie czerpania energii z południa z Lublina, który jeszcze kilka lat mógłby ją bez szkody dla siebie dostarczać.

Obciążenie szczytowe wszystkich istniejących w północnym okręgu elektrowni zbywających energię w 1935 r. wynosiło łącznie 935 kW (patrz tablica IV). W tej cyfrze okolicznościowe elektrownie mają łączny szczyt 208 kW.

Finansowanie elektryfikacji.

Związek powstał na razie z kapitałem 1 miliona złotych podzielonych na pięć udziałów po 200 000 złotych.

W miarę przystępowania nowych członków kapitał powiększy się. Udziały te mają członkowie Związku wpłacać w różny sposób. Jedni, jak Lublin i Zamość, energią elektryczną dostarczaną do sieci Związku, inni — aportami, wreszcie pozostali — gotówką z rozkładem wpłat na lata.

Związek musiał więc oprzeć swoją sieciovą działalność na sumach otrzymanych z zewnątrz.

Bez pomocy Państwa takie inwestycje na terenie Województwa Lubelskiego w poważnej mierze szczególnie w pierwszych latach, spełniające więcej społeczną rolę i oddziaływujące na życie gospodarcze na długiej fali — nie mogłyby powstać. Może z latami, kiedy ludność sama, jak również samorządy miejskie i terytorialne, będą doceniać doniosłość wprowadzenia energii elektrycznej w szerokie masy ludności, będzie można oprzeć akcję inwestycyjną na siłach miejscowych.

Trzeba przyznać na podstawie prawie dwuletniej działalności przygotowawczej Związku, że zrozumienie potrzeby elektryczności zaczyna się budzić na wsi. Wyraz temu daje cały szereg zarządów gminnych zgłaszających się z chęcią przyjscia z pomocą Związkowi, aby

tylko jak najprędzej zelektryfikować daną gminę. Pomoc ta ofiarowywana będzie w formie szarwarku czy to przy rozwożeniu materiałów, czy robotach ziemnych, lub w formie udzielania bezpłatnie placów pod podstacje transformatorowe.

Są to nie duże ofiary, ale „wedle stawu grobla”, dużo mówiące.

Należy też z radością powitać zamierzenia Rządu przewidujące duże sumy na budowę sieci przesyłowych.

Dopiero w kilka lat po ich powstaniu można mówić o rentowności takich wiejskich sieci, kiedy powstaną jakieś zakłady przemysłowe wyrównujące krzywą obciążenia sieci.

I w tym kierunku możemy zanotować pocieszające objawy.

Gdy tylko ludność usłyszy o zamiarze Związku budowy linii przesyłowych, zaraz zgłaszają się chętni do założenia młyna, olejarni, kaszarni itp. Należy przypuszczać, że z czasem drobny przemysł przetwórczy produktów rolnych przeniesie się na wieś, gdzie będzie miał dogodniejsze i tańsze warunki egzystencji.

Zasoby energetyczne Wileńszczyzny

Inż. Juliusz Glatman, Wilno.

Streszczenie. Stan elektryfikacji Województwa Wileńskiego oraz zestawienie naturalnych źródeł energii, które mogłyby być wyzyskane i pokryć nie tylko własne zapotrzebowanie, ale i zasilac centrum Polski przez linie dalekosiężne.

Najzasobniejsze i najważniejsze źródła energii naturalnej w Polsce znajdują się na południu, a częściowo na Pomorzu (węgiel, gazy ziemne, ropa i siła wodna), zaś mniej wartościowe, choć bardzo obfite — na jej wschodnich rubieżach (torf, drzewo i siły wodne).

Nic też dziwnego, że południe Polski ze względu na bogactwo sił naturalnych zostało wybrane do odegrania zasadniczej roli w gospodarce energetycznej Państwa, a jego siłownie mają przesyłać energię na setki kilometrów w głąb kraju do miejsc odbioru. Takie przesyłanie energii sposobem elektrycznym kalkuluje się jednak przy pewnych ilościach, tylko do określonych odległości. W pracach P. K. E. tom IV Nr. 13 — 34 z dn. 20 ÷ 27 sierpnia 1930 r. znajdujemy porównanie kosztów przesyłania jednej kwh. w III okresie elektryfikacji, t. j. do roku 1965 z kosztem transportu węgla z Zagłębia do miejsca zużycia energii. Porównanie to stwierdza, iż przesyłanie energii elektrycznej, wytworzonej przez naturalne siły na południu Polski, nie opłaca się do Województwa Wileńskiego; daleko tańszym okazuje się transport kolejowy węgla dla użytkowania go w miejscowych siłowniach. To też plan elektryfikacji Polski opracowany dla trzech okresów 1935, 1950 i 1965 — z uwzględnieniem wyzyskania naturalnych źródeł energetycznych Państwa — nie obejmuje naszego Województwa. Najdalej zaprojektowane linie wysokiego napięcia sięgają po Białystok. Wileńszczyzna, jak zresztą i sąsiednie Województwa Kresowe, ma na razie przygotować obszar zasilania i starać się o wyzyskanie własnych sił energetycznych, aby tym sposobem zmniejszyć lub całkiem uniezależnić się od transportów węgla z Zagłębia i ropy z Borysławia.

Nie możemy się poszczycić na razie zbytym zelektryfikowaniem naszego kraju a tym bardziej użytkowaniem własnych sił energetycznych. Zgodnie z wykazem sporządzonym w roku 1934 znajduje się w Woje-

wództwie 35 elektrowni z roczną produkcją 10 676 000 kWh, wypada przeto na jednego mieszkańca dla całego Województwa 8,37 kWh.

O ile wziąć miasto Wilno osobno, jako największy ośrodek elektryfikacyjny, to otrzymamy na jednego mieszkańca 46,66 kWh.

Rozpatrując zelektryfikowanie poszczególnych powiatów otrzymamy rezultaty według umieszczonej poniżej tabeli:

Niezelektryfikowanymi pozostają jeszcze osiedla nie przewyższające 3 000 mieszkańców.

Elektryfikacja obejmuje miasta, które ograniczają się do zaspokojenia wyłącznie swoich terenów. Propagatorem elektryfikacji w szerszym stylu stała się w naszym Województwie Dyr. Kolei Państwowych. Ze swych elektrowni w Wilnie i Mołodecznie stworzyła Dyr. Kolei Państw. ośrodki elektryfikacyjne okręgowe, które z każdym rokiem rozszerzają swój zasięg. Sprzyja temu budowa sieci na własnym terenie i zbyteczność uzyskania uprawnień. Linie dalekosiężne z tych elektrowni o napięciu 6 000 voltów objęły trasę w ośrodku Wileńskim o długości 65 km, zaś w Mołodeczańskim na razie 19 km, w projekcie — budowa dalszych 26 km.

Pomimo małego zelektryfikowania naszego kraju, pomimo braku przemysłu w większym stylu — nie możemy pominąć milczeniem obfitości źródeł energii naturalnej, które mogą być wydobyte na naszych terenach i o ile nie wyzyskane w całości na miejscu, to zużyte jako pomoc północy dla sił naturalnych południa Państwa. Nasze mało zbadane siły naturalne muszą znaleźć poparcie dla inicjatywy ich rozwoju i wykorzystania. Siły te znajdujemy zarówno w energii węgla białego, jak i w energii cieplnej (torf).

Siły wodne Województwa Wileńskiego nie są jeszcze dostatecznie zbadane, pomimo to, według opinii p. inż. H. Jensa, pod względem wyzyskania sił naturalnych „białego węgla” powinniśmy zająć przodujące miejsce w Polsce. (Źródła: Prace P. K. E. tom VIII. Nr. 13 z 1934 r.; inż. H. Jenz 1930 Wilno; inż. W. Paulukonis 1922 r. Kowno).

Produkcja energii elektrycznej ogólna oraz na 1 mieszkańca w poszczególnych powiatach Wojew. Wileńskiego.

Powiat	Miejscowość	Moc kW	Produkcja kWh	Ilość mieszk.	kWh/mieszk.	Własność
Brasławski	Brasław	35	46 000			pow.zw. samorz. pryw. „ państw. pryw.
	Druja	23	12 000			
	Kamienpol	6	9 000			
	Słobódka	25	10 000			
	Widze	9	7 000			
	5		84 000	142 475	0,59	
Dziśnieński	Głębokie	117	98 000	(5 630)		samorz. pryw. „ „ kolej. pryw. „
	Parafianów	2	2 000			
	Doksyce	20	12 000	(3 000)		
	Dziszna	20	8 000	(4 400)		
	Królewszcz.	29	30 000			
	Łużki	20	14 000			
	Plisa	9	14 000			
	7		178 000	159 546	1,12	
Mołodeczanski	Mołodeczno	63	165 000	(3 300)		wojsk. pryw.
	Radoszkowicze	16	19 000			
	2		184 000	91 094	2,02	
Oszmiański	Oszmiana	52	130 000	(6 000)		samorz. „ pryw.
	Smorgonie	55	30 000			
	Soły	8	5 000			
	3		165 000	104 633	1,58	
Podstawski	Woropajewo	17	4 000			pryw. „ „
	Duniłowicze	15	34 000			
	Postawy	37	51 000			
	3		89 000	99 836	0,89	
Świeciański	Dukszty	20	5 000			pryw. kolej. „ „ pryw. samorz.
	—	7	8 000			
	Nowo-Świeciany	96	88 000			
	Podbrodzie	55	34 000			
	Świeciany	80	84 000			
	4		219 000	136 305	1,61	
Wilejski	Wilejka	40	58 000	130 927	0,44	samorz.
Wileńsko-Trocki	Mozer N. W.	371	239 000			pryw. „ „ „ „
	N. Werki	120	2 000			
	Niemenczyn	18	15 000			
	Grzegorzewo	53	250 000			
	Biała Waka	2	1 000			
	Gierwiaty	6	3 000			
	6		510 000	214 070	2,38	
Miasto Wilno	Elektr. Miejska	4 800	8 384 000			samorz. kolej. pryw.
	Elektr. Kol.	496	771 000			
	Elektr. Zefa	40	34 000			
	3		9 189 000	196 383	44,66	
	Średnio		10 676 000	1 275 300	8,37	

Rzeki Woj. Wileńskiego należą w całości do zlewiska morza Bałtyckiego i tworzą ze względów topograficznych kraju dwa dorzecza:

1. Dorzecze Dźwiny,
2. Dorzecze Niemna.

Liczne jeziora, do największych należą: Narocz 82 km², Skudy 59 km², Dryświaty 41 km², o głębokości największej 53 m, Drywiaty 36 km², Dziszna 23 km², i t. d., których ilość przekracza 1 000, a

wielkość powierzchni ocenia się na 700 km² (ok. 70 000 ha), stwarzając nadzwyczaj dogodnie warunki odpływu rzek, wyrównując stan ich wód oraz przedłużając okresy spływu czy to wód wiosennych, czy opadów letnich.

Obserwacje wodowskazowe stwierdzają, iż przepływy wód Wileńskich są w okresie zimowym stale wyższe, niż w letnim.

Bardzo korzystne warunki do wyzyskania sił wodnych daje to, że najsilniejsze spadki znajdujemy tam, gdzie rzeki mają największą obfitość wody, dochodząc do 6 ÷ 8 m/km.

Przeprowadzona rejestracja istniejących zakładów wodnych — przed wejściem w życie Ustawy Wodnej — stwierdziła około 300 zakładów, przeważnie drobnych, nieprzekraczających 50 KM mocy. Po wojnie rozpoczął się silny ruch około budowy większych zakładów i użytkowania wyzyskanych sił wodnych do elektryfikacji i przemysłu przeróbki drzewa. Kryzys powstrzymał ten rozwój. Obecnie na podstawie wpisów do ksiąg wodnych zarejestrowano 230 zakładów, w czym 161 zakładów o mocy poniżej 25 KM, 59 zakładów o mocy do 100 KM, 9 zakładów do 1 000 KM, i 1 zakład o mocy 2 000 KM, co daje razem 7 798 KM. W tym: w dorzeczu Dźwiny 1 282 KM, zaś w dorzeczu Niemna 5 966 KM. Zasadniczym źródłem białego węgla na Wileńszczyźnie musi stać się rzeka Wilia, która w granicach Państwa na długości 343 km posiada spadek 121 m, czyli średnio 35 cm/kmb. Na poszczególnych odcinkach rzeki spadki przekraczają 1 m na km, przy czym w dolnej części rzeki tam, gdzie większy przepływ, tam i większe spadki.

Rozważania teoretyczne p. inż. Jensza ustalają moc zakładów na Wilii do 60 000 KM. Następne już mniejsze źródła grupują się na rzece Wileńce, o mocy ok. 8 000 KM, gdzie może być uzyskany spadek 42 m. Zakład byłby zbudowany w Wilnie o średniej produkcji około 10 MWh. Zakład miałby duże znaczenie strategiczne; na rzece Dziśnie — 2 zakłady o mocy 7 000 KM i na rzece Druji 1 000 KM. Tak iż razem z wykorzystaniem jezior moc zakładów wodnych Wil. wliczając w to istniejące i teoretycznie możliwe powstać może być określoną na ok. 100 000 KM.

Przy tej sposobności chciałbym tu jeszcze zaznaczyć, że 78 km od Wilna najbliższy nasz sąsiad w tak zwanym „węźle Birszańskim” rzeki Niemna opracowuje duży projekt wodny o mocy 70 000 KM przy spadku 40 m i budowie tamy do 36 m wysokości.

Przechodząc do szczegółów co do możliwości wyzyskania sił rzeki Wilji według danych p. inż. Jensza, rozpatrzmy po kolei zaprojektowane zakłady:

1. Na granicy z Litwą. Spadek 7 m, przepływ 120 m³/sek., moc 8 500 KM.

2. Przy miasteczku Szyłany. Spadek 9,5 m, przepływ 120 m³/sek., moc 15 000 KM. Projekt ten przechodzi obecnie fazę badań i pomiarów dokładnych oraz opracowanie kosztów budowy, a to przez wzgląd na ewentualne zastosowanie go jako przyszłego Zakładu okręgowego dla miasta Wilna i okolicy.

3. W Grzegorzewie, przy istniejącej fabryce tektury p. Kureca. Spadek 8 m, przepływ 110 m³/sek., moc 9 000 KM.

4. Koło Werek. Spadek 6,5 m, przepływ 95 m³/sek., moc 6 500 KM.

5. Przy ujściu rzeki Żeloso. Spadek 6 m, przepływ 90 m³/sek., moc 5 500 KM.

6. Poniżej ujścia Żejmiany. Spadek 6 m, przepływ 85 m³/sek., moc 5 000 KM.

7. Koło wsi Baraszuny. Spadek 13,5 m, przepływ 60 m³/sek., moc 8 000 KM.

8. Koło wsi Niesztaniszki. Spadek 6,5 m, przepływ 40 m³/sek., moc 2 500 KM.

Przy ustalaniu punktów spiętrzenia przyjmowało się pod uwagę w pierwszym rzędzie doprowadzenie Wilii do stanu żeglowego. Obecna żegluga odbywa się na przestrzeni 10 km.

Przy wykonaniu wskazanych wyżej zakładów jednocześnie zostanie doprowadzona rzeka Wilia na długości około 180 km do stanu umożliwiającego żeglugę. Droga ta mogłaby posiadać większe znaczenie, o ile zostałaby przedłużona i zostały połączone dwie większe arterie wodne, którymi są: Wilia i Dźwina. Najkrótszym naturalnym rozwiązaniem tego zadania byłoby połączenie rzeki Wilii kanałami przez jeziora Świr i Narocz.

Kanał Wilia — Swir, długości 14,2 km, dałby oprócz tego możność wykorzystania spadku około 26 m, zaś kanał Narocz — Swir, długości 18,1 km, spadek 13,5 m, skierowanie zaś wód rzek: Streczy, Uzły a następnie i Wilii od miasteczka Wilejka, przez ustawienie stacji przepompowań, do jeziora Swir — stworzyłoby razem wielkie zbiorniki, akumulatory, które łącznie ze spadkami stworzyłyby na rzece Wilii dodatkowy zakład o mocy 20 000 KM. Po przejściu kanałem z rzeki Wilii przez jeziora i po wyjściu z jeziora Miadziol droga wodna szłaby dalej rzeczką Miadziolką, rzeką Dżisną, a następnie nowym kanałem na północ przez jezioro Brasławskie do Dźwiny. Droga powyższa przechodząc przez najwięcej zaludnioną część województwa, łącząc miasto Wilno z miastami powiatowymi — Postawy i Brasław — miałaby duże gospodarcze znaczenie przy transporcie surowca oraz produktów rolnych.

Torf. Torfowiska nasze również nie są jeszcze należycie zbadane ani pod względem ilościowym, ani pod względem jakościowym. Pierwsze badania sięgają lat 1913 i 1914, kiedy to Wileńskie Towarzystwo Rolnicze wspólnie z Zarządem Rolnictwa Gub. Wileńskiej przeprowadziło badania w celu wykorzystania torfów dla kultury rolnej i opału przemysłowego. Według danych Urzędu Wojewódzkiego torfowiska Wileńszczyzny zajmują 15,6% powierzchni obszaru Województwa (28 409 km²), a zatem w obrębie dzisiejszych granic Województwa wynoszą 444 350 ha.

Dla obliczenia zasobów torfu przyjmujemy szacunkowo, że średnia grubość pokładu torfowego netto, t. j. po strąceniu mało wartościowej wierzchnicy, ogólnie dla całej powierzchni torfowisk wynosi ok. 2 m.

Z jednego ha powierzchni torfowiska przy tym założeniu otrzymamy 20 000 m³ surowej masy torfowej lub 3 000 kg naturalnego torfu suchego, licząc że 1 m³ surowej masy (o zawartości wody 80 ÷ 95%) daje przeciętnie 150 kg naturalnie suchego torfu o 25% zawartości wody.

P. Possek, właściciel torfiarni w Kienie, podaje, iż z 1 m³ surowej masy otrzymuje się przy:

źle osuszonym torfowisku	114 kg suchego torfu
lepiej „	143 „ „ „
średnio „	164 „ „ „
dobrze „	186 „ „ „

Dla przeliczenia wartości torfu na równoważnik węglowy pod względem cieplnym przyjęliśmy, że 200 kg naturalnego suchego torfu o wartości opałowej 3 500 Cal. zastępuje 100 kg węgla kamiennego o 7 000 Cal.

Zestawienie torfowisk według powiatów, ich wydajność i wartość porównawczą z węglem przedstawia się w załączonej tablicy:

P o w i a t	P o w i e r z c h n i a w h a			Objętość w tysiącach m ³ (rubr. 4 × 20 000)	Waga ton (5 × 150)	W przeliczeniu na węgiel ton
	Ponad 1 000 ha	Mniejsze	Razem			
1	2	3	4	5	6	7
Brasławski	49 000	11 850	60 850	1 217 000	182 550 000	91 275 000
Święciański	70 765	17 855	88 620	1 772 400	265 360 000	132 030 000
Postawski	62 340	3 035	65 373	1 307 500	196 125 000	98 062 500
Dziśnieński	48 610	2 605	51 215	1 024 300	153 645 000	76 822 500
Wil. Trocki	43 500	13 945	57 445	1 149 900	172 335 000	86 167 500
Wilejski	104 170	15 225	119 395	2 387 900	358 185 000	179 092 500
Oszmiański	—	1 450	1 450	29 000	4 350 000	665 525 000
Razem	378 385	65 965	444 350	8 887 000	1 333 050 000	665 525 000

Zestawienie to wykonano na podstawie materiału łaskawie udzielonego przez p. inż. J. Tołłoczko z Wilna.

Z wymienionych obszarów bardziej szczegółowo są zbadane następujące kompleksy torfowe:

1) Nad rzeką Serwecz obejmujące 20% powiatu Wilejskiego, 40% pow. Postawskiego i 40% pow. Dziśnieńskiego obszarem ok. 20 000 ha, o grubości pokładów 1 ÷ 10 m o charakterze torfów wyżynnych.

2) Bagna Przebrodzkie obejmujące pow. Brasławski o boszarze ok. 6 000 ha i grubości pokładów 1 ÷ 10 m o charakterze przeważnie wyżynnym, porośłym karłowatą sosną. Mają one torf stary prawie czarny nie noszący śladów tworzących go roślin. (W czasie pomiarów przyjęto go za czarną glinę).

3) Nad rzeką Uszą pow. Mołodeckiego. Obszar zbadany ok. 3 000 ha o grubości pokładów 1 ÷ 6 m o charakterze torfów nizinnych.

4) Nad rzeką Mereczanką pow. Wil. Trockiego. Bagno Notecze w pobliżu Rudnik o obszarze ok. 2 500 ha i głębokości pokładów 1 ÷ 5 m. Torfy nizinne, porośłe karłowatą sosną.

5) Bagna Daukszyckie i Gierwackie pow. Oszmiańskiego koło Sól. Obszar zbadany 4 000 ha o głębokości pokładów 1 ÷ 6 m. Charakter torfów nizinnych.

6) Bagno rzeki Stracy i Straczy pow. Święciański, obszar zbadany 2 500 ha o głębokości 1 ÷ 10 m, torfy nizinne.

7) Niedaleko Wilna ok. 40 km mamy obszerne torfowiska bagien kieńskich, obszar ok. 11 000 ha przy głębokości 1,5 ÷ 5,5 m. Torf starego pochodzenia, eksploatacja rozpoczęta 1899 roku przez firmę „Possek”. Torf ten jest dobrze znany Elektrowni Miejskiej, ponieważ w 1915 roku elektrownia pracowała wyłącznie na tym opale, a i teraz stosuje go latem jako mieszanki węglowo-torfowej.

8) Rzeka Cwicień (Górna Berezyna), obszar zbądany 1 800 ha na głębokości 1 ÷ 5 m, charakter torfów nizinnych, w tym 80% torf, zaś 20% gruntu mineralne.

Jako charakterystyka składu chemicznego torfów może służyć analiza wykonana przez Laboratorium Stow. Dozoru Kotłów w Warszawie; przedstawia się ona następująco:

Torf po wysuszeniu na tacy w laboratorium przy 20° C:

	Kiena	Mejszagola
Woda %	13,95	16,47
Popiół %	8,56	7,98
Wartość cieplna w kaloriach górna	4 233	4 138
Wartość cieplna w kaloriach dolna	3 907	3 775

Analiza elementarna:

Torf bezwodny po wysuszeniu przy 107° C:

	Kiena	Mejszagola
Węgiel %	50,10	52,56
Wodór %	5,98	5,65
Tlen %		
Azot %	3 365	3 219
Siarka %	0,32	0,05
Popiół %	9,95	9,55
Wartość opałowa dolna	4 638	4 638

Cenę torfu zależnie od wartości cieplnej, loco podwórze Elektrowni Miejskiej w Wilnie, w 1936 r. proponowano:

	Kiena przewóz koleją	Mejszagola przewóz końmi
Przy 3 600 Cal dolnej	17,16 zł/t	14,00 zł/t
„ 3 200 Cal „	15,25 zł/t	12,50 zł/t

Przewóz kolejowy, naładowanie i dostawa wynoszą 4,70 zł/t, czyli 29% ogólnego kosztu paliwa przy średniej wartości cieplnej dolnej 3 400 Cal. Ponieważ na 1 kWh potrzeba 2,14 kg torfu, to opał kosztuje 2,86 groszy. W porównaniu z węglem górnośląskim, o granulacji 10 ÷ 20 mm przy cenie 25,50 zł/t i przy 43% kosztów transportu 1 kWh wymaga 0,95 kg węgla średnio, co przy cenie węgla wynosi 2,42 gr./kWh. Dane te podaję celem umożliwienia porównania kosztu opału miejscowego i dowożonego z Zagłębia.

W grudniu 1935 r., z racji badań odbiorczych nowo-ustawionego w Elektrowni Wileńskiej kotła firmy „H. Cegielski” w Poznaniu, Stow. Dozoru Kotłów przeprowadziło badania przy opalaniu węglem i mieszanką torfowo-węglową. Wyniki otrzymano następujące:

Kocioł 16 at, 375 m² p. ogrz., 11,6 m² rusztu, ciąg sztuczny przy wentylatorach ssąco-tłoczących i dodatkowym tłoczącym do paleniska.

Węgiel z kopalni Bielszowice o wymiarze 10 ÷ 20 mm, torf z pod Mejszagoly, drobiony do wielkości 25 mm. Mieszanka o stosunku wagowym ²/₃ węgla i ¹/₃ torfu.

Próby dały wyniki zadawalające, gdyż bez trudu dało się utrzymać ¹/₂ normalnego obciążenia, jak i normalne obciążenie przy wysokich sprawnościach zespołu. Również dodatnie wyniki otrzymano przy maksymalnej szczytowej wydajności.

	Węgiel		Mieszanka	
Obciążenie	11 000	5 500	11 000	5 500
	t/pary	t/pary	t/pary	t/pary
Paliwo:				
węgiel, wartość opałowa dolna	7 197 Cal	7 198 Cal	7 099 Cal	7 067 Cal
Zawartość wody%	5,69	5,92	5,88	6,17
„ popiołu%	3,64	3,49	4,48	4,78
Torf				
wartość opałowa dolna			3 242 Cal	3 251 Cal
Zawartość wody%			32,74	32,22
„ popiołu%			0,81	3,48
Dolna wartość opałowa miesz.			5 816 Cal	5 795 Cal
Odprowadalność: 1 kg paliwa odparował	8,75 kg	8,57 kg	7,07 kg	7,16 kg
Bilans cieplny %	87,2	84,1	87,2	87,2

Prof. B. Stefanowski w swojej „Gospodarce Ciepłej” wyraża myśl, że Polska przy produkcji energii musi oprzeć się przede wszystkim na wyzyskaniu materiałów opałowych; energia wodna wobec niżowego charakteru kraju ma znaczenie pomocnicze. Kresy wschodnie powinny pokryć się na razie siecią mniejszych elektrowni opartych na torfie względnie wodzie.

Zupełnie słuszną jest uwaga o małych elektrowniach torfowych, gdyż duże elektrownie torfowe pociągają za sobą rozwiązanie spraw ubocznych, nieraz bardzo skomplikowanych. Dla eksploatacji dużej elektrowni potrzebna jest cała armia robotnicza ok. 2 000 ludzi, których trzeba zakwaterować, wyżywić, zabezpieczyć sanitarnie. Wobec krótkiego czasu eksploatacji w Wileńszczyźnie — 80 dni rocznie — wielką wagę należy poświęcić również suszeniu torfu. Zastosowanie suszenia sztucznego jest zbyt kosztowne. Dla suszenia zaś normalnego trzeba mieć duże tereny i środki lokomocji, jak kolejki, traktory i t. p.

Drzewo. Jako surowiec nie jest paliwem dobrym, posiada bowiem niskie ciepło i podatność na wpływy atmosferyczne. Węgiel drzewny, jako produkt uboczny, jest kosztowny i nie wytrzymuje konkurencji z koksem węglowym. Obszar lasów wynosi na Wileńszczyźnie ok. 716 970 ha, średnia lesistość 25,2%.

Według danych Ministerstwa Rolnictwa i Dóbr Państwowych przybliżona produkcja roczna 1 527 000 m³. Przyjmując, że na drzewo użytkowe przypada około 70% produkcji, czyli 1 068 900 m³, reszta—458 100 m³—stanowi drzewo opałowe, co w ekwiwalencji cieplnym odpowiada 458 000 m³ × 0,6 ton = 274 860 ton drzewa, czyli 137 430 ton węgla.

Chociaż drzewo nie nadaje się do wyzyskania jako siła energetyczna na wielką skalę, to jednak uważałem za konieczne podać ilość możliwej produkcji ze względu na ilość dostarczanego do Wilna węgla opałowego.

Przywóz koleją do m. Wilna węgla kamiennego, koksu węglowego i torfu w latach 1925 ÷ 1933.

R o k	Węgiel kamienny	Koks węglowy	Torf
1924	13 837	—	1 612
1925	19 919	—	—
1926	29 523	400	157
1927	56 414	675	94
1928	63 726	1 031	16
1929	70 105	1 316	349
1930	48 984	1 198	871
1931	60 150	1 715	1 495
1932	47 151	1 615	1 027
1933	43 098	1 230	1 052

w tym ok. 15 000 ton węgla przemysłowego, reszta stanowi opał domowy, który należałoby w razie potrzeby uniezależnienia się od dostawy węgla zamienić na torf lub drzewo.

Z powyższych wywodów wynika, że kraj nasz jest dostatecznie bogaty w naturalne źródła energii:

- 1) aby pokryć własne zapotrzebowanie,
- 2) dać możliwość stworzenia wielkiego przemysłu i
- 3) móżdż w razie potrzeby przesyłać liniami dalekosiężnymi energię do centrum Polski.

Wstępne obliczenie techniczne i gospodarcze do projektu Związku Elektrowni Wołyńskich

Opracowali inżynierowie elektrycy
Luberadzki Sławomir, Mossakowski Stanisław,
Wasilewski Józef i Winogradow Aleksander

Streszczenie. Obecny stan elektryfikacji Wołynia. Możliwości budowy sieci okręgowej. Próba rozwiązania elektryfikacji części południowo-wschodniej i centrum województwa Wołyńskiego. Obliczenia orientacyjno-ramowe.

Obliczenie niniejsze ma za zadanie w sposób przybliżony, a jednak dający rękojmię dostatecznego zbliżenia się do warunków rzeczywistych, ustalić podstawy gospodarcze współpracy elektrowni Wołyńskich w razie ich połączenia siecią wysokiego napięcia i ześrodkowania produkcji w elektrowniach większych.

Małe elektrownie z powodu wysokich kosztów produkcji uniemożliwiają rozpowszechnienie się elektryczności oraz jej rozwój w głąb.

Sieć okręgowa Związku Elektrowni Wołyńskich wyzwoli rezerwy dotychczas nieprodukcyjnie ciężące na rentowności poszczególnych elektrowni i pozwoli skierować nadmiar energii do najszerszego ogółu ludności.

Szereg zakładów jest oparty na siłowniach dyzlowskich produkujących energię z drogich surowców (olej gazowy). Związek dostarczy energię tańszą ze względu na produkcję z materiałów pędnych tańszych jako też z powodu ześrodkowania wytwórczości w większe jednostki. Wysokowartościowe produkty pędne natomiast będą mogły być wykorzystane w innych dziedzinach gospodarki narodowej.

Związek elektryfikacyjny podobał z łatwością tym zadaniom. Jeżeli przy tym potrafi być rentownym, odda duże usługi dla podniesienia gospodarczego Wołynia.

Możliwości są duże: młyny i młynki, olejarnie, garn-carnie, fabryki wody sodowej i soków owocowych i dalej maszyny rolnicze i drobne rzemiosło — wszystko to nadaje się do elektryfikacji. Kilka stron możnaby zapisać o tych warsztatach pracy, które obecnie posługują się kieratem i koniem względnie męczą się z kulą żarową przedpotopowego silnika spalinowego. Praca w kierunku zdobycia tego rynku musi być obliczona nie na jeden rok, nie na dwa, dlatego też w obliczeniu niniejszym kierowaliśmy się największą ostrożnością, chcąc wykazać, iż nawet przy najbardziej pesymistycznym zapatrywaniu się na rozwój elektryfikacji, Związek będzie instytucją gospodarczo pożyteczną i rentowną i potrafi nie tylko zamortyzować i oprocentować włożone kapitały, ale też stworzyć wartości nowe.

Nie można nie doceniać wpływu kulturalnego, jaki wywrze Związek szczególnie na małe i zaniedbane skupienia ludzkie. Światło, które dzięki powstaniu sieci okręgowej dotrzeć potrafi do najbiedniejszych okolic, spełni tam zadanie nie tylko materialne, ale też i moralne.

Musimy nadmienić, że zadanie swoje w powyższym zakresie spełni Związek pod warunkiem fachowej organizacji i kierownictwa już od chwili powstania. Obecny

stan wiedzy technicznej rozporządza wszechstronnym materiałem zarówno doświadczalnym, jak i statystycznym. Opierając się na nim, będziemy mieli pewność uniknięcia błędów technicznych i gospodarczych.

Podkreślamy konieczność fachowego poprowadzenia prac organizacyjnych budowy, a następnie eksploatacji.

Niedocenie czynnika fachowego może doprowadzić do wielkich strat materialnych i zatamowania rozwoju elektryfikacji Wołynia.

Nie mniej ważne jest nadanie Związkowi organizacji, któraby nie uczyniła z niej sztywnej, bezwładnej maszyny biurokratycznej. Musi posiadać wszystkie cechy organizmu żywego: łatwo przystosowywać się do koniunktury, posiadać swobodę i giętkość w rozwiązywaniu zagadnień gospodarczych, iść naprzód wraz ze wszystkimi przejawami życia gospodarczego kraju.

Obliczenie niniejsze nie jest szczegółowe, opiera się ono na pewnych średniówkach zaczerpniętych ze statystyki i własnego doświadczenia z terenu Wołyńskiego. Zastosowano szereg metod uproszczonych, dostatecznie jednak ścisłych, aby zorientować się w wynikach gospodarczych, których można oczekiwać od Związku w pierwszych latach jego działalności. Obliczenia wykonano w październiku 1936 r. i na podstawie cen z tego okresu.

I.

Spożycie energii elektrycznej.

Na podstawie danych statystycznych, dostarczonych przez Urząd Wojewódzki Wołyński, zestawiono poniższą tabelę spożycia energii elektrycznej (kW i kWh), poczynając od roku 1935 w ciągu 10-cio lecia do roku 1945 (rozporządzamy statystyką z r. 1935).

Założenia:

$$1) \frac{100 \Delta A}{A} = 8\% \text{ do roku } 1941/42, \text{ a następnie } = 6\%,$$

2) dla roku 1940/41 — różne T, obrane na zasadzie znajomości stosunków miejscowych,

3) dla roku 1941/42 — T = 2300 h,

4) dla roku 1945/46 — T = 2500 h.

Przyrosty przyjęte są bardzo ostrożnie. Nawet obecnie na Wołyniu mamy większy wzrost spożycia energii elektrycznej.

Dla lat 1941/42 do 1945/46 założono średnie T dla wszystkich odbiorców (miast). Nie jest to ścisłe, ale jako średniówka wygórowane nie jest i wyniki będą wiarygodne.

W ostatniej kolumnie zestawiono moc podstawicy 30/6 kV w kVA w założeniu wystarczalności mocy na 10-lecie, tj. do roku 1945/46.

W teście rubryce zestawiono podstacje zasilające w Krzemieńcu, Zdołbunowie, Kiwercach. W tabeli nie są uwzględnione odbiory cementowni w Zdołbunowie i tartaku w Kiwercach, jakkolwiek istnieje możliwość od-

bioru przez nie energii z sieci, pomimo umiejscowienia tu zakładów wytwórczych.

Ewentualny dodatkowy obrót energią na ten cel zwiększy dochód Związku (obliczenie niniejsze pomija to).

Spółczynniki mocy przy wyborze wielkości podstawy oceniano na $0,8 \div 0,9$ ze względu na to, że przy obciążeniach szczytowych odbiór będzie przeważnie na światło.

Rezerwę taką można uważać niemal za 100%-ową. Zakładamy zasilanie z już istniejących siłowni w Zdołbunowie oraz projektowanej siłowni na odpadki drzewne w Kiwercach. Pierwszą siłownię należy wykończyć, jako istniejącą, aby nie zwiększać kosztów inwestycji, wyzyskać zaś racjonalnie włożone już kapitały. Z siłowni tej według wszelkiego prawdopodobieństwa można będzie czerpać energię po najniższych cenach.

Preliminarz spożycia energii elektrycznej na terenie projektowanej sieci okręgowej.

Nr.	Odbiorcy	Zużycie z siłowni własn.	1935/36		1940/41		1941/42		1942/43		1943/44		1944/45		1945/46		Moc podstawy 30/6 kV kVA
			T = różne	100Δ A/A = różne	T = różne	100Δ A/A = 8	T = 2300	100Δ A/A = 8	100Δ A/A = 6	T = 2350	T = 2400	100Δ A/A = 6	T = 2450	100Δ A/A = 6	T = 2500	100Δ A/A = 6	
			kW	1000 kWh	kW	1000 kWh	kW	1000 kWh	kW	1000 kWh	kW	1000 kWh	kW	1000 kWh	kW	1000 kWh	
1	Krzemieniec	T=2 040	180	358	250	565	260	600	270	635	281	675	292	715	300	756	2 × 300
2	Werba . . .	T=1 800	12	22	15	35	16	38	17	40	17	42	18	45	19	48	
3	Dubno . . .	T=1 675	125	226	180	400	187	430	193	455	200	480	208	510	216	540	2 × 150
4	Jeziorany . . .	T=1 900	18	30	23	48	26	52	23	55	24	58	25	62	28	66	
5	Warkowicze . . .	T=1 900	63	120	82	190	89	205	92	217	96	230	100	244	103	258	1000 + 2000
6	Zdołbunów . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	Kwasilów . . .	T=2 200	—	—	28	68	32	73	33	77	34	82	35	87	37	92	300 + 600
8	Równe . . .	T=1 700	480	1060	650	1500	700	1600	724	1700	750	1800	775	1900	840	2010	
9	Klewań . . .	T=1 700	15	25	15	40	19	43	19	45	20	48	21	51	22	54	40
10	Ołyka . . .	T=2 100	20	35	20	55	26	60	27	64	28	67	29	71	30	76	
11	Kiwerce . . .	—	20	35	20	55	26	60	27	64	28	67	29	71	30	76	750
12	Julana . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
13	Łuck . . .	—	420	880	600	1320	616	1420	640	1500	662	1590	685	1680	716	1790	300 + 600
14	Janowa Dol. . .	—	250	500	330	800	374	860	388	910	400	960	416	1020	432	1080	
15	Derażne . . .	—	20	35	20	55	26	60	27	64	28	67	29	71	30	76	40
16	Berestowiec . . .	—	63	120	82	190	89	205	92	217	96	230	100	244	103	258	
17	Kostopol . . .	—	30	60	41	95	44	102	46	108	48	114	49	121	51	129	50
17	Drobni odb.	—	—	—	70	172	80	185	95	222	106	255	117	286	127	320	
			1 716	3 506	2 430	5 598	2 615	6 004	2 718	6 385	2 823	6 777	2 933	7 191	3 090	7 643	7 660

Uwaga: W tabeli pominięto szereg możliwych odbiorców, jak cukrownia w Szpanowie — 380 000 kWh i w Mizoczu — 220 000 kWh.

II.

Opis techniczny.

Sieć okręgowa będzie posiadała następującą trasę: Krzemieniec — Dubno — Zdołbunów — Równe — Kiwerce — Łuck z odnogą do Janowej Doliny i Kostopola. Zasadniczo będzie zasilana w pierwszym dziesięcioleciu przez Zdołbunów (3 000 kVA) (2 400 kW) i Kiwerce (1 200 kVA) (1 000 kW) z rezerwami w Krzemieńcu (600 kVA) (500 kW) i Równem (900 kVA) (700 kW). W ten sposób jeszcze w roku 1945 będziemy rozporządzali dostateczną mocą przy normalnej pracy Zdołbunowa i Kiwerce (3 400 kW). Co prawda Zdołbunów i Kiwerce w okresie kampanij będą potrzebowały dla własnych celów 1 000 + 300 kW, lecz odpowiada to okresowi letniemu, względnie jesiennemu, kiedy obciążenie szczytowe będzie o ok. 25% mniejsze, czyli ok. 2 100 kW, czemu elektrownie te podoleją przy ewentualnej współpracy rezerwy.

Rezerwa jest też dostateczna przy defekcie turbiny 3 000 kVA, gdyż będziemy rozporządzali:

Maszynami parowymi w Zdołbunowie . . .	650 kW
Turbiną parową w Kiwercach	1 000 kW
Maszynami parowymi w Krzemieńcu	500 kW
Silnikami dyzelskimi w Równem	700 kW
	2 850 kW

Druga siłownia, tj. Kiwerce, będzie wytwarzać energię z odpadków drzewnych (trocin i obrzynków), a więc choć będzie wymagała kosztów zakładowych, natomiast koszty zmienne będą minimalne.

Natomiast jesteśmy przeciwni w fazie obecnej rozbudowie Krzemieńca ponad potrzeby własne. Etapy rozbudowy przewidujemy następujące:

I rok 1937-38: linie (z urządzeniami): Zdołbunów — Dubno i Zdołbunów — Równe. Jednocześnie budowa elektrowni w Kiwercach i rozbudowa elektrowni w Krzemieńcu do mocy łącznej nie wyższej od 500 kW.

II rok 1938-39: linia Kiwerce — Łuck i Krzemieniec — Dubno.

III rok 1939-40: linia Kiwerce — Równe i odnoga do Janowej Doliny i Kostopola.

IV rok 1940-41: budowa drobnych odnóg i linii 6 kV oraz rozdzielni własnych w pomniejszych miejscowościach.

Powyższy plan może ulegać zmianom w zależności od warunków jakie zajdą. Jedynie należy podkreślić, że pożądane jest przyspieszenie poszczególnych etapów. Korzystnie odbije się to na rentowności Związku, każde zaś opóźnienie spowoduje straty.

O ile siłownia w Krzemieńcu w niniejszym programie nie odgrywa większej roli, o tyle po tym okresie,

gdy powstanie konieczność dalszych źródeł energii, może tu powstać wielka elektrownia parowa na węglu brunatnym, o ile kalkulacja wykaże przydatność jego i rentowność podobnej inwestycji.

Nie zastanawiając się szczegółowo nad rozwojem Związku w latach dalszych wskażemy jedynie możliwości, kierunki w jakich mogą pójść jego prace.

Będą to:

1. Zasilanie coraz to dalszych terenów w obrębie projektowanej sieci oraz propaganda spożycia energii elektrycznej.

2. Linie wys. nap. do Kowla, Horochowa, Włodzimierza, Sarn, Klesowa, Ostroga.

3. Zdobycie nowych źródeł energii (własna elektrownia okręgowa ciepłna, wodna w Derażnie itp.) względnie zasilanie linią państwową z południa lub zachodu.

Rozdział energii i czasu pracy na poszczególne siłownie będzie naturalnie zadaniem naczelnego inżyniera, którego obowiązkiem będzie obiektywna i oparta wyłącznie na przesłankach gospodarczych kalkulacja.

Dla obliczenia niniejszego przewidujemy następujący podział dla roku 1941/42 (V rok):

Zdolbunów — 24 godziny pracy dziennie	5 800 000 kWh
Kiwerce — od 2 do 5 godz. dziennie	1 000 000 kWh
Równe — dorywczo	100 000 kWh
Razem	6 900 000 kWh

Dane powyższe opracowano na podstawie wykresu rocznego przebiegu obciążeń. Odpowiada to spożyciu energii w r. 1941/42.

Spożycie	6 000 000 kWh
Straty biegu jał. transf. 7 000 kVA × × 8 760 h × 0,0065 kW/h i kVA	400 000 kWh
Straty w miedzi transf. 1,5% × 2	200 000 kWh
Straty przesyłania 5% (30 kV)	300 000 kWh
Razem	6 900 000 kWh

Powyższe zestawienie odpowiada ponadto danym oświadczonym przez przedstawiciela Dyrekcji Lasów Państwowych co do możliwości produkcji Kiwerce.

Straty w latach pośrednich będą malały i założymy je kolejno równymi:

1942 ÷ 1943	— 14,5%
1943 ÷ 1944	— 14%
1944 ÷ 1945	— 13,5%
1945 ÷ 1946	— 13%

Rozkład obciążenia na pory dnia, odpowiadający
T = 2300 h, P_{max} = 2600 kW

Z i m a					L a t o						
go-dzin	%	kW	go-dzin	%	kW	go-dzin	%	kW	go-dzin	%	kW
24	20	520	12	10	260	24	20	520	12	15	390
1	15	390	13	15	390	1	15	390	13	15	390
2	15	390	14	15	490	2	15	390	14	15	390
3	15	390	15	20	520	3	10	210	15	15	390
4	15	390	16	45	1170	4	5	130	16	15	390
5	20	525	17	100	2600	5	5	130	17	15	390
6	25	650	18	95	2470	6	5	130	18	15	390
7	20	520	19	90	2340	7	10	260	19	15	390
8	20	520	20	80	2080	8	10	260	20	40	1040
9	15	390	21	60	1560	9	10	260	21	55	1430
10	15	390	22	50	1300	10	10	260	22	40	1040
11	15	390	23	40	1040	11	15	390	23	30	780

Linie sieci okręgowej zostały pomyślane jako linie wysok. nap. 30 kV napowietrzne na słupach sosnowych impregnowanych o izolatorach stojących na konstrukcjach lirowych.

Przekroje wybrano następujące:

1) linia Zdolbunów — Równe — Łuck	35 mm ²	98 km
2) linia Zdolbunów — Dubno	25 mm ²	42 km
3) linia odnoga do Janowej i Kostopola	16 mm ²	43 km
4) linia Dubno — Krzemieniec	25 mm ²	44 km
5) linia Dubno — Łuck	25 mm ²	52 km

Linie Zdolbunow — Łuck sprawdzono w sposób przybliżony na gospodarność i spadek napięcia oraz stratę mocy.

A. Obliczenie na gospodarczość:

założenia: p = 2 000 zł./t Cu

a = 12%

1 kWrok kosztuje 0,1 × 8 760 = 876 zł.

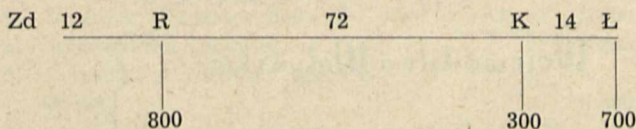
$$S = 0,0705 \sqrt{\frac{12 \cdot 2000}{876}} = 0,368 \frac{A}{mm^2}$$

$$n_s = 0,25, J_{max} = \frac{1800}{\sqrt{3 \cdot 30 \cdot 0,8}} = 43,2 A$$

$$q = \frac{0,25 \cdot 43 \cdot 2}{0,367} = 29,4 mm^2 \sim 35 mm^2$$

$$E = 4 \cdot 34 \sqrt{98 + 0,011 \cdot 1800} = 47,0 = \sim 30 kV.$$

B. Obliczenie na spadek napięcia:



Najgorszy wypadek zasilania ze Zdolbunowa podczas szczytu Równego, Kiwerce i Łucka.

$$\Delta P = \frac{800^2 \cdot 12000 + 300^2 \cdot 84000 + 700^2 \cdot 98000}{57 \cdot 35 \cdot 30^2 \cdot (0,8)^2} = 55 kW (3\%)$$

Do tego dodać trzeba straty na upływność i indukcyjność (ok. 20% Δ P).

$$\Delta E = \frac{800 \cdot 12000 + 300 \cdot 8400 + 700 \cdot 98000}{57 \cdot 35 \cdot 30 \cdot 0,8} = 2,16 kV (7,2\%)$$

Podstacje transformatorowe będą wykonane jako napowietrzne, ewentualnie słupowe. W razie konieczności (średnicą) tylko niektóre będą umieszczone w kioskach.

III.

Kosztorys wstępny — ogólny.

Przy obliczaniu kosztu inwestycji przyjęto szereg średniówek opartych zarówno na danych o kosztach budowy najnowszych linii polskich, jak i na danych z praktyki Wołyńskiej (sieci rozdzielcze, transformatornie).

Linia 30 kV	98 km 35 mm ²	à 5 800.—	568 000.—
	138 km 25 "	à 5 000.—	690 000.—
	50 km 16 "	à 4 500.—	225 000.—
Linia 6 kV	80 km różne	à 4 000.—	320 000.—
Sieć 380/220 V	100 km różne	à 3 000.—	300 000.—
Sieć nisk. nap. m. Łucka	6000/380/220		400 000.—
Sieć nisk. nap. m. Dubna	6000/380/220		150 000.—

Podstacje 30/6 kV 380/220 V:

710 kVA do mocy	100 kVA	à 200 zł. kVA	142 000.—
300 " o "	100—300 "	à 150 " "	45 000.—
500 " o "	300—500 "	à 120 " "	60 000.—
6150 " o "	ponad 500 "	à 100 " "	615 000.—



Województwo Lubelskie.

Projektowane pierwsze linje sieci okręgowej.

Podstacje 6 kVA/380.220:

20 szt. à 10 000.—	200 000.—
Liczniki 6600 szt. à 30.—	200 000.—

Przyrządy, sprzęt ruchomy	
Sprzęt biurowy, środki lokomocji	
i nieprzewidziane	185 000.—
	<u>4 100 000.—</u>

Z tego ZEW po odjęciu inwestycji na sieci w Lucku i Dubnie, obciąża kwota 3 550 000.—

Obliczenie niniejsze uwzględnia koszty projektów, administr. budowy itd. w kosztach poszczególnych pozycji.

Pominięty jest kapitał obrotowy, który musi być ponadto dostarczony.

IV.

Plan rentowności.

Plan rentowności oprzemy na V-ym roku eksploatacji, tj. 1941/42. Nie będziemy oceniać lat bliższych — to jest trudne, ponieważ poszczególne etapy budowy mogą się zmienić. Jeżeli budowę poprowadzić odcinkami.

zaprojektowanymi przez niniejsze obliczenie, jest wysoce prawdopodobne, że nawet pierwsze lata (stopniowe angażowanie wkładów) nie będą deficytowe.

Dalsze lata po roku 1941/42 będą oczywiście rzeczą korzystniejszą i dadzą zyski.

Rok 1941/42 jest charakterystyczny tym, że będzie pierwszym rokiem eksploatacji po zakończonej w myśl niniejszego planu budowie.

Schemat organizacji ZEW

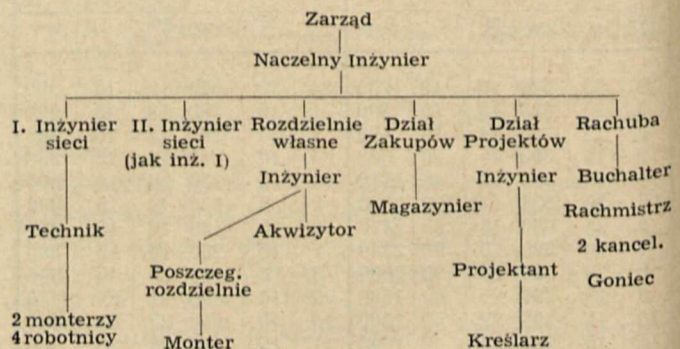


Tabela rentowności.

Rok	Koszty eksploatac. zł.	Amortyz. urządzeń na 20 lat zł.	Renowacja urzędz. 1,5% 53 200	Zakup energ. kWh x 1000 straty 15% 6 900	Zakup energ. zł. 480 900	Wydatki nieprzew. 5% 24 100	Wydatki roczne 861 000	Sprzedaż dla hurtowych odbiorców		Sprzedaż dla drobn. odbiorc. detalicz.		Dzierżaw. liczników zł.	Dochody roczne zł.	Nadwyżka na obsł. kapit. i zysk. zł.
								1000 kWh/kW	zł.	kWh x 1000	zł.			
1941/42	80% 184 000	119 000	1,5% 53 200	6 900 straty 15%	480 900	5% 24 100	861 000	5 482	902 000	52,2	238 000	57 100	1 197 100	336 100
1942/43	85% 195 300	119 000	1,7% 60 250	7 300 straty 14,5%	514 000	25 600	914 150	5 806	941 000	57,9	256 000	59 100	1 256 100	341 950
1943/44	90% 207 000	119 000	1,9% 67 450	7 700 straty 14%	527 800	26 400	947 650	6 146	983 000	63,10	270 000	61 100	1 314 100	366 450
1944/45	95% 218 200	119 000	2,1% 74 500	8 150 straty 13,5%	555 300	27 800	994 800	6 505	1 027 000	68,6	283 000	63 100	1 373 100	378 300
1945/46	100% 230 000	119 000	2,3 81 500	8 640 straty 13%	583 100	29 200	1 042 800	6 897	1 082 000	74,60	298 000	65 100	1 445 100	402 300

Koszta eksploatacji

po całkowitej rozbudowie i w norm. ruchu w r. 1945 ÷ 46.

I. Obsługa sieci 30 kV i 6 kV z podstacjami z wyjątkiem rozdzielni (sieci 380,220 V).

A) Rejon (Dubno). Południe.

Personel techniczny.

1) Inżynier sieci	9 600.—	netto	
2) technik	4 200.—	"	
3) 2 monterów	6 000.—	"	
4) 4 robotnicy kwalif.	5 750.—	"	25 560
świadczenia socjalne, podatki i t. d.			6 440
5) Koszty konserwacji sieci i podstacyj oraz mat. pędnych około 1 ¹ / ₂ % kosztów inwestycji			25 000
Razem rej. Połud.			57 000 zł.

B) Rejon (Cumań). Północ.

1) Personel techniczny (jak południe)			32 000 zł
2) Konserwacja i t. d. ok. 1 ¹ / ₂ %			25 000 „
Razem rej. Północ.			57 000 zł.

C) Obsługa 6 rozdzielni własnych

Personel:

1) monter			
2) pomocnik 260x12x6		18 000 zł	
3) robotnik			
4) inżynier akwizytor 650x12	7 800 zł		25 800 zł.
5) świadczenia socjalne			6 200 „
6) konserw. i rozbud. sieci N. N. 2%			6 000 „
7) lokal, telefon i t. d.			500 „
8) liczniki — przyrost roczny 200 à 30 i 50 sztuk po 100 zł.			11 000 „
			49 500 zł.

D) Centrala.

1) Naczelny inżynier 960 zł. x 12	11 500	netto	
2) Personel techniczny			
a) inżynier projektant 400x12	4 800	„	
b) kreślarz — technik 240x12	2 900	„	
3) Personel handlowy			
a) buchalter 320x12	3 800	„	
b) rachmistrz 160x12	1 900	„	
c) 2 kancelistów 2x130x12	3 110	„	
d) goniec 100x12	1 200	„	29 210
4) Świadczenia socjalne			7 300
5) Radca prawny			1 200
6) Wydatki kancelaryjne			5 000
7) Rozjazdy służbowe i koszty reprezentacji			2 000
8) Utrzymanie samochodu i szofer			5 000
			51 710

E) Nieprzewidziane

14 790
230 000

W latach poprzedzających pełny rozwój przyjmujemy koszty eksploatacji procentowo mniej i to wg. tabeli rentowności.

Zaznaczyć trzeba, że dla uproszczenia w kosztach eksploatacyjnych uwzględniono rozbudowę sieci niskiego napięcia oraz zakupów liczników. Zmniejszono zatem o te kwoty zysk.

Koszty amortyzacji i renowacji.

I. Amortyzacja urządzeń (20 lat przy czynniku umorzeniowym 3,35% i stopie procent. 4%) zł. 119 000.

II. Renowacja urządzeń — zmienna w granicach od 1,5 do 2,3% kap. zainwestowanego ze wzrostem wg. tabeli rentowności.

Sprzedaż energii.

Rok 1941/42.

A. Sprzedaż hurtowa.

Średnia taryfa dla odbiorców hurtowych jako równoważnik kosztów produkcji elektrowni dyzlowskich w Kowlu i Włodzimierzu.

240 zł./kW szczytu + 0,66 zł./kWh

Miasto	kW	1000 kWh
Krzemieniec	260	600
Dubno	187	430
Zdobunów	89	205
Równe	700	1600
Ołyka	26	60
Luck	616	1420
Janowa Dolina	374	860
Berestowiec	89	205
Kostopol	44	102

2 385 kW 1 000 × 5 482 kWh

$2385 \times 240 + 5482 \times 60 \text{ zł.} = 902\ 000 \text{ zł.}$

B. Sprzedaż drobna.

Rok 1941/42

Werba	1000 × 38 kWh
Jeziorany i Mizocz	52
Kwasilów	73
Klewań	43
Kiwerce	60
Julana	11
Różni drobni	185
Derażne	60

522 000 kWh

Straty 17%

pozostaje 433 000 kWh à 55 gr. 238 000

Dzierżawa liczników.

ośw. $6\ 600 \times 12 \times 0,80 = 52\ 700 \text{ zł.}$

siły $300 \times 12 \times 1,5 = 5\ 400 \text{ „}$

57 100 zł.

Wpływy brutto.

1) Sprzedaż hurtowa . .	902 000
2) „ drobna . .	238 000
3) Dzierżawa liczników	57 100

1 197 100 zł.

W podobny sposób obliczamy dla lat następnych, zakładając zmniejszenie strat oraz zmianę ceny średniej wg. tabeli rentowności.

Kupno energii — 1941/42

Elektrownia w Zdobunowie pracuje okrągły rok:

przy szczycie 1 200 kW w ciągu 5 m.

„ „ 2 400 „ „ „ 7 m.

W tym czasie pobór energii wyniesie 5 800 000 kWh.

Elektrownia w Kiwercach pracuje cały rok, pokrywając szczyt przy własnym szczytowym obciążeniu 590 kW i dostarczając

	1 000 000
	6 800 000 kWh
Kupno dodatkowe z innych	100 000 „
Razem	6 900 000 kWh
Taryfa dla Zdobunowa 2 400 kW	
85 zł./kW + 0,03 zł./kWh	378 000 zł.
Taryfa dla Kiwerc	
110 zł./kW + 0,02 zł./kWh	86 000 zł.
Taryfa dla różnycb w r. 1941/42	
0,18 zł./kWh	18 000 zł.
	482 000 zł.

Obliczenie dla lat następnych wg. tabeli podziału zakupu energii. Tamże wskazano przypuszczalną taryfę dla zakupu.

Przyjęliśmy taryfikację najprostszą od mocy i energii. Dla obliczenia wstępnego to wystarcza, nie wyklucza jednak stosowania późniejszego taryf za prąd bezwatuwy i t. d.

W podobny sposób jak dla r. 1941/42 obliczamy wszelkie dane dla lat do r. 1945/46 i zestawiamy w tabelę rentowności.

Stosunkowo wysokie stawki na wydatki nieprzewidziane tłumaczą się tym, że organizacja ZEW i współpraca zakładów mogą spowodować potrzeby nie ujęte niniejszym obliczeniem. Jednym z takich przypuszczalnych wydatków będzie Biuro Rozdzielcze.

Podział zakupu energii.

Rok	Szczyt kW	Zakup w kWh × 1000	85 zł./kW + 0,03 zł./kWh		110 zł./kW + 0,02 zł./kWh		Inne kW	Inne kWh × 1000
			Zdob.	Zdob.	Kiwerce	Kiwerce		
1941/42	2990	6900	2400	5800	590	1000	—	100
1942/43	3110	7300	2400	6100	700	1000	10	à 18 gr. 200
1943/44	3220	7700	2400	6400	700	1000	120.	à 15 gr. 300
1943/45	3320	8150	2400	6750	700	1000	à 90 zł.	a 8 gr. 400
1945/46	3410	8640	2400	7140	700	1000	à 90 zł.	à 8 gr. 500
							à 90 zł.	à 8 gr.

Z powyższych obliczeń wynika (patrz nadwyżka na obsługę kapitału), że inwestycje są rentowne przy niskim oprocentowaniu kapitału.

B. Sieci przesyłowe największych napięć

Znaczenie budowanej linii 150 kV Mościce – Starachowice dla elektryfikacji Polski

Inż. Stanisław Kaniewski, Warszawa.

Streszczenie. Autor rozpatruje znaczenie dla elektryfikacji kraju linii 150 kV Mościce — Starachowice, jako pierwszej tego rodzaju budowanej w Polsce, zaznaczając nowe zadania, jakie z tego powodu powstają zarówno dla polskiego przemysłu elektrotechnicznego, jak też polskich sił technicznych.

Jest rzeczą ogólnie znaną, że w dziedzinie elektryfikacji, jak w innych dziedzinach życia gospodarczego, rozpoczęliśmy nasz samodzielny byt z nikłymi początkami.

Również jest rzeczą ogólnie znaną, że elektryfikacja we wszystkich państwach przechodziła i musi przechodzić kilka zupełnie wyraźnych etapów: elektryfikację lokalną, elektryfikację okręgową i wreszcie połączenie okręgów liniami najwyższych napięć.

Wszystkie te etapy w tempie mniej lub więcej przyspieszonym musimy również przejść i my.

Różnorodność struktury gospodarczej naszego państwa, które przedzielone jest linią, dzielącą je na Europę A i Europę B, spowodowała, że różne części Polski znajdują się w różnych etapach elektryfikacji. Wschodnie nasze połacie w znacznej mierze dopiero wkraczają w okres elektryfikacji lokalnej, inne dzielnice w znacznej mierze dojrzały do elektryfikacji okręgowej, wreszcie w zachodniej i centralnej części państwa w pewnej mierze ta elektryfikacja okręgowa jest już realizowana.

Trzeciego jednak etapu, elektryfikacji międzyokręgowej, czyli połączenia okręgów liniami najwyższego napięcia, dotychczas nie mieliśmy i właśnie początkiem tej nowej ery jest budowa linii 150 kV z Mościc do Starachowic.

Plany elektryfikacji opracowywane przez polskich elektrotechników przewidywały oczywiście, że wkroczy my w ten etap rozwoju naszej elektryfikacji znacznie wcześniej. Plany te zostały pokrzyżowane przez kryzys.

I chociaż rozwój elektryfikacji został zahamowany również w innych etapach, to jednak sprawa budowy sieci najwyższego napięcia wybijają się obecnie w znacznym stopniu na pierwszy plan dzięki specjalnym okolicznościom.

Decyduje tu przede wszystkim ta okoliczność, że nasze największe zasoby energii położone są w części południowo-zachodniej państwa.

Dzięki temu należy wypowiedzieć pogląd, że w najbliższych latach wysiłek Państwa w dziedzinie elektryfikacji powinien być skierowany w stronę rozbudowy elektrowni wodnych i cieplnych, zasilanych przez gazy ziemne, a poza tym w kierunku rozbudowy linii wysokiego napięcia od tych elektrowni na północ, w celu zasilania specjalnie ważnych ośrodków przemysłu, istniejących i powstających.

Gdyby nie specjalne warunki, wszystkim nam zresztą znane, nie robilibyśmy tak gwałtownego skoku zarówno w dziedzinie elektryfikacji, jak też w przygotowaniu przemysłu do tej elektryfikacji. W jakim stopniu krok ten jest gwałtowny uprzytomnimy sobie, biorąc pod uwagę, że przemysł przystosowany do elektryfikacji na

30 kV musi przystępować od razu do dostosowywania się do zadań związanych z napięciem 150 kV z pominięciem pośredniego napięcia, np. 60 kV i 100 kV, że poza tym przemysł nasz nie dostosował się jeszcze do zadań związanych z elektryfikacją okręgową, gdyż np. nie zdążył stworzyć działu budowy turbozespołów.

Specyficzne okoliczności poza tym powodują, że pokrycie Państwa siecią najwyższego napięcia rozpoczyna się nie od budowy linii wychodzącej z zagłębia węglowego, i że pierwsza linia budowana jest nie przez kapital prywatny, lecz państwowy.

Co do swego położenia na terenie Państwa linia Mościce — Starachowice całkowicie odpowiada wszystkim projektom elektryfikacji, jakie były zamierzone przez różnych autorów, a w szczególności projektowi opracowanemu przez profesora G. Sokolnickiego. Linia ta jest częścią magistrali idącej od sił wodnych Dunajca do Warszawy.

Ta okoliczność, że budowany odcinek z Mościc do Starachowic stanowi tylko fragment całości, była uwzględniona przy projektowaniu, a w szczególności przy wyborze napięcia.

Cele o charakterze lokalnym pozwalałyby na inne rozwiązanie, lecz koncepcja taka została z góry odrzucona ze względu na dalsze przeznaczenie budowanego odcinka.

Należy zaznaczyć, że przy wyborze napięcia przyjmowane było w rachubę nie tylko przedłużenie tej linii do Warszawy, lecz możliwość zastosowania napięcia 150 kV w większości innych linii przesyłowych w Polsce.

Linia 150 kV Mościce — Starachowice nie tylko jest pierwszą linią przesyłową o państwowym znaczeniu, lecz również będzie pierwszym doświadczeniem zrealizowanym na szerszą skalę w kraju, z którego można będzie wyciągnąć wnioski przy dalszej rozbudowie sieci najwyższego napięcia.

A więc nie tylko stworzy możliwość przejścia naszego przemysłu elektrotechnicznego na nowy wyższy szczebel, jak o tym zaznaczono wyżej, lecz umożliwi praktyczne wypróbowanie nowych własnych fabrykatów.

Poza tym przy tej budowie odbywa się praktyczne szkolenie naszych sił technicznych, które oczywiście musiały w pewnej mierze oprzeć się na doświadczeniu zagranicznym, lecz miały i mają nadal do rozwiązania cały szereg zagadnień natury technicznej niedostatecznie wyświełtonych nie tylko u nas, lecz i za granicą. Wreszcie należało zagraniczny dorobek techniczny na polu budownictwa linii przesyłowych najwyższych napięć dostosować do warunków polskich, gdyż lokalne warunki przemysłowe, techniczne i organizacyjne w różnych krajach nie są jednakowe.

Nie ulega wątpliwości, że zadanie budowy następných linii najwyższego napięcia będzie w znacznej mierze ułatwione dzięki temu pierwszemu polskiemu doświadczeniu, które staje się swego rodzaju szkołą zarówno dla polskiego przemysłu elektrotechnicznego, jak też dla polskich inżynierów i techników.

Udział przemysłu polskiego przy realizacji budowy linii przesyłowej 150 kV Mościce — Starachowice

Inż. Włodzimierz Szumilin,
Warszawa

Streszczenie. W referacie niniejszym po wstępnych uwagach charakteryzujących ogólne warunki, w których przemysł polski współpracował przy wykonywaniu przez Zeork budowy linii przesyłowej Mościce—Starachowice, autor omawia po kolei ważniejsze jej objekty, stanowiące pionierskie wysiłki i zdobycze przemysłu krajowego. Następnie omówione są również dostawy zagraniczne i na podstawie podanego materiału wyciągnięte są wnioski, w jakim stopniu omawiana budowa stanowi twór pracy polskiej.

Uwagi ogólne.

W lutym 1933 r. Spółka Akcyjna Zjednoczenie Elektrowni Okręgu Radomsko-Kieleckiego — w skrócie „Zeork”—otrzymała od Ministerstwa Przemysłu i Handlu zlecenie opracowania projektu technicznego budowy elektrycznej linii przesyłowej Mościce — Starachowice.

Projekt został opracowany przez biuro techniczne Zeorku wyłącznie własnymi siłami bez udziału jakichkolwiek cudzoziemskich doradców technicznych i został złożony w czerwcu 1934 r.

Po zaopiniowaniu projektu — pod względem elektrycznym przez profesora G. Sokolnickiego, pod względem zaś mechanicznym przez profesora A. Pszenickiego — został on zatwierdzony przez Ministerstwo Przemysłu i Handlu oraz przez Ministerstwo Spraw Wojskowych i w kwietniu 1935 r. to ostatnie Ministerstwo powierzyło wykonanie wspomnianej budowy Spółce Akcyjnej „Zeork”.

Projekt był opracowany w dużym stopniu pod kątem widzenia możliwości wykonania w kraju jak największej ilości jego elementów. Ten punkt widzenia przepisany z góry i konsekwentnie podtrzymywany w ciągu wykonywania budowy stwarzał wielokrotnie dużo trudności natury zarówno technicznej jak i organizacyjnej, a poza tym w wielu wypadkach wymagał ponoszenia pewnych kosztów, gwoździ zadość uczynienia zasadzie samowystarczalności i wykonania tego czy innego obiektu w kraju. W tych warunkach realizacja projektu w zetknięciu się z praktyką życiową nie zawsze mogła iść po linii najmniejszego oporu i częstokroć wymagała zwalczania różnorodnych trudności, które w innych warunkach dałyby się rozwiązać łatwiej, wygodniej, taniej. W związku z tym należało od samego początku godzić się na przejście, że się tak wyrazimy, „dziecinnych chorób” w tym czy innym zakresie naszego budownictwa elektrycznego. Tak obrana droga, nie powodowana oportunistycznymi względami doraźnego załatwienia napotykanych trudności, lecz obliczona na dalszą metę, była jedynie w danym wypadku właściwą.

Podstawa poczynań i kalkulacji naszego przemysłu elektrycznego, zainteresowanego w budowie urządzeń na 150 kV, niestety nie mogła się opierać w okresie udzielania zamówień dla linii Mościce — Starachowice na jakiegokolwiek wiadomej mu konkretnej planowości dalszych podobnych inwestycji i zapotrzebowań odpowiednich jego wytworów, gdyż nie istniał jeszcze wówczas dzisiejszy plan inwestycyjny i nie zarysowywały się tak konkretnie, jak dziś, widoki na planową realizację elektryfikacji Polski. Co więcej, dla scharakteryzowania ówczesnego stanu rzeczy możemy przytoczyć fakt, że jedna z wytwórni krajowych zaryzykowała rozbudowę poważnego obiektu fabrycznego przewidzianego dla możli-

wości wykonania pewnych urządzeń na 150 kV nie mając żadnego zapewnienia otrzymania odnośnych dostaw. To „ryzyko” umożliwiło w następstwie wykonanie otrzymanych zamówień w krótszym terminie, gdyby jednak zamówienie nie przyszło — dostawca byłby narażony na poważne straty.

Stosunek zleceniodawców budowy i samego Zeorku do przemysłu krajowego, współpracującego przy wykonywaniu budowy linii przesyłowej Mościce - Starachowice, był jak najbardziej pozytywny, co znajdowało wyraz w utrzymywaniu ciągłego kontaktu z dostawcą i życzliwej z nim współpracy, szczególnie przy pokonywaniu ewentualnie powstających trudności czy to technicznych, czy organizacyjnych, czy wreszcie finansowych. Niekiedy wypadało Zeorkowi ingerować w roli czynnika pośredniczącego pomiędzy swoimi dostawcami a ich poddostawcami, niekiedy wypadało tłumaczyć wobec władz, niekiedy służyć radą.

Finansowa strona poważniejszych zamówień otrzymywanych przez nasz przemysł elektryczny jest dlań częstokroć bardzo uciążliwa i dalece różniąca się od jej załatwienia w innych krajach. Na Zachodzie poważniejsze firmy elektrotechniczne oparte są o banki bądź o charakterze ogólnym, bądź specjalnym (banki elektryczne); z chwilą otrzymania zamówienia i przedstawienia go bankowi przemysłowiec ma otwarty nisko oprocentowany kredyt, umożliwiający mu zarówno przeprowadzenie właściwej kalkulacji kosztów, jak i beztrudnie, pod względem szukania środków obrotowych, wykonywanie zamówień.

W naszych warunkach przemysłowiec, nawet poważny, przeważnie nie posiada dostatecznego oparcia o bank i musi mimo woli sam stawać się bankierem, będąc zmuszonym częstokroć finansować poważniejsze otrzymane zamówienia, używając na ten cel i bez tego, w większości wypadków, szczupłe środki obrotowe.

Przy wykonywaniu zamówień dla linii przesyłowej Mościce - Starachowice, licząc się z ciężkimi warunkami bytowania naszego przemysłu, były udzielane poważne, odpowiednio zagwarantowane zaliczki, aby zdjąć z niego kłopoty finansowe, które mogłyby odbić się niekorzystnie na tempie prac i terminach dostaw, tym bardziej że wiele firm musiało poczynić poważne inwestycje, zanim przystąpiły do właściwej pracy wytwórczej.

Skoro mowa o trudnościach w pracy naszego przemysłu elektrycznego należy zanotować fakt, że w okresie pełnego toku wykonywania najważniejszych zamówień dla linii Mościce - Starachowice zostały wprowadzone ograniczenia w obrocie pieniężnym i towarowym z zagranicą. Fakt ten odbił się hamująco na terminowości otrzymania niezbędnych a niewyrabianych w kraju surowców i półfabrykatów.

Dla ogólnego scharakteryzowania rodzajów zamówień dla linii Mościce - Starachowice należy dodać, że nie każde z nich stanowiło większe zainteresowanie dla naszego przemysłu. Często zdarzało się, że zamawiany obiekt był niewielki, na naszym rynku nieznan, technicznie trudny do wykonania i kosztowny a równocześnie ze względu na swoje przeznaczenie w pracy linii bardzo ważny, tak że należało bezwzględnie wykonać go w kraju. W takich razach wypadało Zeorkowi pokony-

wać „bezwładność” rodzimego przemysłu, nie zainteresowanego zbyt w wykonywaniu podobnych zamówień.

Znamienną cechą niemal wszystkich ważniejszych zamówień przy rozpatrywanej budowie była znaczna rozpiętość cen ofertowych, co tłumaczy się tym, że były to dla naszego przemysłu dostawy obiektów dotychczas w kraju niewykonywanych, więc trudne do skalkulowania.

Opierając się na własnych projektach i dążąc do wykonania ich w miarę możliwości siłami przemysłu krajowego, a tylko w wyjątkowych wypadkach korzystając z licencji zagranicznych, wypadło wielokrotnie — w trakcie czy to opracowywania projektu, czy też wykonywania poszczególnych jego elementów — przeprowadzać różne próby doświadczalne, na podstawie których dopiero ustalano dalsze szczegóły i etapy wykonania. Rzecz oczywista, że taka pionierska praca nie zawsze mogła być zakończona z pomyślnym wynikiem w przewidzianym z góry terminie.

Po tych wstępnych uwagach, obrazujących ogólne warunki pracy naszego przemysłu współpracującego przy budowie linii przesyłowej Mościce - Starachowice, przejdziemy do kolejnego omówienia wykonywania ważniejszych i ciekawszych elementów linii przez poszczególne wytwórnie. Referat niniejszy stanowi pewien zarys całości, a więc trudno było wdawać się w bliższe szczegóły tematu. Poza tym należy mieć na uwadze, że omawiana w referacie inwestycja w chwili jego pisania była w pełni budowy, a więc w wielu wypadkach nie było jeszcze możliwe podanie definitywnych wyników omawianych zagadnień i wyciągnięcie wszystkich wypływających z całości kształtu budowy ostatecznych wniosków.

2. Konstrukcje stalowe.

Mówiąc na tym miejscu o konstrukcjach stalowych mamy na myśli słupy i fundamenty linii oraz konstrukcje wsporcze napowietrznych części stacji transformatorowych w Mościcach i Starachowicach. Ogólna waga tych konstrukcji stalowych wynosi ok. 2 800 ton. Do ich fundamentowania użyto ok. 1 050 ton cementu.

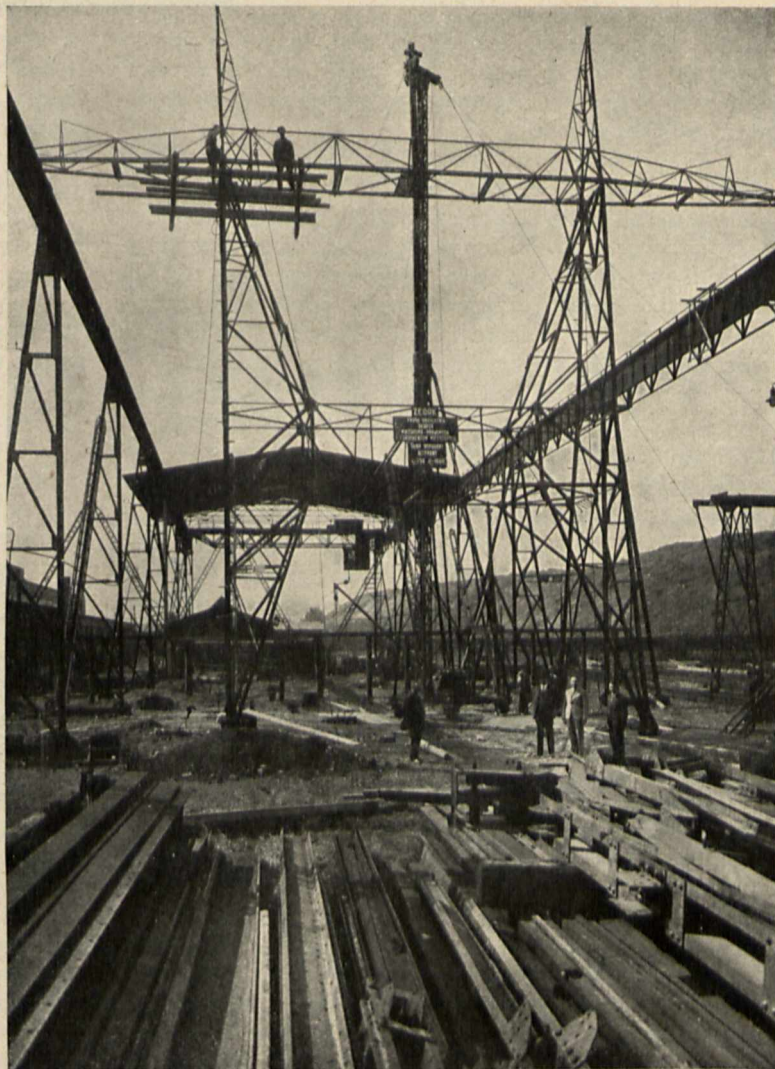
Teoretyczne obliczenia słupów, dokonane zgodnie z obowiązującymi przepisami technicznymi, należało sprawdzić doświadczalnie, gdyż wobec zupełnie odmiennych konstrukcji wsporników linii, niż dotychczas stosowane w kraju, obowiązujące przepisy nie w całej rozciągłości dawały tu wskazówki do ich obliczania. Próby takie czynione bywały częstokroć również za granicą. Przed udzieleniem zamówień na słupy udzielono zatem specjalnego zamówienia (Górnośląskim Zjednoczonym Hutom „Królewska i Laura”) na dokonanie próby mechanicznej wytrzymałości 3-ch typowych słupów wraz z fundamentami. Początkowo słupy poddano sztucznym obciążeniom (za pomocą ciężarów i specjalnych żórawi pomocniczych), odpowiadających maksymalnym naprężeniom wymaganym przez przepisy, i za pomocą teodolitu dokonano pomiarów odnośnych strzałek ugięcia. Następnie obciążenia były zwiększane, aż do zniszczenia poszczególnych prętów słupa lub do wyrwania fundamentu. Na podstawie powyższych prób dokonano kontrolnych przeliczeń i odnośnych poprawek w konstrukcji słupów.

Dział konstrukcji stalowych jest przez nasz przemysł w szerokim zakresie opanowany w zupełności, tak że zasadniczych trudności w ich wykonywaniu dla linii Mościce - Starachowice nie napotkano, chodziło jedynie o dostosowanie się do odnośnych wymagań wytrzymałościowych.

Zamówienia przypadły w udziale następującym firmom: Górnośląskie Zjednoczone Huty „Królewska i Laura”, Zakłady Ostrowieckie, Zakłady Starachowickie, K. Rudzki i S-ka, Zieleniewski i Fitzner - Gamper. Omawiane konstrukcje były dostarczane w terminie od 4-ch do 10-ciu miesięcy od czasu udzielenia zamówień.

3. Przewody robocze i ogromowe.

W opracowanym przez Zeork projekcie nie była zdecydowana sprawa rodzaju przewodów roboczych linii: czy miały to być przewody miedziane o specjalnej konstrukcji (wewnątrz puste), czy też przewody stalowo-aluminiowe. Miał o tym zdecydować ostateczny przetarg oraz kalkulacja całkowitych kosztów linii (t. j. razem ze słupami) z tym lub innym rodzajem przewodów. To też projekt samej linii był opracowany w 2-ch alternatywach: na przewody robocze miedziane i na stalowo-aluminiowe, a decyzja co do rodzaju przewodu została powzięta równocześnie z udzieleniem nań zamówienia. Aluminium do wyrobu przewodów wysokiego



Rys. 1.

Doświadczalne sprawdzenie mechanicznej wytrzymałości słupa.

napięcia ze względu na konkurencję z miedzią ma zupełnie inną cenę, niż w zastosowaniu do innych celów.

Ostatecznie został zastosowany przewód stalowo-aluminiowy, gdyż dawało to oszczędność na kosztach budowy linii kilkuset tysięcy złotych.

Z punktu widzenia zainteresowań przemysłu krajowego było obojętne, jaki materiał będzie zastosowany na przewody, gdyż podstawowych surowców, t. j. ani miedzi, ani aluminium w kraju nie posiadamy, a przeróbka surowca na gotowy przewód zawsze była przewidziana w Polsce.

W okresie opracowywania projektu i składania ofert, nie porzeczano na teoretycznych kalkulacjach, dotyczących przewodu roboczego. Zainteresowani oferenci wykonali szereg próbnych fabrykacji różnych rodzajów przewodów zarówno aluminiowych jak i miedzianych, które były skrupulatnie badane przez Zeork. Wprawdzie ten ostatni rodzaj przewodu nie utrzymał się tym razem na przetargu, jednak inicjatywa i wysiłek w tej mierze przemysłu krajowego, który dał tu szereg konstrukcji oryginalnych, napewno w naszym techniczno-przemysłowym dorobku na tym polu nie pójdzie na marne.

W ostatecznym przetargu na przewody robocze brane były pod uwagę oferty 5-ciu firm na przewody stalowo-aluminiowe i 4-ch firm na przewody miedziane o różnych specjalnych konstrukcjach. Rozpiętość cen w pierwszym wypadku wynosiła ok. 60%, w drugim — aż ok. 220%. Tak znaczna różnica w tym drugim wypadku wskazuje na to, że jednak produkcja pustych przewodów miedzianych nie opierała się jeszcze na ścisłych danych kalkulacyjnych.

Zamówienie na przewód stalowo-aluminiowy otrzymała firma Dom Handlowy Edward Dąbrowski reprezentująca kanadyjską firmę Aluminium Union Limited, dostarczającą surowiec, sprawującą nadzór nad wykonywaniem przewodu w Polsce i gwarantującą jakość jego wykonania. Wyrób przewodu został powierzony łącznie dwóm fabrykom: Fabryce Kabli i Drutu w Będzinie oraz Fabryce Lin i Drutu A. Deichsel w Sosnowcu.

Wobec tego, że drut aluminiowy dla fabrykacji stalowo-aluminiowych przewodów do linii wysokiego napięcia produkowany jest w kraju po raz pierwszy — Fabryka Kabli i Drutu w Będzinie musiała dokonać szeregu inwestycji, z których ważniejsze są następujące: wybudowano nową halę fabryczną o powierzchni ok. 300 m², sprowadzono komplet nowych walców wraz z profilami, zainstalowano wielokrotną przeciągarkę oraz uruchomiono nowy piec do żarzenia aluminium. Do fabrykacji przewodu użyto ok. 275 ton surowych bloków aluminiowych, ok. 170 ton stali i ok. 10 ton cynku. Termin dostawy przewodu był przewidziany w okresie od 10 do 15 miesięcy po udzieleniu zamówienia.

Zamówienie przewodów odgromowych (linka stalowa ocynkowana o przekroju 50 mm²) nie nastęczyło poważniejszych trudności. Zamówienie otrzymała firma Zakłady Przemysłu Metalowego Bracia Szajn w Będzinie. Ogólna waga przewodów odgromowych wynosi ponad 100 ton.

4. Izolatory.

Do należytej izolacji linii Mościce - Starachowice przywiązano wielką wagę. Wysoka i długotrwała jakość izolatorów linii musi być uznana za podstawowy warunek nieprzerwanej jej pracy, skoro zważymy, że izolatory wiszące znajdują się w dziesiątkach tysięcy sztuk na długościach setek kilometrów oraz że znalezienie i

wymiana wadliwych sztuk jest nader uciążliwa. Jakość izolatora wiszącego, złożonego z części porcelanowej i metalowych okuć, nie może być w pełni oceniona li tylko drogą laboratoryjnych prób odbiorczych, a dopiero na podstawie co najmniej 5 ÷ 7 letniej eksploatacji, gdyż dopiero w tym okresie może zacząć ujawniać się zjawisko „starzenia się” izolatorów tego typu.

Z ogólnej ilości 13 ofert na izolatory w 11-tu oferowane były izolatory porcelanowe, w 2-ch szklane; przy tym 5 firm złożyło oferty na izolatory typu 1-kołpakowego (talerzowego) oraz typu 2-kołpakowego („Motor”), pozostałe 8 firm — tylko na pierwszy z wymienionych typów. Rozpiętość cen dochodziła do 35%. Terminy dostaw wahały się w granicach od 2 do 9 miesięcy.

Z firm krajowych jedyną wytwórnią, która ubiegała się o otrzymanie częściowego zamówienia, była Fabryka Porcelany i Wyrobów Ceramicznych „Ćmielów”. Zamówienie, które wchodziło w grę w ilości ok. 26 000 sztuk izolatorów wiszących niewykonywanego jeszcze wówczas przez wspomnianą wytwórnię typu, w znacznym stopniu przerastało jej możliwości produkcyjne. To też firma „Ćmielów” otrzymała tylko część zamówienia, które ma stać się probierzem jakości jej izolatorów na przyszłość przy ewentualnych następnych zamówieniach.

Z pozostałych zagranicznych firm, które uczestniczyły w przetargu na izolatory, w pierwszym rzędzie brane były pod uwagę te, które uwzględniały montaż w kraju porcelanowych części pochodzenia zagranicznego z okuciami metalowymi polskimi. Nie była to sprawa łatwa do zrealizowania, gdyż wiele firm przywiązywało bodaj większą wagę, ze względu na jakość kompletnego izolatora, do samego łączenia okuć metalowych z porcelaną, niż do wyrobu tej ostatniej. Znaną jest rzeczą, że o ile wyrób doskonałej pod względem elektrycznym porcelany nie nastęczy dziś poważniejszych trudności i jest z małymi odchyleniami wykonywany w zbliżony sposób przez różne wytwórnie, o tyle sposób łączenia porcelanowych i metalowych części izolatora wiszącego wykonywany jest przez poszczególne firmy w sposób bardzo różny (łączenie na cement, na ołów, odmienne konstrukcje umocowania bolca i t. d.) i właśnie w tym elemencie wykonawczym leży sedno jakości izolatora.

Większość zamówienia na izolatory otrzymała francuska firma „Compagnie Générale d'Electroceramique” z tym, że łączenie zagranicznych części porcelanowych i krajowych okuć, dające kompletny izolator, będzie wykonane w fabryce firmy K. Szpotański i S-ka w Warszawie pod kontrolą techniczną wspomnianej firmy francuskiej, która bierze na siebie całkowitą gwarancję za jakość wykonanych w ten sposób izolatorów. Procentowy stosunek wartości zagranicznych części izolatorów do ich całkowitej wartości wynosi w danym wypadku ok. 42%.

Kołpaki do izolatorów, z kujnej leizny, wykonała firma Ernest Erbe w Zawierciu; bolce stalowe kute — Huta Batory. Mimo pozornej prostoty części metalowych do izolatorów, należyte ich wykonanie w kraju nastęczyło poważne trudności, które zostały jednak w zupełności pokonane.

W związku z wyżej wspomnianym montażem izolatorów w fabryce firmy K. Szpotański i S-ka został poczyniony szereg poważnych inwestycji a mianowicie: pobudowano specjalne żelbetowe komory dla przeprowadzenia procesu cementacji izolatorów (porcelanowe i metalowe części izolatorów łączone są na specjalny cement) przy odpowiednio regulowanej temperaturze i wilgotności pary nisko prężnej, zasilającej powyższe komory. Poza tym zainstalowano różne pomocnicze urządzenia

montażowe. Dla prób odbiorczych mechanicznych zainstalowano maszynę do rozrywania na 10 ton, umożliwiającą jednoczesne próbowanie 30 sztuk izolatorów; dla prób elektromechanicznych — maszynę umożliwiającą równoczesne ciągle przyłożenie naprężeń do 25 ton i 100 kV; poza tym zainstalowano urządzenia do napięcio-



Rys. 2. Montaż izolatorów wiszących w fabryce K. Szpotański i S-ka.

wych prób izolatorów na wysoką (około 250 000 okr./sek.) oraz niską (50 okr./sek.) częstotliwość. Ponadto zostały zainstalowane inne urządzenia elektryczne, omówione niżej w rozdziale o aparaturze 150 kV, umożliwiające przeprowadzenie badań i prób na całym łańcuchu izolatorów, który w danym wypadku składa się z 11 ogniw.

Poza izolatorami porcelanowymi zamówiono dla linii Mościce - Starachowice tytułem próby pewną ilość gotowych izolatorów szklanych wiszących „Isorex”, wyrobu francuskiej firmy „Verreries Charbonneaux-Reims”. Wobec szczupłości referencji i danych eksploatacyjnych co do stosowania szklanych izolatorów wiszących dla linii bardzo wysokich napięć, posiadanie własnego w tej mierze doświadczenia i własnej opinii będzie bardzo cenne.

5. Armatura do przewodów i izolatorów.

Armatura do przewodów i izolatorów linii jest 2-ch zasadniczych rodzajów: zawieszeniowa i ochronna. Na armaturę zawieszeniową składają się różne zaciski, złącza, wieszaki, łączniki, uchwyty i t. p. oraz specjalne narzędzia do montażu przewodów. Armatura ochronna ma zabezpieczać od niebezpieczeństw dwojakiego rodzaju: mechanicznych — pochodzących od wibracji przewodów oraz elektrycznych — pochodzących od przeskoków na łańcuchach izolatorów.

Omawiana armatura stanowi ponad 60 pozycji bardzo różnych pod względem konstrukcji i materiału (miedź, mosiądz, aluminium, stal kuta, stal lana, kujna leżna, walcówka i t. p.). Wymienione armatury zostały w 90% wykonane przez firmy krajowe, w większości wypadków według własnych konstrukcji Zeorku, w niektórych zaś wypadkach według wzorów zagranicznych. Ogólna waga armatury wynosi ok. 60 ton.

Jako dostawców ważniejszych armatur należy wymienić następujące firmy: Lilpop, Rau i Loewenstein, firma Ernest Erbe, Huta Batory, dom handlowy Edward Dąbrowski, fabryka maszyn Rzewuski i S-ka. Poza tym

około 10 innych firm otrzymało różne drobniejsze zamówienia na poszczególne rodzaje armatur.

Należy w tym miejscu zaznaczyć, że sprawa armatur na pozór drobna i mało znacząca bynajmniej taką nie jest. Zaprojektowanie kilkudziesięciu różnych obiektów, wykonanie wzorów, wypróbowanie ich w laboratoriach, ostateczne ustalenie konstrukcji i wreszcie wykonanie — pochłonęło nie mało trudu, czasu i kosztów.

6. Transformatory 150 kV.

Omówiliśmy dotychczas ważniejsze zamówienia dla linii Mościce — Starachowice, które otrzymał nasz przemysł metalowy; z kolei przechodzimy do omówienia ważniejszych zamówień, wchodzących w zakres naszego przemysłu elektrycznego.

W pierwszym rzędzie wypadnie omówić sprawę transformatorów 150 kV — niewątpliwie najpoważniejszego wysiłku naszego przemysłu elektrycznego przy wykonywaniu w kraju wyposażenia linii przesyłowej Mościce — Starachowice.

W grę wchodziły 2 transformatory dwuuzwojeniowe 12 000 kVA 150/6 kV i 2 transformatory trójuzwojeniowe 11 000 kVA 150/30/6 kV.

Z wezwanych do przetargu 14 firm złożyło oferty 11 firm z 9 różnych krajów, licząc w tym i Polskę. Rozpiętość oferowanych cen była bardzo poważna, bo sięgająca ponad 70%; również terminy wykonania wahały się bardzo znacznie, bo od 5 miesięcy (zagraniczne) do 20 miesięcy (krajowe).

Znaczne różnice w cenach znajdują uzasadnienie w odchyleniach charakterystycznych danych tych samych transformatorów, co świadczy o różnorodności rozwiązań technicznych przez konstruktorów różnych firm w różnych krajach.

Rzecz oczywista, że w pierwszym rzędzie brane były pod uwagę oferty uwzględniające wykonanie transformatorów w kraju. Ofert takich było cztery.

Musimy zdać sobie sprawę z tego, że rozwój przemysłu transformatorowego w Polsce datuje się zaledwie od roku 1926; że w okresie udzielania zamówienia na transformatory 150 kV (jesień 1935 r.) największymi wówczas transformatorami wykonanymi w kraju były jednostki 6 000 kVA 40 kV oraz 3 000 kVA 60 kV; że zatem przemysł nasz był postawiony przed zagadnieniem wykonania jednostek 2-krotnie większych, jeśli chodzi o moc, i 2,5-krotnie większych, jeśli chodzi o napięcie, niż transformatory dotychczas wykonane; co do tych ostatnich, to nie były one bynajmniej codzienną produkcją naszej wytwórczości, a stanowiły poważne jej rekordy; że trudności techniczne przy wykonywaniu tak poważnych jednostek rosną bardzo znacznie w miarę wzrostu ich wielkości oraz tym bardziej ich górnego napięcia; że zatem wykonanie omawianych jednostek w kraju nie stanowiło bynajmniej normalnego etapu rozwojowego naszej wytwórczości, lecz było wyczynowym skokiem wzwyż z pominięciem pośrednich etapów ewolucyjnych.

W tych warunkach własny wysiłek konstrukcyjny nie oparty na doświadczeniu przemysłu zagranicznego, i to nie tylko w postaci licencji czy rysunków, lecz — co najważniejsze — w formie ścisłej współpracy i pomocy fabrykacyjnej firmy, posiadającej długoletnie i bogate doświadczenie — byłby niezmiernie ryzykowny. Wszyst-

kie zatem oferty krajowe oparte były na licencjach zagranicznych.

Rzecz więc zrozumiała, że mimo najwyższej chęci wykonania transformatorów na 150 kV w kraju. decyzyja co do przydzielenia zamówienia tej czy innej firmie mogła być powzięta dopiero po wielce wszechstronnym i niezmiernie krytycznym i ostrożnym rozważeniu zagadnienia.

Dwie z propozycji wykonania transformatorów w kraju wymagały uruchomienia nowych placówek wytwórczych, co pomijając już długi potrzebny do tego czas, nie mogło być uznane za gospodarczo racjonalne posunięcie, wobec istnienia już krajowych wytwórni w znacznym stopniu przygotowanych do wypełnienia tego zadania. Trzecia z ofert krajowych wymagała znacznej rozbudowy pomieszczeń fabrycznych i bardzo znacznych inwestycji mechanicznych i elektrycznych dla zrealizowania zamierzonej produkcji. Oferta 4-tej firmy krajowej wymagała pod tym względem najmniejszego wysiłku a przez to, rzecz zrozumiała, wypadła co do ceny najkorzystniej.

Zamówienie na transformatory 150 kV dla linii Mościce — Starachowice wykonuje firma Zakłady Elektromechaniczne Rohn — Zieliński, licencja Brown Boveri, w fabryce w Żychlinie.

Wymieniona firma musiała poczynić szereg poważnych inwestycji fabrycznych celem dostosowania się do

możliwości wykonania otrzymanego zamówienia. Wymienimy pokrótce ważniejsze z nich.

Istniejąca hala montażowa transformatorów musiała być ze względu na wymiary i wagi zamówionych jednostek rozbudowana oraz musiał być całkowicie zmieniony jej rozkład wewnętrzny bez przerwy bieżącej wytwórczości fabryki.

Stworzono nowe pomieszczenie na stację prób do 500 kV, zainstalowano nową suwnicę o nośności 50 ton, dobudowano nową suszarnię.

Poza tym do hali montażowej transformatorów wybudowano bocznice kolejową dla umożliwienia załadowania transformatorów na platformę kolejową.

W dziale inwestycji maszynowych najpoważniejsze pozycje stanowiły: transformator probierczy jednofazowy o napięciu górnym 500 kV i mocy 1-godzinnej 300 kVA, 5-minutowej 600 kVA wraz z odnośną aparaturą rozdzielczą, zabezpieczającą i pomiarową, nożyce do cięcia blach transformatorowych o wymiarach do 2 500 mm, prasa mimośrodowa na 150 ton do sztancowania blach, specjalny stół do pakietowania blach. Poza tym dostosowano do produkcyjnych potrzeb tak znacznych jednostek szereg urządzeń istniejących, jak np. strugarkę, nawijarkę, aparaturę dla przygotowania oleju transformatorowego i szereg innych.

Podstawowymi warunkami udzielonego firmie Rohn — Zieliński zamówienia na transformatory 150 kV, były 2 zasadnicze wymagania: z jednej strony, aby do ich produkcji była użyta jak największa ilość surowców i półfabrykatów krajowych, z drugiej zaś strony, aby jakość transformatorów zarówno pod względem konstrukcji, jak i danych technicznych, w niczym nie była gorsza od analogicznych wyrobów zagranicznych. W czasie produkcji te dwa wymagania częstokroć bądź wcale, bądź z trudem dawały się pogodzić. Były poważne trudności z blachą transformatorową (którą dostarcza Huta Batory), z różnymi materiałami izolacyjnymi i szeregiem innych artykułów, — dały się one jednak z pomyślnym wynikiem pokonać. Techniczny odbiór materiałów użytkowanych do wyrobu omawianych transformatorów był niezmiernie ostry. Dostawa transformatorów ma być dokonana w ciągu najbliższych miesięcy i dlatego sądu o doskonałości ich działania wypowiedzieć jeszcze nie można; jednakże na podstawie obecnego stanu produkcji transformatorów i na podstawie przeprowadzonych pewnych prób pośrednich stanów ich fabrykacji można żywić pełną nadzieję, że transformatory krajowe nie będą ustępować wyrobom zagranicznym. Stosunek zaś kosztu materiałów, sprowadzonych z za granicy, do kosztu całości materiałów, użytych do wyrobu tych transformatorów, wynosi zaledwie 12%. Należy się spodziewać, że w przyszłości, po uzyskaniu dobrych wyników z materiałami izolacyjnymi krajowymi (prespan, transformerboard i t. p.), ten stosunek da się obniżyć poniżej 10%.

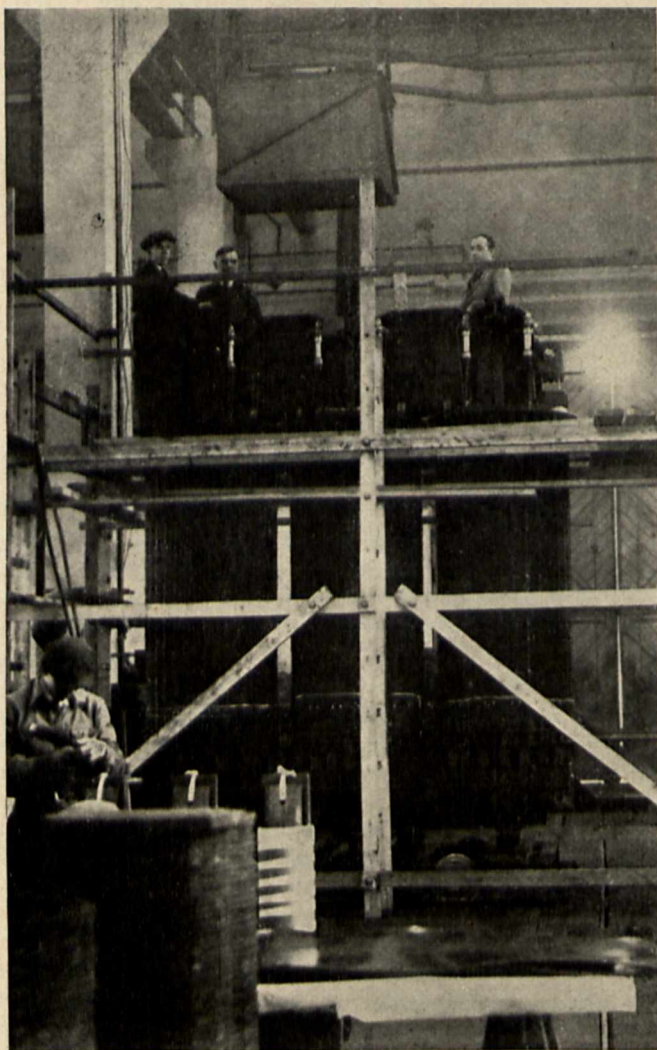
7. Aparatura rozdzielcza i miernicza na 150 kV.

Z kolei przechodzimy do omówienia aparatury rozdzielczej i mierniczej na 150 kV, a więc wyłączników, odłączników, transformatorów prądowych i napięciowych.

Możliwość wykonania tych urządzeń w kraju nie budziła u projektodawców linii wątpliwości, od samego początku realizacji budowy.

Przyjęte początkowo w projekcie (w r. 1933/34) wyłączniki olejowe były następnie przy ostatecznym przetargu zastąpione wyłącznikami małoolejowymi.

Wśród ofert 6-ciu firm, które ubiegały się o otrzymanie zamówienia na wyłączniki, były dość znaczne różnice, zarówno jak co do zasady przerywania łuku i ro-



Rys. 3.

Montaż rdzenia transformatora 12 000 kVA 6/150 kV.

dzaju napędu, tak również co do ich wag (do 33%), cen (do 60%) oraz wielu szczegółów konstrukcyjnych i ruchowych. Terminy wykonania wahały się w granicach 5 ÷ 10 miesięcy.

Należy mieć na uwadze to, że w okresie zamawiania małoolejowych wyłączników dla linii Mościce — Starachowice rozpowszechnienie tych aparatów na napięciu 150 kV lub wyższym w praktyce światowej nie było wielkie. Przeciwnie, wieloletnie doświadczenie eksploatacyjne odnosiło się do wyłączników tego rzędu napięć o znacznych zawartościach oleju, natomiast wyłączniki, o których mowa wyżej, przechodziły, jak zresztą i obecnie jeszcze przechodzą, początkowe stadium rozwojowe, znamienne znacznymi zmianami konstrukcyjnymi. Aczkolwiek tendencja ostatnich lat wyraźnie poszła na Zachodzie w kierunku stosowania przy najwyższych napięciach wyłączników mało- lub bezolejowych, to jednak wskazania praktyki eksploatacyjnej co do jakości lub wyższości tego czy innego typu wyłącznika bardzo wysokiego napięcia o tych specjalnych konstrukcjach, były jeszcze bardzo skąpe. Tem większą wagę należało przywiązać do możliwości wypróbowania zamówionego aparatu na stacji prób, zarówno co do jego własności elektrycznych, jak i mechanicznych, a w szczególności co do zdolności wyłączenia dużej mocy zwarcia.

Zamówienie na wyłączniki małoolejowe 150 kV wraz z napędami otrzymała Fabryka Aparatów Elektrycznych K. Szpotański i S-ka, mająca je wykonać wg. licencji znanej francuskiej firmy „Ateliers de Constructions Electriques de Delle”, która posiada nowoczesną stację doświadczalną do badania aparatury rozdzielczej na moc wyłączalną.

Zamówienie na wyłączniki zostało udzielone pod warunkiem, że zostaną one wykonane z surowców i półfabrykatów krajowych, za wyjątkiem surowej miedzi i tych materiałów izolacyjnych, które w kraju wyrabiane nie są, oraz komory gasikowej jednego bieguna, stanowiącej najistotniejszą część wyłącznika (t. zw. „partie active”) i mającej służyć jako wzór do wykonania pozostałych komór gasikowych.

Jakość wykonania krajowego komory gasikowej została skontrolowana w trakcie produkcji wyłączników w ten sposób, że komora wykonana w fabryce firmy K. Szpotański i S-ka została wysłana do Francji i tam, po wmontowaniu jej do francuskich wyłączników analogicznego typu, została zbadana na stacji doświadczalnej firmy Delle na moc wyłączalną. Gwarantowana moc wyłączalną wyłącznika miała wynosić 1 000 000 kVA. Próby przeprowadzone w lipcu ubiegłego roku stwierdziły spełnienie warunków technicznych komory wyrobu polskiego i wysoką jakość jej wykonania. Pozostałe komory gasikowe zostały wykonane w kraju identycznie jak pierwsza, lecz próbowane za granicą nie były, gdyż próbę na moc wyłączalną potraktowano jako próbę typu.

Pierwsza partia wyłączników 150 kV w liczbie 4-ch została przedstawiona do odbioru w końcu lutego r. b. Wszystkie próby odbiorcze w fabryce — zarówno mechaniczne, jak i elektryczne — dały wyniki zupełnie zadowalające.

Równocześnie z zamówieniem na wyłączniki powierzono firmie K. Szpotański i S-ka zamówienie na transformatory prądowe 150 kV, które zostały wbudowane w kolumny izolacyjne poszczególnych biegunów wyłączników. Zamówienie na powyższe transformatory miernicze o tyle różni się od zamówienia na wyłączniki, że stanowią one całkowicie własną konstrukcję dostawcy. Pierwsza partia tych transformatorów została zbadana i przy-

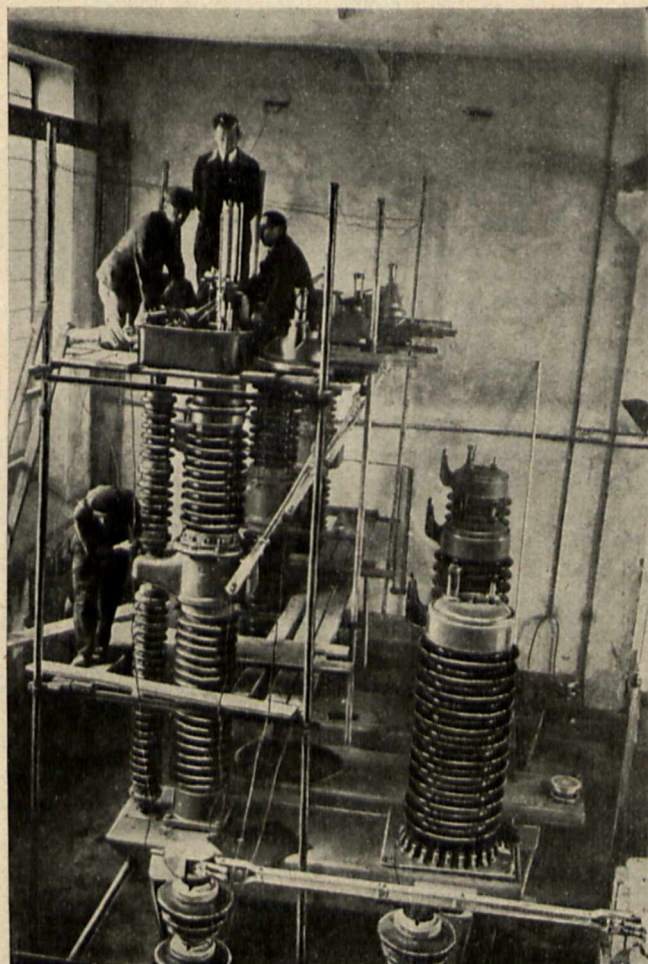
jęta przy wspomnianym wyżej odbiorze wyłączników; transformatory wykazały całkowitą zgodność swoich własności z ustalonymi warunkami technicznymi zamówienia.

Ogólna wartość surowców i półfabrykatów zagranicznych wynosi w wyłącznikach wraz z transformatorami prądowymi ok. 24% ich wartości. Główną pozycję materiałów zagranicznych stanowią tutaj porcelanowe kolumny izolacyjne o wadze jednej sztuki do 300 kg, które nie mogły być wykonane w kraju.

Z aparatury mierniczej na 150 kV należało jeszcze dokonać zamówienia na transformatory napięciowe. Ogólna rozpiętość cen ofertowych (ok. 30%) była stosunkowo mniejsza, niż w innych wypadkach. Terminy wykonania wahały się w granicach od 4 do 9 miesięcy.

Zamówienie na małoolejowe transformatory napięciowe typu kaskadowego otrzymała firma K. Szpotański i S-ka, która wykonuje je według własnej konstrukcji. Ogólna wartość materiałów zagranicznych, niewyrabianych w kraju, w stosunku do całości stanowi w tej dostawie ok. 22%.

Z aparatury rozdzielczej na 150 kV pozostały do omówienia odłączniki. Ogólna rozpiętość podanych w ofertach wag i cen była, jak i w innych wypadkach, bardzo znaczna, bo wynosząca ok. 85%. Terminy wykonania od 4 do 8 miesięcy. Zamówienie przyznano firmie K. Szpotański i S-ka, która miała je wykonać wg. konstrukcji wymienionej już wyżej francuskiej firmy Delle. Wartość surowców i półfabrykatów, niewyrabianych w kraju



Rys. 4.
Próby odbiorcze wyłącznika 150 kV.

a użytych do fabrykacji odłączników 150 kV, stanowi ok. 25% ogólnej ich wartości.

Wykonanie zamówień na aparaturę rozdzielczą i mierniczą na 150 kV było połączone z koniecznością pozyczenia w fabryce firmy K. Szpotański i S-ka szeregu poważnych inwestycji. Pobudowano halę do montażu aparatury 150 kV wraz z odpowiednimi wciągami i suwnicą.



Rys. 5.
Montaż odłączników 150 kV.

Obliczono i wykonano we własnej fabryce transformator do stacji prób na 600 kV wartości skutecznej, o mocy trwałej 165 kVA, wraz z odnośną aparaturą regulacyjną i zabezpieczającą. W przebudowie znajduje się urządzenie do badań na fale uskokowe o napięciu udarowym 1 600 kV. Wykonano wzorcowy transformator mierniczy — napięciowy na 150 kV. Zwiększono ilość obrabiarek, nawijarek i t. p. Poza tym dokonano szeregu inwestycji wymienionych wyżej w rozdziale o izolatorach.

8. Telefonia wysokiej częstotliwości.

Dla łączności telefonicznej pomiędzy Mościcami a Starachowicami będzie zainstalowane urządzenie telefoniczne wysokiej częstotliwości na przewodach roboczych wysokiego napięcia. Aparatura telefoniczna na każdej ze stacji transformatorowych będzie sprzęgnięta z przewodami 150 kV za pomocą odpowiednich kondensatorów, dławików i filtrów. Urządzenia takie dotychczas w Polsce wyrabiane nie były, zresztą w ogóle ilość firm, produkujących w tym dziale, jest bardzo nieliczna a otrzymanie odnośnej oferty w pewnych wypadkach jest ograniczone podziałem państw na strefy, podległe interesom tej czy innej grupy zainteresowanych producentów.

Z 8-miu zapytanych firm nadesłały odpowiedzi 4, w czym jedna krajowa, a mianowicie Państwowy Instytut Telekomunikacyjny, który też otrzymał zamówienie.

Rozpiętość cen w tym przetargu była, w porównaniu do innych, stosunkowo nieznaczna, bo sięgająca 15%. Terminy wykonania od 5 do 12 miesięcy.

Państwowy Instytut Telekomunikacyjny wypracował własny schemat układu telefonii wysokiej częstotliwości i wykonuje instalację, do granic możliwości, z materiałów krajowych. Wartość surowców i półfabrykatów zagranicznych nie przekroczy 18%.

9. Zamówienia krajowe w ogólności.

Zarówno sam projekt linii przesyłowej Mościce — Starachowice, jak i elementy jego wykonania stanowią w dużym stopniu pionierski wysiłek polskich sił technicznych.

Omówiliśmy wyżej te ważniejsze zamówienia, otrzymane przez przemysł krajowy w związku z budową linii przesyłowej Mościce — Starachowice, które stanowiły uruchomienie działów produkcji bądź dotychczas w Polsce nieistniejących, bądź też stanowiących punkt wyjściowy nastawienia naszego przemysłu do możliwości wykonania niemal całkowicie wszystkich zamówień w kraju dla zaspokojenia potrzeb elektryfikacji Polski na najwyższym napięciu.

Oprócz wymienionych jednak obiektów, wybiegających poza zakres dotychczasowej naszej wytwórczości, budowa linii przesyłowej Mościce — Starachowice przyczyniła się również do ożywienia produkcji „normalnej” naszego przemysłu zarówno elektrycznego, jak i innych, czego zresztą nie będziemy tu bliżej omawiać.

Za bardzo nielicznymi wyjątkami wszystkie urządzenia elektryczne na stacjach transformatorowych i w elektrowniach w Mościcach i Starachowicach — na napięciach 30 kV, 6 kV i niższych — otrzymał do wykonania przemysł krajowy. Nie trzeba chyba o tym wspominać, że wszystkie roboty mechaniczne, budowlane, instalacyjne i t. p. wykonywane są własnymi siłami.

W chwili obecnej budowa jeszcze trwa, a dopiero po jej zakończeniu i przeprowadzeniu dokładnej jej analizy będzie czas, aby w świetle ostatecznych liczb zobrazować w jakim stopniu przyczyniła się ona do podniesienia stanu zatrudnienia i ożywienia w naszym życiu przemysłowym. W każdym bądź razie dziś już śmiało możemy powiedzieć, że budowa ta stanowi ruszenie z martwego punktu realizacji naszej elektryfikacji w państwowej skali tego pojęcia, a co za tym idzie, że otworzyła ona dla naszego przemysłu elektrycznego szerokie perspektywy możliwości rozwojowych.

10. Dostawy zagraniczne.

Mimo bardzo znacznych wysiłków tak ze strony Zeorku, sprawującego kierownictwo budowy linii przesyłowej Mościce — Starachowice, jak i ze strony naszego przemysłu, nie wszystkie urządzenia do tej budowy mogły być wykonane w kraju.

Ilość jednak zamówień zagranicznych była zredukowana do tak wydatnego minimum, że możemy je zaledwie w kilku pozycjach wyliczyć.

Były to zamówienia na takie niewykonywane dotąd w Polsce urządzenia, których z jednej strony zbyt, nawet przy szerszej elektryfikacji naszego kraju, będzie stosunkowo ograniczony, a z drugiej strony, wykonanie których wymagałoby bądź bardzo znacznych i kosztownych inwestycji, bądź też długotrwałych naukowo-technicznych dociekań, koniecznych do wytworzenia produktu o gwarantowanej jakości.

Największym obiektem pochodzenia całkowicie zagranicznego jest synchroniczny kompensator o mocy 10 000 kVA, który zainstalowany będzie na jednej ze stacji transformatorowych dla regulacji napięcia linii. Kom-

pensator został zamówiony w szwajcarskiej firmie Brown Boveri Co w Badenie.

Również w tej samej firmie zostały zamówione urządzenia przekąźnikowe dla selektywnego zabezpieczenia całego systemu przenoszenia energii.

W dziale armatury dla przewodów zamówiono pewną ilość zacisków do zawieszenia przewodów na stacjach oraz urządzenia, zapobiegające wibracjom stalowo-aluminiowych przewodów linii. Poza tym zamówiono kilka sztuk różnych narzędzi specjalnych do montowania przewodów stalowo-aluminiowych.

W dziale izolatorów zakupiono za granicą pewną ilość części porcelanowych oraz pewną ilość gotowych izolatorów szklanych, o czym była już mowa wyżej.

W dziale przyrządów pomiarowych zakupiono kilka obiektów bardzo specjalnych.

Ponadto poszczególni dostawcy krajowi używali do swojej produkcji surowców i półfabrykatów zagranicznych w omówionych wyżej procentowych stosunkach wartości wyrobu gotowego.

W tym krótkim wyliczeniu wyczerpaliśmy całkowicie wszystkie pozycje dostaw zagranicznych dla budowy linii przesyłowej Mościce — Starachowice.

Drgania przewodów elektrycznych

Inż. Przedpełski Jerzy, Warszawa

Streszczenie. Drgania przewodów interesują obecnie wszystkich elektryków, którzy mają do czynienia z budową lub eksploatacją linii wysokiego napięcia. Zjawisko to było już przedmiotem licznych badań, dyskusyj oraz publikacji w literaturze zagranicznej. Referat niniejszy, przedstawiający w ogólnych zarysach aktualny stan tego zagadnienia składa się z dwóch części. W części pierwszej są omówione same drgania, warunki, w jakich one powstają i utrzymują się, oraz szkodliwy wpływ tych drgań na przewody; poza tym podane są elementarne rozważania teoretyczne oraz kilka typowych wyników obserwacji. Druga część zawiera opis urządzeń, jakie są używane w celu zapobiegania drganiom lub ich skutkom.

Z chwilą gdy zaczęły powstawać wielkie linie przesyłowe wysokiego napięcia, świat techniczny zmuszony został zainteresować się poważnie drganiami lub wibracjami przewodów na tych liniach, zjawiskiem, które występowało często w bardzo złośliwej formie w czasie ich eksploatacji.

Charakterystycznymi elementami linii przesyłowych wysokiego napięcia są znaczne długości pręseł oraz przewody o dużych średnicach i małej wadze na metr bież. Te własności linii czynią ją specjalnie podatną do wibracji.

Przewody linii napowietrznych wykonują pod wpływem zewnętrznych przyczyn, najczęściej wiatru, rozmaite rodzaje widocznych ruchów. Najbardziej znanym i najłatwiej dostrzegalnym z tych ruchów jest kołysanie się przewodów pod wpływem silnych podmuchów wiatru, trafiającego te przewody prostopadle lub pod pewnym kątem do kierunku linii.

Innym rodzajem ruchów przewodów są ruchy falowe w ich płaszczyźnie pionowej o dużych wychyleniach (amplitudach) i długościach fali oraz małej częstotliwości nazywane w praktyce i w literaturze „tańcem przewodów” (fr.: *dance des cables*, niem.: *Wippen* z *Freileiter*, ang.: *dancing conductors*). Równocześnie z „tańcem przewodów”, który jest resztą zjawiskiem bardzo rzadko obserwowanym, spostrzeżono, że i słupy brały w

Z zestawień porównawczych dokonanych przez Zeork wynika, że całkowita suma wydana za granicę na zakup maszyn, urządzeń, półfabrykatów, opłaty licencyjne i t. p. wynosi ok. 7%, a wliczając w to koszt wszystkich surowców sprowadzonych z za granicy wzrasta ona do ok. 13% ogólnego kosztu budowy.

11. Wnioski.

Ustalony wyżej 7%-owy względnie 13%-owy stosunek kosztów dostaw zagranicznych do ogólnego kosztu budowy linii przesyłowej Mościce — Starachowice należy uznać jako bardzo niski, biorąc pod uwagę to, że omawiana inwestycja stanowi pionierski wysiłek w nowym dziale naszego budownictwa elektrycznego. Można przy tym żywić nadzieję, że w spodziewanych dalszych inwestycjach podobnego rodzaju ten procentowy stosunek będzie co raz to bardziej mały, aczkolwiek możliwości pod tym względem są już nie duże.

Śmiało możemy dziś stwierdzić, że w granicach realnych możliwości została w jak najszerszej mierze przeprowadzona zasada, aby nasza sieć najwyższego napięcia była od samego początku swego istnienia dziełem mózgow i rąk polskich.

nim uddział pochylając się w jedną i drugą stronę w kierunku linii w takt wychyleń przewodów.

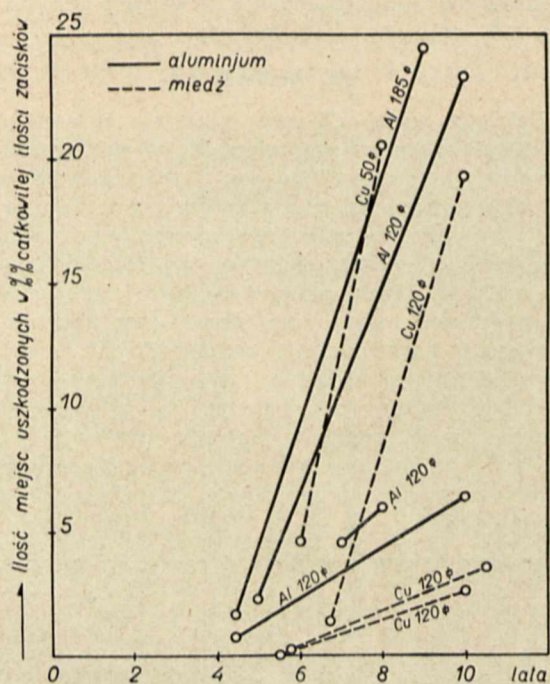
Oba wymienione rodzaje ruchów są stosunkowo wolne i tylko o tyle niebezpieczne, że mogą spowodować zbliżenie lub zetknięcie się przewodów, należących do dwóch różnych faz przy zbyt małym odstępnie między nimi. Poza tym ruchy te mogą spowodować w pewnych wypadkach uszkodzenie materiału przewodu w miejscach zawiesz. Możliwość zetknięcia lub zbyt blizkiego zbliżenia się przewodów zostaje wyeliminowana przez odpowiednie odstępy między nimi, których minima są ustalone przepisami, zaś uszkodzeniom materiału zapobiega się przez nadawanie zaciskom odpowiedniej formy lub obandażowanie przewodu w miejscach zawiesz.

Oprócz wyżej podanych zaobserwowano w Ameryce przed około 15 laty jeszcze inny rodzaj ruchów przewodów, mianowicie drgania w ich płaszczyźnie pionowej o stosunkowo dużych częstotliwościach, małych długościach fali i minimalnych wychyleniach (amplitudach) powstające bez żadnej na pozór dostrzegalnej zewnętrznej przyczyny. Drgania te znane są w literaturze technicznej pod nazwą „wibracji przewodów” (franc.: *vibration des cables*, niem.: *Freileiterschwingungen*, ang.: *vibration of conductors*). W późniejszym czasie zauważono ten sam rodzaj wibracji w innych krajach. Linie, na których obserwowano występowanie drgań i które okazały się bardzo czułe na ich skutki, były to linie wysokiego napięcia o dużych rozpiętościach pręseł. Nie jest jednak przez to powiedziane, że tylko tego rodzaju linie drgają; np. już o wiele dawniej mieli do czynienia z tym zjawiskiem amerykańscy teletechnicy.

Równocześnie z występowaniem wibracji stwierdzono zerwanie przewodów lub pewnej ilości drutów w przewodach wielożyłowych i zbadane miejsca uszkodzeń wskazywały wyraźnie, że zerwania drutów nastąpiły wskutek zmęczenia materiału.

Powyższe uszkodzenia przewodów zaczynały występować zwykle po kilku latach, w niektórych

wypadkach już nawet po kilkunastu miesiącach od czasu zaciągnięcia przewodów. Wykresy na rys. 1 przedstawiają szkodliwy efekt wibracji przewodów w zależności od czasu istnienia linii; wykresy te zostały podane przez



Rys. 1.

J. Nefzgera z firmy J. W. Hofmann, Köttschenbroda dla ośmiu różnych linii o przewodach miedzianych i aluminiowych; rzędne tych wykresów wyrażają procentowe ilości zacisków w odniesieniu do ogólnej ilości, przy których znaleziono uszkodzenia wskutek wibracji. Z wykresów tych widać, że aluminium na ogół wcześniej zaczyna odczuwać skutki drgań, niż miedź, natomiast przy miedzi szkody zdają się występować bardziej gwałtownie.

Pęknięcia przewodów lub żył w przewodach spowodowane wibracjami miały miejsce zawsze w wylotach lub tuż za wylotami zacisków, przy czym o ile niektóre badania wykazały olbrzymią większość uszkodzeń przy zaciskach wieszakowych, a niewielką ilość przy odciągowych, to inne dały wyniki wręcz przeciwnie, t. j. większość uszkodzeń przy zaciskach odciągowych. Na tak różne wyniki miały prawdopodobnie wpływ konstrukcje zacisków, w których były zamocowane badane przewody.

Omawiane wibracje przewodów występują najczęściej według dotychczasowych obserwacji rano przy wschodzie słońca oraz wieczorem przy zachodzie, przy tym zazwyczaj podczas ładnej pogody. W tych warunkach masy powietrza przeciągają równomiernie nad powierzchnią ziemi z niewielką szybkością; te słabe, jednostajnie wiejące wiatry, trafiając przewody powodują powstawanie ich drgań.

Masy powietrza poruszają się bez przeszkód po terenach płaskich i w takich terenach wibracje będą dla linii najniebezpieczniejsze; w terenach górzystych lub zalesionych wędrowka takich wiatrów jest utrudniona, to też wibracje występują tam na ogół w znacznie słabszym stopniu. Poza rodzajem terenu ma również duży wpływ na drgania kierunek, w jakim przebiega linia w stosunku do kierunku wiatru; powstają one najłatwiej, gdy wiatr trafia przewody prostopadle lub prawie prostopadle do kierunku linii.

Badania firmy „Bayernwerk A. G.” przeprowadzone na 25 000 zaciskach wieszakowych wykazały, że wibracje są bardziej niebezpieczne dla dużych przekrojów przewodów, niż dla małych, poza tym jednakowo niebezpieczne dla przewodów miedzianych, jak i dla aluminiowych o tych samych przekrojach i ilościach drutów, natomiast są one mniej szkodliwe dla przewodów miedzianych, niż dla aluminiowych o przekrojach równoważnych (o tej samej oporności na m. b.).

Przewód o dużej ilości cienkich żył powinien być mniej czuły na skutki wibracji, niż przewód o tym samym przekroju i mniejszej ilości drutów grubszych; natomiast amplitudy drgań będą w pierwszym wypadku większe, niż w drugim, co kompensuje zalety cienkich drutów. Najlepsze rezultaty, zdaniem H. Leboutoux z firmy „Aluminium Union Limited” produkującej przewody aluminiowe osiągnięto pod tym względem z drutami średniej grubości.

Teoretyczna strona wibracji jest przedmiotem licznych publikacji w literaturze zagranicznej lecz zdaje się posiadać pewne luki; w niniejszym referacie ograniczę się do podania niektórych elementów zasadniczych tej teorii.

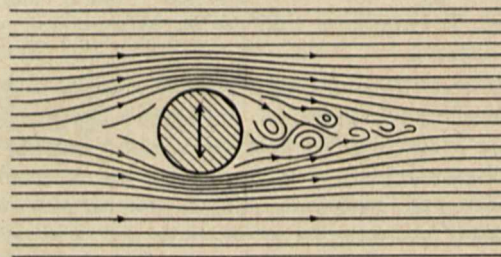
Jeżeli w naprężony przewód zakotwiony w dwóch punktach stałych uderzymy w pobliżu jednego z zakotwień, to powstanie na nim fala biegnąca od miejsca uderzenia do drugiego punktu zamocowania z szybkością:

$$v = \sqrt{\frac{T \cdot g}{W}}$$

gdzie v — szybkość poruszania się fali, T — naciąg przewodu, W — waga przewodu na m b. i g — przyspieszenie ziemskie. O ile punkt zawieszenia jest stały, to fala ta zostaje odbita i wraca z powrotem. Gdy następnym uderzeniem spowodujemy powstanie drugiej fali, w momencie gdy pierwsza dobiega do przeciwległego punktu zakotwienia, to otrzymamy punkt węzłowy w środku pręśla. Przy większej ilości następujących po sobie uderzeń z częstotliwością f powstanie w pręśle odpowiednia ilość fal, które po dobiegnięciu do punktu zakotwienia przewodu zostają odbite i wracając tworzą z falami następnymi, biegnącymi na przeciw — fale stojące. Zależność między szybkością poruszania się fali v , jej długością λ oraz częstotliwością f wynika ze znanego wzoru:

$$\lambda \cdot f = v;$$

Drgania przewodów w terenie są wywołane impulsami, jakie dają wiry (rys. 2) tworzące się za przewo-



Rys. 2.

dami przy wiejącym na nie słabym wietrze. Co do częstotliwości tych impulsów, to rozmaici autorzy przytaczają wzór Karmana dla figury cylindrycznej, znajdującej się w dowolnym ośrodku (powietrze, woda), który ma postać:

$$f_w = C \frac{v}{D};$$

gdzie dla powietrza v — szybkość wiatru w cm/sek, D — średnica przewodu w cm oraz C — stała, której wielkość dla ogólnego wypadku jest zależna od ośrodka oraz w małym stopniu zależna również od v i D ; dla interesujących nas praktycznie wypadków $C = 0.185 - 0.20$.

Należy przy tym zaznaczyć, że wiatry silne nie powodują powstawania drgań, a tylko kołysanie się przewodów.

Częstotliwość drgań własnych przewodu wynosi:

$$f_p = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T \cdot g}{W}}$$

gdzie T , W i g — jak poprzednio i L — długość przęsła. W powyższych rozważaniach przyjęto T i W jako wielkości stałe.

W wypadku rezonansu, gdy częstotliwość wspomnianych impulsów odpowiada jednej z harmonicznym częstotliwości drgań własnych przewodu, wówczas powstałe drgania utrzymują się i amplitudy ich pomimo słabych impulsów stają się dość duże. W tym wypadku długość przęsła jest wielokrotnością długości fali.

Ponieważ trudno sobie wyobrazić w terenie stałą szybkość wiatru tak w czasie, jak i w przestrzeni, t. j. na długości całego przęsła, co byłoby warunkiem powstawania i utrzymywania się drgań, przeto M. Preiswerk z firmy „S. A. pour l'Industrie de l'Aluminium” w Neuhausen przypuszcza, że lekkie ruchy falowe powstają przypadkowo w pewnym miejscu przewodu i rozchodzą się na całe przęsło, przy czym o ile częstotliwość powstałych drgań odpowiada jednej z harmonicznym częstotliwości drgań własnych przewodu, wówczas drgania się utrzymują i przewód drgając „współreguluje” do pewnego stopnia częstotliwość impulsów wirów powstających za nim.

W terenie widziano, jak punkty węzłowe fal przesuwały się z lekka w jedną lub drugą stronę, co jest związane ze zmniejszeniem względnie zwiększeniem się ilości fal w przęsle; prawdopodobnie następowało to wskutek zmiany szybkości wiatru.

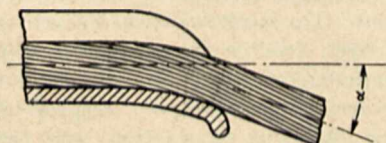
Badania laboratoryjne dotyczące powstawania wibracji napotykają na trudności ze względu na niemożność stworzenia w laboratorium warunków choćby zbliżonych do warunków, w jakich pracują przewody w terenie.

Amplituda drgań na podstawie dotychczasowych badań zdaje się być niezależną od szybkości wiatru.

Dla orientacji co do wielkości występujących najczęściej amplitud, częstotliwości wibracji, jak też i szybkości wiatru, podane są poniżej typowe wyniki niektórych obserwacji, poczynionych przez T. Varney'a, opublikowane przez firmę „Aluminium Union Limited”.

Dla uzupełnienia podanej tabeli należy dodać, że w ogóle zaobserwowane amplitudy drgań dochodziły do ok. 35 mm, przy czym amplitudy ponad 20 ÷ 25 mm rejestrowano bardzo rzadko. Zaobserwowane częstotliwości wynosiły od kilku do ok. 100 okr./sek., najczęściej jednak występują w okolicach wielkości 15 ÷ 20 okr./sek.

W miejscu zawieszenia przelotowego przewód wychodzi z zacisku (rys. 3) pod pewnym kątem α w stosunku do położenia w zacisku (zakładam przy tym, że zacisk, w tym wypadku wieszakowy, znajduje się w położeniu po-

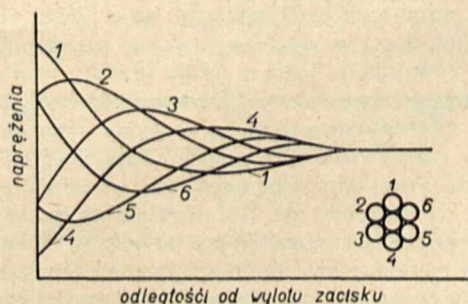


Rys. 3.

Dane obserwowanego przęsła przewodu	Szybkość wiatru m/sek	Częstotliwość drgań na sek	Amplituda drgań w mm
Przewód St—Al ϕ 25,4 mm W = 1,28 kg/m b. a = 365 m T = 3860 kg	2,32	9,5	10
	3,44	12,5	22
	3,58	12,5	21
	3,80	21,5	17
	3,95	18,3	19
	4,47	18,3	10
4,92	20,0	13	
Przewód St—Al ϕ 25,4 mm W = 1,28 kg/m b. a = 366 m	zwis		
	6,16	0,97	8
	6,25	1,08	22
	6,25	1,44	10
	6,25	1,56	16
	6,25	2,22	3
	5,55	2,22	19
	5,55	2,47	19
5,55	2,78	11	
6,25	5,31	5	
6,25	6,25	6	
Przewód St—Al ϕ 27,8 mm W = 1,53 kg/m b. a = 305 m	4,24	0,56	16
	4,03	0,72	19
	3,75	1,25	25
	4,24	1,53	5
	4,27	1,72	19
	6,92	1,94	11
	7,63	2,00	10
	4,39	2,50	19
	7,26	2,78	5
	7,26	2,78	5
	7,47	2,78	3
	3,94	3,33	17
4,48	3,67	3	
Przewód St—Al ϕ 31,7 mm W = 1,985 kg/m b. a = 244 m	2,51	0,72	21
	3,60	1,14	5
	3,33	1,25	16
	3,51	1,28	6
	3,48	1,39	5
	3,42	1,53	19
	3,42	1,58	16
	3,57	1,67	14
	3,33	1,92	14
	3,33	2,03	16
3,60	2,64	10	

ziomym). Kąt α wynika z rozpiętości przęsła i ze zwisu przewodu.

Wskutek wygięcia przewodu w wylocie zacisku powstają w poszczególnych drutach dodatkowe naprężenia rozciągające lub ściskające zależnie od położenia danego drutu w miejscu wygięcia przewodu, które się dodają do naprężeń wynikających z jego naciągu. Charakter przebiegu naprężeń w poszczególnych drutach w pobliżu zacisku dla dość prostego wypadku linki siedmiożyłowej jest uwidoczniony na rys. 4. Z wykresu tego widzimy, że drut 1 znajdujący się w wylocie zacisku (w miejscu zgięcia) na górze ma największe naprężenie, które maleje w miarę oddalania się od zacisku i przejścia drutu

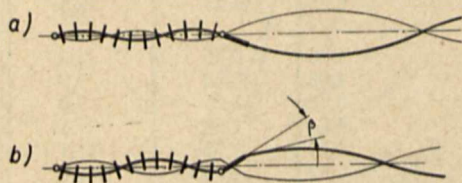


Rys. 4.

wskutek skrętu na dół; naprężenia dodatkowe są w pewnych miejscach ściskające, jak to bardzo wyraźnie widać na powyższym wykresie dla drutu 4. Różnice naprężeń poszczególnych drutów wyrównują się między sobą w miarę oddalania się od zacisku. Zaznaczony na rys. 3 kąt α osiąga wartości rzędu 20° oraz zmienia się ze zmianami obciążenia (zmiany temperatury, sadź) w granicach ok. $2^\circ \div 3^\circ$.

W czasie vibracji przewodu kąt α a z nim i dodatkowe naprężenia w drutach zmieniają się periodycznie z częstotliwością drgań, co powoduje zmęczenie materiału. Po kilku lub kilkunastu milionach takich zmian pęka jeden drut, później drugi; zerwania następnych drutów następują po sobie już coraz szybciej.

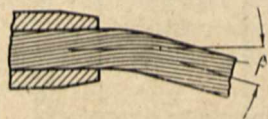
Procesy zachodzące w miejscach zawieszenia przewodu wywołane jego drganiami nie są tego samego rodzaju przy zawieszaniach odciągowych, co i przy przelotowych.



Rys. 5.

Przy zawieszeniu odciągowym drgania nie przenoszą się praktycznie na sąsiednie przęsło i tylko w pewnym stopniu przenoszą się na poprzeczkę słupa i słup. Łańcuch izolatorów i zacisk odciągowy biorą też udział w vibracji, przy czym o ile zacisk odciągowy ma małą masę, to nadaża on za ruchami przewodu (rys. 5a) i ten ostatni nie ulega mocnemu zgięciu w wylocie zacisku;

natomiast w wypadku, przedstawionym na rys. 5b, zacisk odciągowy posiada masę dużą i wskutek tego nie może on nadażyć za ruchami drgającego przewodu i ten ostatni zostaje zgięty w wylocie zacisku o kąt β (rys. 6).



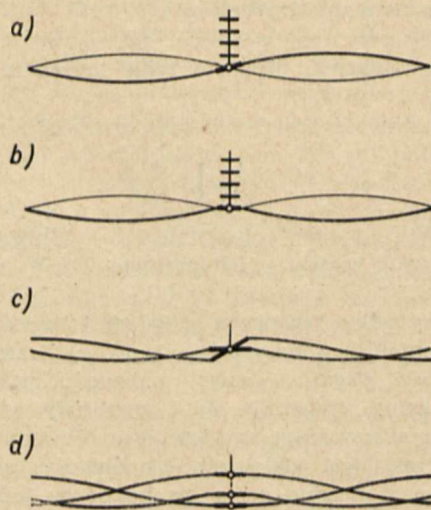
Rys. 6.

Przy zawieszaniach przelotowych energia drgań może się przenosić przez zacisk z jednego przęsła na drugie, sąsiednie; poza tym zacisk wieszakowy stara się nadażyć wibracjom obu przylegających przęsł. Istnieje tu wielka różnorodność przebiegów drgań w miejscach zawieszonych, z których podam kilka szczególnych i najbardziej charakterystycznych wypadków.

A więc, gdy oba sąsiednie przęsła drgają tak, że amplitudy sąsiednich fal po obu stronach zacisku są przesunięte w fazie o 180° — zacisk wieszakowy, o ile jego masa jest bardzo mała, nadaża z łatwością wibracjom (rys. 7a), które nie szkodzą przewodowi. Niekorzystnie natomiast dla przewodu przedstawia się wypadek, gdy amplitudy tych wibracji są w fazie (rys. 7b); tu przewód doznaje zgięć w wylocie zacisku. Gdy zaś wibracje powstają w jednym tylko przęsle, przenoszą się one na przęsło sąsiednie po przez zacisk (rys. 7c).

Jak zaznaczono wyżej, są to tylko wypadki szczególne i w rzeczywistości występuje duża ilość wypadków pośrednich. Poza tym poprzednio nie uwzględniono tego, że punkt zawieszenia nie jest idealnie stały; w rzeczywistości poprzeczka słupa i słup są elastyczne i drgania przenoszą się częściowo na nie; rys. 7d przedstawia kilka kolejnych położenia zacisku wieszakowego w ciągu jednego okresu dla drgań powstających w obu sąsiednich

przęsłach, gdy części słupa również drgają; drgania części słupa mogą tu się stać duże i nawet widoczne oraz mogą się przenosić aż do jego fundamentów, co stwierdzono już w praktyce.



Rys. 7.

Z tych kilku charakterystycznych obrazów drgań w miejscach zawieszonych widzimy, że w każdym razie wibracje będą dla przewodu w tych miejscach tym mniej szkodliwe, im lżejszą będą miały konstrukcję zaciski wieszakowe i odciągowe oraz im większą one będą miały możliwość swobodnego nadażania drganiom przewodów.

Ostatnio zastosowano przy budowie pewnej linii zaciski wieszakowe o bardzo lekkiej konstrukcji wykonane ze stopu aluminiowego antykorozyjnego; wyniki zastosowania tych zacisków nie są nam jeszcze znane.

Sposoby zapobiegania wibracjom lub ich szkodliwemu działaniu mogą iść zasadniczo w dwóch kierunkach:

1) zmiana charakterystycznych elementów linii mających wpływ na występowanie drgań, a mianowicie: zmniejszenie przelotów (długości przęsł) i naprężeń w przewodach;

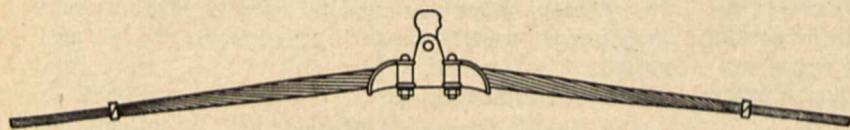
2) zawieszenie na zagrożonych przewodach specjalnych urządzeń przeciwwibracyjnych, które tłumią drgania albo wzmacniają przewód w jego najsłabszych i jednocześnie najbardziej zagrożonych przez drgania punktach.

Sposoby podane w punkcie 1 są nieekonomiczne; zmniejszając długości przęsł powiększamy ilość słupów, a zmniejszając naprężenia w przewodach powiększamy zwisy (a zatem i wysokości słupów) oraz ułatwiamy kołysanie się przewodów pod wpływem wiatru.

Drugi kierunek walki z wibracjami, t. j. stosowanie urządzeń przeciwdrganiowych, jest dziś powszechnie stosowany; poniżej są podane oraz krótko omówione najbardziej znane rodzaje takich urządzeń.

Wiązka uzbrojeniowa (ang.: armor rod, niem.: Schutzdrähte) konstrukcji T. Varney'a stosowana do przewodów aluminiowych i stalowo-aluminiowych jest bardzo rozpowszechnionym urządzeniem, szczególnie w Ameryce. Urządzenie to składa się z 8 lub przeważnie z 10 drutów aluminiowych w wykonaniu cylindrycznym środkowej części i o stożkowo zwężających się obu końcach (dla dużych średnic przewodów); mogą być również druty o jednakowej średnicy na całej ich długości (dla małych średnic przewodów). Wiązka taką przewód zostaje mocno okręcony w miejscu jego zawieszenia w zacisku nośnym (rys. 8) za pomocą specjalnych narzędzi.

Zadanie wiązek uzbrojeniowych polega nie na tłumieniu wibracji (są one przez wiązki częściowo tłumione, lecz w minimalnym stopniu), a na wzmocnieniu przewodu w jego najslabszym oraz najbardziej czułym na wi-



Rys. 8.

bracje punkcie. Przez dodanie wiązki zostaje powiększony przekrój przewodu i jego moment bezwładności w wylocie zacisku, wskutek czego zgięcia przewodu podczas występowania drgań są o wiele łagodniejsze, niż w wypadku bez użycia wiązki.

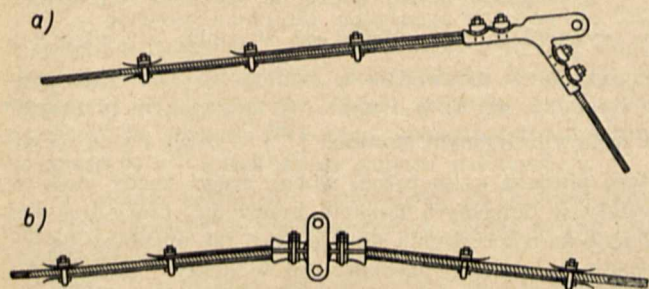
Badania laboratoryjne, przeprowadzone przez T. Varney'a na przewodach zamocowanych w zaciskach bez żadnej ochrony oraz dla porównania na przewodach uzbrojonych w wiązki wykazały kilkakrotnie większą trwałość tych ostatnich.

Poza tym o zaufaniu do tego rodzaju zabezpieczenia świadczy fakt, że w latach 1930 i 1931 zostało zainstalowanych tylko w Stanach Zjednoczonych 528 000 kompletów „armor rods”.

Wiązki uzbrojeniowe wymagają zacisków wieszakowych o odpowiednio większych wymiarach, niż przewód bez wiązek, i z tego powodu nie mogą być one zainstalowane dodatkowo bez wymiany zacisków wieszakowych na istniejącej już linii.

Oprócz wzmocnienia przewodu chronią go wiązki w razie powstania łuku między nim a masą słupa, o ile jest brak armatur ochronnych.

Uzbrojeniem wzmacniającym przewód w miejscu jego zawieszenia jest również taśma stalowa Hofmanna (rys. 9); może być ona użyta zarówno w zaciskach wieszakowych (rys. 9b), jak i odciągowych (rys. 9a). Taśma taka zostaje przymocowana do przewodu za pomocą nakładek i śrub w miejscu zawieszenia, jak na rysunku.



Rys. 9.

Ochrona przewodu za pomocą takiej taśmy na podstawie prób laboratoryjnych okazała się nie gorsza, niż przy zastosowaniu wiązek uzbrojeniowych. Niezależnie od wzmocnienia przewodu w miejscu zawieszenia stwierdzono tu również działanie tłumiące; amplitudy drgań były zmniejszone o ok. 30% w porównaniu z przewodem nieuzbrojonym.

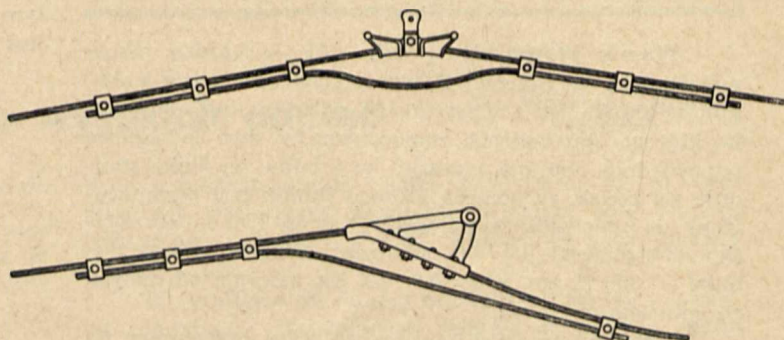
Ważną zaletą tego uzbrojenia w porównaniu z wiązką uzbrojeniową jest to, że średnica przewodu ze zmontowaną na nim taśmą nie wiele tylko różni się od średnicy przewodu gołego, tak że użycie tego urządzenia dodatkowo dla linii już istniejącej i nie posiadającej żadnych armatur przeciwdrganiowych nie musi być na ogół związane z wymianą zacisków, na których jest zawieszony

przewód, podczas gdy w wypadku zastosowania dodatkowo „armor rods” wymiana zacisków jest konieczna.

Zabezpieczenie Bate'a, rozpowszechnione w Ameryce i Australii — jest to odcinek tego samego przewodu, co i przewód chroniony, o długości ok. 8 metrów, przymocowany równoległe do przewodu głównego (chronionego) za pomocą lekkich zacisków w miejscach zawiesznień — używane zarówno przy zawieszniach przelotowych, jak i odciągowych (rys. 10a i b).

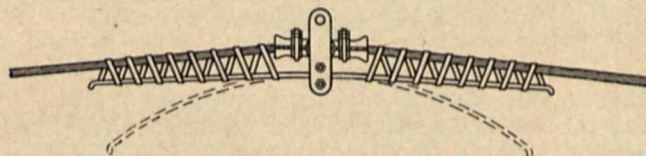
Urządzenie to może być stosowane z powodzeniem jako środek prowizoryczny.

Tłumik Ryle'a (rys. 11) — jest to pręt stalowy sprężynujący w kształcie łuku w stanie niezmontowanym; środek tego pręta zostaje przymocowany do zacisku, zaś oba jego ramiona zostają przyciągnięte i przymocowane do przewodu przy pomocy bandaży skórzanego (jak na rysunku) lub specjalnych zacisków. Liniami przerywanymi jest na rysunku zaznaczone położenie pręta w stanie swobodnym.



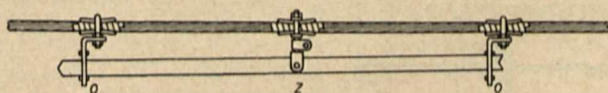
Rys. 10.

Urządzenie to zostało podane przez P. J. Ryle'a, jako wzmacniające, jednak oprócz znacznego zmniejszenia wygięć przewodu w wylocie zacisku podczas drgań tłumi ono jednocześnie drgania dość silnie.



Rys. 11.

Tłumik o drgającej dźwigni (niem.: Schwinghebel-dämpfer, fr.: amortisseur à levier oscillant) firmy Vereinigte Aluminiumwerke A. G. (Lautawerk) — jest to pręt stalowy w formie płaskownika, o długości 0,7 ÷ 1,9 metra i wadze od jednego do kilku kilogramów, zawieszony na przewodzie (rys. 12) w odległości 1 ÷ 2 metrów od zacisku. Pręt ten jest zawieszony po środku (z) nieco ekscentrycznie, tak że w spokoju dłuższe jego ramię przeważa i jeden lub oba końce są oparte na progu okienek (o) przymocowanych do przewodu.



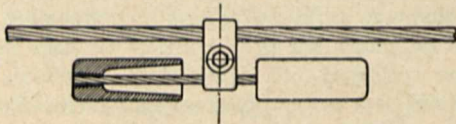
Rys. 12.

Drgania przewodu powodują serię uderzeń końców pręta w progi okienek, co daje w rezultacie tłumienie tych drgań. Uderzenia te zakłócają rezonans drgań, poza tym pochłaniają część ich energii.

W interesujący sposób tłumaczy funkcjonowanie tego tłumika P. J. Ryle: ma ono polegać na zamianie drgań powstałych w przewodzie o częstotliwościach rzędu $20 \div 30$ okr./sek. — wskutek uderzeń — na drgania o wysokiej częstotliwości ok. 3 000 okr./sek., które są już z łatwością tłumione przez tarcie wewnętrzne przewodu. Ryle podaje, że odgłosy, jakie się słyszy w czasie pracy tego tłumika, nie są seriami uderzeń, lecz gwizdy i świergoty.

Efekt działania tego tłumika jest bardzo znaczny.

Pomimo bardzo dobrego tłumienia urządzenie to posiada wady: hałaśliwa jego praca jest uciążliwa dla ludzi mieszkających w pobliżu, poza tym zużycie tego tłumika jest szybkie, np. w pewnym wypadku już po 2 dniach pracy stwierdzono zniszczenie ocynkowania wskutek uderzeń.



Rys. 13.

Tłumik Stockbridge'a (rys. 13) — bardzo rozpowszechniony w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie i Anglii — składa się z elastycznego odcinka linki stalowej, na którego obu końcach zamocowane są dwa jednakowe odpowiednio dobrane ciężarki; w środku tej linki znajduje się zacisk, za pomocą którego tłumik jest przymocowany do przewodu w odległości 0,3 do 1,75 m od zacisku odciągowego lub wieszakowego. Długość całego tłumika — $30 \div 70$ cm, waga $0,9 \div 8,5$ kg, zależnie od danych chronionego przewodu.

Drgający przewód porusza za sobą zawieszony na nim tłumik, ciężarki tłumika zostają wprawione również w ruch drgający i wtedy tłumik zaczyna działać; energia drgań przewodu zostaje w tłumiku zniszczona częściowo przez tarcie drutów elastycznej linki, na której są zawieszony ciężarki, częściowo zaś przez histerezę mechaniczną.

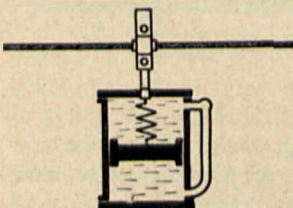
Efekt tłumienia dla danej częstotliwości drgań zależy tu od okresu drgań własnych tłumika:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\varphi}{g}}$$

gdzie φ — strzałka ugięcia linki elastycznej w punkcie ciężkości ciężarka tłumika w stanie spokoju oraz g — przyspieszenie ziemskie.

Tłumik Stockbridge'a jest obecnie bodaj że najlepszym tłumikiem. Obserwacje w terenie wykazały, że tłumiki Stockbridge'a likwidują drgania przewodów praktycznie całkowicie, t. j. redukują je do rozmiarów tak minimalnych, że nie szkodzą one materiałowi przewodu. Aby osiągnąć pożądaną efekt, bardzo ważne jest dobranie odpowiednich wymiarów i wag oraz zawieszenie tłumika we właściwej odległości od punktu zawieszenia przewodu.

Poza tym dobrym tłumikiem, choć mało używanym jest tłumik tłokowy (Szwecja, Niemcy). Jest to cylinder z przymocowanym do niego wewnątrz za pomocą sprężyny tłokiem, zawieszony na przewodzie (rys. 14). Przy występowaniu drgań tłok porusza się w cylindrze oraz przepycha tam i z powrotem oliwę przez ciekłą rurkę łączącą przestrzeń nad i pod tłokiem.



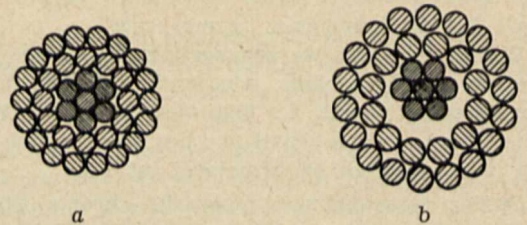
Rys. 14.

Aby zorientować w skuteczności działania omówionych urządzeń, podam tu wyniki badań przeprowadzonych przez P. J. Ryle'a na niektórych armaturach przeciwwibracyjnych; według powyższych badań tłumienie wibracyj przez poszczególne aparaty przy normalnie spotykanych częstotliwościach, przedstawia się, jak następuje:

Tłumik Stockbridge'a	ok. 100%
„ o drgającej dźwigni	$80 \div 90\%$
„ Bate'a	$50 \div 80\%$
„ Ryle'a (E. J.)	$50 \div 70\%$
wiązka uzbrojeniowa Varney'a	ok. 10%

Oprócz opisanych urządzeń przeciwwibracyjnych zasługuje na uwagę ciekawa konstrukcja „przeciwwibracyjna” przewodu opracowana przez firmy „Industrie d'Aluminium” w Neuhausen oraz „A. G. Bayernwerk” mająca zastosowanie dla przewodów stalowo-aluminiowych.

Konstrukcja przewodu przeciwwibracyjnego na przykład stalowo-aluminiowego różni się od konstrukcji normalnego przewodu stalowo-aluminiowego zasadniczo tym, że dusza stalowa przewodu normalnego (rys. 15a) jest opleciona ściśle warstwą drutów aluminiowych, tak



Rys. 15.

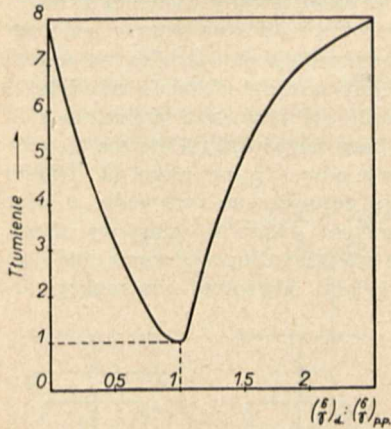
że wszystkie warstwy drutów przylegają do siebie i wskutek tarcia nie mogą się przesuwać względem siebie, podczas gdy przewód przeciwwibracyjny (rys. 15b) składa się z pustego przewodu (płaszczka) złożonego z drutów aluminiowych, w którym znajduje się zupełnie luźno dusza stalowa o mniejszej średnicy zewnętrznej, niż średnica wewnętrzna warstwy drutów aluminiowych.

Z podanego wyżej wzoru na szybkość fali wynika, że szybkość ta jest zależna od stosunku $\frac{\sigma}{\gamma}$, gdzie σ — napężenie w przewodzie w kg/mm^2 i γ — waga przewodu w $\text{kg. ma. b. i. mm}^3$. W omawianym przewodzie przeciwwibracyjnym stosunek $\left(\frac{\sigma}{\gamma}\right)_d$ — duszy i $\left(\frac{\sigma}{\gamma}\right)_{pp}$ — pustego płaszczki — są różne, wobec czego każdy ruch powstały w dowolnym punkcie przewodu, który ma tendencję do rozchodzenia się w postaci fal, musiały się rozchodzić z różnymi szybkościami w duszy i pustym płaszczku i wskutek tej różnicy szybkości zostaje zlikwidowany.

M. Preiswerk podaje tłumienie (stosunek amplitud dwóch następujących po sobie drgań) w zależności od stosunku $\left(\frac{\sigma}{\gamma}\right)_d : \left(\frac{\sigma}{\gamma}\right)_{pp}$, jak to jest przedstawione na wykresie rys. 16. Aby otrzymać dobre tłumienie drgań M. Preiswerk zaleca, żeby stosunek $\left(\frac{\sigma}{\gamma}\right)_d : \left(\frac{\sigma}{\gamma}\right)_{pp}$ był większy, niż 1,4, lub mniejszy, niż 0,5.

Przewody opisowej konstrukcji posiadają poza tym ważną zaletę: lepsze wykorzystanie materiału w stosunku do przewodów normalnych bimetalicznych. Jako przykład wezmę tu znowu najbardziej znaną kombinację: przewód stalowo-aluminiowy. W takim przewodzie konstrukcji normalnej napężenia rozkładają się na stal i aluminium w stosunku ich modułów elastyczności, któ-

ry wynosi w przybliżeniu 3. Ponieważ stosunek wytrzymałości tych obu metali wynosi ok. 7, przeto widzimy, że stal nie jest całkowicie wykorzystana. Przewód konstrukcji przeciwwibracyjnej pozwala na racjonalny rozdział naprężeń na stal i aluminium i lepsze wykorzystanie materiału, ponieważ naciągi duszy stalowej i pustego płaszcza aluminiowego można dowolnie regulować. Wadami omawianego przewodu są: dość skomplikowany jego montaż, konieczność użycia specjalnej armatury zawieszeniowej oraz łatwość uszkodzenia jego zewnętrznych warstw aluminiowych (w wypadku przewodu st.-al.).



Rys. 16.

wej oraz łatwość uszkodzenia jego zewnętrznych warstw aluminiowych (w wypadku przewodu st.-al.).

Na zakończenie nadmienię, że budowana obecnie linia przesyłowa Mościce — Starachowice jest wyposażona w wiązki uzbrojeniowe (armor rods) Varney'a przy zawieszaniach przelotowych oraz w tłumiki Stockbridge'a w przesłach przylegających do zawiesznień odciągowych lub odciągowo-wieszakowych.

Przy opracowywaniu niniejszego referatu posłużyłem się następującymi publikacjami:

- 1) R. G. Sturm. Vibration of cables and Dampers. Electrical Engineering, May 1936.
- 2) T. Varney. Schwingungserscheinungen in Freileitern. Les Progrès de l'Aluminium.
- 3) W. W. Jaworski. Wozdusnyje linii elektro-pieriedacz.
- 4) Referaty: P. J. Ryle'a, H. Leboutoux, J. Nefzgera, M. Preiswerk'a, W. Zammit'a i M. Hostench'a — na Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieci Elektrycznych w Paryżu w latach 1933 i 1935.
- 5) J. Gröbl u. H. Glaser. Entwicklung der Seilbauarten u. ihre Bewahrung im Freileitungsbau. ETZ. 1936.

Słupy stalowe do linii bardzo wysokich napięć

Inż. Widelec Zygmunt,
Warszawa

Streszczenie. Słupy drewniane. Słupy żelbetowe. Słupy stalowe. Stał jako materiał do budowy słupów. Typ wspornikowy i jego odmiany. Typ wieżowy i jego odmiany. Porównanie obu typów. Słupy specjalne do przekraczania rzek i wąwozów. Wskazówki dla projektowania.

W kosztach budowy linii napowietrznej wysokiego napięcia koszt słupów i ich fundamentów odgrywa ważną rolę, gdyż wynosi on ok. 40 ÷ 45% kosztu całej linii (por. „Elektryczestwo” r. 1931 str. 906). Jasną jest przeto rzeczą, że racjonalne i celowe rozwiązanie konstrukcji słupów dać może znaczne oszczędności ogólnego kosztu linii.

Co się tyczy materiału używanego na słupy do linii b. wysokich napięć, to, ostatnio, prawie wyłącznie stosowana jest stal. Statystyka amerykańska (por. H. V. Pannel „High Tension Line Practice” str. 103) wykazuje, że przeszło 98% linii przesyłowych o napięciu ponad 60 kV opiera się na słupach stalowych.

Z innych materiałów używanych do budowy słupów linii napowietrznych b. wysokich napięć należy wymienić drewno i żelbet.

Słupy drewniane odznaczają się taniością, łatwością wykonania i montażu oraz dużą opornością elektryczną. Natomiast posiadają małą wytrzymałość mechaniczną i łatwo podlegają niszczącym wpływom czynników atmosferycznych. W celu powiększenia odporności na czynniki atmosferyczne nasycane są zawsze rozmaitymi środkami przeciwnilnymi. Mimo to rzadko przekraczają wiek 15 ÷ 20 lat. Dużą wadą słupów drewnianych jest ponadto ta okoliczność, że ich wysokość jest ograniczona. Słupy wyższe niż 18 m tylko z trudnością dostać można na rynku, przy czym cena jednostkowa znacznie wzrasta. Jeśli od tego odjąć 3 m na zagłębienie słupa w ziemi, to do najwyższego przewodu będziemy mieć od ziemi 15 m w wypadku izolatorów stojących, zaś odpowiednio mniej przy izolatorach wiszących. Ta okoliczność jak również wspomniana wyżej mała wytrzymałość mechaniczna powodują to, że przy słupach drewnia-

nych rozpiętość przęsła rzadko przewyższa 150 m. Wynika stąd konieczność stosowania większej ilości słupów, izolatorów i armatury, a więc zwiększa się koszt budowy i eksploatacji.

W rezultacie dla linii o napięciu ponad 110 kV używa się słupów drewnianych jedynie w krajach, gdzie drzewa jest pod dostatkiem, stal zaś jest stosunkowo droga.

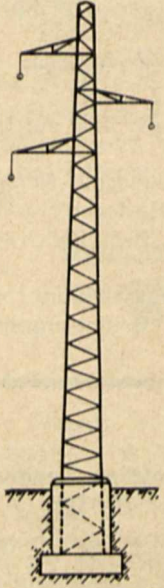
Wspomnieć należy jeszcze o liniach mieszanych, tj. takich, gdzie słupy przelotowe są drewniane, odporowe zaś i narożne — stalowe. Kombinacja ta zadawalająca z mechanicznego punktu widzenia przedstawia pewne niedogodności z punktu widzenia elektrycznego. Słupy stalowe stanowią bowiem wtedy słabe punkty, jeśli chodzi o odporność linii przeciwko wyładowaniom atmosferycznym.

Słupy żelbetowe dotychczas używane były b. rzadko. Powodem jest to, że są one stosunkowo bardzo ciężkie. Przeważnie są przekroju rurowego, rzadziej — w postaci belek Virendeel'a lub Visintini'ego, wytwarzane bywają w pozycji leżącej, nie opodal miejsca postawienia, a następnie podnoszone i osadzone. Zaletą ich jest trwałość niemal wieczna i minimalne koszty eksploatacji. Odcinek wybudowanej w ostatnich latach linii 220 kV z Cardano do Cislago w Italii opiera się na słupach żelbetowych.

Najbardziej rozpowszechnione i najbardziej różnorodne w kształtach są słupy stalowe. Wysoka wytrzymałość stali daje jej znaczną przewagę nad innymi materiałami. Słupy stalowe są znacznie lżejsze od żelbetowych, przewyższają znacznie trwałością słupy drewniane, pozwalają na największe przęsła. Z łatwością mogą prowadzić dwa i więcej nawet torów w dowolnym układzie przewodów. W porównaniu ze słupami żelbetowymi mają jeszcze i tę zaletę, że przychodzą na teren budowy kompletnie zmontowane, ew. w częściach, które łatwo ze sobą się łączą, tym samym roboty na miejscu budowy polegają jedynie na zestawieniu i ustawieniu słupa. Słupy żelbetowe natomiast muszą być ze względu na swą wielką wagę wykonywane w polu w najrozmaitszych przy tym

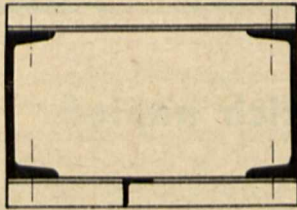
punktach, a więc w warunkach mniej korzystnych, niż w specjalnie do tego dostosowanym warsztacie. Ponadto wyrób i montaż słupów żelaznych może być prowadzony także i w porze zimowej, co nie jest bez znaczenia w krajach o ostrzejszym klimacie.

Słupy stalowe podzielić można na dwie wielkie grupy.



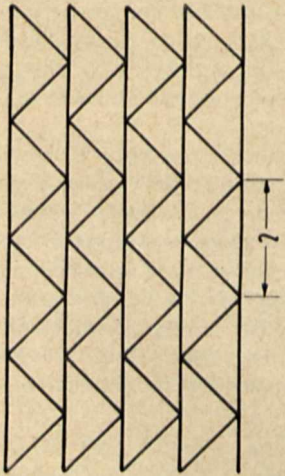
Rys. 1.

Pierwsza z nich (rys. 1), którą w dalszych rozważaniach będziemy nazywać „typem wspornikowym”, stanowi właściwie odmianę słupa drewnianego wykonaną ze stali. Jest to również wspornik osadzony w ziemi w betonowym zazwyczaj fundamencie. Składa się z dwóch lub czterech (rzadko z większej ilości) kształtowników podłużnych, t. zw. krawężników, powiązanych ze sobą krzyżulcami i ewentualnie jeszcze prętami poziomymi.



Rys. 1a.

Przy mniejszych obciążeniach stosowany bywa słup z dwóch ceówek (rys. 1a), przy większych — z czterech zazwyczaj kątowników powiązanych zastrzałami. Zakratowanie w rozwinięciu przedstawia rys. 2. Przy takim zakratowaniu wyboczenie kątowników krawężnikowych następuje na długości „l”, lecz nie wg osi minimalnego momentu bezwładności (oś $\eta-\eta$ na rys. 3), lecz wg osi $x-x$ (por. rys. 3).



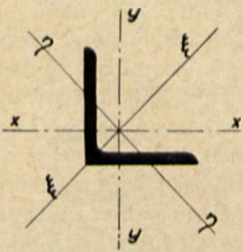
Rys. 2.

Typ wspornikowy bywa stosowany przeważnie dla linii jednotorowych, rzadziej — dwutorowych.

Przy jednym torze układ przewodów jest zazwyczaj taki, jak na rys. 4, lub też, choć stosunkowo rzadziej, taki, jak na rys. 5.

Słup tego typu odznacza się krótkimi wspornikami do zawieszenia przewodów (ze względu na zmniejszenie obciążenia skręcającego słup w wypadku zerwania przewodu), co powoduje konieczność układu przewodów w pionie.

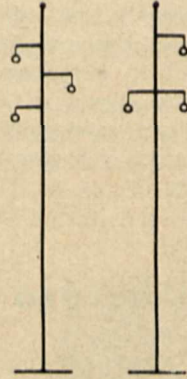
Przy obliczaniu pionowej odległości wsporników należy liczyć się z możliwością odprysnięcia sadzi na przewodzie dolnym, przy obecności jej na przewodzie górnym. Odległość pionowa przewodów winna być tak dobrana, aby nawet w takim wypadku między przewodami zachowana



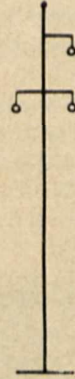
Rys. 3.

została minimalna odległość zabezpieczająca od przesko-ku. Przy linii dwutorowej mamy większą rozmaitość układu przewodów.

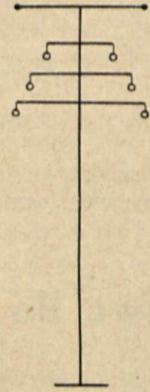
Rys. 6a przedstawia układ zwany „jodelką prostą”, rys. 6b — „jodelką odwrotną”. Jodelka prosta jest bardziej uzasadniona z konstrukcyjnego punktu widzenia, gdyż najdłuższe ramię jest w tym układzie na dole, a więc na wypadek zerwania się przewodu najbardziej od osi słupa odległego, tj. przy największym skręcaniu momenty gnące u podstawy słupa są mniejsze. Z drugiej strony przy zerwaniu się najwyższego przewodu, a więc dającego największy moment gnący u podstawy słupa, skręcanie na skutek nie wielkiej długości wspornika jest znacznie mniejsze. Dla jodelki odwrotnej oba maksymal-



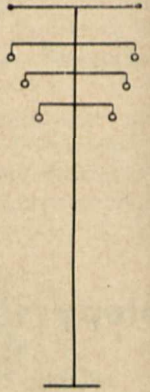
Rys. 4.



Rys. 5.



Rys. 6a.



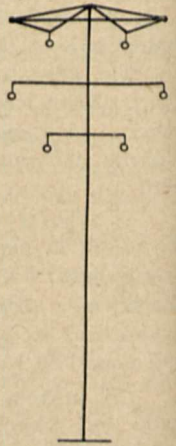
Rys. 6b.

ne momenty: skręcający i zginający występują jednocześnie na wypadek zerwania się jednego z najwyższych zawieszonych przewodów.

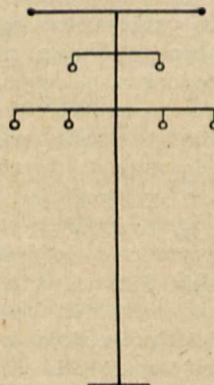
Pośrednim układem jest układ „beczkowy” lub sześciokątny, korzystny ze względu na równowagę elektryczną (rys. 7).

Wreszcie układ „dunajski” prosty lub odwrotny (rys. 8a i 8b) jest przejściem od układu jodelki do układu płaskiego.

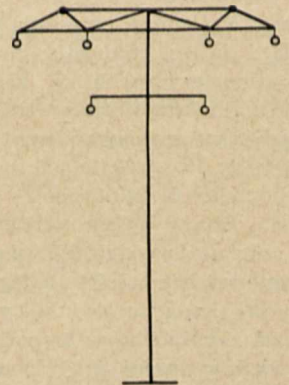
Układ płaski przy poprzeczce sztywno ze słupem związanej niechętnie jest stosowany, jako dający wielkie naprężenia skręcające na wypadek zerwania skrajnego przewodu, a stąd — ciężkie słupy. Słupy te są poza tym nieestetyczne, niecelowość konstrukcji rzuca się niemal w oczy.



Rys. 7.

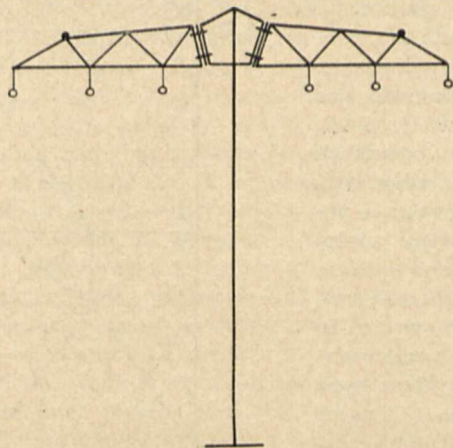


Rys. 8a.



Rys. 8b.

O wiele racjonalniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie poprzeczki ruchomej, która będąc sztywną w kierunku pionowym może wahać się w kierunku linii. W wypadku zerwania się jednego z przewodów poprzeczka poprostu poddaje się aż do momentu, gdy różnica naciągów pozostałych przewodów oraz ewentualnych linek uziemiających zrównoważy jednostronny naciąg powstający od sąsiedniego przęsła zerwanego przewodu. Typowym przykładem tego rodzaju konstrukcji jest słup firmy „AEG” (rys. 9).

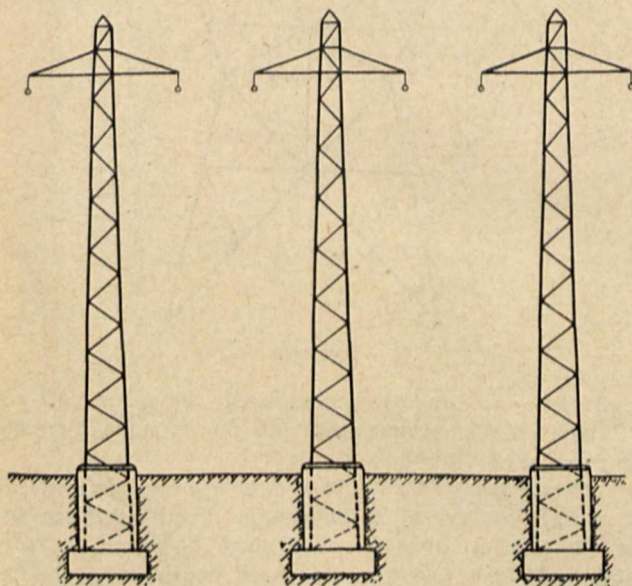


Rys. 9.

Odmianą typu „wspornikowego” jest tzw. „bramka” utworzona z dwu słupów powyższego typu związanych poziomą poprzeczką. Konstrukcja taka jest dogodna ze względu na łatwy montaż i dozór przewodów, pod względem statycznym jednak, ustępuje słupom t. zw. wiązarko-bramowym, o których będzie mowa dalej.

Kończąc rozważania nad typem „wspornikowym” należy wspomnieć o niezwykle racjonalnym z mechanicznego punktu widzenia zastosowaniu tego typu do linii dwutorowej. Rzecz polega na tym, że dwutorowa linia opiera się na trzech identycznych niezwiązanych ze sobą słupach typu „wspornikowego”, z których każdy opiera się na osobnym fundamencie (rys. 10).

Takie rozwiązanie sprawy daje konstrukcję w wykonaniu prostą i łatwą do przewożenia i montażu, a, co najważniejsze, lżejszą i tańszą od innych. Przedstawia ono jeszcze i tę dodatkową korzyść, że na wypadek uszkodze-



Rys. 10.

nia jednego ze słupów linia niekoniecznie musi być wyprowadzona z pracy do czasu naprawy.

Normalnie zawieszają przewody jednego toru na lewym słupie i lewym wsporniku słupa środkowego, drugi zaś — na prawym słupie i prawym wsporniku środkowego słupa. Stosowane czasem zawieszanie na każdym słupie dwóch faz różnych torów należy uznać za mniej korzystne rozwiązanie.

Wadą tej konstrukcji jest szeroki pas wywłaszczenia i z tego powodu jest ona nie do zastosowania w rejonach z dużą gęstością zaludnienia, natomiast można i należy stosować ją przy przejściach przez okolice pustynne, gdzie szerokość zajętego przez linię pasa nie odgrywa roli. Układ ten zastosowano ostatnio w Rosji na jednej z linii Dnieprostroja.

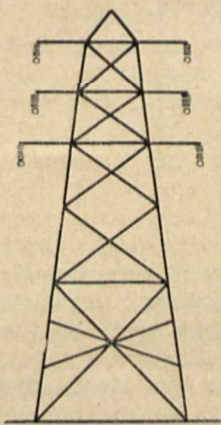
Jeśli chodzi o konstrukcyjne rozwiązanie słupa typu wspornikowego, to sprawa ta sprowadza się do wybrania typu zakratowania. Zazwyczaj stosuje się bądź zakratowanie prostokątne krzyżowe, bądź trójkątne. Zakratowanie prostokątne ma tę dobrą stronę, że ścisaniu podlegają jedynie krótkie pręty poziome, zaś długie skosy są rozciągane. Wyzyskanie materiału jest tu więc racjonalne. Przy zakratowaniu trójkątnym skosy pracują na przemian to na ścisaniu, to na rozciąganiu i z tego powodu ich przekroje wypadają większe. O sposobie zakratowania rozstrzyga zwykle mniejsza waga słupa, choć jest to dość zawodny miernik, bo nie zawsze konstrukcja najlżejsza jest najtańsza, a nie należy zapominać, że przy zakratowaniu prostokątnym mamy trzy razy więcej prętów zakratowania, niż przy trójkątnym. Nadto profile małe zazwyczaj są wysoko dopłatowe i tak np.:

1 mb kątowniki L 30.45.5 o wadze 2,77 kg/mb jest droższy, niż 1 mb kątowniki L 45.45.5 o wadze 3,38 kg/mb.

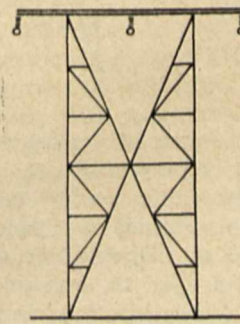
Typ wspornikowy w normalnym wykonaniu jest wygodny przy przejściach przez miejscowości gęsto zaludnione, szczególnie większe miasta, gdyż dzięki małym wymiarom swej podstawy nie wymaga on wykupywania większego placu.

Z kolei przechodzimy do drugiej grupy słupów, którą nazywają zwykle typem „amerykańskim” lub wieżowym. W odróżnieniu od typu „wspornikowego” cechuje się on w pierwszym rzędzie szeroką podstawą. Zazwyczaj stoi on na czterech, rzadziej trzech nogach, z których każda opiera się na własnym fundamencie. Fundamenty muszą tu być skonstruowane tak, aby sprzeciwiały się także wrywaniu, co zazwyczaj uzyskuje się przez wyzyskanie ciężaru bryły ziemi, jakoby musiał fundament dźwignąć przy ruchu do góry, rzadziej — ciężarem samego fundamentowego.

Najwcześniejszą odmianą słupa typu amerykańskiego jest słup przedstawiony na rys. 11. Kształtem zbliża się on do słupa wspornikowego i różni się odeń jedynie większą bazą. Dalszy rozwój kon-



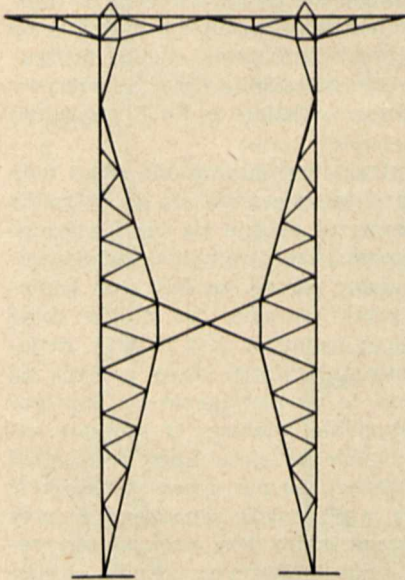
Rys. 11.



Rys. 12.

struktury słupa typu amerykańskiego doprowadza do tzw. słupa bliźniaczego, którego najprostsz przykład pokazuje rys. 12.

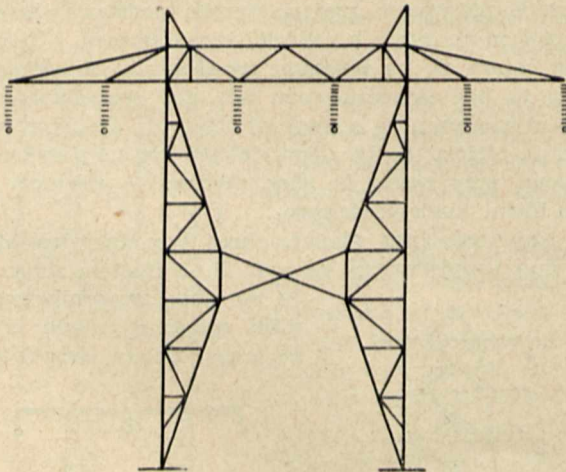
Typ ten nie stanowi zadawalającej konstrukcji z mechanicznego punktu widzenia. Filary niepotrzebnie są tak szerokie, gdyż krata przednia i tylna pracują jedynie od wiatru prostopadłego do linii, dla normalnego zaś słupa przelotowego o wiele groźniejsze jest obciążenie na wypadek zerwania przewodu. Toteż znacznie bardziej racjonalna jest konstrukcja podana na



Rys. 13.

rys. 13 przedstawiająca typ użyty na jednej z linii Świrstroja w Rosji. Konstrukcja poprzeczki jest tu jednak dość skomplikowana, mamy tu bowiem łuk trójprzegubowy, co wraz z przegubem środkowym i dwoma stopowymi daje aż sześć przegubów. Ponieważ rzeczywiste przegubowe połączenia są dość drogie, przeto w praktyce daje się przeguby w ten sposób, że zmniejsza się przekrój w danym punkcie. Ale wtedy nie ma w rzeczywistości przegubu tam, gdzie go w rachunku zakładamy i praca rzeczywista prętów słupa jest inna, niż w obliczeniu, a tego należy o ile możliwości unikać.

Pod tym względem lepszy jest typ pokazany na rys. 14, który został w Polsce opatentowany przez firmę A. E. G. Zastępując w nim bądź przegub środkowy, bądź przeguby górne sztywnym związaniem otrzymujemy słupy jeszcze sztywniejsze, lecz nieco cięższe.



Rys. 14.

Na rys. 15 przedstawiony jest typ słupa powszechnie stosowany w U. S. A. przez concern Gas-Electric Company. Słup ten jest dość ekonomiczny i prosty w konstrukcji. Posiada on jednak tę samą wadę, co słup na rys. 12, tj. niepotrzebnie szerokie filary.

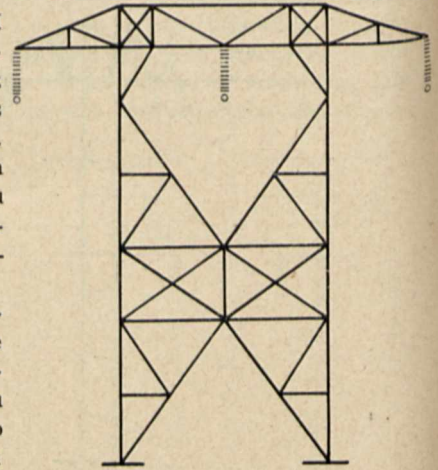
Na rys. 16, wreszcie, mamy typ słupa użyty w U. S. A. na linii Conovingo. Jest to słup trzykrotnie statycznie niewyznaczalny, a więc trudny do prawidłowego

obliczenia, nadto należy w nim uwzględnić naprężenia montażowe i cieplne, które przy słupach hyperstatycznych grają dużą rolę. Z tego powodu waga jego będzie stosunkowo wyższa, ale też i sztywność znaczna. Wyróżnia się on pięknym kształtem i racjonalnym zakratowaniem.

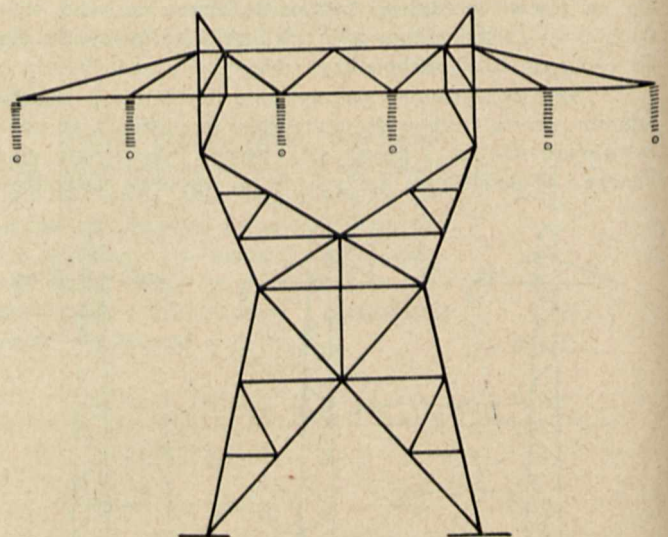
Porównując obie grupy słupów tj. typy: wspornikowy i wieżowy widzimy, że lżejszy jest typ wieżowy. Zato jego szeroka podstawa czyni go nie właściwym przy przejściu przez gęsto zaludnione okolice. I tak np. ostatnio wybudowana linia z Boulder Dam do Los Angeles w U. S. A. ma na odcinkach miejskich słupy typu wspornikowego, a poza tym—typu wieżowego.

Pewną rolę odgrywa czasem to, że lekkie a przestrzenne części słupa typu wieżowego trudno dają się ładować na wagony kolejowe. W ogóle transport tych słupów jest znacznie trudniejszy, niż słupów typu wspornikowego.

Jeśli chodzi o zakratowanie słupów typu amerykańskiego, to trzeba tu rozdzielić dwie części: poprzeczkę i filary. Poprzeczka zazwyczaj przekroju trójkątnego rzadziej prostokątnego otrzymuje prostokątne lub też trójkątne zakratowanie. Lepsze wydaje się zakratowanie trójkątne ze względu na szybsze przenoszenie się siły ku podporom, jak również ze względu na mniejszą ilość prętów. Krata dolna poprzeczki musi być specjalnie mocna



Rys. 15.



Rys. 16.

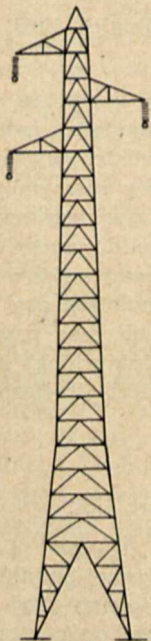
ze względu na zdolność przeniesienia sił poziomych powstałych od różnicy naciągów lub na wypadek zerwania się przewodu.

Co się tyczy filarów, to w kracie prostopadłej do linii stosują zazwyczaj zakratowanie prostokątne krzyżowe lub przekątniowe, zaś w kratkach bocznych — trójkątne podwójne. Ostatnio zaczynają wprowadzać w kratkach bocznych zakratowanie półskosami, tzw. „krata li-

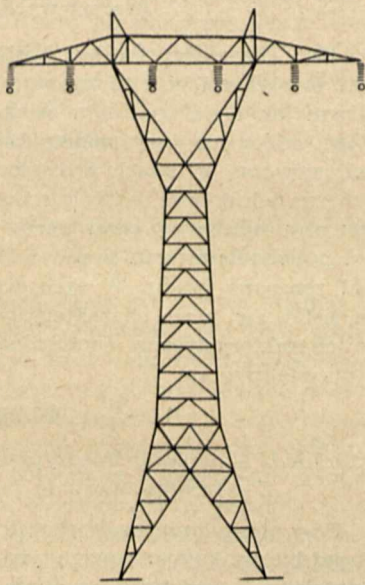
tery K", co należy uznać za racjonalne, gdyż zmniejszają się długości wybočenja prętów ściskanych. W ogóle dążyć należy do tego, aby pręty ściskane były niezbyt długie (nie dłuższe niż 2,0 do 2,5 m). Pręty drugorzędne, pracujące tylko na niewielkie siły od wiatru na słup, podbiera się ze względu na wiotkość (wysmukłość), przy czym jako górną granicę uważają liczbę 200 lub 250. Należy wystrzegać się prętów o zbyt cienkich ściankach, które łatwo ulegają przerdzewieniu. Jako minimalny profil można przyjąć L 45.45.5, lub lepiej L 50.50.5. Narożniki daje się zazwyczaj z dwu, rzadziej czterech, kątowników na krzyż, przewiązanych co pewna odległość blachami w obu kierunkach lub, co lepiej, spawanych ze sobą co pewną odległość. Przy poprzeczkach na narożniki kraty dolnej stosują niekiedy ceówki i wtedy zakratowanie kraty dolnej musi być o wiele gęściejsze niż krat frontowych ze względu na to, iż moment bezwładności ceówki względem osi, równoległej do ścianki, jest mały.

Stal pozwala na wznoszenie słupów o wielkiej wysokości i wytrzymałości. Słupy takie potrzebne są przy przekraczaniu rzek i wąwozów, gdy trzeba stosować przęsła krzyżujące o wielkiej rozpiętości. Ponieważ przy takim przekraczaniu nigdy prawie nie obchodzi się bez obostrzeń, przeto słupy te są zazwyczaj liczone jako przelotowe mocniejsze. Jeżeli ponad to wziąć pod uwagę, że są one zawsze obciążone różnicą naciągów ze względu na nierówność przeseł, to jasnym się stanie, że słupy te pracują w specjalnie ciężkich warunkach. Słupy takie z innego materiału niż stal po prostu nie dałyby się wykonać. Słup np. o wysokości 80 m wykonany z żelbetu miałby u podstawy naprężenie $80 \cdot 0,24 = 16,8 \text{ kg/cm}^2$ od ciężaru własnego, gdyby przedstawiał blok betonowy. Przy normalnej kratowej budowie naprężenie to wzrosłoby co najmniej dwukrotnie, tj. przekraczałoby 30 kg/cm^2 . Nie ma przeto mowy o znoszeniu dodatkowych obciążeń, chyba przy b. wielkich wymiarach słupa. Fundamenty pod taki słup przedstawiałyby zagadnienie nielada. Zresztą przy dużych wysokościach słupów odpada najważniejsza zaleta betonu w porównaniu z żelazem, tj. jego taniać. Beton jest tani w fundamentach, lecz nie na wysokości 90 m.

Kształt wysokich słupów do przekraczania rzeki jest zazwyczaj podobny do kształtu wieży Eifla. Szeroka podstawa przechodzi stopniowo w coraz węższy słup (rys.



Rys. 17.



Rys. 18.

17). Przy jednym torze daje się wsporniki, przy dwóch — poprzeczkę i wtedy górna część słupa bywa rozwidlona (rys. 18). Zazwyczaj daje się ze względów konstrukcyjnych wszystkie cztery pionowe kraty takie same, choć z obliczenia prawie zawsze wychodzą cięższe kraty przednie pracujące od wiatru na słup i przewody.

Co do obliczeń słupów typu amerykańskiego, to tu należy wyróżnić poprzeczkę, która — jak to już wspominaliśmy — jest zazwyczaj belką swobodnie opartą na filarach lub ramą małej wysokości. Słup właściwy jest albo wspornikiem opartym na czterech nogach albo też składa się z dwu bliźniaczych filarów będących przestrzennymi wiązarami (stąd nazwa: słupy wiązarowo-bramowe). Filary te mogą być ze sobą połączone lub nie, w tym drugim jednak wypadku poprzeczka musi być związana sztywno z filarami.

Jeśli ustrój słupa jest izostatyczny, to obliczamy w prętach słupa wysiłki od zerwania przewodu, wymiarujemy pręty i następnie obliczamy słup od wiatru.

Jeśli ustrój słupa jest hyperstatyczny, to najpierw należy podebrać przekroje prętów „na oko”, potem obliczyć wysiłki w prętach od poszczególnych obciążeń, a wreszcie po sprawdzeniu naprężeń i zmianie pewnej ilości prętów przeliczamy raz jeszcze i t. d., aż do chwili gdy ani jeden pręt po sprawdzeniu naprężeń nie wymaga zmiany profilu. Zwykle po pierwszej zmianie już dochodzimy do pożądanego rezultatu.

Przy projektowaniu siatki słupa należy mieć na uwadze, że, jak to już wspomniano wyżej, lekkość konstrukcji nie jest jednoznaczna z jej taniać. Aby uzyskać tę drugą cechę, należy dążyć do konstrukcji prostej do wykonania i montażu. Należy też mieć na uwadze dopłaty za profile i o ile możliwości używać profili bezdopłatowych. Dążyć też należy do tego, aby wszystkie ogniwa słupa miały ten sam współczynnik pewności, gdyż o współczynniku pewności całej konstrukcji decyduje współczynnik najslabszego ogniwa i w rezultacie pozostałe pręty są relatywnie za mocne, a więc i za ciężkie.

Żadnych obowiązujących i pewnych sposobów projektowania słupów podać nie można, dowodzi tego chociażby ogromna różnorodność istniejących typów słupów. Można jednak i należy podać pewne ogólne wskazówki, którymi kierować się winien początkujący konstruktor.

Przy przechodzeniu przez tereny gęsto zaludnione stosować raczej typ wspornikowy. Zakratowanie dawać trójkątne (wg rys. 2); przy linii dwutorowej można z korzyścią stosować wahliwą poprzeczkę.

Przy przekraczaniu obszarów słabo zaludnionych i dwutorowej linii można z korzyścią stosować słupy typu wspornikowego, przy tym trzy słupy dźwigające każdy po 2 przewody składają się na linię dwutorową (por. rys. 10).

Przy słupach typu amerykańskiego stosować o ile możliwości siatkę statycznie wyznaczalną. Słup będzie łatwiejszy do obliczenia, a jednocześnie lżejszy choć mniej sztywny od hyperstatycznego.

Zakratowanie stosować trójkątne lub półkosowe; stosowanie wiotkich krzyży jest niekorzystne z punktu widzenia wykonania i transportu (wiotkie pręty łatwo się przy transporcie uszkadzają), poza tym krzyże pod działaniem wiatru bywają pobudzane do drgań podobnych do drgań membrany; drgania te źle wpływają na konstrukcję.

Unikać należy prętów ściskanych o długości większej niż 2,0 — 2,5 m, stąd wskazówki co do gęstości zakratowania.

Tam, gdzie to jest możliwe (poprzeczka, nogi słupa typu wieżowego) stosować przekroje trójkątne, a nie pro-

stokątnę. Oszczędza się na przeponach, bo trójkąt jest figurą sztywną.

Nakoniec pamiętać należy, by przyjęty sposób obliczenia był zgodny z konstrukcją. W tym celu należy obliczenie stosować do konstrukcji, a nie na odwrót. Pominiecie w obliczeniu pewnych dodatkowych prętów lub przyjęcie dodatkowych uproszczeń musi być dokonywane bardzo ostrożnie, w przeciwnym razie obliczenie może okazać się niezgodne z późniejszą pracą słupa.

Ostatecznym miernikiem wartości siatki słupa jest koszt gotowej konstrukcji słupa na odcinku 1 km linii. Nie należy tu zapominać o zagadnieniu fundamentów, które koszt ten mogą znacznie zmniejszyć lub powięk-

zyć. Fundamenty muszą być zatem dostosowane do rodzaju słupa (fundamenty blokowe betonowe doskonale są dla słupów typu wspornikowego, natomiast przy typie amerykańskim winny być one zastąpione typem, który do współpracy przy wrywaniu go wciąga przylegającą masę gruntu).

Jak to mówiliśmy już na początku, od należytego rozwiązania zagadnienia słupów i fundamentów zależą w wysokim stopniu koszty ogólne linii. Najwyższym przeto kryterium dla konstruktora winno być obniżenie tego kosztu do minimum.

C. Zagadnienia ruchu i zaburzeń ruchowych

Zasadnicze podstawy równoległej pracy elektrowni

Inż. Grabowski Zbigniew, Warszawa

Streszczenie. W rozdz. I autor określa dla całokształtu tematu właściwości długich linii przesyłowych, jako to moc charakterystyczną, oporność falową i czasowe przesunięcia wektorów napięcia wzdłuż linii. W rozdz. II analizuje wpływ oporności rzeczywistej i indukcyjnej obwodu na podłużny i poprzeczny spadek napięcia oraz na prądy czynne i bierne. Dalej rozpatruje warunki dla prądu biernego, gdy podłużny spadek napięcia $\Delta U = 0$ i gdy poprzeczny spadek napięcia $\delta U = 0$. Wreszcie przechodzi do głównego zagadnienia — zanalizowania warunków dla statycznej i dynamicznej równowagi ruchu elektrowni.

W rozdz. III A rozpatruje warunki statycznej równowagi, jako to zależność przesyłanej mocy od kąta przesunięcia wektorów napięcia przy jednakowych napięciach i od kąta impedancji przy różnych napięciach elektrowni, oraz wyprowadza wzory i wykresy dla określenia idealnej statycznej granicy mocy. Wyprowadza dalej i podaje sposób budowy kołowych wykresów mocy przy równoległej pracy dwóch elektrowni, z przytoczeniem jako przykładu warunków projektowanego połączenia Mościce — Warszawa. Wyjaśnia następnie pojęcie rzeczywistej statycznej granicy mocy i podaje wytyczne dla jej obliczenia.

W rozdz. III B określa główny warunek równowagi dynamicznej — moc synchronizującą, oraz podaje, jakimi środkami można osiągnąć zwiększenie dynamicznej równowagi ruchu, omawiając zastosowanie: a) zwiększenia reaktancji obwodu, b) szybko działającego wzbudzenia maszyn prądotwórczych, c) uzwojeń tłumiących w maszynach prądotwórczych, d) szybko działających przekazyńników i wyłączników, e) jak najbardziej czułych regulatorów turbin.

Szerokie plany elektryfikacyjne, zmierzające do pokrycia kraju siecią linii przesyłowych wysokiego napięcia w celu rozsyłania energii elektrycznej z południowych połaci kraju, bogatych w naturalne źródła energii (węgiel kamienny, gazy ziemne, energia wodna), do większych miast i rejonów przemysłowych, wylaniają cały szereg zagadnień elektrycznych, dotychczas mało znanych ogółowi elektryków polskich. Do jednego z najbardziej interesujących problemów należy zaliczyć zagadnienie współpracy elektrowni, połączonych pomiędzy sobą długimi liniami przesyłowymi. Ponieważ warunki współpracy elektrowni są tym trudniejsze, im dłuższe są połączenia między elektrowniami, przeto z natury rzeczy zagadnienie to wylania się w krajach, w których długości po-

łączeń tych są znaczne, t. j. w krajach o większych odległościach, wówczas gdy w krajach o mniejszych przestrzeniach sprawa ta nie odgrywa zbyt wielkiej roli wobec tego, że przy krótszych połączeniach pomiędzy elektrowniami warunki równoległego ruchu zwykle są korzystniejsze. Zagadnienie to powinno być dla elektryków polskich interesujące, jako że stoimy w przededniu budowy długich linii przesyłowych sięgających z południa Polski aż do Warszawy, Łodzi, następnie Poznania, a w przyszłości przypuszczalnie jeszcze dalej.

W niniejszym artykule podam zasadnicze pojęcia potrzebne do zrozumienia zagadnienia równoległej pracy elektrowni oraz omówię główne zasady techniczne tej pracy, gdy elektrownie są połączone długimi liniami przesyłowymi. Rozważania te posłużyć mogą czytelnikowi jako wstęp do głębszych studiów tego skomplikowanego problemu.

I. Charakterystyczne właściwości długich linii przesyłowych.

Moc charakterystyczna. Najbardziej korzystne warunki przesyłania energii zarówno pod względem gospodarczym jak i elektrycznym osiągamy wtedy, gdy energia jest odbierana przy współczynniku mocy równym jedności; wówczas w liniach przesyłowych wysokiego napięcia można tak dobrać napięcie robocze sieci do przesyłanej mocy, aby indukcyjny prąd bierny był równy co do wielkości pojemnościowemu prądowi biernemu, t. j. aby powstał rezonans prądu. W tych warunkach moc przesyłana jest t. zw. mocą charakterystyczną (naturalną) linii. Moc charakterystyczną (naturalną) P linii trójfazowej określa się wzorem

$$P = \frac{U^2}{Z} \cdot 1000 \text{ kW}, \dots \dots \dots (1)$$

w którym U = napięcie międzyprzewodowe linii w kV,
 Z = fazowa oporność falowa linii w omach.

Przy przesyłaniu mocy charakterystycznej, indukcyjny prąd bierny kompensowany jest przez bierny prąd pojemnościowy i pozostaje czynnym jedynie opór rzeczywisty linii, podobnie jak przy prądzie stałym. Moc cha-

rakterystyczna odpowiada więc mocy rzeczywistej, jakaby była przenoszona przy danym napięciu, gdyby linia na końcu swym była obciążona opornością rzeczywistą, równą liczbowo oporności falowej Z .

Przesyłanie energii przy mocy charakterystycznej jest pod względem gospodarczym najkorzystniejszym rozwiązaniem, gdyż w przypadku tym zachodzą najmniejsze straty w linii. Napięcie robocze, odpowiadające mocy charakterystycznej, jest więc gospodarczo najkorzystniejszym napięciem.

Oporność falowa. Oporność falowa linii Z , czyli charakterystyczna (naturalna) oporność pozorna linii wyraża się wzorem

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} \Omega \dots \dots \dots (2)$$

przy czym L wyraża wypadkową indukcyjność przewodu w H/km , a C — wypadkową pojemność przewodu w F/km . Jak z powyższych jednostek dla L i C wynika, oporność falowa jest wielkością charakterystyczną, niezależną od długości linii.

Jak wiadomo, indukcyjność i pojemność linii powodują, że energia przesyłana jest po przewodzie w postaci fal, które w liniach napowietrznych przebiegają z szybkością światła, t. j. z szybkością $v = 300\,000$ km/sek; ponieważ dla linii (przy pominięciu oporności omowej)

$v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, a oporność falowa $Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$, przeto oporność falowa linii

$$Z = v \cdot L = 300\,000 \cdot L \Omega \dots \dots \dots (3)$$

gdzie L wyraża wypadkową indukcyjność w H/km .

Oporność falowa linii napowietrznych jednorodnych z przewodami miedzianymi o układzie symetrycznym wynosi średnio 400 omów. W ten sposób moce charakterystyczne linii napowietrznych przy różnych napięciach wynoszą: 560 kW przy 15 kV, 2 250 kW przy 30 kV, 9 000 kW przy 60 kV, 25 000 kW przy 100 kV, 56 250 kW przy 150 kV i 100 000 kW przy 200 kV.

Przesunięcie wektorów napięcia wzdłuż linii. Przy przesyłaniu energii liniami o znacznych długościach ma miejsce przesunięcie wektora napięcia na początku linii względem wektora napięcia na końcu linii, uwarunkowane szybkością rozchodzenia się fal w linii, wynoszącej — jak wyżej podano — 300 000 km/sek. Ponieważ przy prądzie o częstotliwości 50 okr./sek długość fali wynosi $300\,000 : 50 = 6\,000$ km, przeto przesunięcie wektorów napięć o 1° następuje na każde $6\,000 : 360 = 16,6$ km, wzgl. 1 km długości linii powoduje przesunięcie się wektorów napięć o kąt $360 : 6\,000 = 0,06^\circ$. N. p. przy linii o długości 200 km kąt przesunięcia wektorów napięć wynosi $0,06 \cdot 200 = 12^\circ$.

II. Wpływ oporności rzeczywistej i oporności indukcyjnej obwodu przy współpracy elektrowni.

Spadki napięć. Jeżeli elektrownia 1 ma przesłać linią trójfazową do elektrowni 2 pewien prąd przy napięciu gwiazdowym U_2 i $\cos \varphi_2$, to w elektrowni 1 powinno panować napięcie gwiazdowe U_1 , uwarunkowane długością linii i stałymi linii jako to opornością rzeczywistą i indukcyjną oraz opornościami transformatorów elektrowni, pracujących na linię; pojemność i upływność pomijamy, gdyż wpływają one w nieznacznym stopniu na napięcie linii. Odwrotnie, przy danych napięciach gwiazdowych na początku i końcu U_1 i U_2 można przesłać z elektrowni 1 do elektrowni 2 pewne ściśle określone prądy czynne I_w i bierne I_i . Powyższą zależność ilustruje wektorowy

wykres napięć gwiazdowych, podany na rys. 1, w którym — jak zaznaczono — dla uproszczenia pominięto wpływ pojemności i upływności linii. Wykres ten uwzględnia przesyłanie prądu, opóźniającego się w stosunku do napięcia, co najczęściej zachodzi w praktyce.

Z danego wykresu widoczne jest, że różnica napięć gwiazdowych U_1 i U_2 spowodowana jest t. zw.

a) podłużnym spadkiem napięcia ΔU , powodującym zmniejszenie się napięcia przez prąd czynny I_w w oporności rzeczywistej R i prąd bierny I_i w oporności indukcyjnej ωL ;

b) poprzecznym spadkiem napięcia δU , powodującym przesunięcie fazy napięcia przez prąd czynny I_w w oporności indukcyjnej ωL i prąd bierny I_i w oporności rzeczywistej R .

Ponieważ kąt pomiędzy wektorami napięcia jest zwykle niewielki, gdyż w praktyce nie przekracza $12^\circ - 15^\circ$, przeto z dostateczną dla praktycznych celów dokładnością można twierdzić, że podłużny spadek napięcia powoduje tylko zmianę wielkości napięcia, a poprzeczny spadek napięcia — tylko zmianę fazy napięcia.

Z wykresu wynika przy tym założeniu, że podłużny spadek napięcia

$$\Delta U = I_w \cdot R + I_i \cdot \omega L \dots \dots \dots (4)$$

a poprzeczny spadek napięcia

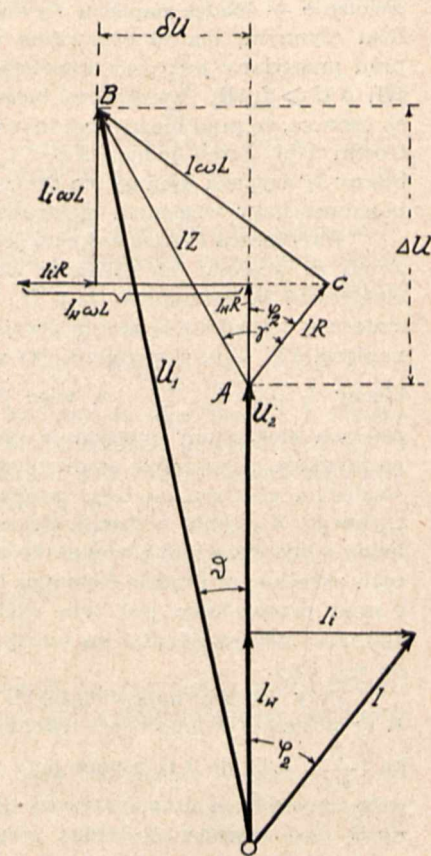
$$\delta U = I_w \cdot \omega L - I_i \cdot R \dots \dots \dots (5)$$

Prąd czynny i bierny. Z powyższych równań otrzymujemy, że

$$\text{prąd czynny } I_w = \frac{\delta U + \frac{R}{\omega L} \cdot \Delta U}{\omega L \left[1 + \left(\frac{R}{\omega L} \right)^2 \right]} \dots \dots \dots (6)$$

$$\text{prąd bierny } I_i = \frac{\Delta U - \frac{R}{\omega L} \cdot \delta U}{\omega L \left[1 + \left(\frac{R}{\omega L} \right)^2 \right]} \dots \dots \dots (7)$$

Z tych zależności pomiędzy prądami i spadkami napięć widocznym jest, że przy równoległej pracy i niezmienniej mocy, przesyłanej przez linię, elektrownie nie mogą indywidualnie zmieniać swych napięć, gdyż podwyższenie lub obniżenie napięć wywołało by zmianę podłużnego ΔU i poprzecznego δU spadku napięcia i co za tym idzie — zmianę przesyłanych linią prądów czynnego I_w i biernego I_i , czyli zmianę przesyłanej czynnej i biernej mocy.



Rys. 1.

Ze wzoru (4) wynika, że $I_i = \frac{\Delta U - I_w R}{\omega L}$. Jeżeli $\Delta U - I_w R = 0$, t. j. $\Delta U = I_w R$, to prąd bierny = 0, innymi słowy — z elektrowni 1 do elektrowni 2 będzie płynął tylko prąd czynny i — jak ostatni wyraz wskazuje — spadek napięcia wywołany będzie tylko prądem czynnym; ma to oczywiście wówczas miejsce, gdy prąd przesyłany jest przy współczynniku $\cos \varphi = 1$. Jeżeli $\Delta U > I_w R$, wtedy prąd bierny I_i wypada dodatni, co oznacza, że prąd bierny jest indukcyjny względem elektrowni 1-ej. Jeżeli jednak $\Delta U < I_w R$, to wówczas prąd bierny I_i wypada ujemny, co oznacza, że prąd bierny jest pojemnościowy względem elektrowni 1-szej.

Współpraca elektrowni przy jednakowych napięciach. Jeżeli ze względu na zasilanie własnych sieci napięcia elektrowni są jednakowe, t. j. $U_1 = U_2$, wówczas z dostateczną dokładnością można przyjąć, że podłużny spadek napięcia $\Delta U = 0$; z równania (4) wynika wtedy, że prąd bierny $I_i = -I_w \frac{R}{\omega L}$. A więc przy jednakowych napięciach elektrowni przesyłanie pewnego prądu czynnego wymaga przesyłania prądu biernego pojemnościowego względem elektrowni 1-ej, proporcjonalnego do prądu czynnego. Z punktu widzenia elektrowni 2 będzie to prąd indukcyjny. Poza tym równanie to wskazuje, że przy pewnym określonym prądzie czynnym I_w prąd bierny, a więc i prąd przewodowy jest tym większy, im większa jest oporność rzeczywista R i im mniejsza oporność indukcyjna ωL linii.

Przy liniach napowietrznych oporność rzeczywista R w stosunku do oporności indukcyjnej ωL jest niewielka ($\frac{R}{\omega L} = 0,1$ do 1), a więc przy współpracy elektrowni połączonych liniami napowietrzными przesyłany prąd bierny I_i jest również niewielki w porównaniu z prądem czynnym.

Przy liniach kablowych natomiast oporność rzeczywista R w stosunku do oporności indukcyjnej ωL jest znaczna ($\frac{R}{\omega L} = 1$ do 10), czyli że przy współpracy elektrowni połączonych liniami kablowymi przesyłany prąd bierny I_i jest wielki w porównaniu z prądem czynnym.

Z powyższego widoczne jest, że przy współpracy elektrowni, połączonych liniami napowietrzными, w razie utrzymywania w elektrowniach tych jednakowych napięć, prądy bierne są niemal dziesięciokrotnie mniejsze, niż miałyby to miejsce przy połączeniu liniami kablowymi. Stąd wniosek, że względy gospodarcze przemawiają za liniami napowietrzными przy współpracy elektrowni, przy liniach tych bowiem straty energii wskutek mniejszych prądów wypadają mniejsze, niż przy połączeniach kablowych; poza tym koszty linii napowietrznych są niższe, niż linii kablowych.

Można przy przesyłaniu energii osiągnąć zmniejszenie prądu biernego, jeżeli napięcia elektrowni U_1 i U_2 nie będą stale równe, lecz będą się zmieniać zależnie od obciążenia. Ponieważ, jak zaznaczono, napięcia szyn zbiorczych ze względu na lokalne warunki powinny być zwykle jednakowe, więc różnicę napięć przy zmiennych mocach przesyłanych osiąga się sztucznie przy pomocy dodatkowych transformatorów regulujących; przyrządy te, wytwarzające różnicę napięć pomiędzy elektrowniami 1 i 2 w zależności od wielkości przesyłanej mocy, mogą być włączone bądź na początku linii w celu podwyższenia napięcia U_1 , bądź na końcu linii w celu obniżenia napięcia U_2 .

Współpraca elektrowni przy różnych napięciach, lecz bez przesunięcia fazowego napięć. Rozpatrzyliśmy

wyżej warunki współpracy elektrowni przy jednakowych napięciach, t. j. przy $\Delta U = 0$; zbadamy obecnie współpracę elektrowni przy różnych napięciach, lecz bez przesunięcia fazowego napięć. Jeżeli dopuścimy pewną różnicę wielkości napięć, lecz przyjmiemy, że napięcie U_1 będzie w fazie napięciem U_2 , t. j. jeżeli $\delta U = 0$, to wówczas z równania (5) otrzymamy zależność prądu biernego od prądu czynnego, wyrażającą się wzorem $I_i = I_w \frac{\omega L}{R}$. Oznacza to, że przy tego rodzaju współpracy elektrowni konieczne byłoby przesyłanie biernego prądu indukcyjnego o znacznej wielkości, zwłaszcza przy liniach napowietrznych, przy których stosunek $\frac{\omega L}{R}$ waha się w granicach od 1 do 10. Ponieważ z punktu widzenia gospodarczego przesyłanie wielkich prądów biernych jest niekorzystne, powoduje bowiem znaczne straty energii, a zatem ten sposób współpracy elektrowni przy połączeniach liniami napowietrzными nie znajduje w praktyce zastosowania. Współpraca elektrowni bez przesunięcia fazowego nadaje się natomiast przy połączeniach kablowych pomiędzy elektrowniami, gdyż w przypadku tym prądy bierne wypadają znacznie mniejsze, niż przy liniach napowietrznych.

III. Równowaga ruchu przy współpracy elektrowni.

Urządzenia, przeznaczone do przesyłania większych mocy na znaczne odległości, podlegają podczas ruchu różnego rodzaju zakłóceniom. Jeżeli zasilające urządzenia prądotwórcze mogą rozwinąć moce większe, lub co najmniej równe mocom zakłócającym współpracę, to zaburzenia są opanowane i ruch pozostaje zrównoważonym. Przy współpracy elektrowni, połączonych dłuższymi liniami elektrycznymi, utrzymanie równowagi ruchu należy do jednego z najważniejszych zagadnień przy przesyłaniu energii.

Problem równowagi ruchu jest stosunkowo nowy, powstał bowiem niedawno, przy czym największe zainteresowanie na tym polu wykazały USA i ZSRR, gdyż wielkie odległości pomiędzy elektrowniami tych krajów powodowały specjalne trudności w utrzymaniu równowagi ruchu współpracujących elektrowni. W innych krajach, jak n. p. państwach zachodniej Europy, zagadnieniem tym dotychczas mniej intensywnie się zajmowano. W Niemczech jednak w ostatnich czasach sprawie tej poświęcono większą uwagę, analizując zagadnienie to zarówno pod względem teoretycznym jak i w ruchu, przy pomocy odpowiednich prób.

Rozróżniamy równowagę *statyczną* i równowagę *dynamiczną* przy współpracy elektrowni.

Ruch połączonych pomiędzy sobą elektrowni jest zrównoważony statycznie, jeżeli przy powolnym zwiększaniu obciążenia odbywa się bez zakłóceń; osiągniętą maksymalną moc przesyłową nazywamy statyczną granicą mocy, rozróżniając idealną i rzeczywistą granicę tej mocy, o czym będzie mowa dalej.

Na ogół przesyłanie energii z natury rzeczy nie odbywa się jednak w sposób spokojny, przeciwnie — należy się liczyć nie tylko z nagłymi wahaniami obciążeń, powodowanymi przez odbiorców względnie przez mniej lub więcej przewidywane odłączenia części sieci, lecz również z różnego rodzaju zakłóceniami w ruchu. Graniczna moc równowagi statycznej nie może przeto być wystarczającym wskaźnikiem dla równowagi ruchu przy współpracy. Takim wskaźnikiem jest granica mocy przy równowadze dynamicznej.

Ruch połączonych pomiędzy sobą elektrowni jest zrównoważony dynamicznie, jeżeli przez nagły wzrost mo-

cy względnie przez zakłócenie, elektrownie nie są wytrącone z synchronizmu; maksymalna moc, przy której warunki te są jeszcze dotrzymane, stanowi dynamiczną granicę mocy.

A. Statyczna równowaga ruchu.

Zależność przesyłanej mocy od kąta pomiędzy wektorami napięć przy jednakowych napięciach elektrowni. Idealna statyczna granica mocy. Przy analizie warunków dla statycznej równowagi można pominąć prąd magnesujący transformatorów, pojemność i upływność linii, biorąc pod uwagę tylko oporność rzeczywistą i indukcyjną obwodu, które mają największy wpływ na równowagę ruchu elektrowni.

Według wzoru (6) prąd czynny

$$I_w = \frac{\delta U + \frac{R}{\omega L} \Delta U}{\omega L \left[1 + \left(\frac{R}{\omega L} \right)^2 \right]}$$

ponieważ elektrownie, jak zaznaczono, zwykle w ten sposób współpracują, że w przybliżeniu $U_1 = U_2 = U$, czyli $\Delta U = 0$, a z wykresu wektorowego (rys. 1) wynika, że

$$\delta U = U_1 \sin \vartheta, \text{ przeto } I_w = \frac{U_1 \sin \vartheta}{\omega L \left[1 + \left(\frac{R}{\omega L} \right)^2 \right]}$$

moc czynna P_{cz} przesyłana z elektrowni 1 do elektrowni 2 wyrazi się wzorem:

$$P_{cz} = \frac{U^2}{\omega L} \cdot \frac{\sin \vartheta}{1 + \left(\frac{R}{\omega L} \right)^2} \dots \dots \dots (8)$$

Przy $\vartheta = 90^\circ$, t. j. przy $\sin \vartheta = 1$ powyższy wzór wyraża w tych warunkach statyczną idealną granicę mocy.

Ze wzoru tego wynika, że przesyłana moc czynna P_{cz} jest zależna nie tylko od kwadratu napięcia elektrowni, oporności rzeczywistej i indukcyjnej obwodu, lecz również od sinusa kąta pomiędzy wektorami napięć elektrowni, do którego jest wprost proporcjonalna.

Przy liniach napowietrznych bardzo wysokich napięć, przy których oporność rzeczywista w porównaniu z opornością indukcyjną jest niewielka, wartość wyrazu w nawiasie $\left(\frac{R}{\omega L} \right)^2$ jest mała i wyraz ten może być pominięty; wówczas jednofazowa moc czynna

$$P_{cz} = \frac{U^2}{\omega L} \cdot \sin \vartheta \dots \dots \dots (9)$$

moc trójfazowa będzie trzykrotnie większa, względnie otrzymamy ją, jeżeli przez U wyrazimy napięcie międzyprzewodowe. Moc maksymalna, która w tych warunkach będzie idealną statyczną granicą mocy, otrzymamy wówczas, gdy kąt $\vartheta = 90^\circ$; wynosi ona $P_{cz} = \frac{U^2}{\omega L}$.

Idealna granica mocy, jak widzimy, obliczana jest w założeniu, że napięcia układu są stałe i niezmienne.

Zależność przesyłanej mocy od kąta pomiędzy wektorami napięć i od kąta impedancji przy różnych napięciach elektrowni. Z wykresu wektorowego rys. 1 wynika, że

$$U_1 \cos \vartheta - U_2 = I R \cos \varphi_2 + I \omega L \sin \varphi_2$$

$$U_1 \sin \vartheta = I \omega L \cos \varphi_2 - I R \sin \varphi_2$$

Uwzględnivszy, że przy kącie impedancji γ i przy impedancji Z

$$R = Z \cos \gamma$$

$$\omega L = Z \sin \gamma$$

i że poza tym $Z^2 = R^2 + (\omega L)^2$

oraz, że moc czynna dosłana do elektrowni 2 wynosi $P_{cz} = U_2 I \cos \varphi_2$, a moc bierna $P_b = U_2 I \sin \varphi_2$, otrzymamy

po przekształceniu powyższych równań następujące wzory dla jednofazowych mocy, przesyłanych z elektrowni 1 do elektrowni 2.

Moc czynna

$$P_{cz} = \frac{U_1 \cdot U_2}{Z} \left[\cos(\gamma - \vartheta) - \frac{U_2}{U_1} \cos \gamma \right] \dots \dots (10)$$

Moc bierna

$$P_b = \frac{U_1 \cdot U_2}{Z} \left[\sin(\gamma - \vartheta) - \frac{U_2}{U_1} \sin \gamma \right] \dots \dots (11)$$

We wzorach tych moc P_{cz} wyrażona jest w watach, moc P_b — w warach, napięcie U_1 i U_2 — w woltach, impedancja Z — w omach.

Znajdziemy warunek dla maksymalnej mocy czynnej w zależności od kąta ϑ pomiędzy wektorami napięć, różniczkując równanie (10) według ϑ i przyrównując je do zera:

$$\frac{d P_{cz}}{d \vartheta} = - \frac{U_1 U_2}{Z} \sin(\gamma - \vartheta) = 0; \sin(\gamma - \vartheta) = 0, < \vartheta = < \gamma,$$

czyli, że maksymalna moc czynna $P_{cz \max}$, t. j. idealna statyczna granica mocy ma miejsce wówczas, gdy kąt ϑ pomiędzy wektorami napięć jest równy kątowi impedancji γ ; wówczas jednofazowa moc czynna

$$P_{cz \max} = \frac{U_1 U_2}{Z} \left(1 - \frac{U_2}{U_1} \cos \gamma \right) \text{ w watach } \dots (12)$$

a jednofazowa moc bierna

$$P_b = - \frac{U_2^2}{Z} \sin \gamma \text{ w warach } \dots \dots (13)$$

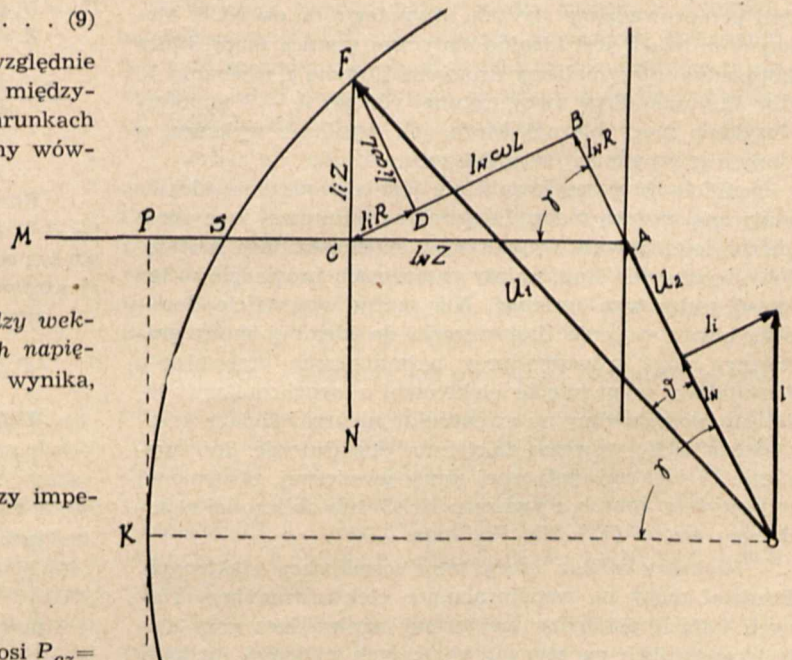
wypada ujemna co oznacza, że moc bierna jest indukcyjną względem elektrowni 2-ej, a pojemnościową względem elektrowni 1-szej.

Moce trójfazowe będą trzykrotnie większe, niż wyrażono we wzorach 12 i 13; otrzymamy je, jeżeli we wzorach tych jako wartości napięć wprowadzimy napięcia międzyprzewodowe.

Gdy napięcia elektrowni są równe, t. j. $U_1 = U_2$, wówczas ze wzoru 12:

$$P_{cz \max} = \frac{U^2}{Z} (1 - \cos \gamma) \text{ w watach } \dots \dots (14)$$

Zależność przesyłanych mocy od kąta pomiędzy wektorami napięć i od kąta impedancji ilustruje rys. 2, który jest zwykłym wykresem wektorowym, przedstawionym



Rys. 2.

tylko w innej nieco postaci. Na wykresie tym mianowicie — podobnie jak to miało miejsce na wykresie rys. 1 — prąd przewodowy I został rozłożony na składową czynną I_w i bierną I_i oraz zostały nakreślone dwa trójkąty spadków napięć:

trójkąt ABC — dla spadków spowodowanych przez prąd czynny I_w ,

trójkąt DCF — dla spadków spowodowanych przez prąd bierny I_i ,

przy czym w trójkątach tych

$$AB = I_w R; \quad BC = I_w \omega L; \quad AC = I_w Z;$$

$$CD = I_i R; \quad DF = I_i \omega L; \quad CF = I_i Z;$$

kąty CAB i DCF są to kąty impedancji, $\gamma = \arctg \frac{\omega L}{R}$, przy czym oczywiście kąt ACF jest kątem prostym.

Przy pewnym określonym stałym napięciu na końcu linii, w danym przypadku przy napięciu U_2 , odcinek AC, proporcjonalny do prądu czynnego I_w , przedstawia w pewnej skali dostaną moc rzeczywistą, odcinek zaś CF, proporcjonalny do prądu biernego I_i , wyraża w tej samej skali dostaną moc bierną. Jeżeli więc wzdłuż prostej AC i na jej przedłużeniu CM odłożymy od punktu A skalę mocy rzeczywistych, a wzdłuż prostej CF od punktu C — skalę mocy biernych dodatnich (indukcyjnych), a na przedłużeniu CN skalę mocy biernych ujemnych (pojemnościowych) i zatoczmy koło o promieniu równym napięciu U_1 , to w zależności od wielkości kąta ϑ pomiędzy wektorami napięć elektrowni będziemy mogli odczytać dostaną do elektrowni 2 moc czynną i bierną. Np. dla kąta ϑ podanego na wykresie dostaną moc czynną wyrażać będzie odcinek AC, a moc bierną dodatnią — odcinek CF.

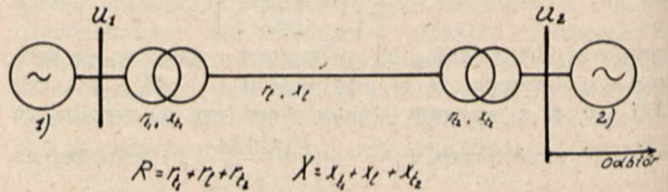
Linie mocy czynnych przedstawimy w układzie współrzędnych, prowadząc przez punkt A, t. j. przez końcowy punkt wektora U_2 prostą, nachyloną do wektora tego o kąt impedancji γ , która stanowi oś mocy czynnych (prosta ta przechodzić będzie oczywiście przez punkt C), oraz linię prostopadłą do linii poprzedniej, stanowiącą oś dodatnich i ujemnych mocy biernych.

Maksimum mocy czynnej osiągniemy wówczas, gdy rozchylenie wektorów napięcia będzie tak wielkie, że osiągnie wielkość kąta impedancji, t. j. gdy $\vartheta = \gamma$. Odpowiadający temu maksimum punkt na kole znajdziemy, jeżeli przeprowadzimy styczną, równoległą do osi NCF. Maksimum to AP jest idealną statyczną granicą mocy, którą poprzednio otrzymaliśmy drogą analityczną z równania 12 dla P_{cz} max. Przy mocy czynnej równej A — S unikamy dosyłania mocy biernych, która, jak wynika z wykresu, w danym przypadku równa jest zeru.

Zdolność przesyłowa linii jest ograniczona idealną statyczną granicą mocy. Po przekroczeniu owej mocy granicznej elektrownie wypadłyby z synchronizmu i nastąpiłoby wyłączenie linii, należy zatem ruch prowadzić w ten sposób, aby tego uniknąć. Nie można oczywiście dopuścić, aby obciążenie linii wzrosło do idealnej mocy granicznej, gdyż wówczas przy najmniejszym przeciążeniu nastąpiłoby wypadnięcie elektrowni z synchronizmu; jeżeli np. pozostawimy na ewentualne nieprzewidziane przeciążenia 50%, wówczas faktyczna obciążalność linii wyniesie $\frac{2}{3}$ idealnej statycznej mocy granicznej, otrzymanej w powyższy sposób z wykresu Nr. 2 lub obliczonej z podanego wzoru (12) dla P_{cz} max.

Wykresy kołowe mocy przy współpracy elektrowni. Rozdział mocy na współpracujące elektrownie przy różnych kątach pomiędzy wektorami napięć, lecz przy stałych napięciach na szynach zbiorczych najlepiej ilustrują niżej podane kołowe wykresy mocy, które dalej wypro-

wadzamy. Przy układaniu wykresów tych uwzględniono tylko oporność omową i indukcyjną obwodu, pominięto natomiast pojemność i upływność linii oraz prąd magnesujący transformatorów; uproszczone to jest dopuszczalne przy obliczeniach o wstępnym charakterze, gdyż wpływ pojemności jest niewielki w porównaniu z wpływem, jaki wywiera oporność omowa, a zwłaszcza oporność indukcyjna, tym bardziej, że prąd pojemnościowy w pewnej swej części jest kompensowany przez indukcyjny prąd magnesujący transformatorów. Jednak przy głębszej analizie zagadnienia konieczne jest uwzględnienie conajmniej pojemności i prądu magnesującego transformatorów, zwłaszcza przy liniach o napięciu nominalnym wyższym niż 100 kV. Szczupłe ramy niniejszego artykułu nie pozwalają na dalsze rozwinięcie tematu, ograniczymy się więc do wykresów kołowych z uwzględnieniem tylko omowej i indukcyjnej oporności obwodu.



Rys. 3.

Wyprowadzimy wykresy kołowe dla układu wskazanego na rys. 3, składającego się z dwóch elektrowni 1 i 2, połączonych poprzez transformatory linią napowietrzną, przyjmując, że odbiór ma miejsce z szyn zbiorczych elektrowni 2.

Wykres wektorowy napięć przy przesyłaniu energii prądem opóźniającym się w fazie z elektrowni 1 do elektrowni 2 podano na rys. 1; na podstawie wykresu tego układamy następujące równania dla mocy jednofazowej czynnej P_{cz} i biernych P_b w miejscu wysyłania energii, t. j. w elektrowni 1 oraz w miejscu odbioru energii, t. j. w elektrowni 2:

$$P_{1cz} = U_1 I \cos(\varphi_2 + \vartheta); \quad P_{1b} = U_1 I \sin(\varphi_2 + \vartheta);$$

$$P_{2cz} = U_2 I \cos \varphi_2; \quad P_{2b} = U_2 I \sin \varphi_2;$$

Z trójkąta napięć ABC rys. 1 otrzymujemy równania:

$$U_2 = U_1 \cos \vartheta - I Z \cos(\gamma - \varphi_2); \quad U_1 \sin \vartheta = I Z \sin(\gamma - \varphi_2);$$

Z równań tych wynika, że

$$\cos \varphi_2 = \frac{1}{IZ} \left[U_1 \cos(\gamma - \vartheta) - U_2 \cos \gamma \right];$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{1}{IZ} \left[U_1 \sin(\gamma - \vartheta) - U_2 \sin \gamma \right];$$

Rozwijając trygonometrycznie $\cos(\varphi_2 + \vartheta)$ oraz $\sin(\varphi_2 + \vartheta)$ we wzorach dla P_{1cz} i P_{1b} , oraz podstawiając dla $\sin \varphi_2$ i $\cos \varphi_2$ wartości z ostatnich równań, otrzymamy dla elektrowni 1:

moc czynną

$$P_{1cz} = \frac{U_1 U_2}{Z} \left[\frac{U_1}{U_2} \cos \gamma - \cos(\gamma + \vartheta) \right] \text{ watów,}$$

moc bierną

$$P_{1b} = \frac{U_1 U_2}{Z} \left[\frac{U_1}{U_2} \sin \gamma - \sin(\gamma + \vartheta) \right] \text{ warów,}$$

dla elektrowni 2:

moc czynną

$$P_{2cz} = \frac{U_1 \cdot U_2}{Z} \left[\cos(\gamma - \vartheta) - \frac{U_2}{U_1} \cos \gamma \right] \text{ watów,}$$

moc bierną

$$P_{2b} = \frac{U_1 \cdot U_2}{Z} \left[\sin(\gamma - \vartheta) - \frac{U_2}{U_1} \sin \gamma \right] \text{ warów.}$$

Wyznaczając kąt ϑ z równań dla P_{1cz} i P_{1b} z jednej strony oraz z równań P_{2cz} i P_{2b} z drugiej strony, otrzymamy następujące równania po całym szeregu przekształceń, których tu nie przytaczamy:

$$\left[P_{1cz} - \frac{U_1^2}{Z} \cos \gamma \right]^2 + \left[P_{1b} - \frac{U_1^2}{Z} \sin \gamma \right]^2 = \left[\frac{U_1 U_2}{Z} \right]^2$$

$$\left[P_{2cz} + \frac{U_2^2}{Z} \cos \gamma \right]^2 + \left[P_{2b} + \frac{U_2^2}{Z} \sin \gamma \right]^2 = \left[\frac{U_1 U_2}{Z} \right]^2$$

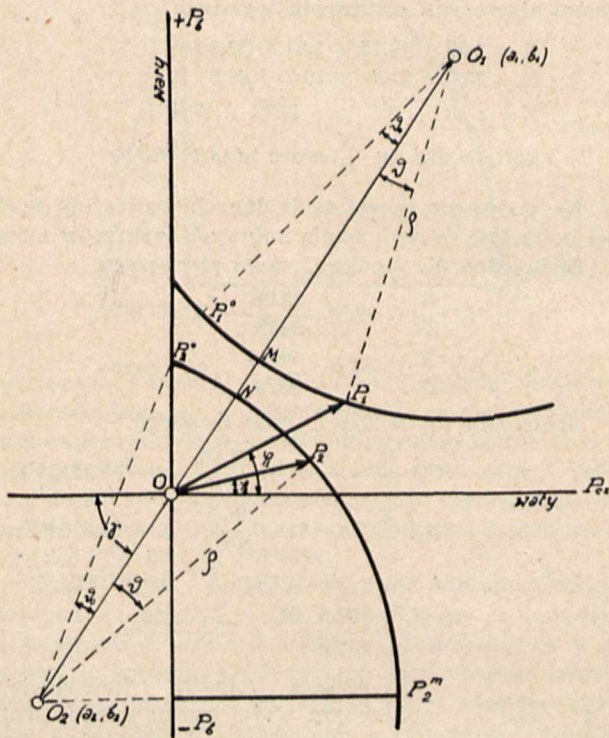
Porównyując równania te z równaniem koła $(x - a)^2 + (y - b)^2 = \rho^2$ stwierdzamy, że są to równania dwóch kół o jednakowym promieniu $\rho = \frac{U_1 U_2}{Z}$, zakreślonych w układzie współrzędnych o osi odciętych P_{cz} i osi rzędnych P_b , przy czym współrzędne dla środków kół tych będą dla środka O_1 koła pierwszego:

$$a_1 = \frac{U_1^2}{Z} \cdot \cos \gamma = \frac{U_1^2 R}{Z^2}; \quad b_1 = \frac{U_1^2}{Z} \cdot \sin \gamma = \frac{U_1^2 X}{Z^2};$$

dla środka O_2 koła drugiego:

$$a_2 = -\frac{U_2^2}{Z} \cdot \cos \gamma = -\frac{U_2^2 R}{Z^2}; \quad b_2 = -\frac{U_2^2}{Z} \cdot \sin \gamma = -\frac{U_2^2 X}{Z^2}.$$

We wzorach tych oznaczają: R — oporność rzeczywistą, $X = \omega L$ — oporność indukcyjną, Z — impedancję całego obwodu, składającego się z transformatorów na początku, linii i transformatorów na końcu. Ponieważ proste O_1O i O_2O nachylone są względem osi odciętych P_{cz} o ten sam kąt impedancji, przeto linia łącząca środki kół O_1 i O_2 jest linią prostą i przechodzi przez środek O układu współrzędnych. Rys. 4 przedstawia te wykresy kołowe.



Rys. 4.

Spółrzędne punktów na tych kołach względem osi P_{cz} i P_b odpowiadają mocom czynnym i biernym elektrowni 1 i 2. Znajdujemy wielkości przesyłanych mocy, prowadząc promienie odchylone od prostej O_1OO_2 o kąty jednakowe ϑ . Wówczas spółrzędne punktów koła górnego odpowiadają mocom wysłanym z elektrowni 1, a spółrzędne odpowiednie punktów koła dolnego — mocom otrzymanym przez elektrownię 2, przy czym rzędne dodatnie odpowiadają mocy biernej indukcyjnej, a rzędne ujemne — mocy biernej pojemnościowej.

Wykres kołowy podaje moce na jedną fazę, moce systemu trójfazowego są więc trzykrotnie większe.

Z wykresów kołowych można odczytać również wysyłane przez elektrownię 1 i otrzymane przez elektrownię 2 moce pozorne w woltoamperach i odnośne kąty fazowe φ_1 i φ_2 ; np. przy przesyłaniu energii przy kącie ϑ wysłaną moc pozorną wyraża odcinek OP_1 (kąt φ_1), a otrzymaną moc pozorną — odcinek OP_2 (kąt φ_2).

Rozpatrzmy obecnie najbardziej charakterystyczne przypadki współpracy elektrowni na podstawie wykresu kołowego.

Punkty M i N przecięcia się prostej O_1OO_2 z kołami odpowiadają mocom, przesyłanym przy kącie pomiędzy wektorami $\vartheta = 0$, t. j. gdy $\partial U = 0$. Maksymalna moc czynna (idealna statyczna granica mocy), jaka może być dosłana do elektrowni 2, odpowiada punktowi P_2^m ; jak z wykresu wynika, ma to miejsce wówczas, gdy kąt ϑ pomiędzy wektorami napięć równy jest kątowi impedancji γ ; wówczas maksymalna moc czynna

$$P_{2cz}^m = \frac{U_1 U_2}{Z} \left[1 - \frac{U_2}{U_1} \cos \gamma \right] \text{ watów.}$$

Jest to ten sam wzór 12, który otrzymaliśmy poprzednio z wykresu wektorowego.

Dla mocy biernej otrzymamy wówczas

$$P_{2b}^m = -\frac{U_2^2}{Z} \sin \gamma \text{ warów,}$$

t. j. tę samą zależność, co według wzoru 13. Z punktu widzenia elektrowni 1 moc ta jest ujemna, co oznacza, że elektrownia 2 wysyła bierną moc indukcyjną.

Punkty P_1^0 i P_2^0 odpowiadają warunkom biegu jałowego linii; widzimy, że wówczas względem elektrowni 2 mamy w linii pewną moc bierną indukcyjną, elektrownia 1 wysyła na linię, poza mocą bierną, również pewną moc czynną na pokrycie strat w linii.

Gdy oporność rzeczywista R obwodu jest tak mała w porównaniu z opornością indukcyjną X , że może być przyjęta jako równa zero, wówczas kąt impedancji $\gamma = 90^\circ$ i spółrzędne środków kół będą $a_1 = 0$ i $a_2 = 0$; wówczas prosta O_1O_2 leżeć będzie na osi rzędnych i moc $P_{1cz} = P_{2cz} = \frac{U_1 U_2}{Z} \cdot \sin \vartheta$.

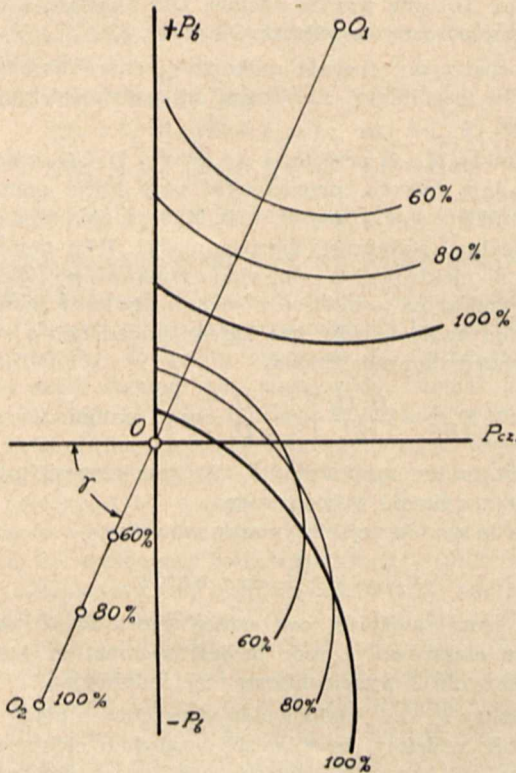
Wykresy kołowe ważne są dla stałych i niezmiennych napięć U_1 i U_2 na szynach zbiorczych elektrowni 1 i 2. Rozpatrzmy obecnie, w jaki sposób wykresy te się zmieniają, jeżeli przy pewnym określonym kącie impedancji napięcia elektrowni się zmniejszą.

Jeżeli np. napięcie U_1 elektrowni 1 pozostaje stałe, a napięcie U_2 elektrowni 2 się zmniejszy, wówczas współrzędne a_1 i b_1 środka pierwszego koła wobec stałego napięcia U_1 nie ulegną zmianie i wskutek tego położenie punktu O_1 się nie zmieni; co się tyczy elektrowni 2, to spółrzędne środków kół a_2 i b_2 będą się zmniejszać proporcjonalnie do drugiej potęgi napięcia U_2 i leżeć będą na linii OO_2 . Promienie kół $\rho = \frac{U_1 U_2}{Z}$ zmieniać się będą

proporcjonalnie do U_2 . Stosownie do różnych napięć elektrowni 2, otrzymamy dla mocy elektrowni 1 szereg koncentrycznych kół, zakreślonych z punktu O_1 , a moce elektrowni 2 wyrażone będą szeregiem odpowiednich kół zakreślonych z różnych środków leżących na linii OO_2 . Podany rys. 5 ilustruje warunki te dla 100%, 80% i 60% napięcia U_2 .

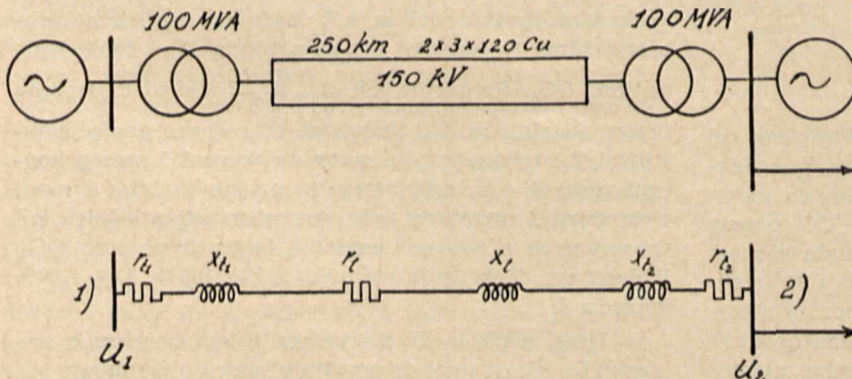
Jeżeli napięcie U_1 elektrowni 1 jest zmienne, a napięcie U_2 elektrowni 2 pozostaje stałe, otrzymamy odwrotny obraz tych kół.

W celu zilustrowania praktycznego zastosowania wyprowadzonych wykresów przytoczymy przykład obliczenia z uwzględnieniem oporności omowej i indukcyjnej dla podobnych warunków, jakie będą miały miejsce przy przesyłaniu energii linią dwutorową z Mościc do Warszawy.



Rys. 5.

Przykład. Należy z elektrowni 1 przesyłać energię do elektrowni 2, z szyn zbiorczych której ma miejsce wspólny odbiór energii. Elektrownie te są połączone pomiędzy sobą dwutorową linią napowietrzną 250 km długości o nominalnym napięciu 150 kV i przekroju przewodów miedzianych 120 mm²; oporność indukcyjna jednego przewodu linii wynosi 0,41 Ω/km. Elektrownie dołączone są do linii przez transformatory łącznej mocy po 100 MVA w każdej elektrowni o przekładni 6/160 kV w elektrowni 1, względnie 140/6 kV w elektrowni 2. Indukcyjny spadek napięcia transformatorów wynosi 10%, omowy spadek napięcia — 1%. Napięcie międzyprzewodowe szyn zbiorczych wyższego napięcia w elektrowni 1 wynosi 160 kV, t. j. napięcie gwiazdowe $U_1 = 92,5$ kV, w elektrowni 2 zaś 140 kV, t. j. napięcie gwiazdowe $U_2 = 81$ kV. Schemat obwodu oraz schemat zastępczy podany jest na rys. 6.



Rys. 6.

Obliczymy stałe linii i transformatorów. Transformatory elektrowni 1 (ich prąd nominalny = 361 A):

oporność rzeczywista

$$r_{t1} = \frac{U_1}{I} \cdot \frac{1}{100} = \frac{92500}{361} \cdot \frac{1}{100} = 2,56 \Omega,$$

oporność indukcyjna

$$x_{t1} = \frac{U_1}{I} \cdot \frac{10}{100} = \frac{92500}{361} \cdot \frac{10}{100} = 25,6 \Omega.$$

Linia dwutorowa, dane dla jednej fazy, czyli dla 2 przewodów równolegle połączonych:

oporność rzeczywista

$$r_1 = \frac{1,03 \cdot 250 \cdot 1000}{56 \cdot 2 \cdot 120} = 19,15 \Omega$$

(dodano 3% na skręt i zwis przewodu),

oporność indukcyjna

$$x_1 = \frac{250 \cdot 0,41}{2} = 51,2 \Omega.$$

Transformatory elektrowni 2 (ich prąd nominalny 412 A):

oporność rzeczywista

$$r_{t2} = \frac{U_2}{I} \cdot \frac{1}{100} = \frac{81000}{412} \cdot \frac{1}{100} = 1,97 \Omega,$$

oporność indukcyjna

$$x_{t2} = \frac{U_2}{I} \cdot \frac{10}{100} = \frac{81000}{412} \cdot \frac{10}{100} = 19,7 \Omega.$$

W ten sposób całkowita oporność rzeczywista R, oporność indukcyjna X i impedancja Z obwodu pomiędzy szynami zbiorczymi elektrowni wynoszą:

$$R = 2,56 + 19,15 + 1,97 = 23,68 \Omega,$$

$$X = 25,6 + 51,2 + 19,7 = 96,5 \Omega,$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{9873} = 99,4 \Omega,$$

$$\text{kat } \gamma = \text{arc. tg } \frac{X}{R} = \text{arc. tg } 4,07 = 76^\circ 10'.$$

Na podstawie powyższych danych wyliczymy wielkości potrzebne do wykonania kołowych wykresów mocy. Spółrzędne dla środka O₁ koła pierwszego:

$$a_1 = U_1^2 \frac{R}{Z^2} = 92,5^2 \cdot \frac{23,68}{9873} = 20,05 \text{ MW},$$

$$b_1 = U_1^2 \frac{X}{Z^2} = 92,5^2 \cdot \frac{96,5}{9873} = 83,7 \text{ MWr}.$$

Spółrzędne dla środka O₂ koła drugiego:

$$a_2 = -U_2^2 \frac{R}{Z^2} = -81^2 \cdot \frac{23,68}{9873} = -15,75 \text{ MW},$$

$$b_2 = -U_2^2 \frac{X}{Z^2} = -81^2 \cdot \frac{96,5}{9873} = -64,3 \text{ MWr}.$$

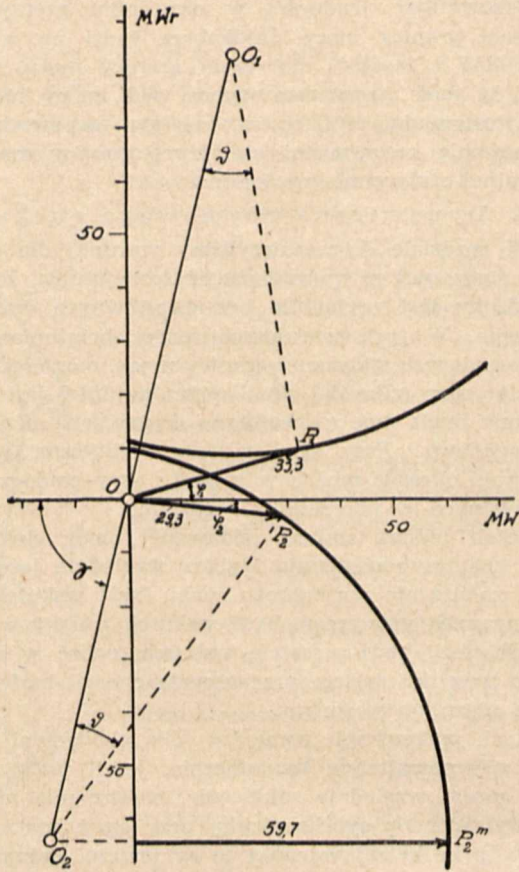
Promień koła mocy elektrowni 1 i elektrowni 2:

$$\rho = \frac{U_1 U_2}{Z} = \frac{92,5 \cdot 81}{99,4} = 75,5 \text{ MVA}.$$

Wykres kołowy, odpowiadający obliczonym wyżej warunkom, ilustruje rys. 7; z wykresu tego można odczytać interesujące nas wielkości charakterystyczne przy współpracy elektrowni, nie zapominając, że wykres zbudowany jest w stosunku do jednej fazy i że moce dla systemu trójfazowego są trzykrotnie większe.

A więc przy pełnym obciążeniu transformatorów elektrowni 1, t. j. przy wysyłaniu z elektrowni tej mocy trójfazowej 100 MVA, odpowiadającej mocy jednofazowej 33,3 MVA

(wektor OP_1), elektrownia 2 przyjmuje moc jednofazową 29,3 MVA, (wektor OP_2 , który otrzymamy przez odłożenie kąta ϑ), względnie moc trójfazową $3 \times 29,3 = 88$ MVA. Przy przesyłaniu mocy kąt ϑ pomiędzy wektorami napięć elektrowni wynosić będzie 23° . Odczytujemy kąt fazowy mocy wysyłanej z elektrowni 1 $\varphi_1 = 17^\circ$, $\cos \varphi_1 = 0,956$, kąt fazowy mocy dosyłanej do elektrowni 2 $\varphi_2 = 7^\circ$, $\cos \varphi_2 = 0,99$. Kąt fazowy mocy dosyłanej jest wyprzedzający, co oznacza, że przy przesyłaniu tak wielkiej mocy, równej pełnej mocy transformatorów,



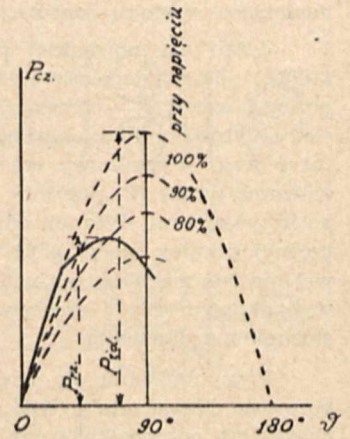
Rys. 7.

elektrownia 2 będzie zmuszona bądź posiadać odbiorniki pojemnościowe, np. w postaci przewzbudzonych silników synchronicznych, bądź dosyłać do systemu bierną moc indukcyjną, która z punktu widzenia elektrowni 1 będzie mocą pojemnościową. Maksymalną moc czynną, czyli idealną statyczną granicę mocy, odczytujemy z wykresu w wielkości $3 \times 59,7 = 179$ MW.

Rzeczywista statyczna granica mocy. Idealna statyczna granica mocy, wynikająca z równania 12, względnie z wykresu kołowego, obliczona jest w założeniu, że napięcia elektrowni na szynach zbiorczych są stałe. Miało by to miejsce jednak tylko wówczas, gdyby moce elektrowni w porównaniu z odbieraną mocą były bardzo wielkie, a ściślej rzecz biorąc — nieskończenie wielkie. W istocie, wobec ograniczonej mocy elektrowni, napięcie na ich szynach zbiorczych przy wzroście obciążenia maleje wskutek spadków napięcia w prądnicach, o ile nie weźmiemy pod uwagę działania samoczynnych przyrządów, regulujących napięcie przy zmiennych obciążeniach. Obniżenie się napięć elektrowni wywołuje ze swej strony zmniejszenie się statycznej granicy mocy, co wynika z następującego rozważania: przy zwiększaniu się obciążenia i przy uwarunkowanym tym faktem wzroście kąta ϑ pomiędzy wektorami napięć przesyłana moc nie będzie wzrastać po sinusoidzie, (patrz równanie 8 i 9)

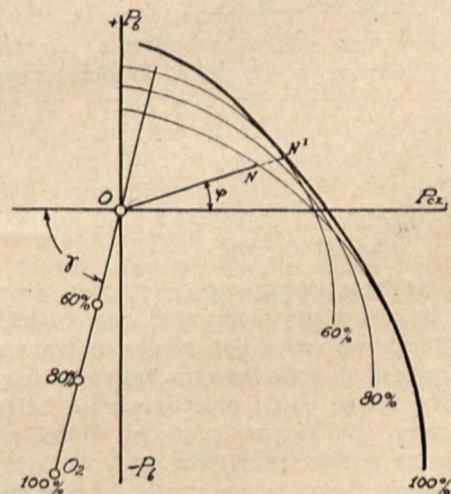
właściwej pierwotnemu niezmińszonemu napięciu, lecz przejdzie na sinusoidę, odpowiadającą zmniejszonemu napięciu, w rezultacie czego wzrost mocy nie będzie miał przebiegu sinusoidalnego; wówczas punkt mocy maksymalnej otrzymamy przy kącie ϑ mniejszym, niż 90° (rys. 8), oraz moc maksymalna będzie mniejsza od statycznej idealnej granicy mocy, która wypada — jak wiemy — przy $\vartheta = 90^\circ$.

O ile idealna statyczna granica mocy jest pojęciem określonym i może być z dostateczną dokładnością obliczona, to maksymalna moc, o której wyżej mowa, a którą nazwiemy rzeczywistą statyczną granicą mocy, nie jest pojęciem ścisłym, gdyż zależna jest od różnych czynników ruchu, które z trudnością dadzą się ująć w ogólne formy rachunkowe. Mając to na względzie wyprowadzeniem rachunkowym rzeczywistej statycznej granicy mocy zajmować się nie będziemy, a ograniczymy się tylko do bliższego wyjaśnienia tego pojęcia i wskazania drogi do odpowiedniej matematycznej analizy.



Rys. 8.

Jako rzeczywistą statyczną granicę mocy można uważać tę moc maksymalną, którą można przesłać z jednej elektrowni do drugiej w założeniu, że wzbudzenie prądnic przy wzroście obciążenia nie będzie podwyższone — innymi słowy w założeniu, że przyrządy regulujące napięcie czy to wskutek defektu, czy to wskutek zbyt szybkiego wzrostu obciążenia, nie będą działać i że napięcie elektrowni się obniży. Przy wzroście obciążenia np. przez dołączenie odbiorników spaść może napięcie z przytoczonych powodów, bądź w obydwu elektrowniach, bądź tylko w elektrowni 1, bądź też tylko w elektrowni 2. Jest rzeczą jasną, że obniżenie się napięcia w elektrowni 2, jest ze względu na warunki przesyłania najbardziej niekorzystnym przypadkiem, gdyż wówczas podłużny spadek napięcia w linii ΔU i — co za tym idzie — przesyłana moc się zwiększy. Z tego powodu w dalszych rozważaniach dla uproszczenia przyjmujemy, że przy wzroście obciążenia napięcie szyn zbiorczych elektrowni 1 się nie zmieni, a napięcie elektrowni 2 się obniży.



Rys. 9.

Aby zanalizować wpływ obniżenia się napięcia sporządzimy (rys. 9) szereg wykresów kołowych dla elektrowni 2 przy różnej wielkości napięć tej elektrowni i przy niezmiennym napięciu elektrowni 1; w tych warunkach otrzymamy cały szereg kół dla mocy elektrowni 2, zakreślonych różnymi promieniami i z różnych środków, podobnie jak wskazano na rys. 5. Wspólna styczna krzywa linia stanowi granicę dla przesyłanych mocy przy różnych napięciach w elektrowni 2.

Jeżeli np. normalnej pracy przy pełnym napięciu (100%) odpowiada punkt N, to ON wyraża przesłaną moc pozorną, a kąt φ — przesunięcie prądu względem napięcia. Gdyby pomimo obniżenia się napięcia wypadkowy kąt φ wzgl. wypadkowy $\cos \varphi$ pozostał niezmiennym, to wówczas punkt N', położony na przedłużeniu prostej ON do krzywej linii stycznej, odpowiadałby rzeczywistej statycznej granicy mocy, gdyż praca poza granicami krzywej nie jest możliwa; jak widzimy z wykresu, przy stałym wypadkowym $\cos \varphi$ rzeczywista moc graniczna byłaby stosunkowo niewielka.

Przy obniżeniu się napięcia współczynnik mocy nie pozostaje jednak stały, lecz zmienia się w zależności od charakteru odbiornika w ten sposób, że wypadkowy $\cos \varphi$ przeważnie się podwyższa. Jeżeli wypadkowy $\cos \varphi$ przy obniżeniu się napięcia spadnie poniżej współczynnika mocy przy pełnym napięciu (kąt φ — większy), wówczas jak łatwo się z rysunku zorientować — moc graniczna będzie mniejsza niż moc ON'. W przypadku natomiast, gdy wypadkowy $\cos \varphi$ okaże się przy obniżonym napięciu wyższy (kąt φ — mniejszy), niż przy napięciu normalnym, względnie jeżeli będzie on odpowiadał kątowi wyprzedzającemu, wtedy moc graniczna będzie większa od mocy ON'.

Z powyższych rozważań wynika, że wielkość rzeczywistej statycznej granicy mocy zależna jest od tego, przy jakim współczynniku mocy przesyłana będzie energia w razie obniżenia się napięcia, innymi słowy, zależna jest od odnośnej wypadkowej charakterystyki odbiorników, na które mogą się składać różnego rodzaju odbiory (oświetlenie, grzejnictwo, prostowniki rtęciowe, napędy o silnikach synchronicznych i asynchronicznych, kompensatory i t. p.). Nie wchodząc bliżej w charakterystykę poszczególnych odbiorów zaznaczmy tylko, że na ogół współczynniki mocy silników asynchronicznych przy tym samym obciążeniu, lecz przy obniżeniu się napięcia wzrastają, co się przyczynia do podniesienia wypadkowego współczynnika mocy. Również silniki synchroniczne i kompensatory synchroniczne wykazują tę samą tendencję. Jeżeli ponadto uwzględnimy, że przy obniżeniu się napięcia (przy tym samym wzbudzeniu) elektrownia 2, jako przewzbudzona w stosunku do obniżonego napięcia, oddawać będzie większą moc bierną, niż przy normalnym napięciu i przez to w pewnym stopniu odciąży linię od przesyłania tej mocy, to dojdziemy do wniosku, że przy obniżeniu się napięcia współczynnik przesyłanej mocy może znacznie się polepszyć i prąd liniowy stać się może nawet wyprzedzającym.

Dla określenia rzeczywistej statycznej granicy mocy należałoby zatem dla obniżonych napięć elektrowni 2 określić wypadkowy $\cos \varphi$ i ze środka systemu współrzędnych wykreślić pod wypadkowym kątem φ linię przesyłanej mocy pozornej aż do przecięcia się z kołem, właściwym danemu obniżonemu napięciu. Jeżeli połączymy pomiędzy danymi punktami przecięcia się linii tych z odpowiednimi kołami mocy, to otrzymamy krzywą mocy granicznej przy różnych napięciach. Największa z tych mo-

cy, odczytana na osi odciętych, będzie rzeczywistą statyczną granicą mocy.

Jest rzeczą oczywistą, że obliczenie w powyższy sposób rzeczywistej statycznej granicy mocy jest bardzo żmudne i przy wielkiej ilości drobnych odbiorów silnikowych nader utrudnione. Przeprowadzenie takiego rachunku jest zatem wskazane tylko wówczas, gdy odbiór energii w swej przeważającej części odbywa się przez stosunkowo niewielką liczbę wielkich silników, mających dominujący wpływ na wypadkowy współczynnik mocy.

Przewidując trudności w określaniu rzeczywistej statycznej granicy mocy, Rüdénberg radzi np. granicę tę określać z idealnej statycznej granicy mocy, przyjmując, że moc rzeczywista wynosi 66% mocy idealnej, t. j. pozostawiając 50% rezerwy na ew. nieprzewidziane przekroczenia rzeczywistej statycznej granicy mocy aż do idealnej statycznej granicy mocy.

B. Dynamiczna równowaga ruchu.

W rozdziale A rozpatrzyliśmy warunki dla utrzymania statycznej równowagi ruchu, przyjmując, że ruch prowadzony jest normalnie bez gwałtownych wzrostów obciążenia. W tych warunkach, przy obciążeniach nie przekraczających statycznej granicy mocy, moc elektryczna dostarczona w każdej chwili przez prądnicę jest zrównoważona przez moc mechaniczną dostarczoną przez silnik napędowy. Przy tym założeniu statyczną granicę równowagi określić można w sposób i przy pomocy wzorów podanych w poprzednim rozdziale.

Jeżeli jednak zmiany oddawanej mocy elektrycznej są znaczne i następują szybko, względnie jeżeli zachodzą zaburzenia normalnego ruchu bądź wskutek niespodziewanych przeciążeń, bądź wskutek zmiany w konfiguracji sieci, bądź wreszcie wskutek zwarć w obwodzie, to wówczas system przenoszenia energii może okazać się nie zrównoważonym.

Ruch połączonych pomiędzy sobą elektrowni nazywamy zrównoważonym dynamicznie, jeżeli przez nagły wzrost mocy, względnie zakłócenie, elektrownie nie zostały wytrącone z synchronizmu, przy czym maksymalną moc, przy której warunki te są jeszcze dotrzymane, nazywamy dynamiczną granicą mocy.

Ustalenie dynamicznej granicy mocy jest znacznie trudniejsze, niż statycznej granicy mocy; tłumaczy się to tym, że dynamiczna moc graniczna zależy nie tylko od systemu przesyłowego, lecz również od właściwości elektrycznych i mechanicznych prądnic, regulatorów, silników napędowych i t. p. Innymi słowy, o ile problem równowagi statycznej jest natury wyłącznie elektrycznej, to zagadnienie równowagi dynamicznej wymaga jednoczesnej elektrycznej analizy sieci i prądnic oraz analizy mechanicznej części zespołów prądotwórczych.

Wszelkie nagłe zmiany ruchu systemu wytwórczo-przesyłowego, składającego się z zespołów maszynowych, transformatorów, linii łączącej oraz odbioru, wywołują kolejne podwyższenie i obniżenie oddawanej mocy, czyli wahania prądnic synchronicznych, przy czym wahania te mogą być tak silne, że zespoły wypadają z synchronizmu. Wytrącenie z taktu poszczególnych jednostek prądotwórczych powoduje nagły wzrost obciążenia pozostałych maszyn, które ze swej strony mogą być również wytrącone z równowagi i spowodować całkowitą przerwę ruchu.

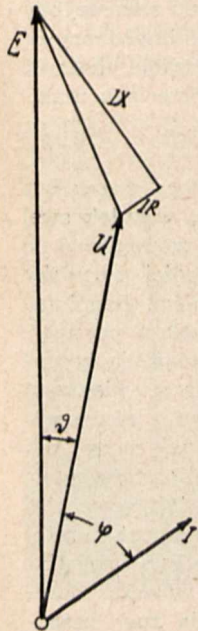
Wy tłumaczenie naruszenia równowagi ruchu przy wroście obciążenia i przy niektórych zaburzeniach znajdują czytelnicy w dziele inż. Morawskiego p. t. „Sieci Elektryczne i współpraca elektrowni” oraz w artykule inż. Nowackiego zamieszczonym w Nr. 9 „Przeгляdu Elektrotechnicznego” z roku 1936.

Szczupłe ramy niniejszego artykułu nie pozwalają na matematyczną analizę zagadnienia dynamicznej równowagi ruchu, wobec czego ograniczymy się tylko do krótkiego wyjaśnienia głównego warunku tej równowagi, wskazując jednocześnie na środki zaradcze, jakimi można osiągnąć zwiększenie równowagi dynamicznej.

Głównym czynnikiem utrzymania prądnic synchronicznych w równowadze ruchu jest t. zw. *moc synchronizująca*. Z teorii maszyn synchronicznych wiadome jest, że jednofazowa moc czynna oddawana przez prądnice wynosi

$$P = \frac{E U}{X} \cdot \sin \vartheta,$$

gdzie E wyraża siłę elektromotoryczną, U — napięcie jednofazowe na zaciskach, X całkowitą oporność bierną, t. zw. synchroniczną reaktancję prądnicy, a ϑ — kąt różnicy faz elektromotorycznej E i napięcia na zaciskach U .



Rys. 10.

Rys. 10 przedstawia tego rodzaju wykres wektorowy turboprądnicy synchronicznej; w wykresie tym X oznacza synchroniczną reaktancję, R oporność rzeczywistą stojana, przy czym R w porównaniu z X jest nieznaczne i może być pominięte.

Pzyrost mocy, oddawanej na jednostkę kąta ϑ , nazywamy mocą synchronizującą, która wyrazi się równaniem.

$$F = \frac{dP}{d\vartheta} = \frac{E U}{X} \cdot \cos \vartheta.$$

Wzór ten przez analogię może być zastosowany przy współpracy dwóch generatorów o SEM E_1 i E_2 połączonych przez transformatory i linię; wówczas

$$F = \frac{E_1 E_2}{X} \cos \vartheta,$$

w którym to przypadku ϑ wyraża kąt różnicy faz sił elektromotorycznych E_1 i E_2 , a X — wspólną reaktancję obwodu, składającego się z prądnic, transformatorów i linii.

Z powyższego wzoru widzimy, że moc synchronizująca proporcjonalna jest do $\cos \vartheta$, a odwrotnie proporcjonalna do reaktancji obwodu X , a więc moc ta jest tym mniejsza, im większy jest kąt ϑ , t. j. im większe jest obciążenie; moc ta jest największa, gdy kąt $\vartheta = 0$, t. j., gdy prądnice biegają luzem, najmniejsza zaś — gdy kąt ϑ zbliża się do kąta prostego.

Rozpatrzmy obecnie jakimi środkami można osiągnąć zwiększenie dynamicznej równowagi ruchu elektrowni.

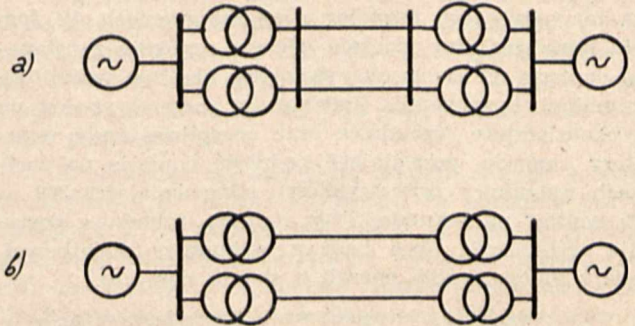
a) *Zmniejszenie reaktancji obwodu.*

Z powyższego wzoru dla mocy synchronizującej widzimy, że moc ta jest odwrotna do reaktancji obwodu, czyli, że pożądane jest, aby sumaryczna reaktancja obwodu, t. j. reaktancja generatorów, transformatorów i linii, była jak najmniejsza.

W prądnicach synchronicznych na ogół trudno jest zmniejszyć reaktancję bez znacznego powiększenia ich wymiarów i — co za tym idzie — powiększenia kosztów maszyny. Osiągnąć natomiast można obniżenie wypadkowej reaktancji prądnic całej elektrowni, jeżeli reaktancje połączone są równolegle, t. j. przez zastosowanie większej ilości maszyn prądotwórczych. Zwiększenie ilości pracujących zespołów przyczynia się zatem do podniesienia

mocy synchronizującej systemu i — co za tym idzie — do podwyższenia równowagi dynamicznej.

Co się tyczy reaktancji transformatorów, to względny konstrukcyjne również nie pozwalają na znaczne jej powiększenie. Wypadkowa reaktancja kilku równolegle pracujących transformatorów może być natomiast obniżona przy liniach dwutorowych przez wybór odpowiedniego schematu połączeń. Jeżeli np. rozpatrzmy rys. 11, ilustrujący schemat uproszczony dwóch elektrowni



Rys. 11.

połączonych linią dwutorową, to widzimy, że w przypadku „a”, t. j. wówczas, gdy po stronie wyższego napięcia istnieją szyny zbiorcze, w razie wyłączenia jednego toru linii wypadkowa reaktancja transformatorów nie powiększyła się, co natomiast będzie miało miejsce w przypadku „b”, gdy szyn zbiorczych po stronie wyższego napięcia nie ma. Z drugiej strony jednak w przypadku „a” prąd zwarcia międzyfazowy wskutek właśnie mniejszej reaktancji będzie większy niż w przypadku „b”. Widzimy zatem, że możemy zyskać na dynamicznej równowadze ruchu kosztem zwiększenia prądu zwarcia. Jest rzeczą oczywistą, że w takich okolicznościach dla zagadnienia tego nie można podać określonych reguł, lecz że w każdym poszczególnym przypadku konieczna jest indywidualna analiza w celu kompromisu pomiędzy wspomnianymi warunkami.

Reaktancja linii przesyłowych może być w pewnych nieznacznych granicach zmniejszona przez odpowiedni dobór średnic przewodów, które powinny być jak największe (przewody puste wewnątrz), i odstępów pomiędzy przewodami, które powinny być jak najmniejsze; wynika to ze wzorów dla wypadkowego współczynnika indukcyjności. Znaczne obniżenie reaktancji można natomiast osiągnąć przez zastosowanie linii dwutorowych, przy których współczynnik indukcyjności jest około dwa razy mniejszy, niż przy liniach jednotorowych. Z drugiej strony należy jednak nie zapominać, że linie dwutorowe wykazują około dwukrotną pojemność w stosunku do linii jednotorowych, co powoduje zwiększenie prądu pojemnościowego. Wskutek prądu tego potrzebne jest mniejsze wzbudzenie prądnic, t. j. mniejsza siła elektromotoryczna, co ze swej strony obniża moc synchronizującą i przyczynia się tym do pogorszenia warunków dynamicznych równowagi ruchu. A zatem dla wyboru pomiędzy linią jedno- a dwutorową nie można ustalić określonych wytycznych z uwagi na warunki dynamicznej równowagi, lecz konieczna jest w każdym przypadku indywidualna analiza zagadnienia.

b) *Szybko działające wzbudzenie maszyn prądotwórczych.*

Ze wzoru na moc synchronizującą $F = \frac{E U}{X} \cdot \cos \vartheta$ widzimy, że moc ta jest proporcjonalna do sił elektromotorycznych maszyn prądotwórczych. Warunek ten na-

kazuje zatem z uwagi na dynamiczną równowagę ruchu, aby siły elektromotoryczne, względnie strumienie magnetyczne maszyn, utrzymywane były możliwie na tym samym poziomie nawet przy ciężkich zaburzeniach w ruchu. Normalne wzbudnice bocznikowe zespołów prądowców z zwykłym samoczynnym regulatorem napięcia okazują się do tego celu niezupełnie przydatne, gdyż szybkość podwyższenia napięcia na zaciskach jest zbyt mała, wynosi bowiem zaledwie $40 \div 80$ woltów na sekundę, co jest niedostateczne dla utrzymania strumienia magnetycznego prądnicy przy zaburzeniach. W tym celu konieczna jest znacznie większa szybkość zwiększenia napięcia na zaciskach wzbudnicy, niż dają wzbudnice normalnej konstrukcji. Zadanie to spełniają należycie szybko działające wzbudnice oraz specjalnie czułe regulatory napięcia, pozwalające podnosić napięcie na zaciskach wzbudnicy przy szybkości, odpowiadającej $200 \div 400$ woltów na sekundę. Tego rodzaju wzbudnice posiadają wzbudzenie obce bądź z wzbudnicy dodatkowej, bądź z innego źródła energii o stałym napięciu.

c) Uzwojenia tłumiące maszyn prądowców.

Uzwojenia tłumiące, umieszczone na wirnikach synchronicznych maszyn prądowców, w znacznym stopniu przyczyniają się do przywrócenia równowagi ruchu, gdy wirnik wskutek nagłej zmiany obciążenia wpadł w stan ruchu wahadłowego.

Przy takim ruchu wirników maszyn prądowców szybkość kątowna wirnika odbiega od szybkości kątownej pola wirującego i wskutek tego w uzwojeniach tłumiących powstają prądy małej częstotliwości, odpowiadające liczbie okresów wahań wirnika. Oddziaływanie pola twornika na te prądy powoduje dodatkowy moment obrotowy, który stara się przyrównać szybkość kątowną wirnika do szybkości pola wirującego twornika i moment ten jest tym większy, t. j. tym bardziej przyczyniają się uzwojenia tłumiące do zmniejszenia amplitud ruchu wahadłowego wirnika, im prądy w nich są większe, czyli im mniejsza jest oporność uzwojenia. Ponieważ częstotliwość prądów w uzwojeniach tłumiących jest nieznaczna, przeto na wielkość prądu wpływa prawie wyłącznie oporność rzeczywista uzwojeń. Uzwojenie tłumiące wykonane z miedzi o znacznym przekroju jest zatem z punktu widzenia hamowania ruchu wahadłowego wirnika najkorzystniejsze. Jednakże owo dodatnie oddziaływanie uzwojeń tłumiących powstaje tylko w dalszych okresach wahań, natomiast na pierwszej amplitudzie wychylenia pomiędzy wektorami napięć wpływu żadnego nie wywiera.

Z drugiej strony wpływ uzwojeń tłumiących o małych opornościach okazuje się ujemny w stosunku do dynamicznej równowagi ruchu w przypadku niesymetrycznego zwarcia międzyfazowego i z tego punktu widzenia miedziane uzwojenia tłumiące o małych opornościach są niewskazane. Z powyższych powodów spotykamy często uzwojenia tłumiące wykonane nie z miedzi, lecz z metalu o większej oporności.

Jak widzimy, sprawa wyboru rodzaju uzwojeń tłumiących jest natury dosyć skomplikowanej, gdyż o ile uzwojenie to wykonane z miedzi jest pożądane dla tłumienia wahań wirnika, to z drugiej strony uzwojenie wykonane z metalu o większej oporności jest korzystniejsze przy niesymetrycznych zwiarcach międzyfazowych. Czynione są obecnie próby zaopatrywania wirników maszyn w podwójne uzwojenia tłumiące z miedzi i z metalu o większej oporności; tak wyposażone maszyny są już wykonane i znajdują się w ruchu w jednej z większych wytwórni w USA.

d) Zastosowanie szybko działających przełączników i wyłączników.

Niebezpieczeństwo naruszenia równowagi ruchu przy zwiarcach jest tym większe, im większy jest czas, jaki upływa od momentu powstania zwarcia do czasu wyłączenia uszkodzonej linii. Np. badania dokonane w jednym z większych zakładów wytwórczo-przesyłowych z uziemionym punktem zerowym wykazały, że przy czasie 0,2 sek. wzgl. 0,4 sek. maksymalna moc graniczna zmniejsza się w przypadku

	przy czasie	
	0,2 sek	0,4 sek
zwarcia z ziemią, t. j. zwarcia jednofazowego o 8%	22%	22%
„ „ dwufazowego	14 „	28 „
„ „ podwójnego z ziemią	40 „	73 „
„ „ trójfazowego	60 „	~100 „

Widzimy więc, że do utrzymania równowagi ruchu przy zwiarcach w wysokim stopniu przyczyniają się nowoczesne szybko wyłączające wyłączniki oraz szybko działające przełączniki, jako to różnicowe, impedancyjne i t. p., dzięki którym to urządzeniom istnieje możliwość odłączenia uszkodzonego odcinka sieci w przeciągu ułamka sekundy np. w przeciągu nawet 0,2 sek.

e) Czułość regulatorów turbin.

W przypadku zmiany oddawanej mocy regulatory turbin zarówno parowych, jak i wodnych, wskutek swej bezwładności nie są w stanie natychmiast zareagować na nieznaczne z natury rzeczy zmiany szybkości wirników i zaczynają działać z pewnym opóźnieniem. Regulatory najbardziej czułe rozpoczynają grę dopiero po upływie $0,3 \div 0,4$ sek. od chwili zmiany obciążenia zespołu, a przy turbinach wodnych — z jeszcze większym opóźnieniem. Przyczyną wytrącenia maszyn z równowagi ruchu przy nagłych zmianach odbieranej mocy jest, jak wiemy, nadmiar lub brak momentu obrotowego na wale maszyny w stosunku do obciążenia. Gdyby regulacja turbin była tak czuła i szybka, że moment obrotowy przyłożony na wale maszyny każdorazowo odpowiadałby momentowi zapotrzebowanemu, to wówczas oczywiście przy wszelkich zmianach obciążenia ruch zespołów byłby zrównoważony. Stąd wniosek, że zastosowanie regulatorów turbin działających natychmiast o znaczniejszej czułości, niż to ma miejsce obecnie, rozwiązałoby w radykalny sposób sprawę równowagi ruchu współpracujących elektrowni. Obecna technika jednak nie może jeszcze tego osiągnąć. Co prawda dokonywane są próby, zmierzające n. p. do samoczynnego sztucznego obciążania maszyn w samych elektrowniach w razie nagłego odciążenia na sieci i do absorbowania tą drogą zbywającego momentu obrotowego, wzgl. próby samoczynnego przerywania na pewien czas dopływu pary za pośrednictwem odpowiedniego watomierzowego przełącznika — przerywania tym dłuższego, im większe jest odciążenie maszyny, jednak w praktyce zamierzenia te nie zostały jeszcze zrealizowane.

Bibliografia:

- Burger. „Berechnung von Drehstromkraftübertragungen”.
- Fallou. „Les réseaux de transmission d'énergie”.
- Morawski. „Sieci elektryczne i współpraca elektrowni”.
- Rüdenberg. „Elektrische Hochleistungsübertragung auf weite Entfernungen”.
- Żdanow i Lebiediew. „Ustojcziwost' parallelnoj raboty elektriceskich sistiem”.

Burze i przebiegi w polskich napowietrznych sieciach wysokiego napięcia w r. 1936

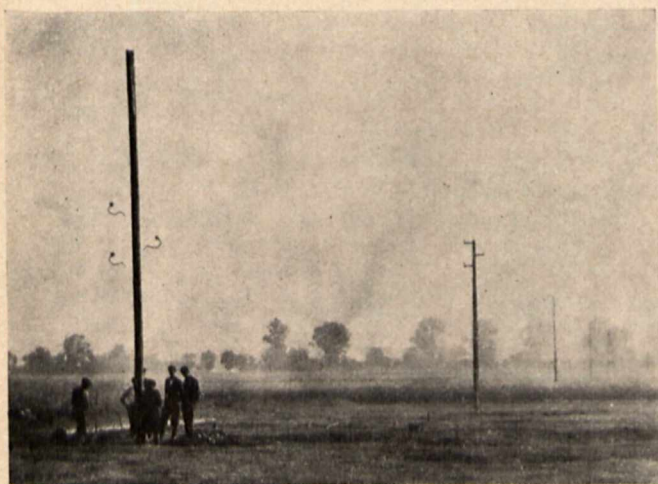
Według statystyki Komisji przecięć i zakłóceń sieciowych SEP.

inż. Jung Leon i inż. Gniewiewski Janusz,
Warszawa

Streszczenie: Materiały, nadesłane przez przedsiębiorstwa elektryfikacyjne, poddano analizie pod względem jakości sieci, obserwowanych burz i wpływu burz na linie. Z analizy starano się wyciągać wnioski. Statystyka objęła ok. 55% wszystkich linii ponad 15 kV, nie licząc linii napięć niższych, które uwzględniono również.

Statystyka przecięć pochodzenia atmosferycznego w roku 1936 oparta jest, jak i statystyki lat poprzednich, na danych zawartych w rozesłanych przez Komisję Przepięć S. E. P. kwestionariuszach „A” i „B”.

Ponieważ do kwestionariuszy tych nie zostały wniesione żadne dodatki i uzupełnienia, przeto nie podajemy tutaj ich układu ani treści odsyłając bliżej interesujących się tą sprawą do statystyki w latach 1934 i 1935.



Rys. 1.
Rozbity słup linii 6 kV.

Na ankietę w r. 1936 odpowiedziało łącznie 12 przedsiębiorstw elektryfikacyjnych reprezentujących ogółem ok. 2 500 km linii elektrycznych wysokiego napięcia.

Biorąc pod uwagę liczby podane przez profesora T. Czaplckiego odnoszące się do stanu linii o napięciu 15 kV i wyżej z połowy roku 1930 i szacując roczny przy-

rost tych linii na 5% możemy stwierdzić, że statystyka w r. 1936 obejmuje ok. 55% linii ponad 15 kV, wobec ok. 52% w roku 1935 i ok. 40% w r. 1934.

Na przestrzeni trzech lat prowadzenia statystyki 8 przedsiębiorstw elektryfikacyjnych uczestniczy w niej stale, a 2 biorą udział w ciągu dwóch kolejnych ubiegłych lat. Wskutek tego statystyka tegoroczna w zestawieniu z poprzednimi może posłużyć już jako dość poważny materiał porównawczy.

Przechodząc do ściślejszej analizy danych z kwestionariusza „A” można stwierdzić, że podobnie jak w statystyce z lat poprzednich tak i w obecnej podlega obserwacji nieduży procent sieci wyższego napięcia (60 kV) mianowicie 15,8% ogólnej długości torów, zaś większość są to sieci głównie średniego napięcia oraz niewielka ilość sieci niskiego napięcia. W tym też znajdzie swoje wytłomaczenie fakt, że tak długość linii na wspornikach tylko żelaznych (18,8%) o płaskim układzie przewodów (20%) oraz długość linii z linką odgromową jest stosunkowo niewielka.

Z zestawienia sposobów połączenia punktu zerowego transformatorów z ziemią wynika, że w sieciach objętych statystyką w r. 1936 punkt zerowy jest przeważnie

Tabela 1.

Długość sieci przedsiębiorstw uczestniczących w statystyce w r. 1936.

Nr.	km linii (nie torów)	Nr.	km linii (nie torów)
I.	781**)	VIII.	52*)
II.	477**)	IX.	40**)
III.	330*)	X.	23 ^o)
IV.	313**)	XI.	22**)
V.	178**)	XII.	10
VI.	139**)		
VII.	83**)	Razem 12	2448

***) Przedsiębiorstwo biorące udział w statystyce od początku, t. j. w latach 1934, 1935 i 1936.

*) Przedsiębiorstwo biorące udział w statystyce w latach 1935 i 1936.

^o) Przedsiębiorstwo biorące udział w statystyce w latach 1934 i 1936.

Tabela 2.

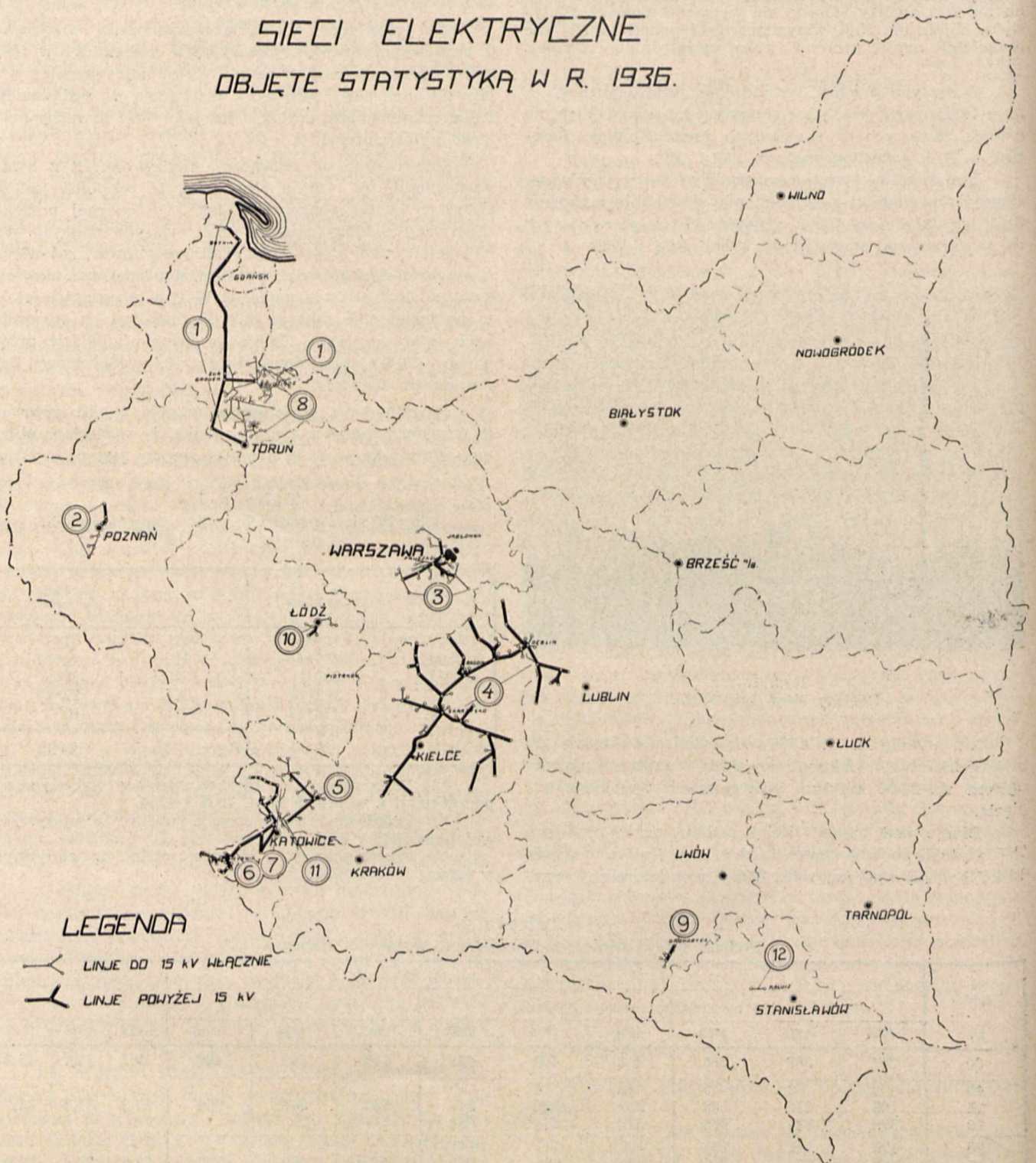
Podział linii i torów pod względem wysokości napięcia.

Napięcie kV	D ł u g o ś ć w k i l o m e t r a c h									P r o c e n t y t o r ó w		
	l i n i i			t o r ó w			r a z e m t o r ó w			1934	1935	1936
	1934	1935	1936	1934	1935	1936	1934	1935	1936			
60	381	362	362	418	409	409	418	409	409	19,1	13,7	15,8
40	9	9	9	18	18	18	820	946	954	37,3	31,6	36,7
35	189	215	185	232	284	247						
30	570	630	675	570	644	689						
20	126	141	141	129	141	141						
15	382	925	619	385	925	621	524	1 066	777	23,9	35,6	29,9
10	10	—	15	10	—	15						
6	158	263	192	189	278	207						
5	205	211	214	205	211	214						
3	37	82	28	37	82	28	431	571	457	19,7	19,1	17,6
2	—	—	8	—	—	8						
Razem	2 067	2 838	2 448	2 193	2 992	2 597	2 193	2 992	2 597	100	100	100

uziemiiony i to głównie przez indukcyjność, przy czym sposób ten stosowany jest przy wszystkich wysokościach napięć. Drugim dominującym sposobem, jednak tylko przy średnim napięciu, jest uziemienie przez oporność omową. Ogólnie długość linii z uziemionym punktem zerowym przewyższa o ok. 44% długość linii z izolowanym punktem zerowym.

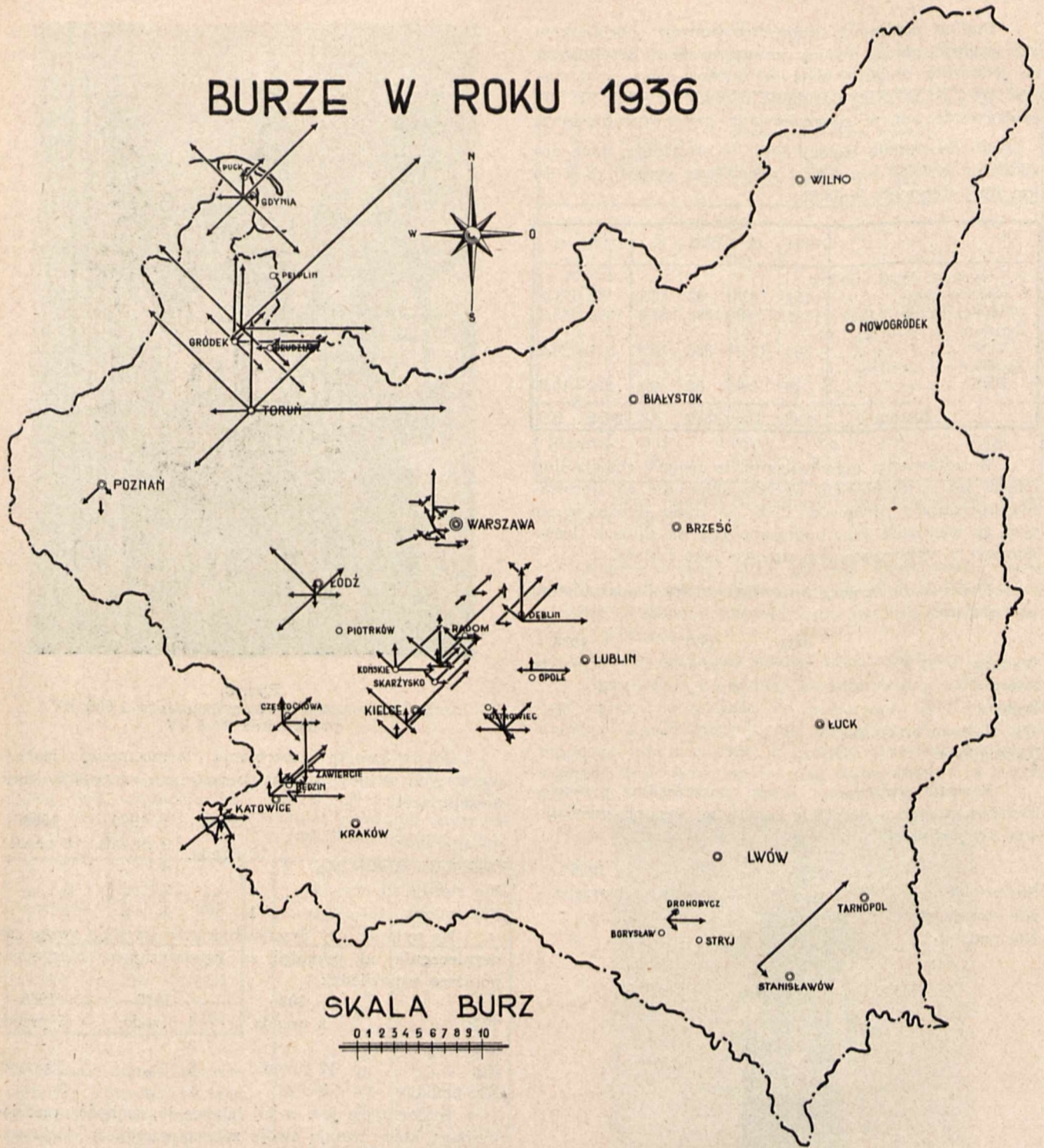
Porównanie ilości i rodzajów stosowanych ochronników wykazuje stały wzrost liczby nowoczesnych ochronników i to głównie zaworowych; jednocześnie stale, aczkolwiek bardzo powoli, zmniejsza się liczba ochronników typów przestarzałych. Wzrost liczby jednych i zmniejszenie się liczby drugich obserwujemy w sieciach o napięciach średnich i niższych.

SIECI ELEKTRYCZNE OBJĘTE STATYSTYKĄ W R. 1936.



1 — Pomorska Elektrownia Krajowa „Gródek”, S. A. w Toruniu, 2 — Elektrownia Zarządu Miejskiego w Poznaniu, 3 — Elektrownia Okręgu Warszawskiego, S. A. w Warszawie, 4 — Zjednoczenie Elektrowni Okręgu Radomsko-Kieleckiego, S. A. „ZEORK”, 5 — Elektrownia Okręgowa w Zagłębiu Dąbrowskim, S. A. w Będzinie, 6 — Rybnickie Gwarectwo Węglowe w Katowicach, 7 — Śląskie Zakłady Elektryczne, S. A. w Katowicach, 8 — Związek Elektryfikacyjny Chełmno — Świecie — Toruń w Chełmnie, 9 — Galicyjskie Towarzystwo Naftowe „Galicja”, S. A. w Drohobyczu, 10 — Łódzkie Towarzystwo Elektryczne, S. A. w Łodzi, 11 — Towarzystwo Górniczo-Przemysłowe „Saturn”, S. A. w Sosnowcu, 12 — S. A. Eksploatacji Soli Potasowych, Kierownictwo Kopalni w Kałuszu.

BURZE W ROKU 1936



Nie wszystkie przedsiębiorstwa wpływają na tę zmianę, jednak, jak wynika z tabeli 11, część dużych przedsiębiorstw, a mianowicie przedsiębiorstwa A, C i E

Tabela 3.

Podział linii i torów o słupach tylko żelaznych, pod względem wysokości napięcia.

Napięcie kV	Długość linii km			Długość torów km			Procent całkowitej długości torów tych- samyh napięć		
	1934	1935	1936	1934	1935	1936	1934	1935	1936
60	178	125	125	215	162	162	51,5	39,6	39,6
40	9	9	9	18	18	18	100,0	100,0	100,0
35	25	13	13	25	13	13	10,8	4,6	5,3
20	7	35	35	7	35	35	5,4	24,8	24,8
Razem	219	182	182	265	228	228	33,2	26,8	28,0

poważnie zwiększając ilość nowoczesnych ochronników w swoich sieciach.

Tabela 4.

Podział linii i torów o płaskim tylko układzie przewodów, pod względem napięcia.

Napięcie kV	Długość linii km			Długość torów km			Procent całkowitej długości torów tych- samyh napięć		
	1934	1935	1936	1934	1935	1936	1934	19.5	1936
60	337	344	344	381	388	388	91,0	94,9	94,9
35	34	33	6	40	33	6	17,2	11,6	2,4
30		2	2		2	2		0,3	0,3
20	51	85	85	51	85	85	39,5	60,3	60,3
6		40	40		40	40		14,4	19,3
Razem	422	504	477	472	548	521	30,7	31,2	30,8

Ogólna natomiast liczba stosowanych ochronników bez względu na ich rodzaj zmniejsza się w przeliczeniu na jednostkę długości sieci, co można sobie wytłumaczyć tym, że szybciej następuje rozbudowa sieci, niż zapatrywanie ich w zabezpieczenia przeciwprzebiegowe.

Co do stopnia izolacji linii, to otrzymano dane dostateczne o 2 056 km linii i zestawiono poniżej. Z 2 056 km linii otrzymało izolację:

	1934	%	1935	%	1936	%
B. wysoką (bud. na wyższe nap.)	151	8,9	62	2,7	32	1,7
Powyżej przep. V.D.E.	1194	70,3	1896	81,2	1302	63,3
Zgodnie i poniżej VDE	304	17,9	326	13,9	511	24,8
Zgodnie i poniżej PNE	49	2,9	52	2,2	211	10,3
Razem	1698	100	2336	100	2056	100

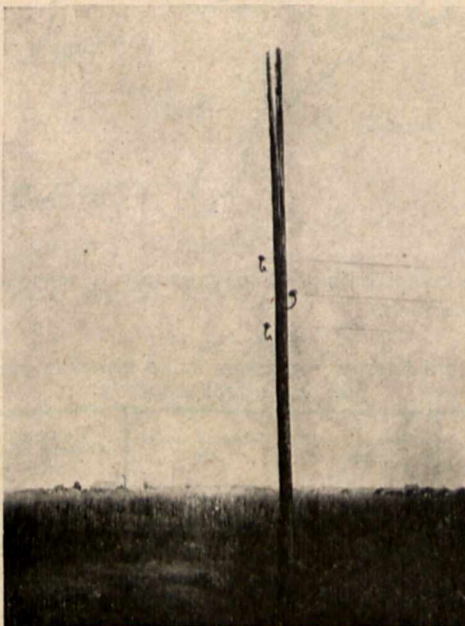
Z zestawienia tego widzimy, że naogół izolacja linii obniża się, a mianowicie wzrasta skłonność do stosowania liberalnych przepisów PNE, co może tłumaczyć się tym, że większość linii budowana jest na słupach drewnianych z wykorzystaniem drzewa jako izolacji.

Dane co do izolacji transformatorów i aparatów są następujące:

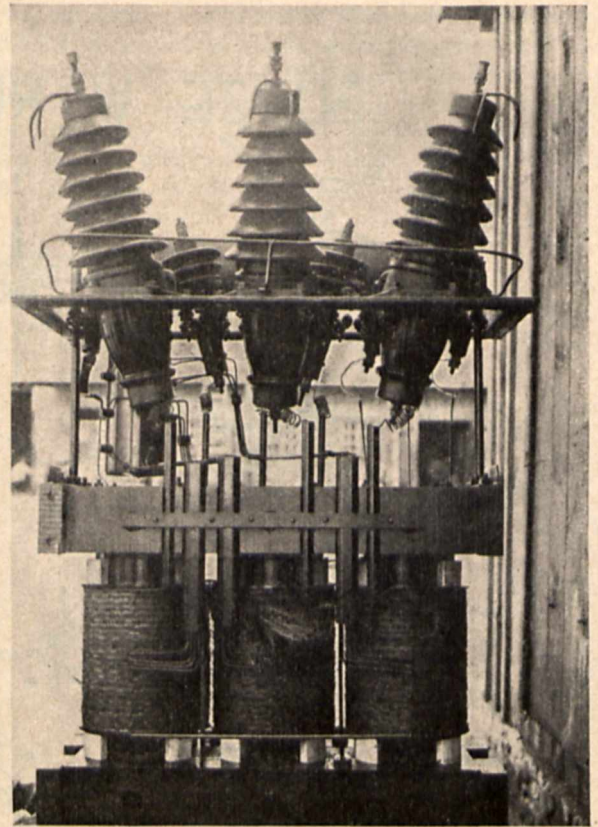
	1934	1935	1936
Według V. D. E.	—	6 przeds.	4 przeds.
Powyżej „	—	2 „	2 „
Poniżej „	—	4 „	4 „
Wg. różnych przepisów	—	1 „	1 „
Niewiadome	—	3 „	1 „

Kwestia stosowania przez poszczególne przedsiębiorstwa miejsc o umyślnie osłabionej izolacji przedstawia się, jak niżej:

	1934	1935	1936
Stosuje się	3 przeds.	3 przeds.	3 przeds.
Nie stosuje się	11 „	11 „	7 „
Nie podano	3 „	2 „	2 „



Rys. 2.
Ten sam słup z bliska.



Rys. 3.
Uszkodzenie uzwojeń transformatora 1 000 kVA przekładnia 33/3 kV.

Co do kwestii stosowania wzmocnionej izolacji pierwszych zwojów w transformatorach otrzymano dane następujące:

	1934	1935	1936
Stosuje się	12 przeds.	9 przeds.	5 przeds.
Częściowo stosuje się		4 „	3 „
Nie stosuje się	4 „	2 „	3 „
Nie podano	1 „	1 „	1 „

Na pytanie, czy przedsiębiorstwa uważają swoje zabezpieczenia od przepięć za wystarczające, otrzymano poniższe odpowiedzi:

	1934	1935	1936
Tak	2 przeds.	4 przeds.	5 przeds.
Częściowo tak	—	3 „	—
Nie	12 przeds.	6 „	5 przeds.
Nie podano	3 „	3 „	2 „

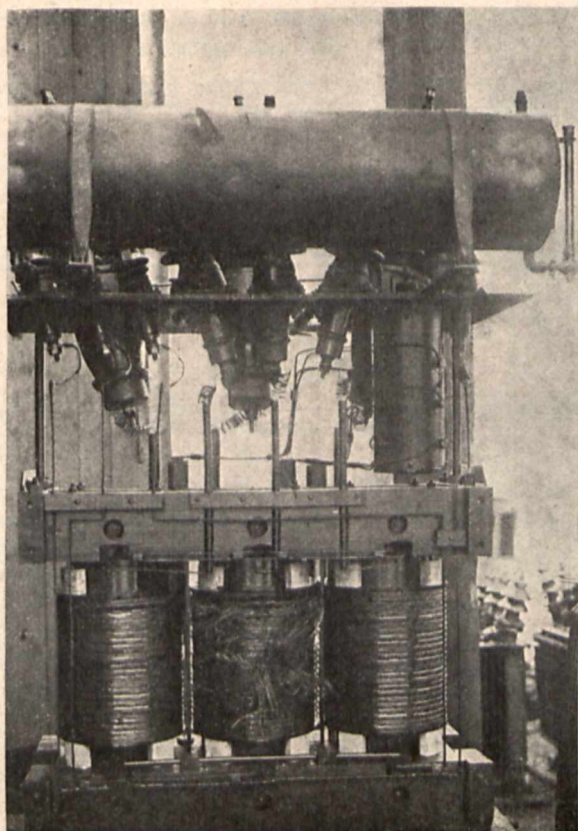
Interesujące jest w tej tabelce to, że ilość przedsiębiorstw, które uznają swoje zabezpieczenia za dostateczne — wzrasta i odwrotnie ilość przedsiębiorstw uznających swoje zabezpieczenia za niewystarczające — maleje.

Tabela 5.
Podział linii z linką odgromową w/g ilości stosowanych linii, przy liniach jedno i dwutorowych.

Ilość torów	Ilość linek odgromowych	Długość linii 1936 km	% 1936
1	1	213	71,5
1	2	39	13,1
2	1	9	3,0
2	2	37	12,4
Razem		298	100

Tabela 6.
Podział linii z linką odgromową pod względem napięcia.

Napięcie kV	Długość linii 1936 km	% 1936	
60	127	42,6	
40 i 35	22	7,4	
20	127	42,6	
15	22	7,4	
Razem		298	100



Rys. 4.

Ten sam transformator z drugiej strony.

Tabela 7.

Podział linii z linką odgromową pod względem rodzaju wsporników linowych.

Materiał wsporników	Długość linii 1936 km	% 1936
drzewo	115	38,6
żelazo	183	61,4
Razem	298	100

Ta właśnie opinia zapewne wpływa również na fakt, że nie wszystkie przedsiębiorstwa zwiększają ilość ochronników w swoich sieciach. Jednak, jak to z dalszych wyników statystyki zaobserwować można, pojęcie o dostatecznej obronności linii od przepięć atmosferycznych nie jest uzasadnione.

Na pytanie, czy zauważono skupianie się piorunów w pewnych określonych miejscach, przedsiębiorstwa odpowiedziały następująco:

	1934	1935	1936
Tak	9 przeds.	9 przeds.	2 przeds
Nie	6 „	4 „	4 „
Nie podano	2 „	3 „	6 „

Jak z powyższego wynika w r. 1936 mniej, niż w latach poprzednich można było stwierdzić skupianie się wyładowań w określonych miejscach.

Tabela 8.

Podział linii z linką odgromową pod względem materiału i przekroju, stosowanej linki odgromowej.

Linka odgromowa		Długość linii 1936 km	% 1936
Materiał	Przekrój mm ²		
Miedź	25	10	3,4
Bronz	70	17	5,7
	50	1	0,3
Żelazo	95	9	3,0
	70	23	7,7
	50	111	37,3
	35	34	11,4
	25	93	31,2
Razem		298	100

Tabela 9.

Podział sieci pod względem sposobu przyłączenia punktu zerowego do ziemi.

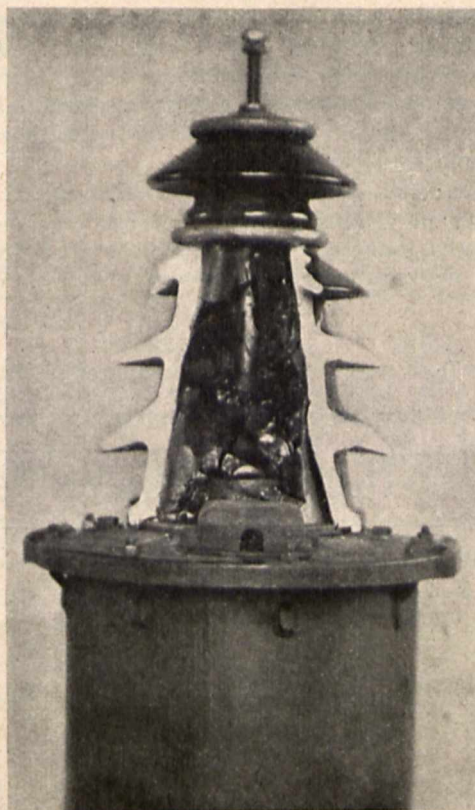
Napięcia kV	Długość linii w kilometrach w roku 1936				Ogólna długość
	Z izolowanym punktem zerowym	Z uziemionym punktem zerowym			
		przez indukcyjność	przez oporność omową	bezpośrednio	
60	—	362	—	—	362
40	9	—	—	—	9
35	—	185	—	—	185
30	—	—	675	—	675
20	20	121	—	—	141
15	219	369	—	20	608*)
10	—	15	—	—	15
6	192	—	—	—	192
5	209	5	—	—	214
3	28	—	—	—	28
2	8	—	—	—	8
Razem %	685 28,1	1 057 43,4	675 27,7	20 0,8	2 437 100

*) Brak danych od jednego z przedsiębiorstw w tej kategorii napięcia.

Analiza terenu, gdzie głównie występowało częste uderzanie piorunów, doprowadza do wniosku, że grunta wilgotne a głównie bliskość lasów wpływa na zagęszczenie się piorunów.

Na tym kończymy analizę kwestionariusza „A”.

Przechodząc do analizy kwestionariusza „B” zaznaczyć należy na wstępie, że aczkolwiek ilość przedsiębiorstw uczestniczących w statystyce za r. 1936 jest mniejsza, niż w r. 1935, to jednak nadesłano danych o większej ilości burz, niż w roku poprzednim, i to o 31%



Rys. 5.

Rozbity izolator przepustowy transformatora prądowego 33 kV.

3) porą dnia, w której występuje większość burz, są godziny od 12-ej do 18-ej;

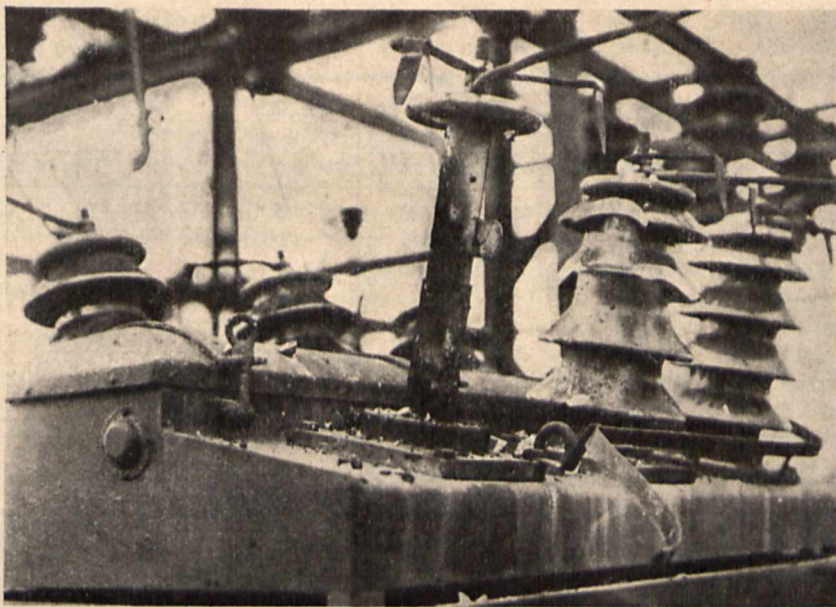
4) kierunkiem, w którym dążą burze, jest głównie kierunek wschodni lub północno-wschodni, poza tym można zauważyć, że na południu kraju dominuje kierunek wschodni odchylający się coraz bardziej ku północy w miarę posuwania się na północ kraju;

5) nasilenie poszczególnych burz nie występuje wyraźnie, a jak widać z bliższej analizy, nie wpływa ono na ilość zaburzeń w sieciach.

Z powyższych punktów można wysnuć następujące wnioski:

1) porą do czynienia zabiegów na sieciach elektrycznych, mających na celu zwiększenie odporności tych sieci na przepięcia atmosferyczne, jest wczesna wiosna, podczas gdy jesień i zima winny być wykorzystane jako pory do zestawiania bilansów uszkodzeń i wyciągania wniosków z doświadczeń poczynionych przez lato;

2) w miesiącach od maja do sierpnia i głównie w porach dnia od 12-ej do 20-ej godz. należy usprawnić pogotowie do usuwania uszkodzeń spowodowanych przepięciami, a poza tym zwrócić uwagę na to, by szczególnie w tych miesiącach i podczas wymienionych godzin dnia wszystkie zastępcze i rezerwowe urządzenia na stacjach



Rys. 7.

Rozbite i potłuczone izolatory przepustowe wyłącznika olejowego 33 kV.

elektrycznych znajdowały się w stanie natychmiastowej gotowości do zainstalowania w sieci.

Przechodząc do analizy uszkodzeń stwierdzić można, że w większości wypadków uszkodzeniem podlegają izolatory liniowe i aparaty, których zasadniczą częścią są uzwojenia. Na trzecim miejscu można postawić izolatory przepustowe oraz dalej słupy drewniane. Najbardziej podlegają uszkodzeniom urządzenia napięć średnich wykazując nawet tendencję ilościowego wzrastania, podczas gdy uszkodzenia przy napięciach niższych praktycznie pozostają na tym samym poziomie, a uszkodzenia przy napięciach najwyższych ilościowo zmniejszają się. Ponieważ jednak nie występuje to nigdzie zupełnie wyraźnie prócz napięć najwyższych, nie można z tego dziś jeszcze wyciągać konkretnych wniosków. Rozpatrując tę

Tabela 12.
Podział burz według miesięcy.

Rok	Ilość i procent	M i e s i a c e												Razem
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1934	Ilość burz	—	4	1	13	16	25	47	48	2	2	—	—	158
	%	—	2,5	0,6	8,2	10,1	15,8	29,8	30,4	1,3	1,3	—	—	100,0
1935	Ilość burz	2	2	3	16	56	162	80	73	35	13	—	—	2444
	%	0,4	0,4	0,7	3,6	12,6	36,5	18,1	16,5	7,9	2,5	—	—	100,0
1936	Ilość burz	2	1	2	29	166	117	187	58	18	3	—	—	583
	%	0,3	0,2	0,3	5,0	28,5	20,0	32,1	10,0	3,1	0,5	—	—	100,0

Tabela 13.
Podział burz z r. 1936 według towarzyszących opadów.

Ilość i procent	O p a a d y							Razem	
	ulewa	deszcz	ulewa i grad	deszcz i grad	mały deszcz	bez deszczu	śnieg		niewiadome
Ilość burz	155	204	26	23	81	64	—	30	583
%	26,6	35,0	4,5	4,0	13,9	10,9	—	5,1	100

Tabela 13A.
Podział burz według pory dnia.

Rok	Ilość i procenty	P o r a d n i a — g o d z i n y					Razem
		6—12	12—18	18—24	24—6	Nieznane	
1934	Ilość burz	23	83	19	13	—	138
	%	16,7	60,1	13,8	9,4	—	100
1935	Ilość burz	67	173	82	82	40	444
	%	15,1	39,5	18,2	18,2	9,0	100
1936	Ilość burz	47	313	153	70	—	583
	%	8,1	53,7	26,2	12,0	—	100

Tabela 14.
Podział burz według kierunku dążenia.

Rok	Ilość i procenty	K i e r u n k i								Razem	
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		Niepodane
1934	Ilość burz	6	25	35	24	9	9	1	17	—	126
	%	4,8	19,8	27,9	19,0	7,1	7,1	0,8	13,5	—	100
1935	Ilość burz	70	82	123	55	19	22	32	41	—	444
	%	15,8	18,5	27,6	12,4	4,3	5,0	7,2	9,2	—	100
1936	Ilość burz	90	145	123	58	12	32	36	77	10	583
	%	15,5	24,9	21,1	10,0	2,1	5,5	6,2	13,0	1,7	100

Tabela 14A.
Podział burz według nasilenia.

Rok	Ilość i procenty	N a s i l e n i e				Razem
		Gwałtowne	Średnie	Słabe	Nieznane	
1934	Ilość burz	52	71	20	—	143
	%	36,5	49,5	14,0	—	100
1935	Ilość burz	103	145	164	32	444
	%	23,0	33,0	37,0	7,0	100
1936	Ilość burz	131	221	231	—	583
	%	22,5	37,9	39,6	—	100

Tabela 15.
Uszkodzenia bezpośrednie.

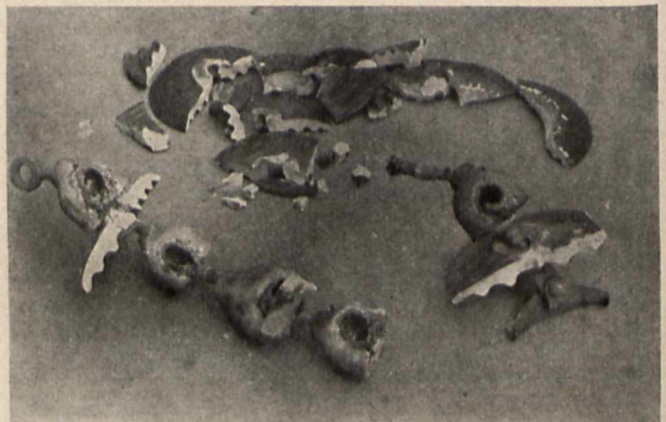
Napięcie kV	Izolatory liniowe			Stopy drewniane			Izolatory przepustowe aparatów			Uzwojenia wszelkich transformat.			Aparaty przeciwprzepięciowe			Stopienia przewodów (ilość wypad.)			Wszelkie inne			Razem			Na 100 km sieci wszystkich uszkodzeń było:			
	1934	1935	1936	1934	1935	1936	1934	1935	1936	1934	1935	1936	1934	1935	1936	1934	1935	1936	1934	1935	1936	1934	1935	1936	1934	1935	1936	
60	12	5	6	2	10	2	7	—	—	1	3	—	—	—	2	—	2	2	2	1	26	20	12	6,8	5,5	3,3		
40	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	11,1	0	22,2		
35	27	2	9	26	1	1	13	4	7	3	3	5	2	—	4	—	1	—	5	1	71	16	27	38,2	7,4	14,6		
30	2	8	11	3	5	1	22	18	19	4	6	15	—	—	3	—	—	—	6	20	—	37	57	49	6,5	9,1	7,3	
20	3	—	9	—	—	—	—	—	2	—	—	1	—	—	1	—	—	1	3	—	22	6	—	36	4,8	0	25,5	
15	12	57	6	6	5	6	2	1	1	29	6	8	3	—	1	2	2	—	5	21	5	59	92	27	15,4	9,9	4,4	
10	—	—	26	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	37	0	—	246,8		
6	3	10	2	—	12	1	2	—	—	10	—	9	2	—	2	—	—	—	3	5	23	20	27	37	12,7	10,3	19,3	
5	22	5	1	9	7	1	4	1	—	2	9	7	—	—	1	—	—	—	5	7	13	42	29	23	20,5	13,7	10,7	
3	3	—	1	—	—	—	—	—	1	—	3	2	1	—	—	—	—	—	1	6	1	5	9	5	13,5	11,0	17,9	
Razem	84	87	72	46	40	22	50	24	30	49	30	47	8	—	13	4	3	4	26	66	67	267	250	255	średnio			
																										12,9	8,8	10,4

kwestię z punktu widzenia ilości stosowanych ochronników nowoczesnych można zauważyć, że wzrost ilości uszkodzeń w sieciach o napięciu średnim może znaleźć wyjaśnienie w zbyt małym zwiększeniu się ilości stosowanych ochronników w stosunku do wzrostu długości sieci tych napięć, co było już wyżej podkreślone.

Ilość przerw i wyłączeń tak w wartości bezwzględnej, jak i w wartościach średnich na jednostkę długości—wzrasta i to dosyć wyraźnie. Wzrasta także ilość niedostarczonej energii wskutek przerw. Z drugiej strony średnia wartość strat bezpośrednich, t. j. wynikłych wskutek uszkodzeń, oraz pośrednich, wynikłych wskutek przerw w dostawie energii, nieoczekiwanie maleje.

W tabeli 17 podano główne liczby charakteryzujące zachowania się sieci poszczególnych przedsiębiorstw pod-

czas burz na przestrzeni 3-ech lat prowadzenia statystyki. Oznaczenia przedsiębiorstw przyjęto te same, co w latach ubiegłych. Uwzględniono dziesięć większych przedsię-



Rys. 8.
Kompletnie zniszczony łańcuch izolatorów linii 60 kV (wyraźnie widać prócz rozbić również wytopienia).

biorstw, które nadesłały wystarczająco dokładne dane i uczestniczą w statystyce co najmniej przez dwa kolejne, ubiegłe lata.

Tabela 16.

Zestawienie wszystkich wyłączeń i przerw w dostawie prądu.

Wyłączenia wyłączników (stopień topików) głównych wysokiego napięcia			Przerwy w dostawie, spowodowane wyłączeniem wyłączników (stopień topików) głównych wysokiego napięcia		
1934	1935	1936	1934	1935	1936
291	352	531	167	301	461

Tabela 16A.

Wyłączenia i przerwy w dostawie w poszczególnych przedsiębiorstwach, objętych statystyką co najmniej za 2 ubiegłe lata.

Przedsiębiorstwo	Długość sieci km			Ilość wyłączeń			Ilość przerw			Ilość wyłączeń na 100 km sieci			Ilość przerw na 100 km sieci			Ilość niedostarczonej energii wskutek przerw kWh (wartość przybliż.)			
	1934	1935	1936	1934	1935	1936	1934	1935	1936	1934	1935	1936	1934	1935	1936	1934	1935	1936	
A	412	630	781	70	148	184	49	135	161	17	23,5	23,6	11,9	21,4	20,6	13 540	38 800		
C	282	302	477	61	33	145	24	33	141	21,6	10,9	30,4	8,2	10,9	29,6	4 040	2 760		
B	312	312	313	33	34	42	22	26	50	10,6	10,9	13,4	7,1	8,3	16,0	5 932	15 540		
D	171	178	178	47	8	28	16	2	9	27,5	4,7	15,7	9,4	1,2	5,1	—	10 870		
E	122	123	139	39	49	67	21	38	47	32	40,2	48,2	17,2	31,2	33,8	490	—		
F	62	83	83	3	2	37	3	2	30	4,8	2,4	44,6	4,8	2,4	36,2	—	19 800		
I ₂	40	40	40	0	1	4	0	1	4	0	2,5	10	0	2,5	10,0	55	—		
J ₂	22	22	22	0	3	2	0	3	2	0	13,6	9,1	0	13,6	9,1	—	—		
A ₁	—	330	330	—	16	10	—	16	10	—	4,9	3	—	4,9	3,0	185	0		
I ₁	—	52	52	—	3	2	—	3	1	—	5,8	3,8	—	5,8	1,9	—	16 600		
Razem	1 423	2 071	2 415	253	297	521	135	253	455	średnio						—	24 242	104 370	
										17,8	14,3	21,6	9,5	12,5	18,9				

Atmosferyczne wyładowania elektryczne w świetle dotychczasowych badań

Inż. Fridlender Jerzy, Warszawa

Streszczenie. Powstanie ładunków elektrycznych w chmurach spowodowane jest wznoszącymi się prądami powietrznymi. Mechanizm zjawiska tłumaczy w odrębny sposób trzy różne teorie, a mianowicie: teoria Simpsona, Geitela i Wilsona. Najprawdopodobniej wszystkie są do pewnego stopnia usprawiedliwione. Pewnym wykładnikiem zjawisk zachodzących w chmurach są zmiany pola elektrycznego między chmurą i ziemią. Przebieg wyładowania pioruna zbadany jest dokładnie przy pomocy specjalnych aparatów fotograficznych Boyssa o obracających się obiektywach. Stwierdzono, że uderzenie pioruna rozpoczyna się jako stosunkowo słabe „uderzenie przewodzące”, posuwające się szybko ku ziemi; z chwilą zetknięcia się z ziemią powstaje „główne uderzenie”, biegnące wzdłuż tej samej drogi w przeciwnym kierunku.

Już w końcu XVIII wieku Benjamin Franklin wykazał, że tajemnicze i groźne zjawisko uderzenia pioruna jest niczym innym, jak tylko wyładowaniem elektrycznym na wielką skalę, iskrą gigantycznej butelki lejdejskiej stworzonej przez naturę. Od tej pory uczeni nie ustawali w wysiłkach, by wykryć mechanizm tego zjawiska i dociec jego przyczyn: prace prowadzone były równoległe zarówno przez meteorologów, jak i elektryków. Ze względu jednak na słaby początkowo rozwój nauki o elektryczności oraz brak odpowiednich przyrządów, dopiero w ostatnich dziesiątkach lat rozwinęto teorie tłumaczące sposób powstawania i zagęszczania ładunków elektrycznych w chmurach. Sam przebieg wyładowania dzięki zdjęciom dokonany specjalnymi aparatami fotograficznymi jest już dziś również dokładnie zbadany.

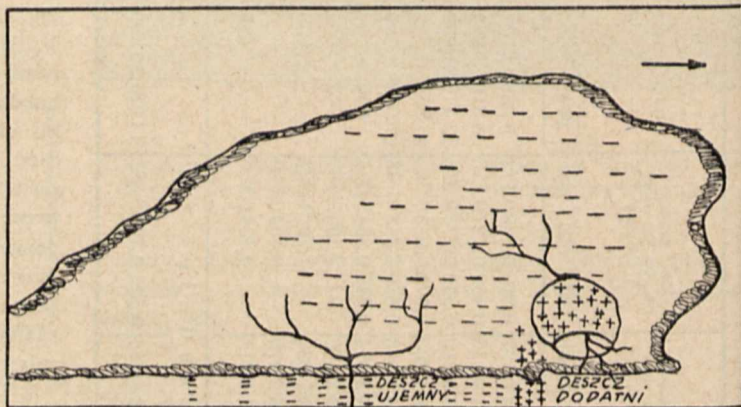
Zazwyczaj układ: chmura — powietrze — ziemia, przedstawia się jako wielki kondensator płaski. Nie należy jednak zapominać, że chmura nie jest przewodnikiem, lecz składa się z mnogości słabo przewodzących kropelek wody zawieszonych w ośrodku izolującym — powietrzu. Ładunek chmury nie jest równomiernie rozłożony na jej dolnej powierzchni, lecz jest ładunkiem przestrzennym związanym z kroplami wody i jonami powietrza. Mimo to, chmura wytwarza przez indukcję ładunek znaku przeciwnego skupiający się na powierzchni ziemi pod chmurą: powstaje więc między chmurą i ziemią pole elektryczne, którego natężenie wzrasta i, z chwilą gdy przekroczy w pewnym punkcie naprężenie krytyczne, następuje wyładowanie.

Zasadnicze zagadnienie, jakie wyłania się w związku z powyższym schematycznym ujęciem zjawiska, to: w jaki sposób powstaje ładunek w chmurze i w jaki sposób zwiększa się. Otóż jest rzeczą ponad wszelką wątpliwość stwierdzoną, że „elektryfikacja” chmury spowodowana jest wyłącznie prądami powietrznymi. M. in. A. E. Evans¹⁾ podczas dwuletnich studiów niejednokrotnie stwierdził, że chmury o gęstym, kłębiącym się czole, wskazującym na silne prądy wewnętrzne, były zawsze czynne elektrycznie, podczas gdy chmury nie wykazujące powyższych cech żadnych wyładowań nie dawały.

W jaki sposób jednak prądy powietrzne powodują powstawanie ładunków, nie jest rzeczą ustaloną, i tu właśnie tkwi zasadnicza różnica między istniejącymi teoriami, które pokrótce streścimy.

a) Teoria Simpsona²⁾.

Jest to już teoria klasyczna i najszerzej uznana. Główną rolę przypisuje ona silnym wznoszącym się prądom powietrznym. Przebieg zjawiska jest wg niej następujący: zawarta w powietrzu para wodna w miarę unoszenia skrapla się. Powstające krople wody zwiększają stopniowo swą objętość, a gdy ciężar ich przewyżczy siłę prądów wznoszących, poczynają spadać. Spadając napotykać na swej drodze inne małe jeszcze kropelki, wchłaniają je, aż wreszcie osiągając maksimum wielkości, wynoszące wg Lenarda ok. $\frac{1}{2}$ cm średnicy, rozpadają się na rój małych kropelek otaczających większe jądro. Przeważająca większość opadających kropeł nie osiąga jednak wielkości granicznej, gdyż zostaje rozbita przed tym przez wznoszące się prądy. To rozbijanie kropeł wody jest właśnie wg Simpsona źródłem powstawania ładunków elektrycznych: zostają wtedy wyzwolone jony ujemne pozostawiając kroplę wody naładowaną dodatnio. Jony ujemne osiadając na maleńkich cząsteczkach chmury zostają porwane prądami powietrznymi i oddalają się szybko od dodatnich kropeł wody. Krople wody również są unoszone, lecz znacznie wolniej, i w miarę unoszenia rosną, by wreszcie opaść i znów przez rozbicie uwolnić nowy ładunek jonów ujemnych. W ten sposób w górnych i tylnych warstwach chmury akumuluje się coraz większa ilość jonów ujemnych, a krople wody otrzymują coraz większy ładunek dodatni wahając się pionowo w dolnych ograniczonych warstwach. Miej-



(Za pozwoleniem Royal Society).
Rys. 1.

Układ ładunków elektrycznych w chmurze wg. Simpsona.

scie skupiania się ładunków dodatnich określone jest szybkością prądów powietrznych: największe krople utrzymywane są w zawieszeniu przez prądy o szybkości 8 m/sek. Model chmury wg Simpsona przedstawia rys. 1. Badania Simpsona nad ładunkiem deszczu potwierdzają jego teorię: w pobliżu czoła chmury padają duże krople naładowane dodatnio; w miarę przesuwania się chmury ponad punktem obserwacyjnym, krople zmniejszają swą objętość otrzymując ładunek mieszany, aż wreszcie stają się b. małe o ładunku ujemnym.

b) Teoria Geitela i Elstera³⁾.

Badacze ci przypisują również prądom powietrznym rolę zasadniczą, jednak wychodzą z założenia zupełnie odmiennego. Przyjmują mianowicie, że mimo

wielkiej odległości od ziemi zjawisko indukcji powoduje oddzielenie ładunków elektrycznych w kroplach wody, a mianowicie: dodatnie skupiają się w dolnej części, ujemne — w górnej części kropli (ziemia naładowana ujemnie). Duże krople opadając napotykały małe krople porywane ku górze prądami powietrznymi: przez zetknięcie się mała kropla zyskuje ładunek dodatni oddając jednokowemu ładunek ujemny dużej. W ten sposób małe krople wędrując ku górze zyskują coraz większy ładunek dodatni, podczas gdy duże krople opadając — coraz większy ładunek ujemny. Dzięki temu dolne warstwy chmury naładowane są ujemnie, a górne — dodatnio. Teoria ta jest o tyle interesująca, że, jak to zostało stwierdzone, znaczna większość wyładowań atmosferycznych (uderzenia pioruna w linie elektryczne) wykazuje biegunowość ujemną.

c) Teoria Wilsona ⁴⁾ ⁵⁾.

Według tej teorii powstanie ładunków elektrycznych zawdzięczać należy zetknięciu się kropli wody z wolnymi jonami znajdującymi się w powietrzu. Normalnie bowiem w 1 cm³ powietrza znajduje się około 1000 dodatnich i 800 ujemnych „małych” jonów poruszających się z szybkością ok. 1 cm/sek w polu o natężeniu 1 V/cm i 1 000 ÷ 6 000 „dużych” jonów o znacznie mniejszej ruchliwości. W chmurze dzięki silniejszej jonizacji spowodowanej większym natężeniem pola ilość jonów jest znacznie większa, przy czym jony dodatnie wędrują w kierunku ziemi, a ujemne — w kierunku przeciwnym z szybkością zmienną, proporcjonalną do natężenia pola. Wędrujące jony stykają się z cząsteczkami wody o ładunkach rozdzielonych pod wpływem indukcji w ten sposób, że ładunek dodatni skupiony jest na powierzchni dolnej kropli, a ujemny — na górnej.

Krople wody spadające z szybkością większą od szybkości poruszania się jonów dodatnich nie mogą uzyskać ładunku dodatniego przez przyciągnięcie jonów tych do górnej swej powierzchni naładowanej ujemnie; ponadto jony dodatnie, z którymi kropla zderza się podczas spadania — są odpychane przez ładunek dodatni dolnej powierzchni. Napotymane jony ujemne natomiast są przyciągane przez dolną powierzchnię kropli. W ten sposób więc duże, szybciej spadające krople stają się naładowane ujemnie. Zbierając się w dolnej części chmury krople te wytwarzają pole wzmacniające silnie pole ziemskie powodując dalszy intensywny rozdział ładunków elektrycznych w górnych częściach chmury. Krople wody spadające wolniej od jonów dodatnich zyskują ładunek dodatni przez przyciągnięcie jonów tych do górnej swej powierzchni naładowanej ujemnie. Po pewnym czasie krople te stają się naładowane dodatnio. W analogiczny sposób małe kropelki unoszone ku górze również otrzymują ładunek dodatni. Wobec powyższego, konkluduje Wilson, dolne części chmury muszą być naładowane ujemnie, a górne — dodatnio.

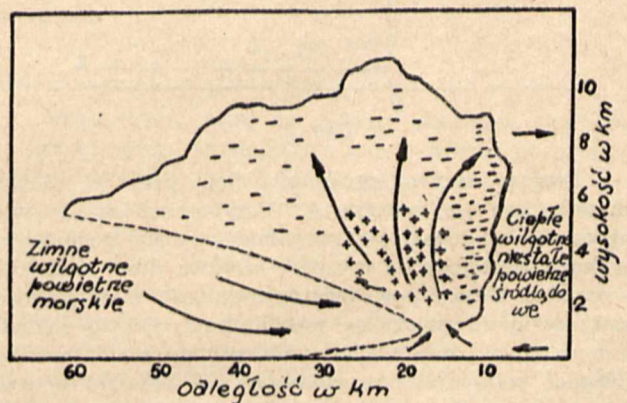
Rozbieżność, jaka istnieje między tą teorią a doświadczeniami Simpsona wykazującymi przewagę deszczu o kroplach naładowanych dodatnio tłumaczy Wilson opierając się na wyżej podanych przesłankach: ponieważ pole ujemnej dolnej części chmury jest znacznie silniejsze od ujemnego pola ziemskiego, więc krople deszczu mają ładunek dodatni skupiony na górnej swej powierzchni i ujemny — w dolnej. Przyciągając jony dodatnie krople te zyskują ładunek dodatni.

Celem ułatwienia porównania charakterystyki wszystkich teorii zestawione są w tablicy 1.

Tablica 1.

Autor teorii	Przyczyna elektryfikacji chmury	Czynniki	Biegunowość chmury	
			części górnej	części dolnej
Simpson	Rozrywanie kropli deszczu	Ciężar własny, wznoszące prądy powietrzne	—	+
Elster, Geitel	Styknięcie się kropli deszczu o ładunkach rozdzielonych	Ciężar własny, wznoszące prądy powietrzne, wpływ pola ziemskiego	+	—
Wilson	Styknięcie się kropli deszczu o ładunkach rozdzielonych z jonami	Ciężar własny, wznoszące prądy powietrzne, wpływ pola ziemskiego i pola dolnych części chmury	+	—

Przyznać należy, że najbardziej trafiającą do przekonania jest teoria Simpsona; niestety jednak rozbieżność między jej wnioskami a rzeczywistością jest tak wielka (wg badań amerykańskich 90% uderzeń w linie wykazuje biegunowość ujemną), że nie można jej przyjąć bez daleko idących zastrzeżeń. Najprawdopodobniej wszystkie teorie są do pewnego stopnia usprawiedliwione, tzn., że w procesie elektryfikacji biorą udział zarówno zjawiska rozrywania kropel, jak i stykania się kropel o ładunkach rozdzielonych oraz stykania kropli z jonami. Które zjawisko jednak gra rolę dominującą, na to wiedza dzisiejsza odpowiedzieć nie potrafi. Pewną syntezę teorii stworzył Banerji ⁶⁾, wg którego strefa skoncentrowanych ładunków ujemnych w chmurze poprzedza strefę skoncentrowanych ładunków dodatnich (rys. 2). Zdjęcia dwóch kolejnych wyładowań z czoła chmury dokonane przez Jensaena ⁷⁾ potwierdza przypuszczenia Banerji'ego.



Rys. 2.

Układ ładunków elektrycznych w chmurze wg. Banerji'a. (Za pozwoleniem Royal Society).

Pomiary pola elektrycznego istniejącego między chmurą i ziemią rzucają pewne światło na zjawiska zachodzące w chmurze. Natężenie stałego pola elektrycznego F w punkcie X, w odległości poziomej L od skupienia ładunków Q₁ i Q₂ w chmurze, równa się (rys. 3):

$$F = \frac{2 Q_2 H_2}{(H_2^2 + L^2)^{3/2}} - \frac{2 Q_1 H_1}{(H_1^2 + L^2)^{3/2}} \dots (1)$$

Widzimy stąd, że zależnie od odległości i stosunku wielkości ładunków Q₁ i Q₂, pole elektryczne może mieć kierunek dodatni (skierowany ku ziemi), ujemny lub

stać się równe zero. Przy wyładowaniu A—C, tzn. górnego ładunku do ziemi, pole w punkcie X staje się równe:

$$F = -\frac{2Q_1 H_1}{(H_1^2 + L^2)^{3/2}} \dots \dots \dots (2)$$

a więc zmiana pola elektrycznego ΔF wynosi:

$$\Delta F = -\frac{2Q_2 H_2}{(H_2^2 + L^2)^{3/2}} \dots \dots \dots (3)$$

Analogicznie przy wyładowaniu B—C dolnego ładunku do ziemi:

$$\Delta F = +\frac{2Q_1 H_1}{(H_1^2 + L^2)^{3/2}} \dots \dots \dots (4)$$

a przy wyładowaniu A—B, w chmurze:

$$\Delta F = -2Q_2 \left[\frac{H_2}{(H_2^2 + L^2)^{3/2}} - \frac{H_1}{(H_1^2 + L^2)^{3/2}} \right] \text{ dla } Q_1 > Q_2 \quad (5)$$

$$\Delta F = -2Q_1 \left[\frac{H_2}{(H_2^2 + L^2)^{3/2}} - \frac{H_1}{(H_1^2 + L^2)^{3/2}} \right] \text{ dla } Q_1 < Q_2 \quad (6)$$

Zakładając górny ładunek chmury dodatni a dolny — ujemny należy się spodziewać na podstawie powyższych wzorów następujących wyników:

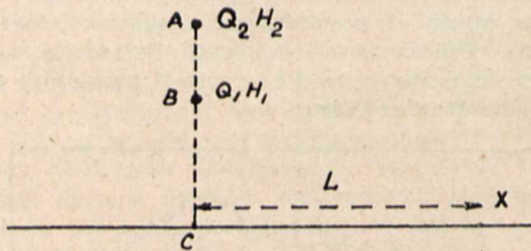
dla chmury dalekiej:

wyładowanie A—B	znak ΔF	ujemny
„ B—C	„ ΔF	dodatni
„ A—C	„ ΔF	ujemny

dla chmury bliskiej:

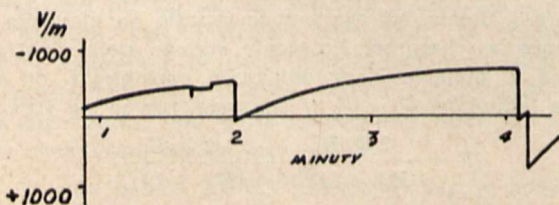
wyładowanie A—B	znak ΔF	dodatni
„ B—C	„ ΔF	dodatni
„ A—C	„ ΔF	ujemny

Badania przeprowadzone w Południowej Afryce⁸⁾ potwierdziły te przypuszczenia.



Rys. 3.

Typowa krzywa zmienności pola przy wyładowaniu pokazana jest na rys. 4. Przypomina ona krzywą ładowania kondensatora: natężenie wzrasta początkowo szybko, a następnie — w miarę wzrostu ilości ładunków — wolniej. Gdyby powstawanie ładunków elektrycznych następowało drogą tylko mechaniczną, jak to zakłada Simpson w swej teorii, wówczas wzrost ładunków, a więc i pola, byłby prostoliniowy. Wilson wysuwa dwie hipotezy tłumaczące kształt otrzymywanych krzywych: pierwsza z nich odpowiada zasadzie sił przeciw-elektromotorycznych określających kształt krzywej ładowania kondensatora. W miarę wzrostu natężenia pola między dwiema naładowanymi częściami chmury ruch



Rys. 4.

Krzywa zmienności natężenia pola elektrycznego w czasie burzy (nagły spadek natężenia odpowiada wyładowaniu).

dużych kropeł ku ziemi i małych kropełek ku górze staje się coraz bardziej utrudniony, gdyż duże, ujemnie naładowane krople są odpychane przez dolne warstwy i przyciągane przez górne, zaś drobne, dodatnio naładowane — są odpychane przez górne warstwy i przyciągane przez dolne. Druga hipoteza tłumaczy powolniejszy wzrost natężenia pola zwiększającym się rozproszeniem energii spowodowanym miejscową jonizacją w warstwach naładowanych chmury tym silniejszą, im wyższe jest napięcie.

Zaznaczyć należy, że badania natężenia pola elektrycznego wymagają b. czułych przyrządów i dużej wprawy obserwatorów, gdyż interpretacja otrzymanych danych związana jest ściśle z obserwacjami dokonywanymi gołym okiem.

Pole elektryczne mierzone na powierzchni ziemi wynosi w warunkach normalnych ok. 30 ÷ 35 V/m; podczas burzy osiąga wartość 280 kV/m.

Badania eksperymentalne samego przebiegu uderzenia pioruna rozpoczęły się dopiero z chwilą ukazania się aparatu fotograficznego Boys'a⁹⁾, aczkolwiek już w latach osiemdziesiątych ub. stulecia pojawiły się pierwsze prace¹⁰⁾ na temat fotografii pioruna.

Aparat ten dzięki zastosowaniu układu obrotowych obiektywów i pryzmatów przy nieruchomej płycie fotograficznej względnie nieruchomych 2 obiektywach i pryzmatach przy obracającym się filmie pozwala na uchwycenie poszczególnych stadiów i wyliczenie szybkości posuwania się uderzenia.

Jak to z otrzymanych zdjęć wynika¹¹⁾ ¹²⁾, uderzenie pioruna rozpoczyna się jako stosunkowo słabe „uderzenie prowadzące” (leader stroke) posuwające się szybko ku ziemi. Z chwilą zetknięcia się z ziemią powstaje „główne uderzenie” (main stroke) posuwające się wzdłuż tej samej drogi w przeciwnym kierunku.

Uderzenie pierwotne przedstawia się jako „strzała” wypuszczona z chmury w stronę ziemi z szybkością ok. 50 m/sek i zatrzymująca się po przebyciu niedługiej zresztą drogi. Po upływie około 100 μ sek zostaje wypuszczona druga „strzała”, która przebywa drogę o ok. 50 m dłuższą. W ten sposób uderzenie pierwotne posuwa się skokami, aż wreszcie osiągnie ziemię. Należy zaznaczyć, że każdy następny odcinek drogi błyszczy jaśniej od poprzedzających, zmienia kierunek, tworzy odgałęzienia i dzięki temu droga pioruna staje się kręta, powstaje tak charakterystyczny obraz przypominający rozgałęzione korzenie drzewa. Końcowe „strzały” bieć mogą kilkoma jednocześnie odgałęzieniami. Osiągnięcie ziemi następuje niekiedy dopiero po 100 „strzałach”, czemu odpowiada czas trwania uderzenia pierwotnego ok. 0,01 sek.

Z chwilą gdy uderzenie pierwotne dotknie ziemi zaznacza się na fotografii silna smuga świetlna, posuwająca się tą samą drogą ku górze z szybkością wahającą się w granicach 20 ÷ 140 m/ μ sek, obejmując jednocześnie odgałęzienia. Największe nasilenie świetlne powstaje w punkcie zetknięcia się z ziemią, najsłabsze — w górnym krańcowym punkcie, a zdarza się również, że zmniejsza się ono po jakimś większym odgałęzieniu. Wg Schönlanda i Collensa uderzenie główne nie osiąga nigdy punktu wyjściowego w chmurze, lecz kończy się po przebyciu ok. $\frac{1}{4}$ drogi. Badaczom amerykańskim nie udało się jeszcze otrzymać zdjęcia górnej części uderzenia głównego.

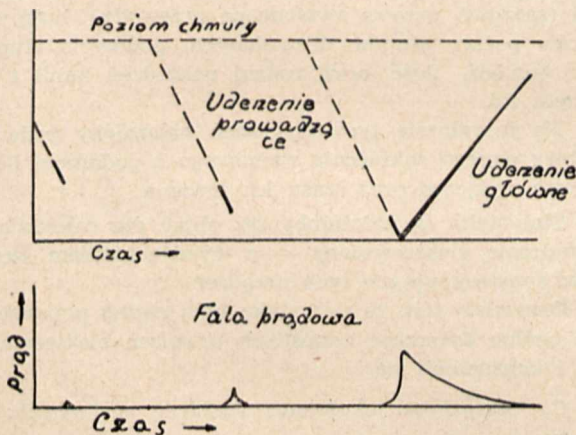
Niekiedy zdarza się, że uderzenie pioruna powtarza się w krótkich odstępach czasu wzdłuż tej samej drogi. Zjawisko to znane jest pod nazwą uderzenia wielo-

krotnego (multiple stroke). Wg obserwacji Mc Eachrona¹³⁾ uderzenia wielokrotne stanowią $8 \div 20\%$ ogólnej ilości uderzeń, przycem stwierdzono, że niektóre burze zdradzają specjalne upodobanie do uderzeń wielokrotnych. W uderzeniach tych mechanizm wyładowania następnego cyklu różni się od wyżej opisanego: uderzenie pierwotne osiąga ziemię jednym skokiem posuwając się z szybkością $1 \div 23$ m/sek, nie rozgałęzia się łatwo; na ogół posuwa się tą samą drogą co uderzenie pierwsze, mogą jednak być różnice, jak ścinanie ostrych zakrętów lub skierowanie się torem znacniejszego odgałęzienia. Główne uderzenia są również mniej silne od pierwszego i nie rozgałęziają się.

Przerwy między poszczególnymi uderzeniami są dość długie w porównaniu z czasem trwania uderzenia. Wg Norindera¹⁴⁾ wynoszą one $0,001 \div 0,005$ sek, wg Schönlanda i Collensa¹⁴⁾ $0,005 \div 0,5$ sek, wg Mc Eachrona¹³⁾ $0,02 \div 0,5$ sek. Ilość uderzeń w uderzeniu wielokrotnym waha się od 2 do ok. 15, przy czym znacznie częściej zdarzają się uderzenia $2 \div 4$ krotne. Całkowity czas trwania uderzenia wielokrotnego wynosi do 0,7 sek, średnio — 0,3 sek.

Niektóre z otrzymywanych zdjęć wykazywały naświetlenie występujące po głównym uderzeniu i trwające dość długo. Wilson przypisywał to dużemu oporowi w punkcie zetknięcia z ziemią, jednak badania amerykańskie wykazały, że naświetlenia te występują niezależnie od wielkości oporu i prawdopodobnie spowodowane zostały przepływem prądu o b. małym natężeniu, rzędu kilkudziesięciu A. Obecnie opracowywane są metody pozwalające na pomiar tak małych prądów uderzenia pioruna.

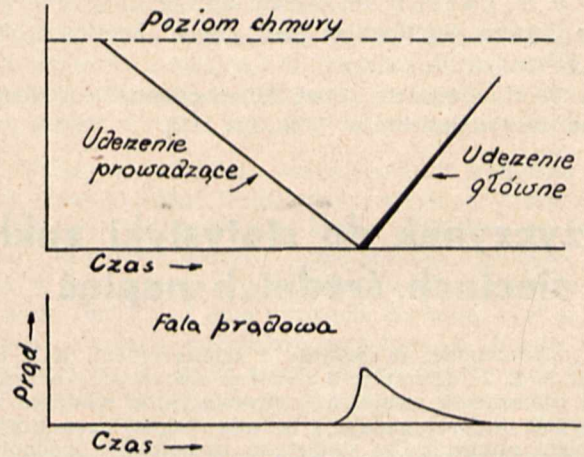
Mechanizm wyładowania wytłumaczyć można dobrze koncepcją chmury wg Bewleya¹⁵⁾. Pierwsza „strzała” odprowadza ładunek tej części chmury, która ją „wystrzeliła”; po wyczerpaniu ładunku „strzała” zatrzymuje się, następuje wyładowanie następnej, sąsiadującej części chmury, wypuszczenie nowej „strzały” i t. d., aż całkowity ładunek wyczerpie się lub uderzenie dosięgnie ziemi. Gdy „strzała” zbliża się ku ziemi, ładunki ziemi zbiegają się ku punktowi zetknięcia zbierając się szczególnie w obiektach wysokich, jeśli ich przewodność pozwala na ruch ładunków. Duże natężenie pola elektrycznego w punktach zbierania się ładunków powodować mogą zjawiska jarzenia bezpośredniego przed zetknięciem się ostatniej „strzały” z ziemią. Zjawiska takie były rzeczywiście obserwowane i to nie tylko na wysokich obiektach, lecz nawet na płaskich wybrzeżach morskich.



Rys. 5.

Powstawanie fali prądowej: uderzenie prowadzące posuwa się skokami.

W liniach napowietrznych zbliżanie się „strzały” powoduje zbieranie się ładunków i dopływ ich do wierzchołków słupów żelaznych; w miarę zbliżania się uderzenia dopływ ładunków staje się coraz bardziej intensywny, by osiągnąć swe maksimum w chwili zetknięcia się „strzały” ze słupem. Stromość czoła fali prądu określona jest więc szybkością posuwania się uderzenia pierwotnego na przestrzeni ostatnich paruset metrów. W wypadku gdy uderzenie pierwotne złożone jest z poszczególnych „strzał”, dopływy ładunków do szczytu słupa przedstawiają się jako krótkie, gasnące impulsy, powtarzające się z coraz to wzrastającym natężeniem co pewien okres czasu i zakończone głównym wyładowaniem (rys. 5). W wypadku gdy uderzenie pierwotne osiąga ziemię jednym skokiem, stromość czoła jest nieco



Rys. 6.

Powstawanie fali prądowej: uderzenie pioruna osiąga ziemię jednym skokiem.

mniejsza (rys. 6). Na podstawie oscylogramu fali napięciowej spowodowanej bezpośrednim uderzeniem pioruna w linię w odległości 1 przęsła od oscylografu Lewis i Foust¹⁶⁾ wyliczyli następujący wzór krzywej wzrostu prądu:

$$i = 300 \cdot e^{0,8t}$$

gdzie: i — prąd w A, t — czas w μ sek.

Stwierdzony fakt, że główne uderzenie skierowane jest ku górze, zmniejszając swe natężenie po przekraczaniu punktów odgałęzień i stając się zupełnie słabe przy chmurze, nasuwa przypuszczenie, że po zetknięciu z ziemią dopływ energii z chmury jest b. mały lub w ogóle ustaje. Silne naświetlenie powstające w punkcie zetknięcia z ziemią i posuwające się ku górze jest rezultatem ściągania ładunków rozłożonych wzdłuż drogi przez uderzenie pierwotne. Wynika więc stąd, że czas trwania grzbietu fali prądowej uwarunkowany jest długością i szybkością głównego uderzenia¹⁷⁾.

Biegunowości większości uderzeń sfotografowanych nie udało się dotychczas określić. W każdym bądź razie nie zauważono w procesie wyładowania żadnych różnic, które mogłyby się tłumaczyć różnicą biegunowości chmury.

Bibliografia.

1. E. A. Evans K. B. Mc Eachron: The Thunderstorm, Gen. El. Rev. r. 1936, str. 413.
2. G. C. Simpson: The Mechanism of a Thunderstorm, Gen. El. Rev. r. 1936, str. 413.
3. Elster Geitel: Bemerkungen über den elektrischen Vorgang in den Gewitterwolken, Wiss. Annalen, r. 1885, str. 116.

4. C. T. R. Wilson: Investigations on Lightning Discharges and on the Electrical Field of Thunderstorms, Phil. Trans. Royal Soc. Ser. A., vol. 221 str. 73.

5. C. T. R. Wilson: Some Thundercloud Problems, Journ. Franklin Inst. vol. 208, str. 1.

6. S. K. Banerji: The Electrical Field of Overhead Thunderclouds, Quar. Journ. Royal Meteorol. Soc. vol. 56, str. 305.

7. J. C. Jensen: The Branching of Lightning and the Polarity of Thunderclouds, Journ. Franklin Inst. vol. 216, str. 707.

8. Schönland Craib: The Electric Fields of South African Thunderstorms, Proc. Royal Soc. vol. 114, str. 229.

9. A. Larson: Photographing Lightning with Moving Camera, Smithsonian Inst. Annual Report, r. 1905, str. 119.

10. H. Kayser: Über Blitzphotographien, Königl. Akad. Berlin Berichte, r. 1884, str. 1119.

11. F. J. Schönland H. Collens: Progressive Lightning, Proc. Roy. Society, Ser. A. vol. 143, str. 654.

12. F. J. Schönland, D. J. Malan, H. Collens: Progressive Lightning II, Proc. Roy. Society Ser. A, vol. 152, str. 595.

13. K. B. McEachron: Multiple Lightning Stroke, El. Eng. r. 1934, str. 1633.

14. H. Norinder: Lightning Currents and Their Variations, Journ. Franklin Inst. vol. 220, str. 877.

15. L. Jakubowski: O pogładach Rűdenberga i Bewley'a na sprawę wyładowań piorunowych, Prz. El. r. 1936, str. 472.

16. C. M. Foust, J. T. Henderson: Direct Measurements of Surge Currents, El. Eng. r. 1935, str. 373.

17. K. B. McEachron, W. A. McMorris: The Lightning Stroke: Mechanism of Discharge, Gen. El. Rev. r. 1936, str. 487.

Ponadto obfity materiał bibliograficzny podany w pracach ad. 1 i 17.

Przyczynę do statystyki zakłóceń ruchowych w sieciach średnich napięć

Inż. Szremowicz Marian — Skarżysko

Streszczenie. W związku z zamierzeniami XIX Komisji S. E. P. (Przebieg i zakłóceń sieciowych) aktualną staje się sprawa ustalenia formy statystyki zakłóceń ruchowych. Referat podaje 3 rodzaje statystyki, z których zdaniem autora tylko statystyka uszkodzeń z podaniem ich przyczyny nadaje się dla celów ogólnych.

Racjonalne prowadzenie statystyki zakłóceń ruchowych daje wielorakie korzyści:

a) danej eksploatacji przez wskazanie jej słabych stron w konstrukcji sieci, w jej konserwacji, w doborze systemu zabezpieczeń i w sprawności personelu ruchu; dla przedsiębiorstwa sieciowego konieczną jest poza tym znajomość strat wynikających wskutek zakłóceń ruchowych dla ustalenia kierunku polityki inwestycyjnej, aby dążenie do doskonałości technicznej miało zawsze pełne uzasadnienie gospodarcze;

b) konstruktorom urządzeń sieciowych przez zwrócenie uwagi na szczegóły słabiej opanowane;

c) projektującym nowe urządzenia sieciowe.

Wymienimy niżej kilka rodzajów tej statystyki. Jedne z nich będą nadawały się tylko do użytku wewnętrznego danej organizacji sieciowej, inne mogą być przyjęte jako formy statystyki ogólnej — publikowanej.

A. Statystyka ilości uszkodzeń (albo wyłączeń) — w odniesieniu do 100 km linii. Rodzaj ten często bywa używany w publikacjach.

Jest to forma najprostsza, wymagająca jednak pewnej umowy. Skala ważności uszkodzeń jest rozległa. Nie zawsze uszkodzeniu towarzyszy zakłócenie ruchowe (przerwa lub ograniczenie ruchu). Bywają zakłócenia ruchowe bez uszkodzeń na sieci.

Umowy wymaga też statystyka ilości wyłączeń. Należałoby ustalić, czy rozciągać się ma ona i na wyłączenia „zbędne”, powstałe wskutek wadliwej selekcji, i na wyłączenia lokalne (np. wyłączenia transformatorów u odbiorców, topienie bezpieczników wys. nap. ochrony transformatorów, zasilających dzielnic miasta lub — w sieciach okręgowych — mniejsze osiedla), i na wyłączenia osobno zestawione dla każdego z napięć systemów sie-

ciowych pracujących na kilku napięciach, — czy też ma ogarnąć ona całą sieć przez sprowadzenie ilości wszystkich wyłączeń do jednej sumy.

Zdaniem naszym dane statystyki tej mało mówią i omawiana statystyka może być stosowana tylko w sieciach prostych, mało skomplikowanych. Dla celów ogólnych ta forma statystyki zakłóceń ruchowych nie nadaje się.

B. Statystyka uszkodzeń (w rozbiciu na poszczególne części konstrukcyjne elementów sieciowych) z podaniem ich przyczyny.

Ten rodzaj odda korzyść powszechną.

Zarówno daną organizację sieciową, jak i konstruktorów, interesować będzie ilość rozbitych w danym okręsie sprawozdawczym izolatorów przepustowych wyłączników olejowych od przebieg pochodzenia atmosferycznego, ilość transformatorów z przebitą izolacją uzwojenia do żelaza, ilość rozszczepionych przez piorun słupów drewnianych, ilość słupów zwalonych przez huragan, ilość wypadków zerwania przewodów od działania mrozu lub sady względnie od niewłaściwego wykonania złączy, ilość wypadków mechanicznych uszkodzeń linii napowietrznych (zarzutki, drzewa zwalone na przewody), ilość wypadków pożaru słupów drewnianych, podmycia słupów przez powódź, ilość oraz rodzaj uszkodzeń kabli i ich osprzętu itd.

Na marginesie tych zestawień należałoby podawać przebieg danego zakłócenia ruchowego z podaniem ilości i miejsc wyłączeń oraz czasu ich trwania.

Statystyką tą należałoby też objąć dla całokształtu i urządzeń elektrowniane — z wyodrębnieniem szczegółów konstrukcyjnych tych urządzeń.

Oczywiste jest, że statystykę taką winny poprzedzać dane ogólne dotyczące odnośnych urządzeń elektrownianych i konstrukcji sieci.

C. Statystyka jakościowa zakłóceń ruchowych.

W prowadzeniu statystyki tego rodzaju zainteresowane byłyby przede wszystkim organizacje sieciowe dla własnego wewnętrznego użytku.

Uwzględnia się tu konsekwencje gospodarcze zakłóceń ruchowych w danym okresie sprawozdawczym.

Niemożliwe jest ściśle ujęcie strat powstałych z tytułu doznanych awaryj (koszty naprawy lub zamiany uszkodzonych elementów sieciowych), z tytułu niesprzedania pewnej kwoty energii oraz z tytułu reklamacyj odbiorców (kary konwencjonalne).

Metoda poniższa pozwala w pewnym przybliżeniu straty te obliczyć.

Sumuje się tu wyżej wymienione straty wg. formuły:

$$A = \sum_1^n \left(K_n + p_n \cdot P_n \cdot \frac{t_n}{60} \cdot \lambda_n \right) \text{ w złotych}$$

gdzie:

- K_n — koszt naprawy lub zamiany uszkodzonych elementów sieciowych — w złotych,
- P_n — obciążenie danego odbioru w kW w chwili wystąpienia przerwy w ruchu; w wypadku ograniczenia ruchu — różnica między mocą spodziewaną odbioru a mocą rzeczywiście pokrywaną,
- t_n — czas trwania przerwy lub ograniczenia ruchu — w minutach,
- p_n — średnia cena sprzedażna 1 kWh dla danego odbioru — w złotych,
- λ_n — współczynnik korekcji — różny dla różnego rodzaju odbioru i zależny od długotrwałości przerwy lub ograniczenia ruchu; współczynnik ten uwzględnia pogłębienie strat wskutek reklamacyj odbiorców (kary konwencj.).

Zależność wielkości współczynnika korekcji od czasu trwania zakłócenia ruchowego określić można wzorem:

$$\lambda = 1 + a \cdot t^{0.5}$$

Wielkość parametru a zależy od charakteru odbioru. Będzie ona największą dla zakładów, w których przedłużająca się przerwa w ruchu stwarza nie tylko dezorganizację w pracy, straty w robociznie, ale i straty w materiale (hutnictwo, odlewnie, kopalnie, papiernie i t. p.).

Dla każdego konkretnego zakładu przemysłowego lub wogóle dla każdego odbioru należałoby dokładnie ustalić wielkość parametru a .

Dla średnich zakładów przemysłu metalowego przetwórczego (ruch obrabiarkowy) przyjąć można

$$a = 0,02.$$

Dla małych miast o drobnych zakładach mechanicznych i drobnym przemyśle ceramicznym (cegielnie) oraz młynarskim.

$$a = 0,004.$$

Powyższe wielkości podane są dla zakłóceń ruchowych trwających do 30 minut; dla przerw lub ograniczeń ruchu dłuższych wielkości te muszą być odpowiednio skalkulowane. Dla drobnych osiedli (obciążenie wyłącznie oświetleniowe)

$$a = 0.$$

W wypadku sieci rozległych, zasilających wielu dużych odbiorców i wiele osiedli, znakomicie ułatwić można powyższe obliczenie posługując się graficznym zestawieniem przerw w ruchu w danym okresie sprawozdawczym.

Pionowa rubrykatura tego zestawienia wymienia numery (nazwy) stacyj transformatorowych — w poziomej rubrykaturze wprowadza się czas z podziałem na dni i zmiany (a nawet i godziny). Linia pozioma o grubości, będącej w pewnej proporcji do czasu trwania zakłócenia ruchowego (cyfra nad linią wymienia dokładny czas w minutach), o kolorze, podającym przyczynę i o długości rozciągającej się na strefę stacyj transformatorowych objętych zakłóceniem ruchowym, podaje w zestawieniu tym część danych potrzebnych do powyższego obliczenia strat powstałych wskutek zakłócenia ruchowego (z tytułu niesprzedania pewnej ilości energii).

Opisany tu wykres jest też swego rodzaju zestawieniem statystycznym i nabrać może charakteru pełnego sprawozdania, o ile w załączeniu podane będą bliższe dane co do przyczyny i przebiegu każdego zakłócenia. Linie wykresu należy wtedy numerować i zaopatrywać w literowe odnośniki odpowiadające podziałowi przyjętemu w załączniku.

D. Aparaty elektryczne, urządzenia rozdzielcze i różne

Nowa rozdzielnia 35 kV w Elektrowni Miejskiej w Warszawie

Inż. Wiesław Szwander, Warszawa

Streszczenie. Po przedstawieniu okoliczności, które spowodowały konieczność budowy nowej rozdzielni na terenie Elektrowni Miejskiej w Warszawie następuje szczegółowy opis zaprojektowania i wykonania tej rozdzielni. Omówiony jest schemat elektryczny, dostosowanie do niego projektu budowlanego, następnie poszczególne elementy aparatury elektrycznej ze szczególnym uwzględnieniem zabezpieczeń, urządzeń pomiarowych, telemetrycznych i t. p.

Konieczność budowy nowej rozdzielni 35 kV w Elektrowni Miejskiej w Warszawie była wynikiem decyzji, na mocy której Elektrownia Miejska łącznie z Elektrownią Okręgu Warszawskiego w Pruszkowie powołana została do dostarczania energii dla potrzeb zelektryfikowanego warszawskiego węzła kolejowego. Decyzja powyższa powzięta została po dłuższych studiach, które wykazały, że powołanie do zasilania węzła kolejowego obu, jedynych zresztą w danej okolicy większych elektrowni zawodowych, jest wskazane i konieczne nie tylko dla zadośćuczynienia zasadzie zasilania tak odpowiedzialnego i poważnego odbiorcy, jakim jest kolej, co najmniej z dwóch niezależnych źródeł energii.

Okazało się bowiem, że żadna z obu elektrowni licząc się ze stałym przyrostem zapotrzebowania energii obsługiwanych przez nie terytoriów oraz uwzględniając zachowanie koniecznych rezerw jak również techniczne i gospodarcze możliwości realizowania swych zamierzeń inwestycyjnych — nie jest w stanie podjąć się całkowitej dostawy energii dla węzła kolejowego, zwłaszcza wobec przewidywanego (w okresie wstępnych projektów) przez Biuro Elektryfikacji Węzła szybkiego tempa wzrostu obciążenia kolejowego (w 1936 r. — 7 MW 1 000 000 kWh, w 1937 r. — 15 MW 10 000 000 kWh), jak też wobec szczególnie niekorzystnego dla elektrowni charakteru przebiegu obciążenia kolejowego obfitującego w liczne wysokie a bardzo krótkotrwałe szczyty rozruchowe.

Przy zasilaniu węzła przez obie elektrownie przy równoczesnej ich pracy równoległej można było przewidzieć znaczny wzrost rozporządzalnej mocy dzięki możliwości zredukowania koniecznych rezerw. O ile więc w wypadku niezależnej pracy obu elektrowni miały one łącznie na rok 1936 do dyspozycji kolei moc około 6 400 kW, to praca równoległa pozwalała zwiększyć tę moc do 15 000 kW, bez inwestowania nowych jednostek prądowców. Przy tym ogólna rezerwa miała wynosić około 31% z uwzględnieniem w jej określeniu wielkości poszczególnych turbozespołów w obu wytwórniach.

Wyżej przedstawione zaoszczędzenie całkowitych rezerw możliwe jest jedynie w wypadku, gdy każda z obu elektrowni zasilających P. K. P. stanowi dla drugiej elektrowni rezerwę momentalną, czyli jest w stanie bez żadnej zwłoki pokrywać jej niedobory mocy. Postulat ten może być oczywiście spełniony jedynie w wypadku pracy równoległej obu elektrowni w ścisłym tego słowa znaczeniu, tj. przy zsynchronizowanym biegu prądnic w

obu wytwórniach. Ponadto dla połączenia obu elektrowni nie wystarczy kolejowa sieć wysokiego napięcia zasilająca podstacje trakcyjne, lecz muszą być one powiązane ze sobą bezpośrednio linią specjalną niezależną od kolejowych warunków eksploatacyjnych, ani od możliwych tam w poszczególnych odcinkach awarii.

Ostatecznie więc po uwzględnieniu wyliczonych czynników zasilanie 35-kilowoltowej sieci P. K. P. obsługującej podstacje trakcyjne węzła warszawskiego zostało zaprojektowane i wykonane w ten sposób, że elektrownie: warszawska i pruszkowska zasilają każda z osobną niezależną część tej sieci jednocześnie będąc połączone ze sobą specjalną linią, po przez którą odbywa się ich praca równoległa i w razie potrzeby wymiana energii. To bezpośrednie połączenie obu elektrowni między sobą zamiast wykorzystania w tym celu istniejącej sieci kolejowej nie tylko zwiększa znacznie pewność pracy równoległej i zasilania kolei dzięki wykonaniu linii połączeniowej kablem i dzięki możliwości dwustronnego zasilania wszystkich podstacji kolejowych, ale ułatwia też znacznie spokojną pracę równoległą elektrowni wobec połączenia ich linią, nie pracującą bezpośrednio na niespokojne, odznaczające się gwałtownymi skokami obciążenie kolejowe.

Odpowiednie rezerwy na wypadek wszelkich możliwych awarii polegają na możliwości dowolnego przesuwania punktu, w którym sieć kolejowa jest podzielona na części, zasilane z różnych elektrowni, oraz na możliwości zasilania tej sieci przez każdą elektrownię w więcej niż jednym punkcie. Sieć kolejowa zawsze jest rozdzielona między punktami, w których jest zasilana po to, aby na razie nie stwarzać podwójnego połączenia obu elektrowni między sobą, ze względu na związane z tym trudności natury regulacyjnej i zabezpieczeniowej. Praca równoległa elektrowni przez sieć kolejową może mieć miejsce jedynie w wyjątkowym wypadku uszkodzenia linii łączącej je bezpośrednio.

Ze względu na wymaganą wysoką pewność linii łączącej obie elektrownie wykonana została ona w postaci toru kablowego, na razie pojedynczego (w przyszłości przewidziane jest ułożenie drugiego toru równoległego); kabel zastosowany jest typu Hochstädtera i ma przekrój $3 \times 120 \text{ mm}^2$. Linia o ogólnej długości około 20 km łączy ze sobą rozdzielnie obu elektrowni i po drodze odgałęzia się do jednej z kolejowych podstacji trakcyjnych, gdzie w razie potrzeby może być połączona z kolejową siecią wysokiego napięcia celem zasilania tej ostatniej w danym punkcie przez jedną z elektrowni. Sprawa wysokości napięcia zastosowanego dla połączenia elektrowni była z góry przesądzona przez dawniej już dokonany wybór napięcia 35 kV dla kolejowej sieci wysokiego napięcia. Ponieważ każda z elektrowni miała niezależnie od połączenia ich między sobą dostarczać energię bezpośrednio do sieci kolejowej, więc dla linii połączeniowej musiało być zastosowane to samo napięcie, co w sieci kolejowej.

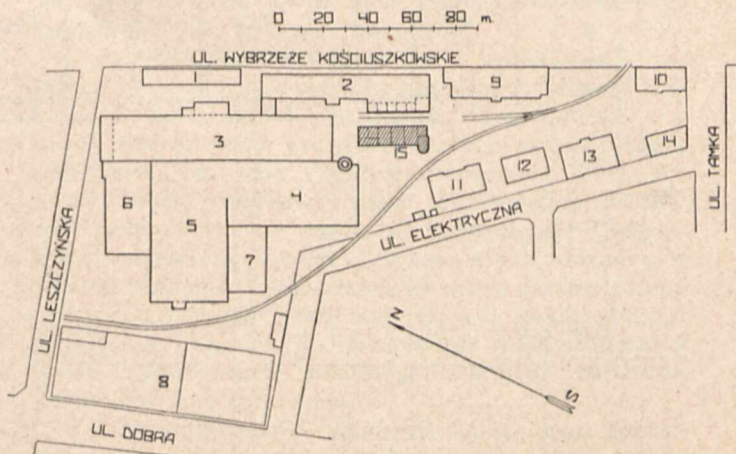
W przeciwieństwie do elektrowni pruszkowskiej, która już dawniej we własnej sieci dokonywała rozdzielenia energii przeważnie napięciem 35 kV i skutkiem tego dla przystosowania się do nowych zadań musiała jedynie rozszerzyć swe urządzenia rozdzielcze i transformacyjne tego napięcia, elektrownia warszawska w swojej sieci napięcia 35 kV dotychczas nie używała i dla rozpoczęcia pracy równoległej z elektrownią pruszkowską i zasilania sieci kolejowej, musiała zainstalować nowe transformatory 5/35 kV (5 kV — napięcie generatorów) oraz wybudować specjalną nową rozdzielnię 35-kilowoltową. Napięcie 35 kV pomijając wielką jego niedogodność wynikającą z faktu, iż jest to napięcie nienormalne (wielkość znormalizowana — 30 kV), jest dla elektrowni warszawskiej napięciem niedogodnym również ze względu na stosunek jego do napięć 5 i 15 kV, stosowanych dotychczas w miejskiej sieci rozdzielczej (35 kV jest napięciem zbyt bliskim 15 kV).

Ponieważ jednak w chwili decyzji dotyczących zasilania kolei program rozbudowy miejskiej sieci rozdzielczej w Warszawie nie był na dalszą przyszłość opracowany, z drugiej zaś strony elektrownia warszawska w momencie tym przechodziła pewien wstrząs strukturalny wynikający ze zmiany właściciela (przejście na własność Zarządu Miejskiego m. st. Warszawy) — przeto całość kształt inwestycji związanych z zasilaniem kolei został potraktowany w oderwaniu od innych inwestycji w sieci tak, iż przesądzone zostało, że wybudowana obecnie rozdzielnia przeznaczona jest wyłącznie do zasilania kolei i dla związanej z tą funkcją pracy równoległej z elektrownią pruszkowską. Z powyższego wynika bezpośrednio wielkość przewidzianych miejsc rezerwowych w nowej rozdzielni ograniczona tylko do trzeciego transformatora i do drugiego kabla do Pruszkowa.

• Budynek rozdzielni 35 kV w elektrowni warszawskiej zaprojektowany został jako jednopiętrowy: parter składa się z pomieszczeń dla trzech transformatorów 5/35 kV i dla dwóch transformatorów regulacyjnych obsługujących kable do Pruszkowa. Całe pierwsze piętro zajmuje właściwa rozdzielnia 35 kV. Wybór odpowiedniego miejsca dla budynku rozdzielni nie był sprawą łatwą ze względu na panującą już dużą ciasnotę na terenie elektrowni. Zasadniczą wtyczką było możliwe zbliżenie nowej rozdzielni do głównej rozdzielni elektrowni celem ograniczenia długości kabli 5 kV, którymi są zasilane transformatory z głównych szyn zbiorczych (do każdego transformatora 12 000 kVA dochodzą 4 kable $3 \times 240 \text{ mm}^2$). Ostatecznie wybrane miejsce (patrz rys. 1) znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie starej rozdzielni i pozwala ponadto wykorzystać istniejący już dla obsługi transformatorów 5,15 kV tor z wózkiem do przewozu transformatorów oraz wieżę z wyciągiem służącym do napraw transformatorów.

Wybudowanie nowej rozdzielni we wskazanym na rys. 1 miejscu wymagało wprowadzić przeniesienia w sąsiedztwo znajdującej się tam uprzednio remizy parowozu przetokowego, ale za to poza wyliczonymi już korzyściami pozwoliło jeszcze stworzyć dogodną, a tak ważną w eksploatacji komunikację między budynkami obu rozdzielni. Mianowicie podziemia obu budynków są połączone przejściem podziemnym, które stanowi jednocześnie drogę dla kabli zarówno wysokiego napięcia, jak i sygnalizacyjnych, mierniczych i t. p. Ponadto pomieszczenie właściwej rozdzielni na 1-ym piętrze nowego budynku łączy się krytą galeryjką przeruconą między obu budynkami z pierwszym piętrzem starej rozdzielni zawierającej główne szyny zbiorcze i odłączniki 5 i 15 kV.

Budynek nowej rozdzielni o ogólnej kubaturze około 4 800 m³ (łącznie z podziemiem) wykonany został z cegły na fundamentach z ław betonowych i ze stropami i dachem żelbetowymi. O tym, że niektóre elementy budowlane musiały być obliczone na pokaźne obciążenia,



Rys. 1.
Plan sytuacyjny terenu Elektrowni Miejskiej w Warszawie.

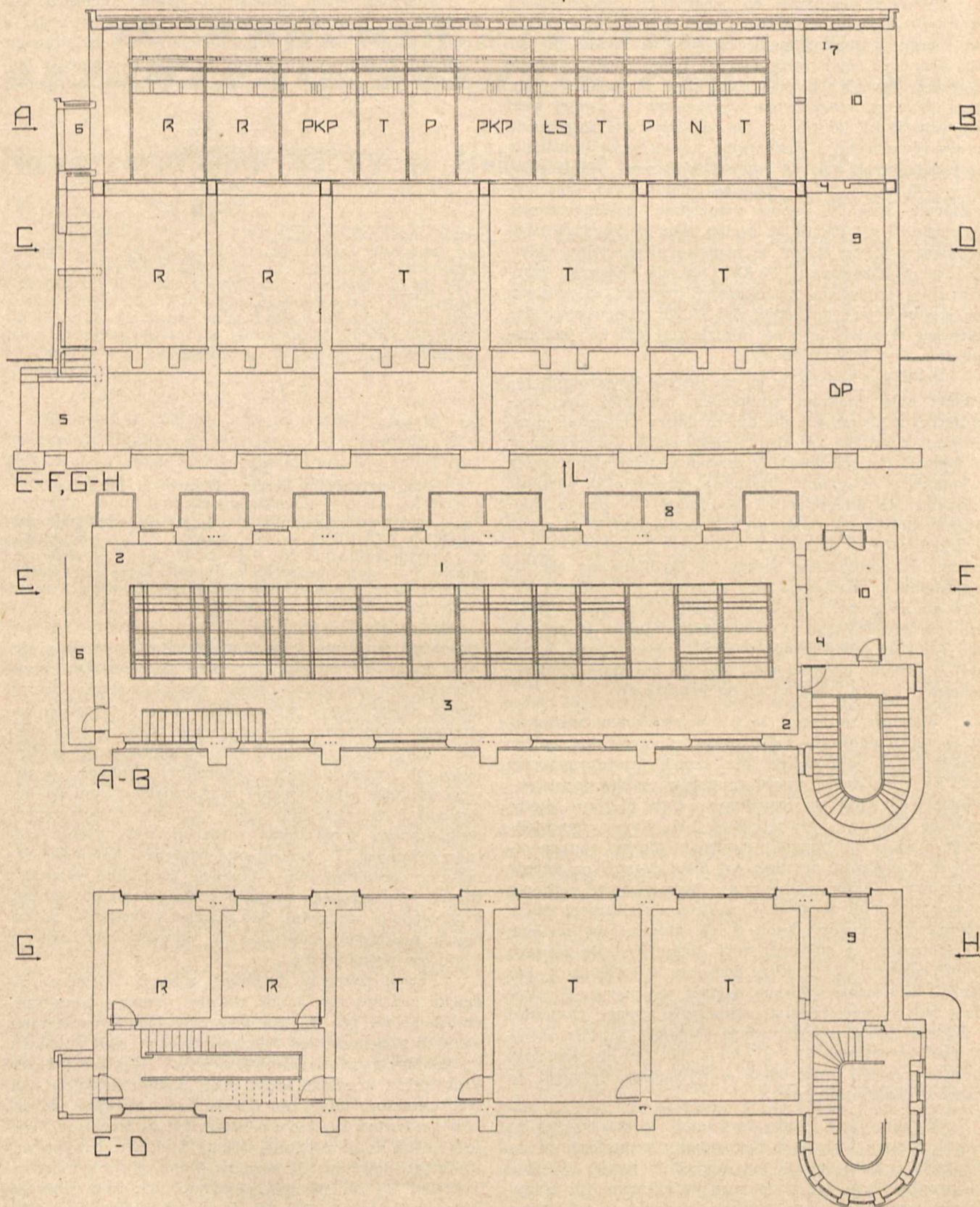
15 — budynek nowej rozdzielni 35 kV, 2 — budynek rozdzielni 5 i 15 kV, 3 — sala maszyn, 4, 5 — kotłownia, 6 — nowa kotłownia Nr. 3 (w budowie), 8 — złoże węglowe, 1 — doprowadzenie wody chłodzącej dla kondensacji, 7 — warsztat, 9 ÷ 14 — budynki biurowe i mieszkalne.

świadczą może np. waga transformatorów (wraz z olejem) rzędu 27 t. Strop między pierwszym piętrem i przyziemiem był stosunkowo mniej obciążony dzięki decyzji użycia nowoczesnych wyłączników. Pewne trudności nastęrczało uzgodnienie rozmieszczenia belek w tym stropie z miejscem koniecznym dla wbudowania przepustów łączących transformatory z rozdzielnią. Trudności te powodował fakt wykonywania ostatecznych rysunków budowlanych w czasie, gdy wiele szczegółów dotyczących elektrycznego wyposażenia rozdzielni było jeszcze niezdecydowanych. To zaniedbanie właściwej kolejności robót przy projektowaniu i budowie rozdzielni wynikało z bardzo ograniczonego czasu pozostawionego do terminu uruchomienia rozdzielni, jak również z trudności poczynienia niektórych zamówień na aparaty dotychczas w kraju nie wykonywane.

Pewne szczegóły dotyczące samego budynku rozdzielni zawiera rys. 2, jak również przekrój poprzeczny rozdzielni na rys. 6. Na uwagę zasługuje rozwiązanie wentylacji pomieszczeń transformatorów: wlot powietrza do kabiny transformatorowej odbywa się przez poziomą kratę przed drzwiami, skąd przez podziemie wprost pod transformator stojący na dwóch belkach; wylot powietrza ma kształt kominów o odpowiednim przekroju przylegających do zewnętrznej ściany budynku i wyprowadzających powietrze do poziomu dachu, gdzie kominy zakończone są żaluzją zabezpieczającą od dostawania się do wnętrza śniegu. Kominy te są też widoczne na fotografiach całości budynku (rys. 3 i 4).

Oprócz głównej klatki schodowej łączącej między sobą wszystkie trzy poziomy budynku pierwsze piętro łączy się jeszcze z przyziemiem wewnętrznymi schodami umieszczonymi na przeciwnym końcu budynku. Do głównej klatki schodowej przylega w podziemiu pomieszczenie przeznaczone dla cewki gasikowej (Petersena), a na parterze i na pierwszym piętrze — podręczne magazyny połączone między sobą otworem w stropie, przez który

IK



Rys. 2.

Budynek nowej rozdzielni 35 kV.

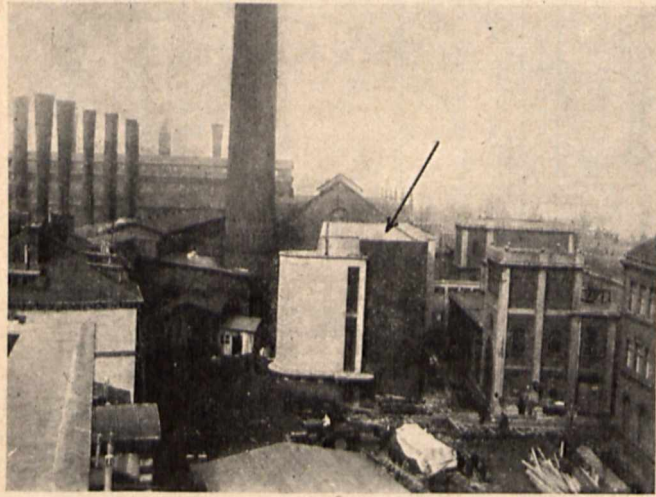
E—F, G—H — pionowy przekrój podłużny, A—B — plan 1-go piętra, C—D — plan przyziemia, 1 — korytarz dla transportu wyłączników, 3 — korytarz główny dla obsługi rozdzielni, 2 — miejsce ustawienia kompresorów, 4 — otwór do transportu wyłączników, 7 — zawieszenie dźwigu do transportu wyłączników, 5 — korytarz podziemny dla kabli, 6 — przejście galeryjką do starej rozdzielni, 8 — kominy wentylacyjne, 9, 10 — magazyny podręczne.

Oznaczenia celek:

T — transformator, R — regulator (transformator regulacyjny), PKP — kabel do P. K. P., LS — łącznik szyn, N — transformatory napięciowe, DP — dławik Petersena.

też za pomocą wyciągu transportowane są na pierwsze piętro cięższe części aparatury (wyłączniki itp.).

Podstawą rozplanowania budynku i ustalenia jego wymiarów był oczywiście schemat elektryczny rozdzielni 35 kV łącznie ze znajomością wymiarów poszczegól-



Rys. 3.
Budynek nowej rozdzielni 35 kV na tle dawniejszych zabudowań.

nych aparatów. Schemat ten przedstawia rys. 5. Podstawowymi jego elementami są: 3 transformatory (na razie ustawione 2) $5,37 \pm 2,5\% \pm 5\%$ kV po 12 000 kVA, (gwiazda po stronie wyższego napięcia), podwójny układ szyn zbiorczych z łącznikiem szyn, dwa kable odchodzące 35 kV do bezpośredniego zasilania sieci P. K. P. i dwa kable odchodzące 35 kV — do Pruszkowa (do Pruszkowa na razie ułożony jest tylko jeden kabel). Wszystkie kable odchodzące 35 kV są typu Hochstädtera o przekroju 3×120 mm² i o dopuszczalnym prądzie 250 amp. (grubość izolacji papierowej 9,0 mm, średnica zewnętrzna kabla 89,0 mm, grubość płaszcza ołowianego 2,9 mm, gradient elektryczny na żyłę około 3,2 kV/mm).

Kable odchodzące do Pruszkowa łączą się z szynami 35 kV w rozdzielni za pośrednictwem transformatorów regulacyjnych. Są to autotransformatory na moc przelotową dostosowaną do przekroju kabla, z zaczepami i z mechanizmem służącym do przelączania zaczepów pod obciążeniem. Zainstalowanie regulatorów napięcia o stosunkowo szerokim zakresie działania konieczne było wobec przewidzianych obu kierunków przesyłania energii między elektrowniami i wynikającej stąd konieczności skompensowania podwójnej wartości spadku napięcia występującego w dwudziestokilometrowej linii kablowej (regulacja napięcia przewidziana jest w jednym tylko końcu linii połączeniowej — w Warszawie).

Regulator napięcia w linii łączącej obie elektrownie będzie też jednym ze środków, za pomocą którego będzie można nadać spółczynnikowi mocy w linii wartość odpowiadającą bądź pewnym umowom, bądź z innych względów najkorzystniejszą eksploatacyjnie.

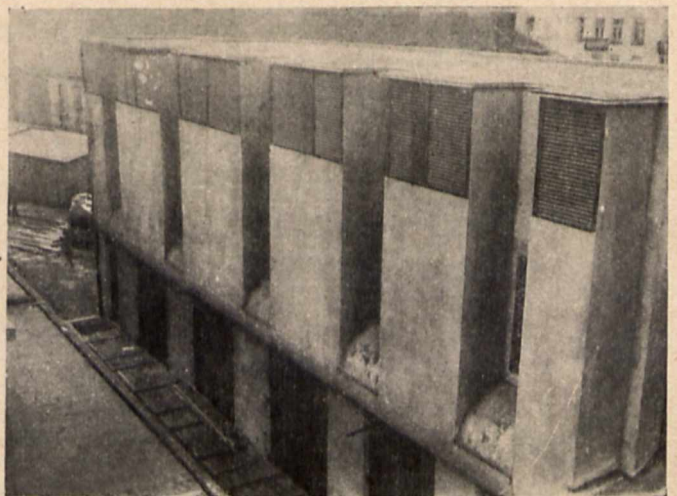
Przy realizowaniu przyjętego schematu elektrycznego nowej rozdzielni starano się w miarę możliwości tak w odniesieniu do całości, jak i do drobnych nawet szczegółów, stworzyć instalację stojącą na poziomie najnowszych zdobyczy techniki urządzeń rozdzielczych z lat ostatnich. Zasadnicze znaczenie miała tu oczywiście w pierwszym rzędzie decyzja zbudowania rozdzielni bezolejowej. Jakkolwiek zastosowane zostały w ostatecznym wykonaniu wyłączniki strumieniowe o małej zawartości

oleju, to jednak ze względu na sposób ich pracy można uważać, że gwarantują one zupełne bezpieczeństwo nie zagrażając ani eksplozją, ani pożarem lub zadymieniem pomieszczenia rozdzielni. Transformatoriki pomiarowe prądowe i napięciowe użyte zostały suche (tj. pozbawione nie tylko oleju, ale w ogóle wszelkich substancji łatwopalnych jak np. masy izolacyjnej).

Zasadzie zupełnej niepalności i wynikającego stąd bezpieczeństwa przed zadymieniem przeczą jedynie końcówki kablowe wypełnione zwykłą masą kablową (zalewą). Projektowane początkowo zastosowanie końcówek nawijanych, bez masy (Wickelendverschluss) — nie dało się niestety zrealizować siłami krajowymi. Z omówionych założeń wynikała możliwość b. prostego i przejrzystego rozwiązania konstrukcyjnego samej rozdzielni w jednym poziomie, a mianowicie w pomieszczeniu zajmującym całe pierwsze piętro budynku nad kabinami transformatorów i regulatorów, jak również możliwość zachowania najprostszego pionowego kierunku większości przewodów połączeniowych.

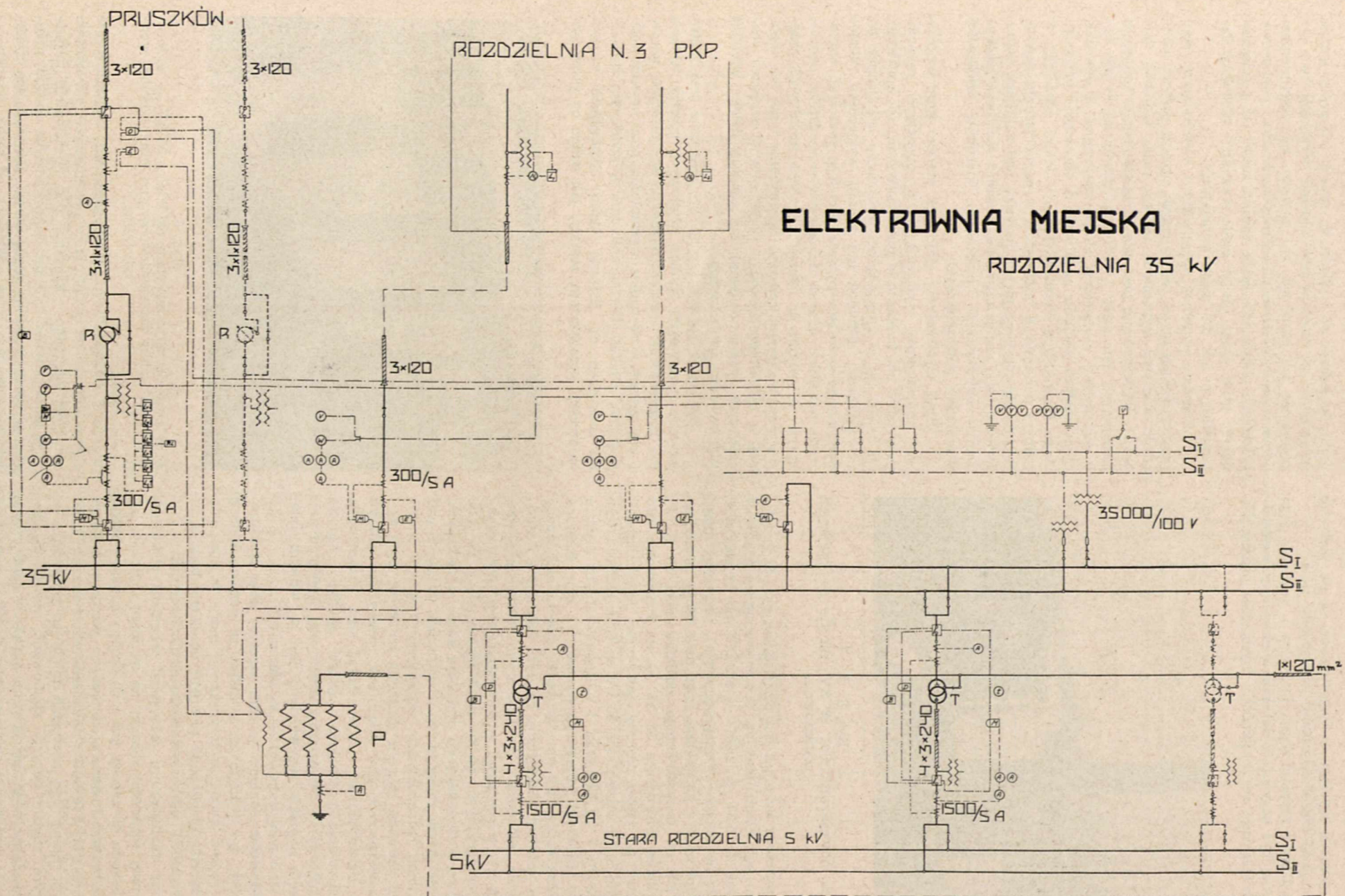
Brak wyłączników olejowych starego typu umożliwił umieszczenie wyłączników w otwartych celkach, przy czym nie trzeba było przystosowywać ani konstrukcji celek, ani w szczególności wykonania ich ścianek do ewentualności eksplozji lub pożaru wyłącznika. Wobec powyższego powstało pytanie, czy nie skasować całkowicie wszelkich ścianek działowych w rozdzielni ograniczając się jedynie do ażurowych siatek metalowych między poszczególnymi celkami. Rozwiązanie takie ma obecnie w dobre bezolejowych i niepalnych urządzeniach rozdzielczych wielu zwolenników głównie dzięki wielkiej przejrzystości całej instalacji.

Zwyciężył jednak pogląd, iż konieczne jest zastosowanie masywnych ścianek działowych między celkami dla zapobiegania rozprzestrzenianiu się gorących gazów i par metali w wypadku wystąpienia łuku zwarcowego w jednej z celek. Dla ograniczenia w podobnym wypadku uszkodzeń do jednego tylko odgałęzienia z szyn zbiorczych przewidziane zostały, jak widać na przekroju

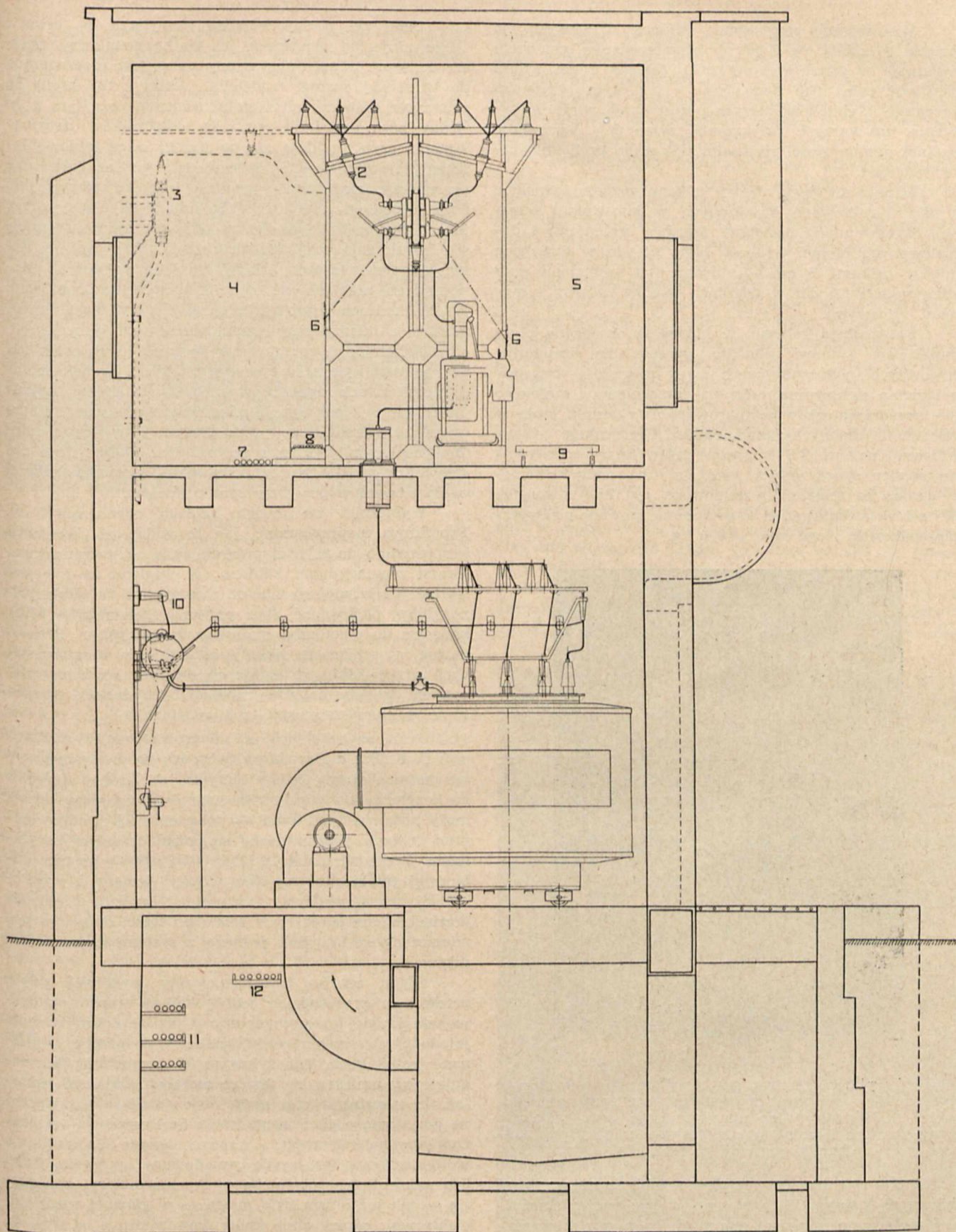


Rys. 4.
Frontowa elewacja budynku rozdzielni 35 kV — widoczne wrota kabin transformatorowych oraz kominy wentylacyjne.

na rys. 6, daszki (t. zw. Lichtbogenschutz) odgraniczające szyny zbiorcze od odłączników systemowych, na których skutkiem błędnego odłączania pod obciążeniem najłatwiej może powstać zwarcie; doprowadzenia do szyn przechodzą przez izolatory przepustowe. Również oba systemy szyn zbiorczych są oddzielone od siebie ścianką.



Rys. 5.
Schemat elektryczny nowej rozdzielni 35 kV.



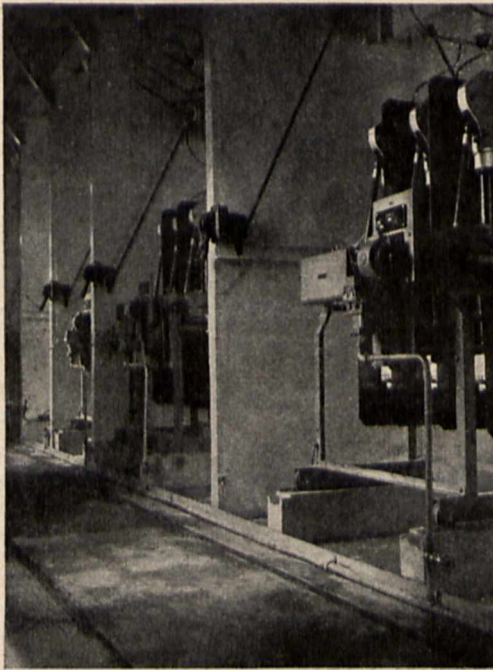
Rys. 6. Przekrój poprzeczny rozdzielni 35 kV:

2 — izolatory przepustowe w daszkach ochronnych, 3 — mufy końcowe odchodzących kabli 35 kV $3 \times 120 \text{ mm}^2$, 4 — główny korytarz dla obsługi, 5 — korytarz dla transtory z wyłącznikami kabli, odchodzących do Pruszkowa, łączników, 7 — jednożyłowe kable 35 kV, łączące regulatory z wyłącznikami kabli odchodzących do Pruszkowa, 8 — kable sygnalizacyjne, miernicze i sterownicze, 9 — wózek do transportu wyłączników, 10 — szyna zerowa transformatorów, 11 — kable 5 kV ze starej rozdzielni do transformatorów 5/35 kV, 12 — kable niskiego napięcia (siła i światło).

Zastosowanie masywnych ścianek działowych ma jeszcze tę zaletę, że zwiększa bezpieczeństwo personelu zwłaszcza w czasie wykonywania jakichś robót w sąsiedztwie celek pod napięciem — pod tym względem przegrody z siatek azurowych pozostawiają wiele do życzenia, zaś korzyść zwiększenia przez ich stosowanie ogólnej przejrzystości rozdzielni jest nieco problematycznej wartości.

Ścianki działowe między celkami zostały wykonane z płyt durolitowych osadzonych w konstrukcji żelaznej, otynkowanych następnie zaprawą cementową i pomalowanych olejno. Grubość płyt: 7,5 cm w ściankach między celkami, 5 cm — między obu systemami szyn zbiorczych i 2,5 cm w daszkach między celkami i szynami zbiorczymi.

Konstrukcja żelazna, w której są osadzone płyty durolitowe, stanowi ponadto oparcie dla izolatorów wsporczych, podtrzymujących szyny zbiorcze i wszystkie połączenia elektryczne, oraz dla odłączników i częściowo dla transformatorów pomiarowych. Wyłączniki stoją w celkach na osobnych fundamentach. Konstrukcja żelazna widoczna na rys. 2 i 6 stanowi trójwymiarową sztywną kratownicę spoczywającą swobodnie na podłodze (niepołączoną ze ścianami); zbudowana jest ona z korytek NN 5 i 10 i z kątowników N 4; połączenia spawane elektrycznie, całkowita waga około 12 000 kg.



Rys. 6a.

Widok korytarza dla transportu wyłączników (widoczne wyłączniki w celkach z doprowadzeniami sprężonego powietrza, odłączniki i ich napędy ręczne, oraz częściowo szyny zbiorcze i izolatory przepustowe między odłącznikami i szynami zbiorczymi).

Dwa równoległe względem siebie systemy szyn zbiorczych (wszystkie sześć szyn w poziomej płaszczyźnie) ułożone są ponad szeregiem jedenastu celek różnej szerokości. Między celkami i ścianami budynków wytworzyły się dwa korytarze: węższy z nich, na tyłach celek (rys. 6 — po prawej stronie), służy do transportu wyłączników odpowiednim wózkiem na szynach; ponadto z tej strony umieszczone są ręczne napędy wyłączników, ręczne napędy odłączników jednego systemu szyn zbiorczych oraz doprowadzenie sprężonego powietrza do pneumatycznych napędów wyłączników (rys. 6a).

Celki od strony węższego korytarza są otwarte (przewiduje się zamknięcie ich siatką metalową). Szerzy korytarz z przedniej strony celek jest przeznaczony do właściwej obsługi rozdzielni. Celki z tej strony są zamknięte drzwiczkami z siatki żelaznej, poza tym z tej strony poza napędami ręcznymi odłączników drugiego systemu szyn znajdują się na każdej celce tablice blaszane przeznaczone dla pomieszczenia przekaźników, amperomierzy, urządzeń sygnalizacyjnych i sterujących. Poziom podłogi tego korytarza jest podwyższony przez ułożenie pomostu żelaznego, w którym znajduje się miejsce dla ułożenia wszystkich kabli sygnalizacyjnych, mierzniczych, sterowniczych, jak też wysokonapięciowych, stanowiących niektóre wewnętrzne połączenia rozdzielni. W obu końcach rozdzielni zapewniona jest dogodna komunikacja między korytarzami przednim i tylnym.

O kolejności rozstawienia poszczególnych celek zdecydowało wykonanie połączenia trzech transformatorów oraz dwóch regulatorów z ich wyłącznikami, znajdującymi się o piętro wyżej nad nimi, oraz z szynami zbiorczymi bezpośrednio po przez przepusty w stropie między pierwszym piętrem i przyziemiem. Dalsze celki zostały rozstawione między powyższymi pięcioma celkami o określonym w powyższy sposób miejscu.

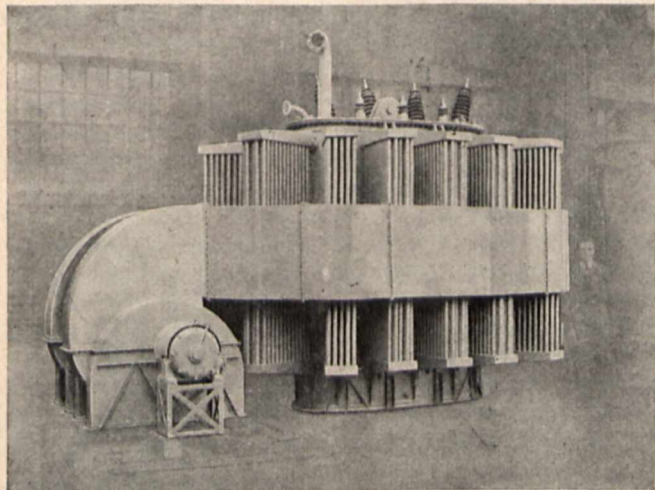
Wyłączniki na dwóch kablach odchodzących do Pruszkowa nieprzyłączone, jak to widać ze schematu, bezpośrednio do szyn zbiorczych łączą się z transformatorami regulacyjnymi kablami; ze względu na mniejsze wymiary i łatwiejszy montaż zastosowano tu kable jednożyłowe, obolowione (bez pancerza żelaznego). Mufy końcowe do tych kabli mają korpus mosiężny. Przewidziane w schemacie układy odłączników umożliwiające pracę kabli odchodzących do Pruszkowa z wyłączeniem transformatorów regulacyjnych zostały wbudowane w pomieszczeniach tych ostatnich.

Trójżyłowe kable 35 kV, doprowadzone do rozdzielni z P. K. P. i z Pruszkowa, wchodzi na pierwsze piętro wewnętrzną stroną ściany budynku po stronie szerokiego korytarza dla obsługi. Na ścianie tej znajdują się też mufy końcowe tych kabli — połączenia ich z odpowiednimi celkami doprowadzone są ponad szerszym korytarzem. W celkach kabli P. K. P. znajdują się po trzy odłączniki trzybiegunowe: dwa między szynami i wyłącznikiem, trzeci między tym ostatnim i kablem; dzięki odpowiedniej szerokości tych celek ten trzeci odłącznik pomieszczony został obok jednego z systemowych odłączników.

Szyna zerowa transformatorów wykonana gołym przewodem przechodzi z jednej kabiny transformatorowej do drugiej przez przepusty — dalsze doprowadzenie jej do pomieszczenia cewki gasikowej w piwnicy wykonane jest kablem jednożyłowym. W pomieszczeniach regulatorów umieszczone jeszcze zostały dodatkowe jednofazowe transformatoriki napięciowe (olejowe) przyłączone po stronie odchodzącego kabla do Pruszkowa (nie zaznaczone na schemacie), a przeznaczone do zasilania woltomierzy wskazujących „regulowane” napięcie. Celki 5-o kilowoltowe obsługujące transformatory znajdują się — jak już o tym była mowa — w głównej rozdzielni elektrowni; odpowiednie kable doprowadzone od nich do transformatorów ułożone są na półkach w korytarzu w piwnicy (patrz rys. 6).

Przystępując do opisu poszczególnych aparatów składających się na całość elektrycznego wyposażenia rozdzielni trzeba zaznaczyć, że za wyjątkiem aparatów, których wykonanie w kraju było absolutnie niemożliwe, wszystkie części składowe nowej rozdzielni są pochodzenia krajowego.

Dwa transformatory (rys. 7 i 8) dostarczone zostały przez fabrykę „Elektrobudowa” w Łodzi. Ich dane techniczne: moc 12 000 kVA, napięcia $37\,000 \pm 2,5\% \pm 5\%$ / $5\,000\text{ V}$, prądy 188/1 390 A, układ Yd11 (Δ/Δ). Straty biegu jałowego wyniosły wg. pomiarów 23 i 27,5



Rys. 7.

Widok zewnętrzny transformatora 12 000 kVA, 5,37 kV w wykonaniu fabryki „Elektrobudowa”.

kW, straty w miedzi przy temp. uzwojeń 75°C — 92 i 87,5 kW, napięcie zwarcia 6,5%. Chłodzenie transformatorów — powietrzne naturalne, bądź przy większym obciążeniu — sztuczne, za pomocą wentylatorów tłoczących powietrze przez odpowiednie dysze wprost na radiator. Każdy transformator ma dwa wentylatory napędzane silnikami zwartymi po 10 KM. Włączanie silników wentylatorów będzie się odbywało na odpowiedniej tabliczce ustawionej w pomieszczeniu transformatora; ruch każdego wentylatora będzie sygnalizowany do nastawni odpowiednią lampką sygnałową.

Temperatura uzwojeń transformatorów będzie kontrolowana wbudowanymi termometrami oporowymi, których wskazania przeniesione są do głównej nastawni elektrowni. Z chwilą uruchomienia wentylatorów dopływ powietrza znajdujący się przy naturalnym chłodzeniu pod transformatorem musi być zamknięty specjalnymi kłapami. Próba izolacji uzwojenia 35 kV transformatora wykonana została napięciem 75 kV przyłożonym w ciągu jednej minuty.

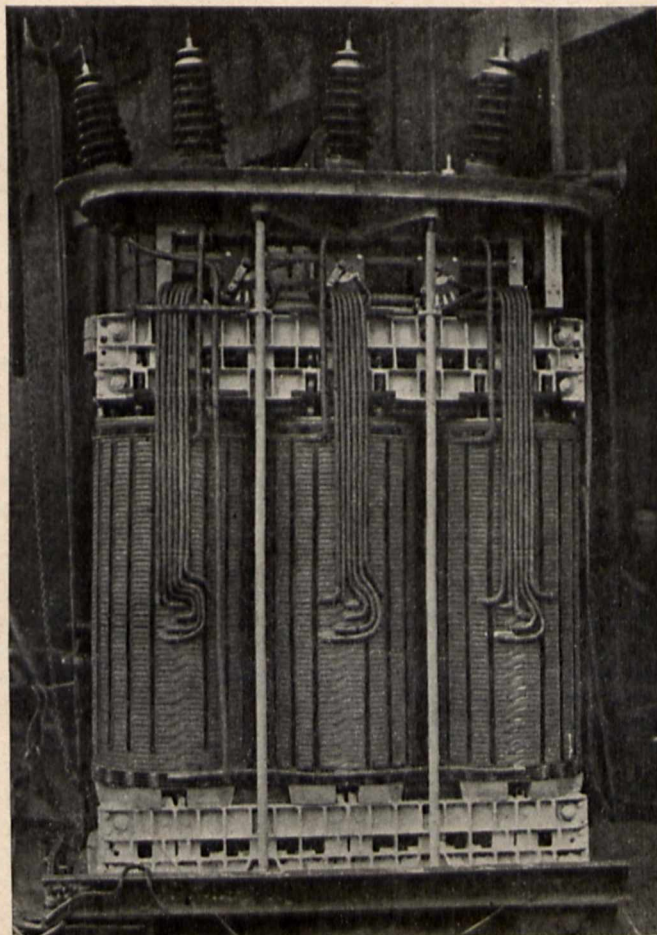
Fabryka „Elektrobudowa” wykonała również cewkę gasikową typu Petersena, przeznaczoną do kompensacji prądów ziemnozwarciowych (rys. 9). Cewka ta o mocy 500 kVA przy napięciu $35\,000/\sqrt{3}\text{ V}$ składa się z czterech cewek, które mogą być dowolnie łączone równolegle, przy możliwym równocześnie przełączaniu zaczepek poszczególnych cewek. Tą drogą możliwych jest 26 kombinacji różnych wielkości prądu indukcyjnego oddawanego przez cewkę w granicach od 2,9 do 30,7 A (przy napięciu $35\,000/\sqrt{3}\text{ V}$). Prąd maksymalny przy naturalnym chłodzeniu powietrznym może cewka oddawać bez szkodliwego nagrzania w ciągu dwóch godzin. Cewka gasikowa wbudowana w oleju zawiera równocześnie w jednej kadzi transformatorki miernicze: prądowy i napięciowy przewidziane dla przyłączenia mierników i przełączników ziemnozwarciowych.

Transformatory regulacyjne wykonane zostały w Żychlinie przez fabrykę Rohn, Zieliński (rys. 10). Jedyne urządzenia kontaktowe służące do przełączania zaczepek pod obciążeniem oraz napędy elektryczne spro-

wadzone były ze Szwajcarii z fabryki Brown-Boveri, która też zaprojektowała powyższe transformatory. Jakkolwiek na razie uruchomiona zostaje tylko jedna linia do Pruszkowa, zamówiono od razu dwa regulatory, aby mieć całkowitą stuprocentową rezerwę na wypadek uszkodzenia jednego z nich.

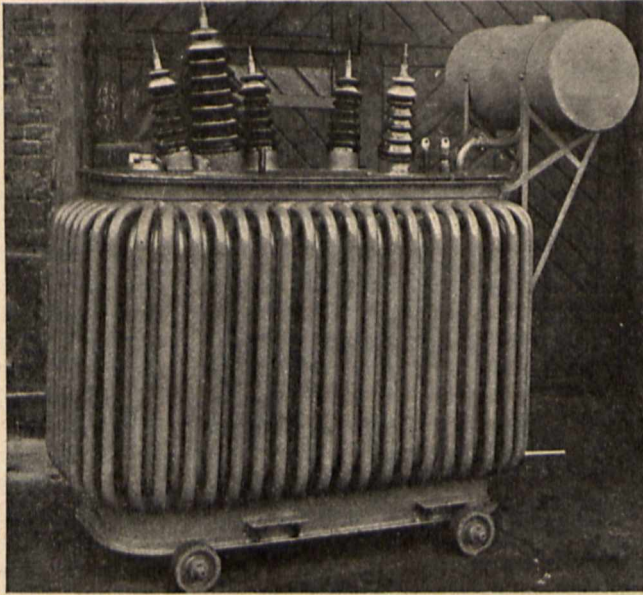
Transformatory regulacyjne są autotransformatarami trójfazowymi obliczonymi na moc przechodzącą 18 400 kVA (270 A). Przekładnia napięć przy biegu luzem jest $35\,000/35\,000 \pm 12\%$ V. Liczba zaczepek wynosi 10 z możliwością zmiany ich załączenia, czyli razem jest 20 stopni regulowanego napięcia po 1,2% (420 V). Moc autotransformatora (połączonego w gwiazdę) odpowiada 12% wielkości 18 400 kVA, czyli 2 200 kVA. Napięcie zwarcia w skrajnym położeniu przełącznika zaczepek wynosi 1,11%. Wytrzymałość zwarcia (mechaniczna) przewidziana jest dla prądów zwarcia odpowiadających reaktancji sieci 3%.

Przełącznik zaczepek napędzany jest silnikiem elektrycznym sterowanym odległościowo z nastawni, dokąd następuje też sygnalizacja wsteczna działania i położenia przełącznika, albo też ręcznie w kabine regulatora. Momentalnie działające przekaźniki nadmiarowe uniemożliwiają odległościowy napęd przełącznika zaczepek w czasie zwarcia, co ma na celu ochronę przełącznika nie znośnego prądu większego od 400 A; powodują również obustronne odłączenie regulatora w wypadku zatrzymania się przełącznika zaczepek między dwoma kontaktami. Konstrukcyjnie charakteryzuje transformatory regulacyjne wykonanie ich kadzi z bla-



Rys. 8.

Transformator „Elektrobudowy” 12 000 kVA, 5/37 kV wyciągnięty z kadzi.

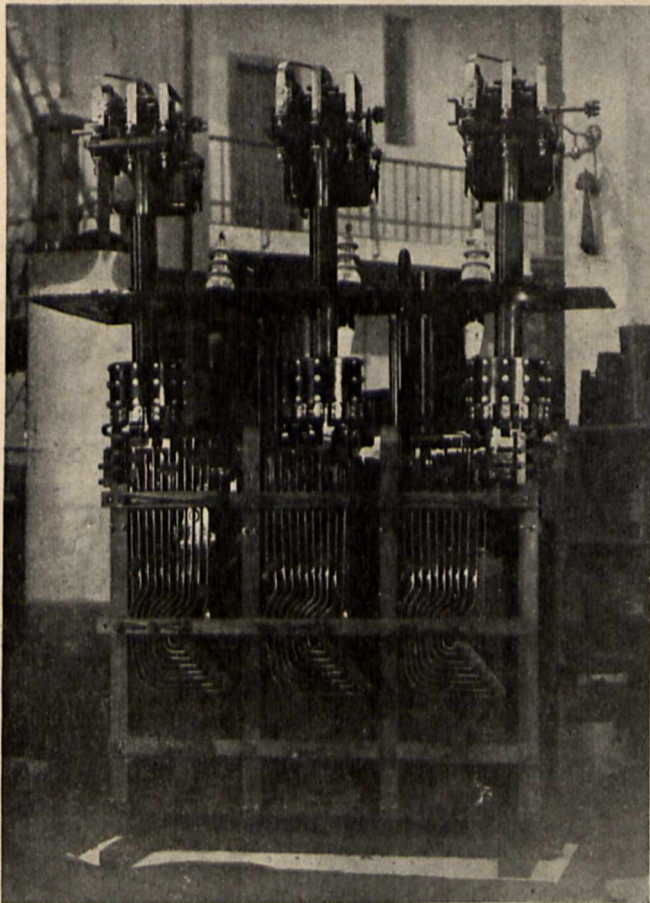


Rys. 9.

Cewka Petersena w wykonaniu fabryki „Elektrobudowa”.

chy żeberkowej (chłodzenie naturalne powietrzne) oraz brak konserwatora oleju, co zresztą uniemożliwiło zabezpieczenie ich przekąźnikami Buchholta.

Firma Rohn, Zieliński dostarczyła również z fabryki Brown-Boveri w Badenie szybko działające wyłączniki powietrzne dla przyłączenia transformatorów po stro-



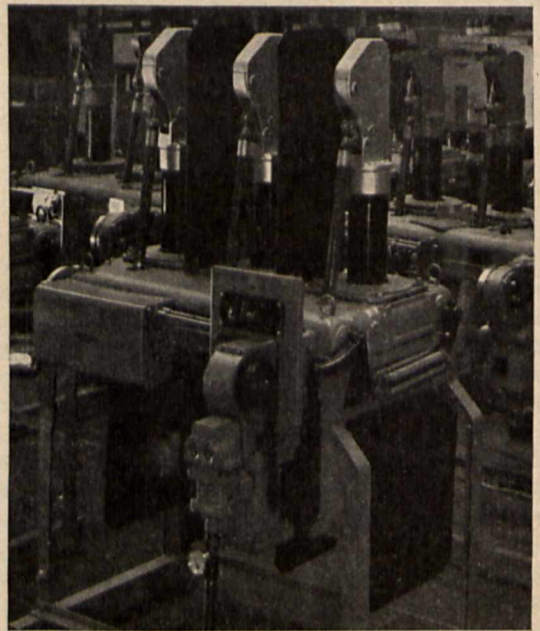
Rys. 10.

Transformator regulacyjny 35 000,35 000 \pm 12% V na moc przechodnią 18 400 kVA (wykonanie fabryki Rohn Zieliński).

nie 5 kV wraz z kompletną instalacją kompresorów (13 at.) i rurociągów dla obsługi tych wyłączników. Wyłączniki powyższe na napięcie znamionowe 11 kV (próbnicze 42 kV, przeskoku 46 kV), na prąd nominalny 1 600 amp. mają moc odłączalną przy 5,25 kV 350 MVA (odłączają maksymalny prąd 38 500 A i znoszą amplitudę udarowego prądu zwarcia rzędu 80 kA). Napęd wyłączników oczywiście jest pneumatyczny, sterowanie — z nastawni.

Wyłączniki 35 kV wykonane zostały przez fabrykę S. Kleiman i S-wie wg. licencji fabryki Voigt Haeffner (rys. 11). Są to wyłączniki strumieniowe o małej zawartości oleju z wyrównawczo-różnicowymi komorami gaszącymi. Wyłączniki wykonane są na prąd roboczy 600 A, napięcie nominalne 38 kV (próbnicze 86 kV, przeskoku 95 kV). Moc odłączalną przy 38 kV wynosi 550 MVA. Wyłączniki są wyposażone w napędy pneumatyczne, obsługiwane przez ustawione w pomieszczeniu rozdzielni dwa zespoły sprężarkowe o wydajności 150 l/min. (przy ciśnieniu powietrza 8 at). Wentyle sterujące napęd wyłączników są sterowane elektromagnetycznie bądź z nastawni, bądź z tabliczek umieszczonych na frontowej ścianie celek.

Fabryka K. Szpotański wykonała suche transformatoriki miernicze prądowe i napięciowe. Wszystkie one obliczone są na napięcie 45 kV (próbnicze 119 kV). Transformatoriki prądowe o przekładni 300/5A są wykonane jako przepustowe (jednordzeniowe), oraz jako przepustowo-pętlicowe (dwu- i czterordzeniowe) — rys. 12. Dynamiczna wytrzymałość zwarcia wyraża się dla transformatorików przepustowych dopuszczalnym 300-u



Rys. 11.

Wyłącznik 35 kV 550 MVA fabr. Kleimana.

krotnym prądem nominalnym, a dla pętlicowych — 90-o krotnym. Również transformatoriki prądowe dla celek 5 kV wykonane zostały przez fabrykę K. Szpotański (10 kV 1 500,5 A przepustowe dwurdzeniowe).

Konstrukcja tak prądowych, jak i napięciowych transformatorików oparta jest na zastosowaniu bakelitowych elementów kondensatorowych (w wypadku transformatorików prądowych są to wprost przepusty kondensatorowe); przy transformatorikach napięciowych zastosowano specjalny sposób sterowania pola elektrycznego,

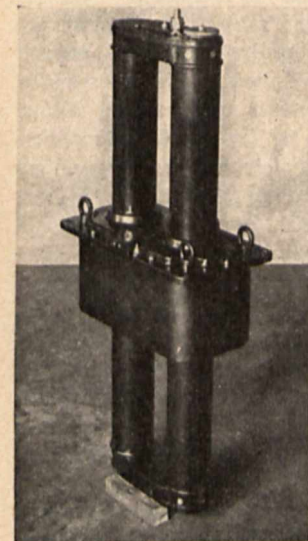
dzięki czemu przy dużej wytrzymałości można było znacznie zmniejszyć wymiary zewnętrzne; następnie dzięki odpowiedniemu ekranowaniu uzwojenia wysokiego napięcia transformatorki te spełniają warunki tzw. transformatorów nierezonujących. Transformatorki napięciowe wykonane są jako jednofazowe z jednym biegunem uziemionym, o przekładni 35 000/100 V, dla pracy normalnej na napięcie $35\,000 / \sqrt{3}$ V, lecz z możliwością wzrostu napięcia do 35 000 V w wypadku uziemienia jednej fazy.

Polskie Zakłady Siemens dostarczyły odłączniki trójbiegunowe (350 A) z napędami ręcznymi (drażkowo-

dźwigniowymi), oraz izolatory porcelanowe wsporcze i przepustowe. Porcelana do powyższych części pochodzi z fabryki w Ćmielowie. Napięcie robocze izolatorów: 37 kV, próbne 97 kV, przekosku 106 kV. Bezpieczniki do dwóch układów transformatorów napięciowych, załączonych na dwa systemy szyn zbiorczych, pochodzą z fabryki Siemens Schuckert i przy prądzie nominalnym 2 A dostosowane są do odłączania prądu zwarcia rzędu 15 kA.

Kable 35 kV zarówno trój-, jak i jednożyłowe oraz montaż muf końcowych wykonały fabryki krajowe.

Jak widać z dotychczasowego opisu zaniechano w rozdzielni 35 kV zainstalowania jakichkolwiek aparatu-



Rys. 12.

Transformator prądowy pięcioletniowo-przepustowy 45 kV, 300 A fabryki Szpotkański.

przeciwprzepięciowych. Czynnikiem przesądającym tę sprawę był fakt przyłączenia do rozdzielni jedynie linii kablowych (przejścia kolejowych torów kablowych w linie napowietrzne, odległe od naszej rozdzielni o kilka kilometrów, zabezpieczone są ochronnikami przeciwprzepięciowymi). Istotne zabezpieczenie od przepięć ziemnozwarciowych stanowi zastosowana kompensacja prądów zwarcia z ziemią, od innych zaś nieprzewidzianych podskoków napięcia zabezpieczyć powinna dobra izolacja poszczególnych elementów (napięcie probiercze: dla transformatorów prądowych i napięciowych — 119 kV, dla izolatorów wsporczych, przepustowych, odłączników — 97 kV, dla wyłączników — 86 kV, dla transformatorów — 75 kV).

Na osobne omówienie zasługują zastosowane przy budowie rozdzielni 35 kV zabezpieczenia. Transformator 5/35 kV są wyposażone w przekaźniki Bucholtza, przekaźniki różnicowe i nadmiarowo-czasowe. Przekaźniki Bucholtza dostarczone przez firmę Siemens mają po dwa pływak i uruchamiają w razie działania odpowiednie urządzenia sygnalizacyjne w nastawni (drugi pływak przeznaczony do bezpośredniego wzbudzenia wyzwalaczy wyłączników na razie nie jest wykorzystany). Również fabryka Siemens dostarczyła komplety przekaźników różnicowych. Przekaźniki te są wyposażone w organy blokujące działanie zabezpieczenia w wypadku zwarcia czy przetężenia, którego przyczyna leży poza transformatorem — tą drogą różnice w nasyceniu transformatorów prądowych, zasilających przekaźniki różni-

cowe, nie mogą spowodować błędnego wyłączenia. To zablokowanie następuje przy przekroczeniu prądu 7 A w obwodach wtórnych transformatorów prądowych o przekładni 1500/5 i 300,5 A. Czulość reagowania przekaźnika jest nastawialna w granicach 1 ÷ 2 A różnicy wtórnych prądów transformatorów prądowych przed i za transformatorem. Opóźnienie czasowe może wynosić 0,5 do 5 sek. Dla wyrównania różnicy przekładni obu kompletów transformatorów prądowych oraz transformatora głównego $\left(\frac{1500}{5} \times \frac{5000}{35000} \times \frac{5}{300} \neq 1\right)$ wbudowane są jeszcze w układ prądowe transformatorki wyrównawcze.

Zabezpieczenie transformatorów od przeciążeń oraz od zwarć w obrębie samej rozdzielni stanowią przekaźniki nadmiarowo-czasowe fabryki Brown-Boveri (typu „S”). Przekaźniki te najnowszej konstrukcji z wbudowanym amperomierzem służącym do kontroli pracy przekaźnika reagują na prąd nastawialny od 1 do 2-krotnej wielkości prądu nominalnego; czas wyłączenia jest regulowany w granicach od 0,2 do 10 sek. W razie potrzeby czas wyłączenia normalnie niezależny od prądu może być uzależniony od prądu przez nastawienie na momentalne wyłączenie przy 3, 4, 5 lub 6-krotnym prądzie nominalnym. Dla prądów mniejszych od nastawionych wyłączenie następuje wówczas po czasie zależnym w stosunku odwrotnie proporcjonalnym od prądu.

Działanie przekaźników zarówno różnicowych, jak nadmiarowych powoduje wyłączenie obu wyłączników: przed i za transformatorem.

Zabezpieczenie dwóch kabli odchodzących z rozdzielni do zasilania sieci P. K. P. dokonane jest za pomocą przekaźników nadmiarowo-czasowych tego samego typu i pochodzenia, co przekaźniki użyte do zabezpieczenia transformatorów. Taki sam przekaźnik zabezpiecza również łącznik szyn. Tak proste zabezpieczenie kabli zasilających P. K. P. możliwe było jedynie na skutek założenia, że przez sieć kolejową nigdy nie będzie miała miejsca praca równoległa z elektrownią pruszkowską. Nastawienie czasowe przekaźników w rozdzielni będzie takie, że czas działania przekaźników na kablach do P. K. P. będzie dłuższy od czasów działania zabezpieczeń w sieci P. K. P., a krótszy od czasu działania przekaźników nadmiarowych na transformatorach.

Kabel do Pruszkowa otrzymał przekaźnik odległościowy w wykonaniu fabryki AEG (typ SD2, wykonanie A). Jest to przekaźnik impedancyjny z rozruchem nadmiarowo-prądowym, z regulacją czasu stopnia podstawowego 0,5 ÷ 2 sek. (niezależnie od wielkości prądu zwarcia) i z regulacją czasu na początku drugiego stopnia 1,5 ÷ 3 sek. Z przekaźnikiem odległościowym połączony jest przekaźnik czasowy, wzbudzany przez element rozruchowy przekaźnika odległościowego, z czasem nastawialnym w granicach 0,5 ÷ 6 sek, przeznaczony do wyłączania w czasie granicznym np. w wypadku zawodu w działaniu przekaźnika odległościowego.

Przekaźnik odległościowy, zaopatrzone w element kierunkowy, ograniczający jego działanie tylko do wypadku przepływu prądu od szyn zbiorczych, będzie wyłączał zwarcia na 80% długości kabla do Pruszkowa stopniem podstawowym w czasie bardzo krótkim, zwarcia dalej położone czasem odpowiadającym pochyłej charakterystyce drugiego stopnia, która będzie tak dostrojona, aby w wypadku zwarć w sieci elektrowni pruszkowskiej najpierw działały jej zabezpieczenia w rozdzielni pruszkowskiej, zapobiegając niepożądanemu przerwananiu połączenia obu elektrowni.

Zastosowany przekaźnik odległościowy reaguje tylko na zwarcia dwu- i trzyczłonowe (przyłączony jest do dwóch transformatorów prądowych). Przystosowanie przekaźnika do reagowania na podwójne zwarcia z ziemią zostało zaniechane ze względu na znaczne skomplikowanie tym układu, jak również na skutek znanego faktu, że w kablu trzyczłonowym zwarcie z ziemią bardzo szybko przekształca się w zwarcie międzyfazowe. Wypadek podwójnego zwarcia z ziemią w napowietrznych częściach sieci P. K. P. nie będzie groźny dla kabla łączącego elektrownie ze względu na dużą w tym wypadku impedancję obwodu zwarcia. Przekaznik odległościowy przyłączony jest do transformatorów prądowych najbliższych do szyn zbiorczych tak, że ochrania też transformator regulacyjny, zaś działaniem swym powoduje wyłączenie obu wyłączników: przed i za regulatorem.

Wszystkie kable wychodzące z rozdzielni zarówno do Pruszkowa, jak i do P. K. P., wyposażone są jeszcze w przekaźniki ziemnozwarciowe fabryki AEG. Są to przekaźniki watomierzowe reagujące na składową wartość prądu ziemnozwarciowego (z czułością 0,01 A), sygnalizujące zwarcie z ziemią w wypadku przepływu prądu zerowego w kierunku od szyn zbiorczych. Przekazniki te są zasilane z odpowiednich transformatorów prądowych oraz z uzwojenia napięciowego cewki gaszącej.

Wszystkie wymienione przekaźniki są umieszczone w głównym korytarzu rozdzielni na drzwiach odpowiednich celek.

Pomiar energii sprzedawanej P. K. P. odbywa się w rozdzielniach P. K. P. W rozdzielni Nr. 3 zasilanej dwoma kablami z elektrowni warszawskiej zainstalowany jest na każdym kablu licznik dla mocy czynnej o trzech układach Ferrarisa dla nierównomiernie obciążonych faz dla sieci trójfazowej z zerem uziemionym, wyposażony w urządzenie kontaktowe. Liczniki przyłączone są do obsługujących je wyłącznie transformatorów prądowych i napięciowych. Oba liczniki za pomocą swych urządzeń kontaktowych i za pośrednictwem przekaźnika sumującego i pośredniczącego napędzają drukujący licznik maksymalny, tzw. printometr, który na taśmie papieru drukuje kolejne wartości średniej mocy rzeczywistej oddawanej P. K. P. obu kablami w 15-minutowych okresach czasu.

Analogiczny układ licznika wraz z printometrem zainstalowany jest w rozdzielni P. K. P. Nr. 1 w Pruszkowie na kablu zasilającym sieć kolejową bezpośrednio z elektrowni Pruszkowskiej. Oba printometry, w Warszawie i w Pruszkowie są zsynchronizowane przez napęd ich od wspólnego zegara synchronicznego, ustawionego obok printometru w Warszawie, który steruje printometrem w Pruszkowie impulsami nadawanymi przez odpowiedni przekaźnik nadający i przesyłanymi do Pruszkowa kablem telefonicznym.

Kabel ten przeznaczony do zaspokojenia wszystkich potrzeb związanych z sygnalizacją, pomiarami odległościowymi i komunikacją telefoniczną między obu elektrowniami ułożony został jednocześnie z kładzeniem kabla 35 kV (średnica żył tego kabla 1,13 mm, napięcie próbne — 2 kV w ciągu 2 minut, ilość par żył — 10).

Dzięki zastosowanym urządzeniom całkowitą energię pobraną przez P. K. P. otrzymuje się przez zsumowanie wskazań trzech liczników (na trzech kablach), zaś przebieg obciążeń kwadransowych — przez zsumowanie odpowiednich cyfr wydrukowanych przez oba printometry. Zaznacza się tu duża wyższość printometrów nad licznikami maksymalnymi dającymi wykres obciążenia, gdzie sumowanie kilku wykresów nigdy nie da wyników tak

ścisłych i bezspornych, jak sumowanie obciążeń wyrażonych liczbowo.

Przyjęty system pomiaru energii oddawanej P. K. P. odpowiada ustalonemu sposobowi obrachunku dla dostarczonej energii, który obok opłaty za pracę przewidywaną jest za moc na podstawie wskazań printometrów; jednocześnie opisane dalej urządzenie rejestrujące całkowite chwilowe obciążenie P. K. P., pozwala kontrolować stosunek obciążeń chwilowych do kwadransowych, który wg. umowy nie powinien przekraczać wielkości 1,75. Zasilanie P. K. P. w trzecim punkcie z kabla łączącego obie elektrownie przewidziane jest w wyjątkowych tylko wypadkach, toteż zaniechano tam instalowania printometru ograniczając się jedynie do zwykłego licznika.

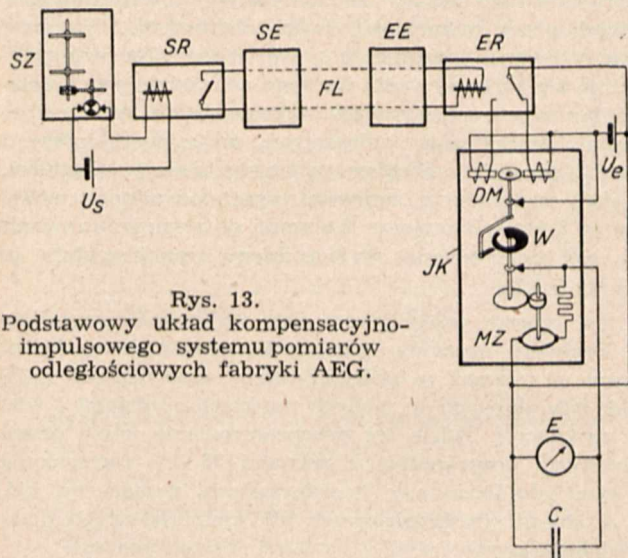
Pomiar energii przesyłanej kablem do Pruszkowa przystosowany jest do obu kierunków przepływu energii z uwzględnieniem wszystkich możliwych stosunków wzajemnych mocy urojonej do mocy rzeczywistej. Układ liczników składa się z dwóch trójfazowych czteroprzewodowych liczników prądu mocnego z hamowaniem wstecznym, dla poboru i dostawy energii, przy czym licznik dla oddawanej energii wyposażony jest w urządzenie kontaktowe i sprzężony z printometrem, oraz z czterech liczników dla pomiaru mocy urojonej z hamowaniem wstecznym i przekaźnikami hamującymi dla indukcyjnego i pojemnościowego przesunięcia faz przy poborze i dostawie prądu; urządzenia dopełnia przekaźnik dla prądu zwrotnego, sterujący liczniki energii urojonej. Printometr i liczniki mocy urojonej nie mają tu związku z rozrachunkiem za energię, lecz służą jedynie do kontroli ruchu.

Liczniki, printometry i wyżej opisana aparatura pomocnicza dostarczone są przez fabrykę AEG.

Odrębne zagadnienie stanowią urządzenia przeznaczone do ułatwienia prowadzenia pracy równoległej obu elektrowni. Ponieważ na razie obie elektrownie nie mają żadnych doświadczeń w tej dziedzinie, ograniczono się więc tymczasowo: 1) do dobrego wyposażenia linii łączącej elektrownie w przyrządy pomiarowe, 2) do zapewnienia dostatecznie pewnej komunikacji telefonicznej między nastawniami obu elektrowni, wreszcie 3) zainstalowano odległościowe mierniki mocy wskazujące w obu nastawniach moc pobieraną przez P. K. P. To ostatnie spowodowane zostało faktem, iż cała praca równoległa obu elektrowni nastawiona jest na zasilanie kolei i zabezpieczenie tej dostawie dostatecznej niezawodności, jak również w przypuszczeniu, że obciążenie kolejowe o bardzo nieregularnym obfitującym w nagłe wysoki przebiegu będzie czynnikiem w głównym stopniu utrudniającym tę pracę równoległą.

Urządzenia telemetryczne posiłkują się kablem telefonicznym wzdłuż trasy kabla 35 kV i dostarczane zostały przez fabrykę AEG. Pracują one na zasadzie kompensacyjno-impulsowej (rys. 13): nadajnik (SZ) przekształca wielkość mierzoną, występującą w postaci prędkości obrotowej (np. przy pomiarze mocy — obroty licznika) na impulsy prądowe występujące z pewną, stosunkowo b. niską lecz proporcjonalną do mierzonej wielkości częstotliwością. Impulsy te przesłane do miejsca odbioru linią przesyłową (dowolnym zresztą systemem przesyłania impulsów telegraficznych (IK) powodują tam, w tak zwanym kompensatorze impulsów, obracanie się pewnego magnesu z szybkością proporcjonalną do częstotliwości impulsów, a więc i do pierwotnej wielkości mierzonej. W przedłużeniu osi obracającego się magnesu znajduje się oś licznika prądu stałego (MZ) zasilanego z miejscowości baterii akumulatorów. Prąd przepływający przez ten licznik jest regulowany tak, by licznik

obracał się z szybkością obrotu magnesu; organem regulującym jest szeregowo wtrącony w obwód opornik (W) o wielkości zmienianej pod wpływem różnicy szybkości kątowych osi magnesu i licznika. Dzięki powyższemu prąd zasilający licznik jest proporcjonalny do wielkości mierzonej, a wywołany przez niego na stałym oporze spadek napięcia może być użyty do zasilania odbiorczego aparatu wskazówkowego lub piszącego.



Rys. 13.
Podstawowy układ kompensacyjno-impulsowego systemu pomiarów odległościowych fabryki AEG.

W instalacji zasilającej P. K. P. instrumentami nadawczymi są liczniki mocy rzeczywistej zainstalowane niezależnie od liczników pomiarów na trzech kablach zasilających P. K. P. (na dwóch w Warszawie i na jednym w Pruszkowie). Impulsy otrzymane przesyłane są za pośrednictwem odpowiednich przekaźników i przy pomocy prądu zmiennego 50 okr./sek i 40 V do nastawni w obu elektrowniach, gdzie znów za pośrednictwem przekaźników odbiorczych, kompensatorów impulsów i prądowych dzielników uruchamiają rejestrujące aparaty odbiorcze.

W każdej elektrowni znajdują się trzy aparaty: jeden rejestrujący obciążenie odbioru P. K. P. w Warszawie (z dwóch kabli), drugi — obciążenie odbioru P. K. P. w Pruszkowie (z jednego kabla) i trzeci — podający sumaryczne obciążenie P. K. P. Aparat rejestrujący całkowite sumaryczne obciążenie P. K. P. zainstalowany jest też w podstacji kolejowej połączonej z linią łączącą obie elektrownie.

Opisane odległościowe urządzenie pomiarowe ma pewną bezwładność, tak iż obciążenia trwające poniżej 0,5 sek. rejestruje z dokładnością 35% trwające 1 sek. z dokładnością 90%, a dopiero ponad 1,5 sek. z dokładnością 100%. Zastosowanie prądu zmiennego do przesyłania impulsów umożliwiło oddzielenie przewodów kabla sygnalizacyjnego od przyłączonych do nich aparatów transformatorami izolującymi; było to bardzo wskazane ze względu na ułożenie tego kabla na przestrzeni 20 km w jednym wykopie z kablem wysokiego napięcia, co w wypadku zwarć z ziemią w sieci wysokiego napięcia nasywało obawy indukowania się w przewodach sygnalizacyjnych dość wysokich napięć.

Zamierzone jest jeszcze w przyszłości przesyłanie z Pruszkowa do Warszawy i odwrotnie pomiaru sumy obciążenia wszystkich generatorów każdej elektrowni. Kabel telefoniczno-sygnalizacyjny zawiera dla tego celu, jak i dla potrzeb na razie nie przewidzianych, dostateczną ilość rezerwowych par żył (cztery).

Zapewnienie należytej komunikacji telefonicznej polega na stworzeniu bezpośredniego połączenia nastawni obu elektrowni za pośrednictwem omawianego już kabla telefoniczno-sygnalizacyjnego. Tą samą drogą, lecz inną parą przewodów telefonicznych zapewniona też jest komunikacja każdej elektrowni z trzema punktami odbioru energii przez P. K. P. Niezależnie od tych własnych połączeń telefonicznych dysponuje się jeszcze połączeniem z nastawni elektrowni warszawskiej przez miejską centralę telefoniczną do warszawskiego biura Elektrowni Okręgu Warszawskiego, które znów ma zapewnioną stałą, dzień i noc czynną łączność z elektrownią w Pruszkowie.

Komplety aparatów pomiarowych, sygnalizacyjnych oraz odległościowe napędy wyłączników i regulatorów wbudowane zostały w rozszerzonym nieco pomieszczeniu dotychczasowej głównej nastawni elektrowni, połączonej z budynkiem rozdzielni 35 kV odpowiednią liczbą kabli wielożyłowych. Przyrządy obsługujące trzy transformatory umieszczone są na trzech pochyłych pulpitych. Na każdym pulpicie znajdują się dwa amperomierze, lampki systemowe odłączników 5 i 35 kV, organy sterujące napędy wyłączników 5 i 35 kV łącznie z lampkami sygnalizującymi położenie wyłączników, dalej lampki sygnalizujące funkcjonowanie silników napędzających wentylatory i wreszcie po dwa trzybiegunowe gniazda wtyczkowe przeznaczone do włączania urządzeń synchronizacyjnych.

Dalsze przyrządy zajmują osiem pól pionowych tablicy marmurowej otaczającej nastawnię. Pole kabla odchodzącego do Pruszkowa poza lampkami systemowymi i przyciskami sterującymi napęd wyłącznika (z sygnalizacją wsteczną), zawiera trzy amperomierze, kilowatomierz z podziałką zerową pośrodku skali, woltomierz (przyłączony do niewidocznego na schemacie transformatora napięciowego za regulatorem ustawionego w kabine regulatora), oraz czterkwadrantowy wskaźnik współczynnika mocy) dla wartości indukcyjnych i pojemnościowych przy obu kierunkach przepływu energii.

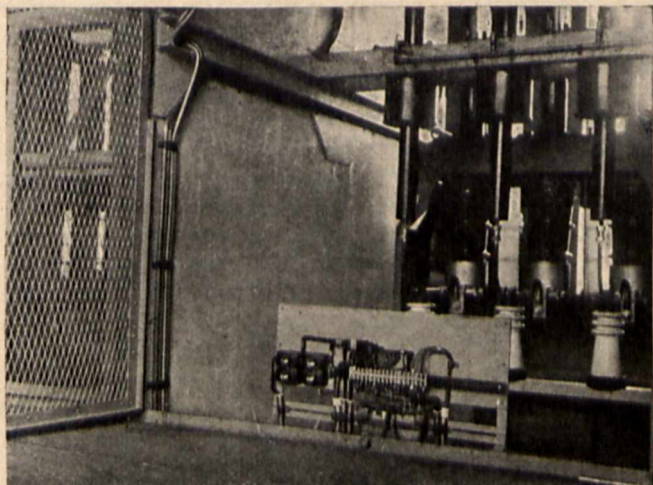
Na sąsiednim polu przeznaczonym do obsługi obu regulatorów zainstalowane będą dla każdego z nich: wskaźnik położenia przełącznika zaczepów, organ sterujący napęd przełącznika zaczepów z lampkami sygnalizującymi czas jego funkcjonowania, następnie trzy lampki, dające znać o położeniu trzech odłączników wbudowanych w pomieszczeniu regulatora, a przeznaczonych do ewentualnej pracy z pominięciem regulatora, wreszcie napęd wyłącznika regulatora z sygnalizacją. Po drugiej stronie pola regulatorów znajdzie się symetrycznie pole drugiego, przewidzianego w przyszłości kabla do Pruszkowa.

Aparaty obsługujące oba kable do P. K. P. są zgromadzone na jednym polu, mamy tu dla każdego kabla trzy amperomierze, woltomierz, kilowatomierz, lampki systemowe i napęd wyłącznika z sygnalizacją. Sąsiednie pole zajmują trzy kilowatomierze rejestrujące obciążenie P. K. P., będące odbiornikami systemu telemetrycznego. Pole zawierające dwa komplety po trzy woltomierze, służące do kontroli stanu izolacji sieci 35 kV, przeznaczone jest równocześnie dla pomieszczenia woltomierza rejestrującego napięcie na szynach 35 kV, amperomierza rejestrującego prąd przepływający przez cewkę gaszącą oraz napędu łącznika szyn z sygnalizacją wyłącznika i odłączników.

Osobne pole wreszcie zajmują wskaźniki temperatury oleju w transformatorach i regulatorach, lampki sygnalizujące działanie przekaźników Buchholta i ewentualnie inne jeszcze urządzenia sygnalizacyjne.

Aparaty miernicze wskazówkowe są typu profilowego (poziome) z płaską szybką i pochodzą z fabryki Trüb, Taüber w Szwajcarii. Przyrządy rejestrujące dostarczone zostały przez fabrykę AEG.

W głównym korytarzu rozdzielni na drzwiczkach odpowiednich celek poza właściwymi przełącznikami umieszczone są jeszcze amperomierze (na jednej fazie), przyciski sterujące elektrycznie wentyle włączające i wyłączające wyłączniki, oraz lampki systemowe i sygnalizujące położenie wyłącznika. Po otwarciu odpowiednich drzwiczek od strony tegoż korytarza, dostępne są dla kontroli i napraw listewki z łączówkami wszystkich kabli i przewodów sygnalizacyjnych, mierniczych i sterowniczych (rys. 14).



Rys. 14.

Widok celki łącznika szyn — w głębi wyłącznik, trzy transformatorów prądowe przepustowe, na froncie tabliczka z rozgałęzieniem przewodów sygnalizacyjno-pomiarowych (drzwi celki otwarte).

Przy wyłącznikach po stronie korytarza transportowego zainstalowane są w każdej celce lampki przyłączone do kontaktów otwarcia wszystkich odłączników danej celki: zapalenie się tej lampki oznacza całkowite odcięcie urządzeń w danej celce od napięcia i stanowi znak, iż dopuszczalne jest wejście do niej np. dla robót konserwatorskich.

Liczniki w liczbie sześciu wraz z printometrem przyłączone na kablu do Pruszkowa zainstalowane zostały w samej rozdzielni 35 kV na parterze w pomieszczeniu obok schodów za kabinami regulatorów. Tam też znajduje się tablica rozdzielcza niskiego napięcia obsługująca instalację siłową (wentylatory, kompresory) i oświetleniową na terenie rozdzielni.

Poza opisanymi już urządzeniami, które częściowo zaprojektowane zostały ze specjalnym uwzględnieniem potrzeb pracy równoległej dwóch elektrowni, wspomnieć jeszcze trzeba o zagadnieniu synchronizacji. Na razie przewiduje się wykorzystanie dla tego celu istniejącego urządzenia synchronizacyjnego używanego do synchronizowania generatorów załączanych na szyny zbiorcze, a składającego się z obrotowego synchronoskopu Siemens, lampki, woltomierza zerowego, oraz podwójnego woltomierza i częstotliwościomierza. Łączenie po zsynchronizowaniu ma być dokonywane wyłącznikiem transformatora po stronie 5 kV.

Z czasem projektowane jest wykonanie przenośnego kompletu aparatów synchronizacyjnych, który będzie można przyłączać za pośrednictwem odpowiednich gniazdek wtyczkowych w różnych punktach rozdzielni i wtedy możliwym będzie też synchronizowanie kabla pruszkowskiego bezpośrednio z szynami 35 kV (wyzyskując w tym celu licznikowe transformatorów napięciowych, które w chwili synchronizowania nie spełniają swych funkcji pomiarowych).

Praca równoległa obu elektrowni, która w chwili oddawania tego referatu do druku wskutek opóźnienia w dostawach niektórych aparatów jeszcze się nie rozpoczęła, ma być oparta, jak ustalono to w „porozumieniu” zawartym 14.III.36 między elektrownią warszawską i pruszkowską, na dążeniu do objęcia przez każdą elektrownię połowy dostawy energii i mocy dla P. K. P.; jednocześnie obie elektrownie będą dążyły do nieobciążania się wzajemnie mocą bezwatową. Wzajemna wymiana energii ma być dostosowana do faktycznego zapotrzebowania i możliwości każdej z elektrowni na podstawie ustalonych z góry tygodniowych planów pracy maszyn w poszczególnych elektrowniach z uwzględnieniem tak największej pewności ruchu, jak i możliwie najoszczędniejszych warunków pracy.

Transformatory prądowe kaskadowe

Szpor Stanisław *)

Streszczenie. Szczególne własności transformatorów prądowych kaskadowych. Warunki izolacyjne, podział napięcia. Warunki elektromagnetyczne, wykres wektorowy transformatora dwuczłonowego. Rozważania nad własnościami przy pracy normalnej i przy przeciążeniach; dokładność i liczba przetężeniowa; sprzeczność warunków, wybór najkorzystniejszych amperozwojów. Stosowanie dodatkowych sposobów dla zwiększenia dokładności. Przykład transformatorów dwupętlicowych na 150 kV, własności izolacyjne, wybór warunków elektromagnetycznych. Próby elektromagnetyczne, układ do bezpośrednich pomiarów uchybów przy przeciążeniach.

§ 1. Warunki izolacyjne.

Przy najwyższych napięciach izolacja pojedyncza wypada zwykle droższa, niż izolacja w postaci części łą-

czonych szeregowo. Najbardziej rozpowszechnionym przykładem są łańcuchy izolatorów wiszących.

Szeregowo praca elementów izolacyjnych występuje również w transformatorach kaskadowych, najczęściej probierczych i napięciowych. Konstrukcje transformatorów prądowych kaskadowych są rzadsze^{1,2)}.

Jeżeli nie ma przewodzących połączeń między kolejnymi uzwojeniami transformatora prądowego kaskadowego (rys. 1), to podział wysokiego napięcia między elementy izolacyjne (C_1 , C_2) zależy od pojemności cząstkowych nie tylko przy krótkotrwałych przepięciach, lecz również w zwykłych warunkach przy niskiej częstotliwości (przeciwnie, niż w transformatorach probierczych i napięcio-

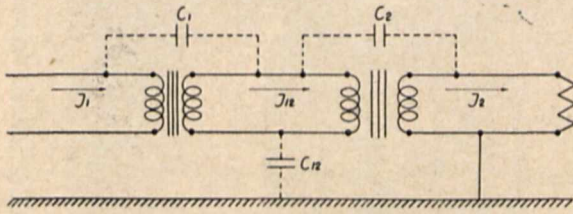
¹⁾ W. Reiche Arch. f. techn. Messen 1931, z. 6, str. T. 94.

²⁾ A. Iliowici. Conf. Int. G. R. E. 1930, r. 67.

*) Inż. F. A. E. K. Szpotański i S-ka, Warszawa. Referat zgłoszony również na Conf. Int. G. R. E. 1937.

wych, które mają elektromagnetyczny rozkład napięć przy niskiej częstotliwości).

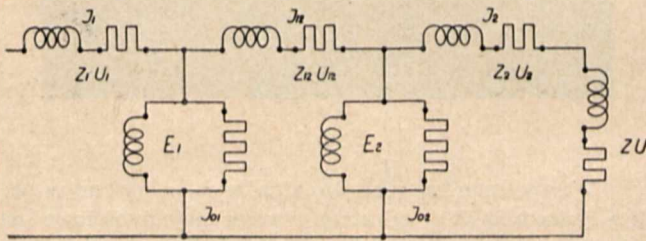
Pojemności między częściami transformatora kaskadowego i ziemią C_{12} zwiększają napięcie na członie izolacyjnym od strony wysokonapięciowej C_1 , podobnie jak w przypadku łańcucha izolatorów wiszących. Do uzyskania rozkładu napięć dostatecznie jednostajnego może służyć wybór pojemności członowych C_1, C_2 stosunkowo znacznych w porównaniu z C_{12} , stopniowanie tych pojemności lub kompensacja pojemnościami dodatkowymi. W innym typie konstrukcji transformatorów prądowych²⁾ stosuje się układ kaskadowy tylko dla uzyskania korzystnego kształtu pojedynczej izolacji bez podziału napięcia. Całe napięcie przypada na jeden człon transformatora, a odpowiednie połączenie przewodzące usuwa wysokie napięcie na drugim członie.



Rys. 1.

§ 2. Warunki elektromagnetyczne.

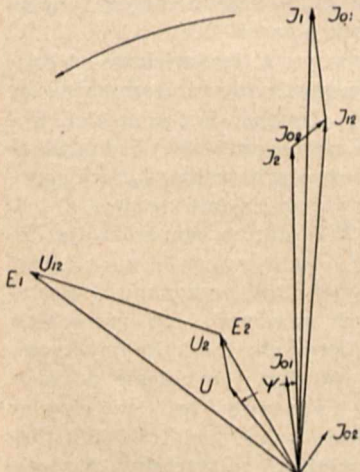
Transformatory prądowe kaskadowe przedstawiają pewne trudności elektromagnetyczne, które wykazuje dyskusja schematu ideowego na rys. 2 (przypadek transformatora dwuczłonowego). Wykres na rys. 3 przedstawia odpowiednie zależności wektorowe. W dalszych rozważaniach wszystkie wielkości i impedancje, napięcia i prądy są zredukowane do 1 zwoju; prądy wyrażają się więc w amperozwojach, napięcia w woltach na zwoj.



Rys. 2.

Prąd wtórny J_2 wytwarza na impedancji Z obwodu zewnętrznego napięcie $U = Z J_2$ z przesunięciem fazowym Ψ' ; odpowiednia moc pozorna jest $P = U J_2$ ze współczynnikiem mocy $\cos \Psi'$.

Impedancja Z_2 zwojenia wtórnego (reaktancja rozproszeniowa i oporność omowa) powoduje spadek napięcia $U_2 = Z_2 J_2$. SEM E_2 drugiego człona jest sumą wektorową napięć U i U_2 ; E_2 wymaga prądu magnesującego J_{02} . Dodając J_{02} do J_2 , otrzymujemy prąd J_{12} obwodu pośredniego. Impedancja Z_{12} obwodu pośredniego stwarza spadek napięcia $U_{12} = Z_{12} J_{12}$;



Rys. 3.

dodając wektorowo U_{12} do E_2 , otrzymuje się SEM E_1 pierwszego człona; odpowiada jej prąd magnesujący J_{01} . Suma wektorowa prądów J_{12}, J_{01} , czyli J_2, J_{02}, J_{01} daje prąd pierwotny J_1 .

Suma prądów magnesowania J_{01}, J_{02} stanowi różnicę wektorową między prądami pierwotnym J_1 i wtórnym J_2 , wywołuje więc uchyb prądowy Δ i kątowy δ transformatora kaskadowego. Prądy J_{01} i J_{02} oddzielnie określają uchyby poszczególnych członów; te elementarne uchyby dodają się więc w układzie kaskadowym.

Impedancja obwodu pośredniego Z_{12} może wypaść większa od impedancji zewnętrznej Z , co stanowi ważną cechę transformatorów prądowych kaskadowych. Pierwszy człon transformatora dostarcza zatem znacznie większą moc, niż drugi; uzasadnione więc są większe wymiary pierwszego rdzenia.

§ 3. Dokładność w zwykłych warunkach pracy i własności przetężeniowe, wybór najkorzystniejszych warunków.

Różne przepisy określają dokładność transformatorów prądowych dla liczników i dla innych aparatów pomiarowych; kontrolę uchybów bardzo ograniczonych (np. do 1% i 60') przeprowadza się w zakresie od 10% do 120% prądu znamionowego, co odpowiada zwykłym warunkom pracy. Dla przekazyńców bardzo ważna jest dokładność transformatorów prądowych przy przetężeniach; uchyby mogą być stosunkowo znaczne (np. do 5% i 5''), ale muszą być sprawdzane do znacznej krotności (np. 10 lub 20) prądu znamionowego.

W zwykłych warunkach pracy indukcja magnetyczna w rdzeniach jest najczęściej bardzo mała; kształt charakterystyk uchybów prądowego i kątowego jest związany z własnościami dolnej części krzywej magnesowania rdzenia (poniżej punktu największej przenikalności); wyjątek stanowią konstrukcje z dodatkowym magnesowaniem przesuwającym zakres pracy normalnej w okolice punktu największej przenikalności. Natomiast przy przetężeniach w grę wchodzi nasycenie rdzenia; największa krotność prądu znamionowego transformowana jeszcze prawidłowo (liczba przetężeniowa) równa się stosunkowi SEM-nej przy nasyceniu rdzenia do SEM-nej przy prądzie znamionowym. Warunki dokładności w zwykłych warunkach pracy i dużej liczby przetężeniowej mogą okazać się sprzecznymi przy projektowaniu transformatora.

Ta sprzeczność warunków występuje przy wyborze amperozwojów dla określonych rdzeni. Ze wzrostem amperozwojów prąd J_2 (wg definicji z § 2) rośnie proporcjonalnie, napięcie U maleje proporcjonalnie wobec zmienności obciążenia zewnętrznego $P = U J_2$. Impedancje Z_2 i Z_{12} zależą od reaktancji zredukowanych, które w przybliżeniu nie zmieniają się, oraz od oporności omowych, które zmniejszają się lub nawet pozostają bez zmiany; Z_2 i Z_{12} nie zmieniają się więc lub zmniejszają się tylko nieznacznie, a napięcia U_2 i U_{12} zwiększają się zatem. SEM-ne E_2 i E_1 — zależne od malejącego U i rosnącego U_2 oraz U_{12} — zmniejszają się najpierw aż do pewnych minimów, a następnie zwiększają się wolniej, niż proporcjonalnie do amperozwojów.

Amperozwoje, które odpowiadają minimom SEM-nych E_2 i E_1 , są korzystne, jeżeli chodzi o znaczną liczbę przetężeniową. Natomiast dokładność w zwykłych warunkach pracy byłaby większa przy znacznie większych amperozwojach. SEM-ne bowiem E_1 i E_2 rosną powyżej swych minimów mniej, niż proporcjonalnie do amperozwojów, a prądy magnesujące J_{01} i J_{02} rosną jeszcze słabiej w za-

kresie małych indukcyj magnetycznych poniżej maksymalnej przenikalności. Stosunki $\frac{J_{01}}{J_1}$, $\frac{J_{02}}{J_1}$ i związane z nimi uchyby maleją.

Zależnie od szczególnych wymagań dokładności i liczby przetężeniowej wybiera się najkorzystniejsze amperozwoje.

§ 4. Stosowanie sposobów dodatkowych.

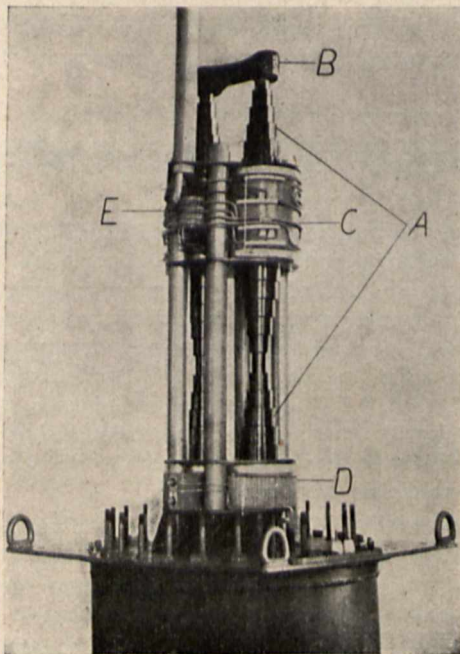
Oprócz wyboru odpowiednich wymiarów rdzeni i korzystnych amperozwojów konstruktor rozporządza pewnymi środkami dodatkowymi dla zwiększenia dokładności w zwykłych warunkach pracy. Dzięki tym sposobom można zmniejszyć amperozwoje dla zwiększenia liczby przetężeniowej.

Różne metody magnesowania dodatkowego (kompundażu) polegają na przesunięciu zakresu pracy normalnej na krzywej magnesowania w okolice punktu największej przenikalności przez zastosowanie amperozwojów pomocniczych. Odpowiednia moc dodatkowa jest dostarczana najczęściej przez obwód pierwotny.

Magnesowanie dodatkowe jest korzystne dla pierwszego człona kaskady. W drugim — metoda ta zmniejsza również uchyby elementarne, ale dostarczenie odpowiedniej mocy dodatkowej przez pierwszy człon stwarza dla niego trudniejsze warunki pracy. Kompensacja uchybów przez kondensatory lub oporniki znajduje zastosowanie w transformatorach kaskadowych przy zachowaniu takiej samej ostrożności, jak w zwykłych transformatorach, a zatem przy wzięciu w rachubę warunków przetężeniowych i zjawisk przy przerwie w obwodzie wtórnym.

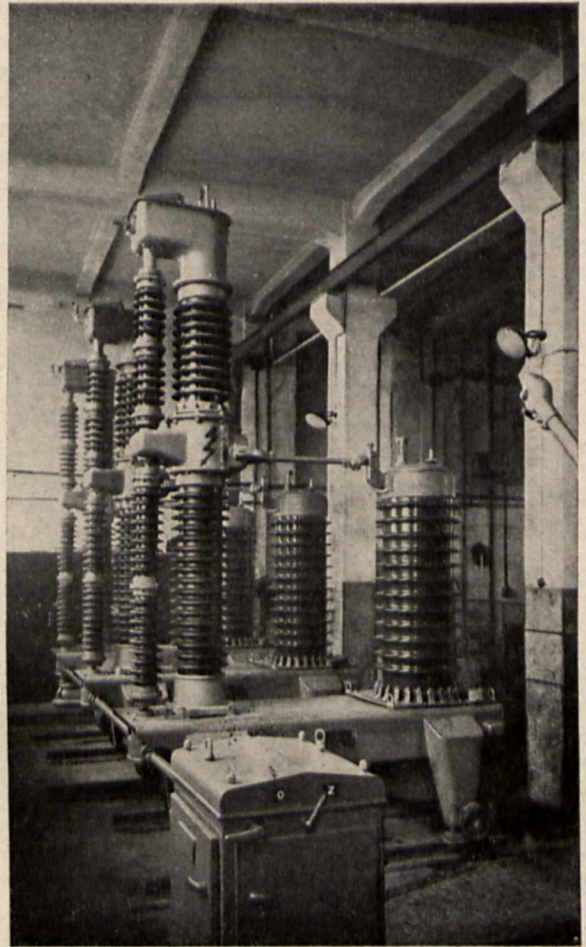
§ 5. Transformator dwupętlicowy na 150 kV.

Rys. 4 przedstawia wnętrze transformatora prądowego kaskadowego dwupętlicowego na 150 kV, rys. 5 widok transformatora wbudowanego w wyłącznik małoolejowy (na prawo). Transformator ma obudowę porcelanową w postaci izolatora wsporcze zewnętrznego; wnętrze jest zalane olejem. Na głowicy są umocowane szczęki dla noża odłącznikowego, który stanowi część wyłącznika małoolejowego.



Rys. 4.

Wewnętrzną izolację wysokonapięciową tworzą dwa podwójne izolatory kondensatorowe A (rys. 4) z papieru bakelizowanego. Zewnętrzne okładziny górne tych izolatorów są przyłączone do jednego z biegunów wysokonapięciowych, dolne — do ziemi.



Rys. 5.

Wewnętrzne sworznie izolatorów są połączone w pętlicę pośrednią B i są utrzymywane pojemnościowo na połowie wysokiego napięcia. Podział napięcia jest dość równy, ponieważ pojemności izolatorów kondensatorowych są znaczne w porównaniu z dodatkowymi pojemnościami względem ziemi. Pomiary pojemności w transformatorze z olejem wykazały 276 μF w górnym członie, 272 μF w dolnym, 161 μF dla całego transformatora. Napięcie próbne wynosi 350 kV w ciągu 1 minuty, napięcie przeskoku na sucho przekracza 450 kV.

Pierwszy człon magnetyczny C jest większy od drugiego D zgodnie z § 2. Wymiary rdzeni i amperozwoje (600) są tak dobrane, ażeby otrzymać liczbę przetężeniową około 10. Dla uzyskania wymaganej mocy i dokładności przy tak małych amperozwojach zastosowano magnesowanie dodatkowe w pierwszym członie zgodnie z § 4; transformator pomocniczy E dostarcza amperozwoje dodatkowe.

Uzwojenie pierwotne może być wykonane w postaci kilku gałęzi przełączanych szeregowo lub równolegle dla różnych prądów znamionowych; tabliczka przełączniowa jest umieszczona w głowicy. Równolegle do zacisków wysokonapięciowych włączony jest w głowicy ochronnik przeciwprzepięciowy w postaci krążka z materiału o oporności silnie malejącej ze wzrostem napięcia (faetyt).

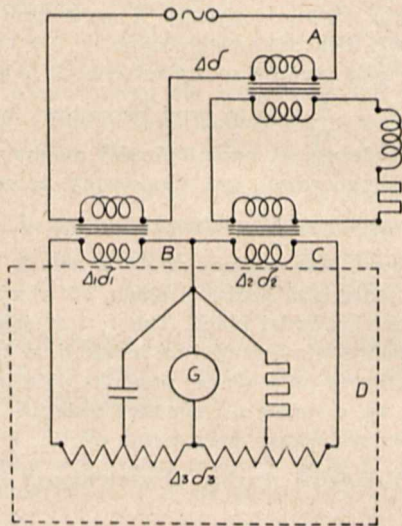
§ 6. Próby elektromagnetyczne.

Dla określenia uchybów przy prądach mniejszych i tylko nieco większych od znamionowego zastosowano znaną metodę różnicową, która polega na porównywaniu transformatora badanego z odpowiednim wzorcowym za pomocą układu kompensacyjnego.

Określanie uchybów przy przecężeniach metodą pośrednią, t. j. na podstawie charakterystyk biegu luzem i zwarciovych, wymaga szczególnej ostrożności w przypadku transformatorów kaskadowych. Krzywe magnesowania muszą być rozpatrywane oddzielnie w poszczególnych członach zgodnie z rozważaniami w § 2.

Znaczne trudności występują przy określaniu impedancji Z_2 i Z_{12} ; dokładne określenie SEM-nych bez wpływu rozprożeń jest również dość trudne przy zdejmowaniu charakterystyk magnesowania. W przypadku transformatorów dwupętlicowych metoda pośrednia dała wyniki zbyt optymistyczne.

Zastosowano dokładniejszą metodę bezpośrednią pomiaru uchybów prądowych i kątowych przy przecężeniach. Jest to zwykła metoda różnicowa z dodatkiem transformatora pomocniczego, który służy do zmniejszenia zbyt wielkich prądów w układzie kompensacyjnym. W układzie na rys. 6 transformator badany A, np. o prze-



Rys. 6.

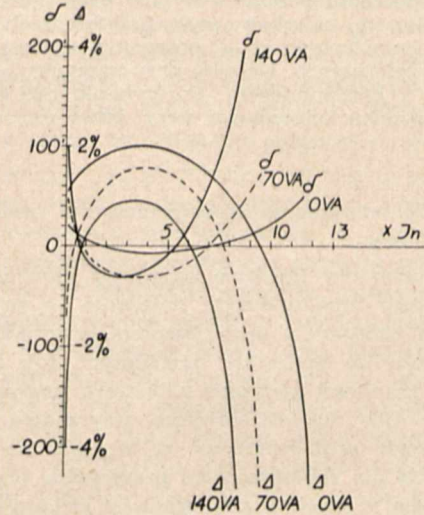
kładni 50,5 A jest sprawdzany aż do 10-krotnego prądu znamionowego, czyli do 500/50 A. Transformator pomocniczy C o przekładni 50,5 A ma wywzorcowane uchyby Δ_2, δ_2 przy mocy wymaganej przez mostek kompensacyjny. Transformator pomocniczy C prawie nie ma wpływu na obciążenie transformatora badanego; jeżeli bowiem przy znamionowym prądzie pierwotnym transformatora pomocniczego 50 A obciążenie jest P' , to przy znamionowym prądzie wtórnym transformatora badanego 5 A wynosi już tylko $\frac{1}{100} P'$. Transformator wzorcowy B o przekładni 500/5 A ma uchyby Δ_1, δ_1 . Za pomocą mostka

kompensacyjnego mierzy się różnice Δ_3, δ_3 . Uchyby transformatora badanego określa się wg wzorów:

$$\Delta = \Delta_1 - \Delta_2 + \Delta_3,$$

$$\delta = \delta_1 - \delta_2 + \delta_3.$$

Pomiary przy 10-krotnym prądzie znamionowym muszą być wykonywane szybko, w ciągu 30 do 60 sekund, ze względu na grzanie transformatora badanego; transformatory wzorcowy i pomocniczy nie są przeciążone.



Rys. 7.

Wyniki prób elektromagnetycznych transformatora dwupętlicowego na 150 kV są przedstawione na rys. 7. Dokładność jest dostateczna dla przekładników selektywnych aż do 8-krotnego, a przy mniejszych mocach nawet do 12-krotnego prądu znamionowego. Dla celów pomiarowych transformator ma około 45 VA w klasie 0,5, lub około 90 VA w klasie 1.

Wnioski.

- 1) Równomierność rozkładu napięć w transformatorze prądowym kaskadowym zależy od warunków pojemnościowych.
- 2) Wykres wektorowy prądów i napięć wykazuje szczególne własności transformatorów prądowych kaskadowych; impedancja obwodu pośredniego ma doniosłe znaczenie.
- 3) Przy wyborze amperozwojów występuje sprzeczność między warunkami dokładności przy prądach roboczych i liczby przecężeniowej. Duża liczba przecężeniowa wymaga amperozwojów stosunkowo małych.
- 4) Zastosowanie pomocniczych sposobów, np. dodatkowego magnesowania, pozwala uzyskać znaczną dokładność nawet przy niewielkich amperozwojach.
- 5) Transformator dwupętlicowy na 150 kV jest przykładem zastosowania przedstawionych zasad.
- 6) Określanie uchybów przy przecężeniach metodą pośrednią dało wyniki zbyt optymistyczne. Zastosowano metodę bezpośrednią przy użyciu zwykłego mostka do mierzenia uchybów przy prądach roboczych z dodatkiem pomocniczego transformatora prądowego.

Praca transformatorów prądowych przy przetężeniach

Inż. Żarnecki Tadeusz *)

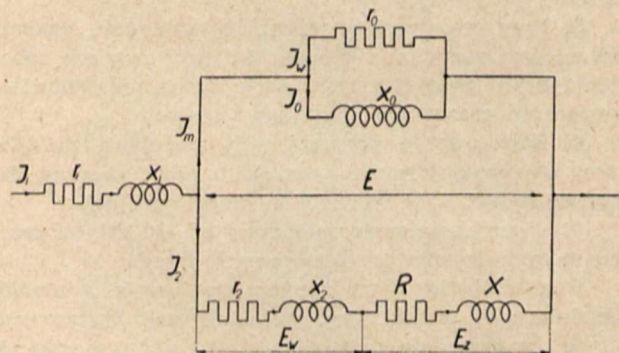
Streszczenie. Cel stosowania transformatorów prądowych i zakres ich pracy. Schemat zastępczy transformatora prądowego. Prąd magnesujący — uchyby transformatora. Określenie liczby przetężeniowej i mocy granicznej. Bezpośredni pomiar uchybów przy przetężeniach. Pomiar zastępczy uchybów przy przetężeniach. Wykres wektorowy transformatora — pośrednie obliczenie uchybów przy przetężeniach. Uchyby przy przetężeniach transformatorów z kompundazem. Porównanie metod pomiarowych. Zjawiska napięciowe przy przetężeniach. Literatura.

§ 1. Cel stosowania transformatorów prądowych i zakres ich pracy.

Transformatory prądowe stosujemy głównie do pomiarów prądów albo o dużym natężeniu — ze względu na trudności związane z prowadzeniem przewodów o dużym przekroju do aparatów mierniczych lub zabezpieczających i trudności związane z budową przyrządów na duże prądy; albo dla odizolowania przyrządów od sieci, w której płynie prąd mierzony, ze względu na napięcie sieci; wreszcie dla zabezpieczenia przyrządów przed skutkami zaburzeń w sieci. Transformatory prądowe pracują albo głównie w zakresie prądów o natężeniu w przybliżeniu normalnym dla danej instalacji, lub zasilają przyrządy działające dopiero przy prądach anormalnych — znacznie większych od znamionowego. W pierwszym przypadku przyrządami zasilanymi przez transformator są głównie aparaty miernicze, jak to amperomierze, watomierze, liczniki oraz nieliczne typy aparatów zabezpieczających, jak np. przekaźniki różnicowe; w drugim przypadku przyrządami zasilanymi będą różnego rodzaju przekaźniki nadmiarowe, odległościowe itp. reagujące na anormalny wzrost natężenia prądu czyli tzw. przetężenie.

§ 2. Schemat zastępczy transformatora prądowego. Prąd magnesujący — uchyby transformatora.

Działanie transformatora prądowego wyobrażone jest schematem zastępczym (rys. 1), w którym wszystkie wielkości zostały zredukowane znanymi sposobami do



Rys. 1.

obwodu wtórnego (prądy w stosunku ilości zwojów, oporności w stosunku kwadratu ilości zwojów). Prąd wtórny I_2 przepływając przez oporność rzeczywistą r_2 i urojoną x_2 uzwojenia wtórnego powoduje spadek napięcia $E_w = I_2 \sqrt{r_2^2 + x_2^2}$, oraz spadek napięcia w obwodzie zewnętrznym utworzonym przez aparaty zasilane i prze-

wody łączące $E_z = J_2 \sqrt{R^2 + X^2}$. Dla pokonania obu tych spadków napięcia potrzebna jest SEM $E = \sqrt{E_w^2 + E_z^2}$; dla wytworzenia w uzwojeniu wtórnym transformatora odpowiedniej SEM musi powstać w obwodzie magnetycznym strumień wywołany przez prąd magnesujący J_m .

Prąd J_m jest geometryczną różnicą między prądem pierwotnym — mierzonym J_1 , i wtórnym — zasilającym aparaty miernicze J_2 . Niezgodność prądu wtórnego z pierwotnym możemy określić przy pomocy uchybów, przy czym

wielkość $\Delta_i = \frac{J_2 - J_1}{J_1}$ nazywamy uchybem przekładni,

wielkość $\delta = \angle(J_2, J_1)$ nazywamy uchybem kątowym,

a wielkość $\Delta = \frac{J_m}{J_1} = \sqrt{\Delta_i^2 + \delta^2}$ uchybem geometrycznym;

w ostatnim z tych wzorów występuje $\Delta_0 = 0,0291 \delta_i^1$ będący uchybem procentowym wywołanym przez niezgodność w fazie prądów pierwotnego i wtórnego.

Dyskusję prowadzimy w założeniu stałych r_2 , x_2 , R i X , t. zn. dla uproszczenia pomijamy zmiany r_2 i R pod wpływem nagrzewania; zmniejszanie się x_2 i X przy wzroście nasycenia rdzenia i zmiany X wywołane ruchem w mechanizmach elektromagnetycznych. r_0 i x_0 wyobrażają właściwości magnetyczne żelaza zależne od indukcji w żelazie. Prąd $J_0 = \frac{E}{x_2}$ jest to prąd bezwatowy magnesowania rdzenia zależny od przenikalności magnetycznej materiału, z którego rdzeń jest zbudowany, to zn. z ewentualnymi szczelinami powietrznymi. Prąd $J_w = \frac{R}{r_0}$ jest to prąd watowy, pokrywający straty w żelazie i zależy od właściwości materiału, grubości blach, ich wzajemnej izolacji i obróbki krawędzi blach. Tak r_0 i x_0 jak i ich stosunek są zmienne w zależności od indukcji. x_0 osiąga swoje maksimum przy największej przenikalności magnetycznej; $r_0 = x_0 \operatorname{tg} \varphi_0$, gdzie φ_0 , również zmienne, jest kątem fazowym między prądem magnesującym J_m i SEM-E.

§ 3. Określenie liczby przetężeniowej i mocy granicznej.

Dla ułatwienia orientacji w dokładności transformatorów mierniczych wprowadzają przepisy międzynarodowe podział transformatorów na klasy, przy czym każdej klasie odpowiadają ściśle określone granice uchybów przekładni i kąтового oraz granice obciążenia zewnętrznego i prądów, w których przepisane uchyby nie mogą być przekroczone. W pewnych wypadkach celowym jest wprowadzenie określeń, które ułatwiają ocenę dokładności transformatora w anormalnych warunkach pracy.

Przepisy niemieckie VDE (REW/1932) wprowadzają pojęcie „liczby przetężeniowej” (Überstromziffer) określając ją następująco:

„Liczba przetężeniowa n w transformatorach prądowych jest to krotność prądu znamionowego, dla której przy znamionowym obciążeniu i najmniej korzystnym współczynniku mocy uchyb przekładni wynosi 10%”.

Drugim analogicznym pojęciem wprowadzonym przez przepisy niemieckie (REW/1932) jest „moc graniczna” (Auslösebürde) określona następująco:

„Moc graniczna jest to obciążenie obwodu wtórnego o współczynniku mocy $\cos \beta = 0,6$, dla którego przy prądzie znamionowym uchyb przekładni niezależnie od wielkości uchybu kąтового wynosi 10%.

*) Fabr. Apar. Elektr. K. Szpotkański i S-ka, Warszawa.

§ 4. Bezpośredni pomiar uchybów przy przetężeniach.

Pomiar uchybów transformatorów prądowych przy prądzie w przybliżeniu równym lub mniejszym od prądu znamionowego odbywa się jedną z ogólnie znanych metod, np. przez porównanie spadków napięć na oporach normalnych wywołanych prądami płynącymi przez pierwotne i wtórne uzwojenie transformatora; przez porównanie prądów pierwotnych i wtórnych transformatora badanego i wzorcowego o znacznych uchybach. Aparaty służące do badania uchybów niezależnie od metody pomiaru zbudowane są zazwyczaj dla prądów znamionowych i mniejszych, przy czym odnosi się to tak do samych mostków pomiarowych, jak i do oporów normalnych, czy też transformatorów wzorcowych oraz do oporów rzeczywistych i pozornych, służących do obciążania obwodu wtórnego.

Określenie uchybów transformatora przy prądach większych od znamionowego w sposób bezpośredni jest prawie niemożliwe w normalnych urządzeniach pomiarowych. Dla otrzymania uchybów wprost z pomiarów stosujemy transformator pośredni o znanych uchybach, obniżający natężenie prądu wtórnego do ogólnie stosowanego natężenia 5 A, a jako transformator wzorcowego używamy transformatora o prądzie pierwotnym równym wielokrotności prądu znamionowego. Pomiar musi odbywać się szybko ze względu na ogrzewanie się transformatora badanego, przewodów i oporów obciążających transformator badany. Niejednokrotnie osiągnięcie dużych prądów i mocy pociąga za sobą poważne trudności. Schemat układu pomiarowego dla bezpośredniego otrzymania uchybów przy przetężeniach podany jest w innym referacie (Przegl. Elektr. 1937, str. 545).

§ 5. Pomiar zastępczy uchybów przy przetężeniach.

Pojęcie „mocy granicznej” jest analogiczne do pojęcia „liczby przetężeniowej” (§ 3). Podobne są warunki pracy transformatora, a mianowicie stosunkowo duże nasycenie rdzenia.

Tę analogię można wyzyskać dla określenia uchybów przy przetężeniach przez pomiar przy mniejszych prądach, a większych obciążeniach.

Wielkość prądu magnesującego zależy od SEM w uzwojeniu wtórnym transformatora. SEM-E zmienia się wraz ze zmianą prądu J_2 i obciążenia zewnętrznego

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$J_m = \frac{E}{\sqrt{r_0^2 + x_0^2}} = \frac{J_2 \sqrt{Z^2 + z_2^2}}{\sqrt{r_0^2 + x_0^2}} \leq \frac{J_2 (Z + z_2)}{\sqrt{r_0^2 + x_0^2}}$$

Ten sam prąd magnesujący J_m można otrzymać powiększając J_2 albo $(Z + z_2)$, gdyż mianownik jest jednoznacznie funkcją E . Dla n -krotnego prądu znamionowego pierwotnego $n \cdot J_{1zn}$ prąd wtórny $J_{2n} = n \cdot J_{1zn} (1 - \Delta)$. Przyjmując $J_{2n} = J_{1zn}$ otrzyma się zależność

$$J_{mn} = \frac{J_{2n} (Z + z_2)}{\sqrt{r_0^2 + x_0^2}} = \frac{J_{1zn} \cdot n \cdot (1 - \Delta) (Z + z_2)}{\sqrt{r_0^2 + x_0^2}}$$

Można obrać takie Z' , aby słuszne było równanie

$$n (1 - \Delta) \cdot (Z + z_2) = (Z' + z_2)$$

określające jednakową wielkość prądu magnesującego J_m dla n -krotności prądu pierwotnego i $Z = \text{const.}$ oraz dla $J_{1zn} = \text{const}$ i $Z' \neq Z$

$$n = \frac{Z' + z_2}{(1 - \Delta) (Z + z_2)}$$

Mierząc $\Delta = \sqrt{\Delta_i^2 + \Delta_\delta^2}$ przy wzrastającym Z' i $J_{1zn} = \text{const.}$ można zawsze obliczyć, jakiej krotności n prądu pierwotnego i $Z = \text{const.}$ odpowiada zmierzony

uchyb. Ten sposób pomiaru jest na ogół łatwiejszy do przeprowadzenia od bezpośredniego pomiaru przy przetężeniach. Słabą stroną opisanego zastępczego sposobu pomiaru charakterystyki przetężeniowej jest mały zakres mierzonej krotności n . Wynika to z tego, że w normalnie stosowanych urządzeniach kompensacyjnych pomiar Δ_i obejmuje zakres około $\pm 10\%$, Δ_δ około $\pm 9\%$ ($\delta \pm 5^\circ$), t. zn. zakres pomiaru Δ nie przekracza 15% , przez co J_m zawarte w granicach $\pm 0,75 A$, t. zn. 5% dla $n = 3$ lub 3% dla $n = 5$. Powiększenie zakresu pomiaru osiągnąć można przez zastosowanie transformatora wzorcowego lub oporów normalnych o trochę innej przekładni, niż transformator badany, np. 1 200/5 A zamiast 1 000/5.

W wyrażeniu na n figuruje oporność zastępcza uzwojenia wtórnego $z_2 = \sqrt{r_2^2 + x_2^2}$; r_2 jest to opór omowy, który łatwo można zmierzyć prądem stałym, natomiast ustalenie wielkości x_2 jest trudniejsze. W czasie obliczania transformatora można określić x_2 z pewnym przybliżeniem z geometrycznych wymiarów uzwojeń i rdzenia; przy próbie typu transformatora zastępczy opór indukcyjny uzwojenia wtórnego można zmierzyć przez zastosowanie specjalnego uzwojenia dodatkowego lub też przez pomiar przeciwnobny w razie jednakowej ilości zwojów pierwotnych i wtórnych. Dla gotowego transformatora pomiar wielkości x_2 wykonujemy przy zwarciu transformatora; jako wynik pomiaru otrzymujemy jednak $x = x_1 + x_2$. Przy określaniu x_2 z pomiarów zwarciovych można założyć z pewnym przybliżeniem jako wielkości orientacyjne:

w transformatorach pierścieniowych równomiernie nawiniętych $x = 0,1 x$,

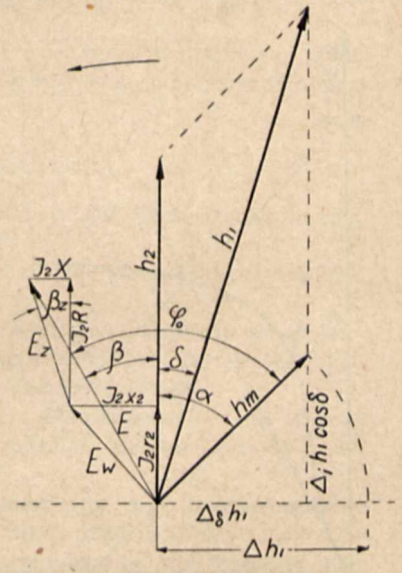
w transformatorach pętlicowych o rdzeniu płaskowym $x_2 = 0,3 x$,

w transformatorach garnkowych $x_2 = 0,5 x$.

Pomiar zwarciovy nie daje zawsze wyników pewnych zwłaszcza dla transformatorów bez uzwojenia pierwotnego (szynowych) i tych, w których zaciski uzwojenia pierwotnego są stosunkowo daleko od siebie (przepustowych), gdyż na pomiarze odbija się wówczas wpływ pętlicy zewnętrznej trudny do wyeliminowania.

§ 6. Wykres wektorowy—pośrednie obliczenie uchybów przy przetężeniach.

Wykres wektorowy (rys. 2) wyobraża rozkład prądów i napięć w transformatorze prądowym. Prądy wykreślono w skali amperozwojów na cm. długości rdzenia. Amperozwoje magnesujące h_m są różnicą geometryczną między amperozwojami pierwotnymi h_1 i wtórnymi h_2 .



Rys. 2.

Uchyb przekładni $\Delta_i = \frac{h_2 - h_1}{h_1}$; $h_2 = h_1 \cos \delta - h_m \cos \alpha$ (z wykresu). Podstawiając tę wartość do wyrażenia na Δ_i ; otrzymamy $\Delta_i = \cos \delta - 1 - \frac{h_m}{h_1} \cos \alpha$. Wprowadzając uchyb geometryczny $\Delta = \frac{h_m}{h_1}$ otrzyma się dla małego δ

$$\Delta_i \approx \Delta \cos \alpha; \Delta_\delta \approx \Delta \sin \alpha.$$

Przy kącie $\alpha = \varphi_0 - \beta = 0$ uchyb przekładni Δ_i osiągnie swoją wartość największą, t. zn. $\Delta_i = \Delta$ dla $\alpha = 0$. Przy obliczeniach przybliżonych celowym jest stosowanie zamiast uchybów przekładni i kąowego tylko uchybu geometrycznego. Dla liczby przetężeniowej (§ 3) należy uwzględnić uchyb przekładni dla najmniej korzystnego kąta obciążenia zewnętrznego β_2 . Tym największym uchybem przekładni Δ_i jest uchyb geometryczny Δ , to też przy pośrednim graficznym obliczaniu liczby przetężeniowej uwzględnić należy tylko uchyb geometryczny Δ .

Dla n -krotnego prądu znamionowego transformatora $h_1 = n \cdot h_{zn}$, gdzie h_{zn} są to amperozwoje przy prądzie znamionowym. Stosując zamiast uchybu przekładni Δ_i uchyb geometryczny Δ otrzyma się $h_2 = n \cdot h_{zn}(1-\Delta)$. Przy stałym obciążeniu transformatora SEM w uzwojeniu wtórnym wg. prawa Ohma

$$e (V/zw \times cm^2) = K \cdot h_2,$$

gdzie $K = const.$ zależne jest od obciążenia zewnętrznego i wewnętrznego transformatora i od stałych transformatora.

Przy prądzie znamionowym $e_{zn} = K \cdot h_{zn}$. Podstawiając obliczoną poprzednio zależność h_2 od h_{zn} otrzyma się

$$e = n \cdot e_{zn} \cdot (1 - \Delta).$$

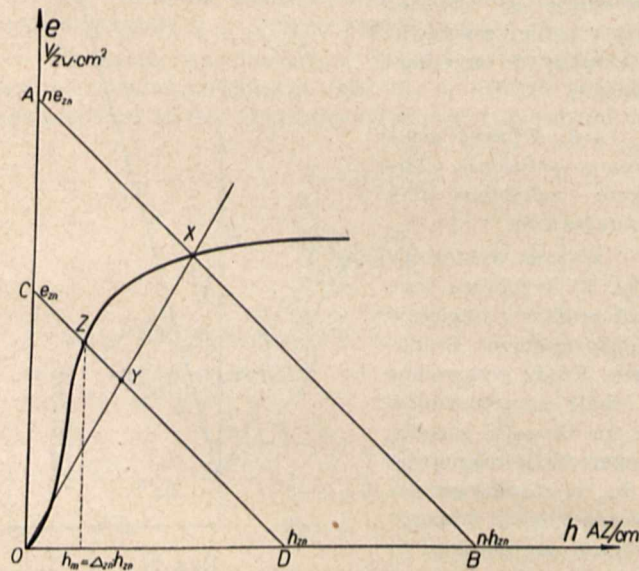
Z definicji uchybów $\Delta = \frac{h_m}{h_1}$ dla n -krotnego prądu znamionowego, czyli $n = \frac{h_m}{\Delta \cdot h_{zn}}$.

Podstawiając wyrażenia na Δ i na n do wzoru na e otrzyma się następujące równania:

$$e = \frac{(1 - \Delta) \cdot e_{zn}}{\Delta} \cdot \frac{h_m}{h_{zn}} \dots \dots \dots (I)$$

$$e = e_{zn} \left(n - \frac{h_m}{h_{zn}} \right) \dots \dots \dots (II)$$

Oba równania przedstawiają w układzie e, h proste. Wykreśla się w tym układzie krzywą magnesowania żelaza $e = f(h_m)$ rys. 3 i prostą (II) dla $n = 1$ (prosta CD).



Rys. 3.

Jeżeli dla określonej krotności n poszukiwany jest uchyb Δ to wykreślić należy prostą AB równoległą do CD w ten sposób, by $OA = n \cdot OC$ i $OB = n \cdot OD$. Otrzymuje się punkt przecięcia prostej AB z krzywą magnesowania X. Uchyb $\Delta = \frac{AX}{AB}$. W celu określenia krotności n odpowiadającej danemu uchybowi Δ (np. dla określenia liczby

przetężeniowej) wykreśla się prostą OY przez punkt Y na prostej CD, przy czym punkt Y odpowiada warunkowi $\frac{CY}{CD} = \Delta$. Prosta OY daje punkt przecięcia z krzywą magnesowania X. Szukana krotność n równa się $\frac{OX}{OY}$.

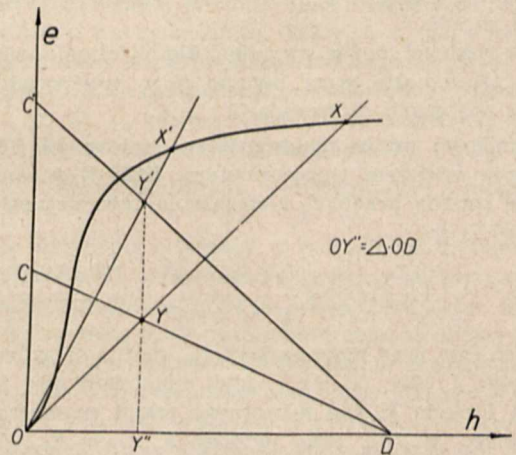
W celu wykreślenia prostej CD potrzebna jest znajomość e_{zn} i h_{zn} , t. zn. odcinków OC i OD. h_{zn} określone jest typem i przekładnią transformatora. Sposób obliczania e_{zn} podany był poprzednio, przy czym obliczenie lub zmierzenie spadku napięcia wewnętrznego jest dosyć trudne. Jeżeli zauważy się, że $\frac{CZ}{CD}$ określa uchyb przy prądzie znamionowym, to wykreślenie odcinka CD nie będzie przedstawiało trudności po znalezieniu na krzywej magnesowania punktu Z o rzędnej $h_m = \Delta_{zn} \cdot h_{zn}$, przy czym Δ_{zn} określa się z normalnych pomiarów uchybów dla prądu i obciążenia znamionowego.

Zauważyć należy, że całe dotychczasowe rozumowanie odnosiło się do transformatorów bez zwojowej kompensacji uchybów. Normalnie stosuje się pewne wyrównanie zwojowe Δ_w takie, aby uchyb przekładni Δ_i , który bez kompensacji jest zawsze ujemny osiągnął przy dolnej granicy obciążenia dopuszczalny uchyb dodatni, a przy pełnym obciążeniu nie przekroczył dopuszczalnego uchybu ujemnego (np. $\pm 1\%$ dla klasy 1 wg przepisów międzynarodowych).

Określając n -krotność prądu znamionowego dla dowolnego uchybu należy więc przyjmować

$$\frac{CY}{CD} = \sqrt{(\Delta_i + \Delta_w)^2 + \Delta_\delta^2}$$

w przybliżeniu $\Delta = \Delta + \Delta_w$. Jak widać z powyższego kompensacja zwojowa powiększa krotność n dla danego uchybu Δ (przesunięcie punktu Y w prawo). Również przy wyznaczaniu punktu Z na podstawie pomiaru uchybu przy prądzie znamionowym należy uwzględnić poprawkę zwojową.



Rys. 4.

Przy pośrednim sposobie określania uchybów dla prądów większych od znamionowego łatwo zauważyć wpływ obciążenia na krotność prądu (rys. 4). Przy wzrastającym obciążeniu zewnętrznym wzrasta e_{zn} , proste CD i OX' stają się bardziej strome (C'D i OX'), a przez to stosunek $\frac{OX}{OY}$ maleje ($\frac{OX'}{OY'}$). Obciążenie wewnętrzne t. zn. oporności r_2 i x_2 wpływają na krotność n dla danego uchybu Δ podobnie jak obciążenie zewnętrzne.

W wypadkach, gdy zależy na znajomości oddzielnie uchybu przekładni i uchybu kąowego stosuje się metodę pośrednią, z uwzględnieniem przesunięć fazowych. Zamiast pojedynczej charakterystyki magnesowania $e =$

$= f(h_m)$ stosuje się krzywe składowej watawej $e = f(h_m \cdot \cos \varphi_0)$ i składowej bezwatawej prądu magnesującego $e = f(h_m \cdot \sin \varphi_0)$. Jako przykład obliczenia uchybów przy przetężeniach niech służy przypadek transformatora prądowego kaskadowego na 150 kV. Dla obciążenia 70 VA określono metodą pośrednią przy 9-krotnym prądzie znamionowym uchyby $\Delta_i = +0,55\%$, $\delta_i = -5,1'$. Metodą bezpośrednią te same uchyby utrzymano nie dla 9-krotnego, lecz już dla 7-krotnego prądu znamionowego. Zbyt optymistyczne wyniki metody pośredniej można przypisać głównie małej dokładności pomiarów obciążenia wewnętrznego.

§ 7. Uchyby przy przetężeniach transformatorów z kompundazem.

Specjalnego omówienia wymaga sprawa pośrednio określenia uchybów dla transformatorów z podmagnesowaniem rdzenia (z kompundazem). Istnieją 3 różne sposoby podmagnesowywania żelaza, w celu zmniejszenia uchybów. Pierwsza metoda polega na podziale rdzenia na 2 części i umieszczeniu na każdej połowie oddzielnego uzwojenia dodatkowego zasilanego prądem zmiennym ze źródła dodatkowego pod stałym napięciem. Drugą metodą jest zasilanie uzwojeń komundazowych na obu rdzeniach z dodatkowego 3-go rdzenia magnesowanego przez prąd pierwotny; mały przekrój rdzenia dodatkowego powoduje bardzo wczesne jego nasycenia, dzięki czemu prąd podmagnesowujący jest w szerokich granicach stały, niezależny od prądu pierwotnego; metodę tę nazywa się kompundazem 3-rdzeniowym. Przy 3-ej metodzie autokompundazu 2-rdzeniowego każda połowa rdzenia otrzymuje inną ilość zwojów wtórnych; różnica amperozwojów wtórnych w obu połowach rdzenia wywołuje strumień dodatkowy podmagnesowujący; amperozwoje podmagnesowujące są proporcjonalne do natężenia prądu wtórnego.

Kompundaz pierwszego i drugiego rodzaju daje dodatkową indukcję w żelazie w granicach $1500 \div 5000$ Gauss niezależnie od krotności prądu znamionowego. Ponieważ liczba przetężeniowa związana jest ze stosunkowo znaczną indukcją w rdzeniu np. około 15.000 Gauss zatem jest prawie niezależna od stosunkowo niewielkiej indukcji kompundazowej. Dla określenia liczby przetężeniowej można stosować zwykłą metodę pośrednią (§ 6) bez rozpatrywania wpływu podmagnesowywania. Wpływ kompundazu 3-go rodzaju na liczbę przetężeniową jest zależny od stosunku amperozwojów podmagnesowujących do amperozwojów całkowitych. Jeżeli ten stosunek jest mniejszy od 5%, to w warunkach liczby przetężeniowej amperozwoje magnesujące główne (około 10% amperozwojów całkowitych) są jeszcze dość znaczne w porównaniu z dodatkowymi i warunki są podobne, jak przy kompundazu I-go i II-go rodzaju. Jeżeli natomiast stosunek amperozwojów podmagnesowujących do całkowitych jest większy od 5%, to kompundaz może nawet znacznie zmniejszyć liczbę przetężeniową. W praktyce jednak wypadek ten jest rzadki.

Wpływ kompundazu na moc graniczną przedstawia się podobnie. Np. dla pewnego transformatora z 3%-wym autokompundazem otrzymano moc graniczną metodą bez-

pośrednią 625 VA, metodą pośrednią 675 VA przy uwzględnieniu wpływu kompundazu, a 685 VA przy pominięciu tego wpływu w obliczeniach.

§ 8. Porównanie metod pomiarowych.

Określenie uchybów przy przetężeniach metodą pomiarów bezpośrednich (§ 4) daje wyniki najpewniejsze i oddzielnie wielkość uchybu kąтового a oddzielnie uchybu przekładni. Sposób pomiaru jest kłopotliwy, zakres stosowania do około 10-krotnego prądu znamionowego. Metoda półpośrednia pomiaru uchybów przy stałym prądzie znamionowym i powiększającym się obciążeniu zewnętrznym (§ 5) daje wyniki tylko do około 3-krotnego prądu znamionowego. Konieczność dodatkowych przeliczeń, w których uwzględnia się obciążenie wewnętrzne transformatora badanego wpływa na niepewność wyników.

Metoda pośrednia (§ 6) może być użyta albo przy obliczaniu transformatora, albo na podstawie pomiarów wstępnych na gotowym transformatorze. W I-ym wypadku stosuje się krzywą magnesowania żelaza, z którego będzie zbudowany rdzeń; obciążenie wewnętrzne oblicza się z wymiarów geometrycznych transformatora; w II-im posiłkuje się krzywą biegu luzem, a obciążenie wewnętrzne ustala się na podstawie próby zwarciowej albo z pomiarów uchybów dla prądu znamionowego. Metoda pośrednia pozwala prostymi środkami określić uchyby nawet przy bardzo znacznych przetężeniach, ale dokładność jej jest niewielka.

§ 9. Zjawiska napięciowe przy przetężeniach.

Przy anormalnie wielkich prądach zachodzą zjawiska napięciowe analogiczne do tych, jakie występują przy otwarciu obwodu wtórnego. Zależnie od przekroju rdzenia, od ilości zwojów wtórnych i od obciążenia napięcie na zaciskach może osiągnąć dość znaczne wartości. Np. transformator o prądzie wtórnym 1 A i obciążeniu 60 VA da na zaciskach przy 40-krotnym prądzie znamionowym $60 \times 40 = 2400$ V. Z niebezpieczeństwem tym musi liczyć się zarówno konstruktor transformatorów, jak i projektujący urządzenia rozdzielcze.

Pozwalam sobie na tym miejscu podziękować p. dr. inż. St. Szporowi za przejrzenie i poprawienie tego referatu.

LITERATURA:

1. Dr. inż. G. Keinath. Die Technik elektrischer Messgeräte — Berlin 1928.
2. Dr. J. Goldstein. Die Messwandler — Berlin 1928.
3. Inż. W. Fleischhauer. Graphische Stromwandlerberechnung. Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus d. Siemens K. X. Band. Berlin 1931.
4. Dr. Inż. H. Ritz. Überstromziffer von Stromwandlern. Archiv für Technisches Messen Lief. 48 u. 57. München 1935/36.
5. E. Billig. Auslösebürde und Überstromziffer von Stromwandlern. Bull. SEV. 1934. S. 370.
6. W. Brügger. Stromwandler zur Speisung von Selektivschutzrelais. Bull. SEV. 1936. S. 439.

Transformatory prądowe dla przekazyńników

Inż. Starczakow Walenty*)

Streszczenie. Miary dokładności transformatorów prądowych dla przekazyńników: klasa 3 oraz klasa 10, liczba przetężeniowa, klasa 5% i 5⁰, moc graniczna. Wymagania stawiane transformatorom prądowym przez przekazyńniki zabezpieczeń selektywnych: nadmiarowe niezależne, nadmiarowe zależne oraz ograniczenie zależne, kierunkowe, odległościowe, różnicowe oraz ziemnozwarciowe. Transformatory wielordzeniowe.

§ 1. Klasa 3 oraz klasa 10.

Wszystkie obecnie istniejące przepisy dotyczące transformatorów prądowych (V. D. E., C. E. I. i inne) ograniczają swój zakres zainteresowań głównie do transformatorów mierniczych. Przepisy te dzielą transformatory prądowe na klasy, stawiające określone granice dla dopuszczalnych uchybów prądowych i kątowych, zależnie od wielkości prądu pierwotnego oraz od obciążenia wtórnego. Na przykład tabela I podaje klasyfikację transformatorów prądowych według przepisów V. D. E. Podane w tej tabeli granice uchybów muszą być zachowane dla transformatorów klasy 0,2, 0,5 oraz 1 przy obciążeniach w granicach od 25% do 100%, zaś dla transformatorów klasy 3 oraz 10 przy obciążeniach od 50% do 100% obciążenia nominalnego przy $\cos \psi = 0,8$. Poza tym granice uchybów określone dla 100% prądu nominalnego przy klasach 0,2, 0,5 i 1 muszą być zachowane także dla 120%, zaś dla klas 3 oraz 10 dla 50% prądu nominalnego.

Tabela 1

Klasyfikacja transformatorów prądowych wg V. D. E.

Klasa	Uchyb prądowy przy			Uchyb kątowy przy		
	1,0 In	0,2 In	0,1 In	1,0 In	0,2 In	0,1 In
0,2	0,2	0,35	0,5	10'	15'	20'
0,5	0,5	0,75	1,0	30'	40'	60'
1	1,0	1,5	2,0	60'	80'	120'
3	3,0	—	—	—	—	—
10	10,0	—	—	—	—	—

Dokładność klasy 1 jest na ogół zupełnie wystarczająca o ile chodzi o pomiary mocy dla celów technicznych. Klasa 0,5 ma zastosowanie przy pomiarach energii elektrycznej stanowiących podstawę do rozrachunku pieniężnego.

Transformatory w kl. 0,2 są używane przy bardzo ważnych pomiarach energii (wielcy odbiorcy) i poza tym pożądane jest ich zastosowanie w wypadkach, jeżeli obciążenie często bywa niewielkie w porównaniu z nominalnym, a współczynnik mocy niski.

Klasy 0,2, 0,5 oraz 1 przeznaczone dla przyrządów pomiarowych głównie dla watomierzy i liczników, zakreślają bardzo ciasne granice dla dopuszczalnych uchybów zarówno prądowych, jak i kątowych. Klasy 3 oraz 10, przeznaczone dla przekazyńników, przewidują ograniczenie jedynie uchybów prądowych do granic 3% względnie 10% przy określonym zakresie prądu pierwotnego i obciążenia wtórnego. Zakres pracy nominalnej przyrządów pomiarowych zawiera się w granicach od 10% do 120% prądu pierwotnego nominalnego, przeto klasy narzucają transformatorom prądowym określoną dokładność dla tego właśnie zakresu.

Zakres pracy przekazyńników dochodzi nierzadko do wartości największych prądów zwarcia możliwych w danej instalacji, dlatego też podział na klasy nie daje odpowiedniego kryterium przy ocenie dokładności transformatorów prądowych dla przekazyńników.

§ 2. Liczba przetężeniowa.

Według przepisów V. D. E. liczba przetężeniowa n (Überstromziffer) jest to dla transformatora prądowego taka wielokrotność prądu nominalnego pierwotnego przy której dla obciążenia wtórnego nominalnego uchyb prądowy wynosi 10% bez względu na współczynnik mocy tego obciążenia. W komentarzach do przepisów V. D. E. przyjęto uważać liczbę przetężeniową za wielkość odwrotnie proporcjonalną do obciążenia wtórnego. Znając zatem liczbę przetężeniową dla obciążenia nominalnego, można w sposób bardzo prosty zrobić przeliczenia dla dowolnego obciążenia wtórnego według równania

$$n_{II} = n_I \cdot \frac{Z_I}{Z_{II}} \dots \dots \dots (1)$$

W równaniu tym n_I oznacza liczbę przetężeniową dla obciążenia wtórnego nominalnego danego przez impedancję zewnętrzną Z_I obwodu wtórnego, zaś n_{II} oznacza liczbę przetężeniową dla dowolnego obciążenia wtórnego danego przez impedancję zewnętrzną Z_{II} .

Takie przeliczenie jest ściśle jedynie w tym wypadku, o ile impedancja własna wtórnego uzwojenia transformatora jest nieznaczna w porównaniu do impedancji zewnętrznej.

W ostatnich czasach zwraca się większą uwagę na wpływ impedancji własnej wtórnego uzwojenia Z_2 i przeliczenia przeprowadza się przy pomocy równania:

$$n_{II} = n_I \cdot \left(\frac{Z_I + Z_2}{Z_{II} + Z_2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Jeżeli przykład $Z_{II} = Z_2 = 0,5 \cdot Z_I$, to z równania (1):

$$n_{II}' = n_I \cdot \frac{Z_I}{0,5 Z_I} = 2 n_I$$

zaś z równania (2):

$$n_{II}'' = n_I \left(\frac{Z_I + 0,5 \cdot Z_I}{0,5 \cdot Z_I + 0,5 \cdot Z_I} \right) = 1,5 \cdot n_I$$

Dla orientacyjnych przeliczeń inżynierowie-sieciowcy będą jednak nadal stosowali wzór prostszy (1), w wypadku gdy trudno im o porozumienie się z wytwórcią transformatorów.

Branie w rachubę liczby przetężeniowej dla impedancji obciążeniowej określonej przy prądzie nominalnym jest zwykle zbyt pesymistyczne, ponieważ przy przetężeniach reaktancja elementów z rdzeniami żelaznymi wypada mniejsza.

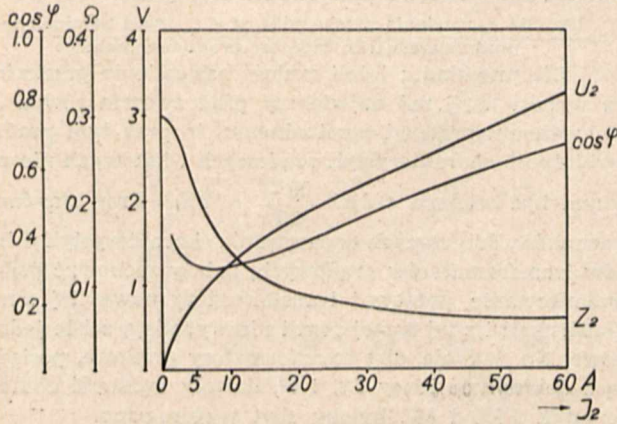
Przekazyńniki typu elektromagnetycznego względnie indukcyjnego posiadają rdzenie żelazne. O ile oporność omowa uzwojeń prądowych tych przekazyńników nieznacznie rośnie wraz z wzrostem prądu wskutek nagrzania, o tyle reaktancja, zależna od stanu nasycenia żelaza, początkowo silnie maleje a później ustala się w wielkości znacznie niższej od wartości odpowiadającej prądowi nominalnemu.

Zarówno przekazyńniki elektromagnetyczne, jak i indukcyjne, mają charakterystyki, jak na rys. 1, przy czym oznaczenia są następujące:

*) Fabr. Apar. Elektr. K. Szpotkański i S-ka S. A.

I_2 — prąd w uzwojeniu prądowym,
 U_2 — napięcie na zaciskach,
 Z_2 — impedancja własna,
 $\cos \psi$ — współczynnik mocy wtórnego obciążenia.

Często spotyka się zdania, że ponieważ liczba przetężeniowa jest związana tylko z uchybem prądowym 10%, bez zastrzeżeń w sprawie uchybu kąтового, zatem nie daje dostatecznych gwarancji w stosunku do przekazni-



Rys. 1.

Charakterystyka przekaznika typu indukcyjnego względnie elektromagnetycznego.

ków, które wymagają także pewnej dokładności pod względem kątowym.

W rzeczywistości jednak definicja liczby przetężeniowej dzięki zastrzeżeniom o najniekorzystniejszym $\cos \psi$ gwarantuje, że nie tylko różnica arytmetyczna ale także i różnica wektorowa między prądem wtórnym i zredukowanym prądem pierwotnym będzie około 10%, a zatem i uchyb kątowy będzie ograniczony.

§ 3. Klasa 5% i 5°.

Niektóre rodzaje przekazników wymagają od transformatorów prądowych mniejszych uchybów prądowych i kątowych aniżeli gwarantowanych przez liczbę przetężeniową.

Od kilku lat niektóre wytwórnie używają klasyfikacji podanej w tabeli II.

Tabela II

Klasy dokładności transformatorów prądowych dla przekazników.

Klasa	Maksymalny uchyb prądowy	Maksymalny uchyb kątowy	Zakres prądu
S 10	± 5%	± 5°	(1/3 do 10) J_{1nom}
S 20	± 5%	± 5°	(2/3 do 20) J_{1nom}

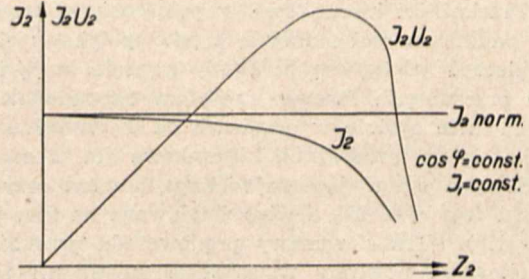
Sprawa powyższej klasyfikacji nie jest jeszcze uregulowana przepisami. Są np. wysuwane propozycje znormalizowania tylko granic uchybów 5% i 5°, a nie zakresu prądu i podawanie w określeniach transformatora tego zakresu, np. w postaci S 0,5/25 (t. zn., że w zakresie od 0,5 do 25-krotnego prądu nominalnego i dla obciążenia nominalnego uchyby danego transformatora prądowego nie przekraczają 5% i 5°).

§ 4. Moc graniczna.

Moc graniczna (Auslösebürde wg. V. D. E.) transformatora prądowego dana jest przez takie obciążenie wtórne, przy współczynniku mocy = 0,6 oraz przy prądzie

pierwotnym nominalnym, dla którego uchyb prądowy wynosi 10%.

Jeżeli utrzymywać stały prąd pierwotny równy wartości nominalnej, zaś obciążenie wtórne zmieniać od zera do nieskończoności przy stałym współczynniku mocy, wtedy otrzymuje się zależność prądu wtórnego oraz mocy oddawanej w obwodzie wtórnym od obciążenia w postaci krzywych na rys. 2.



Rys. 2.

Dla $Z_2 = 0$ uzwojenie wtórne jest zwarte bez oporu. Prąd wtórny ma wartość bliską nominalnej, o ile nie brać pod uwagę impedancji własnej wtórnego uzwojenia oraz korekcji zwowej. W miarę obciążania transformatora coraz większym oporem, prąd wtórny zaczyna maleć, początkowo nieznacznie, a później, z chwilą osiągnięcia przez żelazo odpowiedniego nasycenia, bardzo gwałtownie.

Dla $Z_2 = \infty$ obwód wtórny jest otwarty i prąd $J_2 = 0$. O ile chodzi o moc oddawaną we wtórnym obwodzie to dla $Z_2 = 0$ moc też równa jest zero, gdyż napięcie na zaciskach jest równe zero.

Następnie moc ta wzrasta do pewnego maksimum i znów opada do zera dla $Z_2 = \infty$, gdyż w tym wypadku $J_2 = 0$. To maksimum mocy zależne jest od współczynnika mocy obciążenia i jest na ogół najniższe dla $\cos \psi = 0,6$, gdyż wtedy amperozwoje magnesujące są w fazie z amperozwojami wtórnymi i uchyb prądowy transformatora jest największy. Najniższe maksimum mocy odpowiada właśnie pojęciu mocy granicznej transformatora.

§ 5. Przekazniki nadmiarowe niezależne, zależne oraz ograniczenie zależne.

Element rozruchowy przekaznika nadmiarowego niezależnego działa momentalnie z chwilą przekroczenia przez prąd nastawionej wartości i uruchamia element czasowy, który daje właściwe opóźnienie, niezależne od prądu. Zakres regulacji prądu rozruchu zazwyczaj wynosi od 80% do 200% prądu nominalnego, przy czym dokładność przekaznika jest rzędu 3%.

Transformator prądowy dla zasilania przekaznika nadmiarowego niezależnego powinien posiadać dokładność klasy 3 dla obciążenia odpowiadającego poborowi mocy przekaznika oraz przewodów łączących. Liczba przetężeniowa powinna być niemniejsza od 2. Duża liczba przetężeniowa jest niepożądana w instalacjach o dużych prądach zwarcia ze względu na wytrzymałość termiczną przekaznika.

Przekazniki nadmiarowe o charakterystyce zależnej od prądu regulują czas wyłączenia w zależności od wielkości przetężenia. Mogą one być stosowane w instalacjach o niezbyt dużych prądach zwarcia, ponieważ przy dużych prądach zwarcia charakterystyki szeregowych przekazników mogą się przecinać i psuć selekcję wyłączeń. Dla tej przyczyny obecnie prawie wyłącznie w użyciu są przekazniki nadmiarowe ograniczenie zależne.

Transformator prądowy dla przekaznika zależnego wzgl. ograniczenie-zależnego winien mieć dokładność kla-

sy 3 dla obciążenia, odpowiadającego poborowi mocy przełącznika oraz przewodów łączących. Liczba przetężeniowa wystarczająca jest 5 do 10, gdyż dla większych prądów selekcja wyłączeń przy przełącznikach nadmiarowych zależnych jest wątpliwa zaś przełącznik ograniczenie-zależny ma czas praktycznie stały, od prądu niezależny.

§ 6. Przełączniki kierunkowe.

Przełączniki kierunkowe w połączeniu z przełącznikami nadmiarowymi stanowią często spotykany element zabezpieczeń selektywnych. Prądy zwarcia mają indukcyjne przesunięcia fazowe względem odpowiednich napięć, zawarte ogólnie w granicach od 0° do 90° . Dlatego spotyka się np. przełączniki kierunkowe dla zabezpieczeń zwarciovych posiadające największy moment przy przesunięciu fazowym 45° , a więc zbudowane na moc $UJ \cos(\varphi - 45^\circ)$. Transformatory prądowe dla przełączników kierunkowych powinny w zakresie możliwych prądów zwarcia mieć ograniczone uchyby prądowy i kątowy. Najczęściej liczba przetężeniowa stanowi tutaj dostateczny warunek.

§ 7. Przełączniki odległościowe.

Jako zabezpieczenia selektywne od przetężeń i zwarcć stosowane są w sieciach złożonych lub o kilku źródłach zasilania przełączniki odległościowe.

Przełącznik taki w ogólności składa się z następujących zasadniczych elementów: 1) rozruchowego, 2) mierniczo-czasowego oraz 3) kierunkowego.

Element mierniczo-czasowy wymaga od transformatorów prądowych przy przetężeniach dokładności zazwyczaj 5% w przełącznikach impedancyjnych; 5% i 5° — w przełącznikach reaktancyjnych. Element kierunkowy musi mieć dokładność co najmniej wg. liczby przetężeniowej (patrz § 2), która gwarantuje również ograniczenie uchybu kąтового.

Warunki dla elementu rozruchowego zarówno nadmiarowego, jak i impedancyjnego, pokrywają się z warunkami poprzednimi.

§ 8. Przełączniki zabezpieczeń różnicowych.

Zabezpieczenie różnicowe oparte jest na porównywaniu prądów pierwotnych na wejściu i wyjściu ze strefy chronionej. W normalnych warunkach pracy prądy te pozostają w określonym stosunku i prądy wtórne przy odpowiednim doborze transformatorów prądowych są praktycznie równe, tak że przełącznik różnicowy nie reaguje.

Podczas zaburzenia w strefie chronionej stosunek prądów pierwotnych zmienia się i przez przełącznik popłynie prąd wyrównawczy, powodując jego zadziałanie.

W najprostszym zabezpieczeniu różnicowym-zwykłym stosuje się przełącznik nadmiarowy, który mierzy różnicę dwóch porównywanych prądów. W przypadku zabezpieczenia różnicowego zwykłego zachodzi niebezpieczeństwo zadziałania przełącznika pod wpływem różnych uchybów obu transformatorów prądowych, jakkolwiek nie ma uszkodzenia w odcinku chronionym. Szczególnie przy dużych prądach zwarciovych nawet nieduże uchyby transformatorów prądowych mogą powodować znaczne wartości bezwzględne prądu w przełączniku. Stosunek ustalonego prądu zwarcia do prądu nominalnego jest bardzo różny dla różnych obiektów, chronionych przez zabezpieczenia różnicowe.

Dla prądnic stosunek ten wynosi średnio nie więcej niż 6, dla transformatorów roboczych nierzadko jest powyżej 12, zaś dla linii może być bardzo duży, rzędu 20 i więcej.

Ponieważ w zabezpieczeniu różnicowym zwykłym nie chodzi o bezwzględną wartość uchybów transformatorów prądowych, ale o charakterystyki możliwie zbliżone, wymagania stawiane transformatorom prądowym można sformułować w sposób następujący:

„dla obciążenia zadanego przez przewody łączące wzgl. dodatkowe elementy różnica uchybów współpracujących transformatorów prądowych przy prądzie zwarciovym nie powinna przekraczać $a\%$, gdzie

$$a = \frac{\text{czułość nastawienia przełącznika w \% prądu nominalnego}}{\text{prąd zwarcia jako krótność prądu nominalnego}}$$

Dla przykładu: jeżeli czułość nastawienia przełącznika wynosi 30%, zaś największy prąd zwarcia równa się 10-krotnemu prądowi nominalnemu, to przy tym prądzie rozbieżność charakterystyk prądowych i kątowych nie powinna być większa aniżeli $\frac{30\%}{10} = 3\%$. Przy stawianiu

warunków, dotyczących dopasowania charakterystyk uchybów transformatorów prądowych, należy zachować pewne umiarkowanie, ponieważ transformatory nawet tej samej konstrukcji i z tej samej partii nie wypadają ściśle jednakowe. Np. żądanie, aby transformatory prądowe, posiadające dokładność klasy 5% i 5° , dawały zgodność charakterystyk 0,5% i $30'$, byłoby zbyt wygórowane.

Poza tym transformator prądowy musi mieć odpowiednią moc graniczną, ażeby zagwarantować działanie przełącznika przy odpowiednio małym prądzie uszkodzenia.

Stosunkowo małej mocy przy najmniejszym prądzie działania odpowiada przy prądzie nominalnym moc przełącznika znaczna, szczególnie w wypadku dużej czułości. Np. przełącznik 20%-wy, pobierający 5 VA przy najmniejszym prądzie działania, wymaga przy prądzie nominalnym $5 \cdot \left(\frac{100}{20}\right)^2 = 125 \text{ VA}$.

Jeżeli ta moc przełącznika, zredukowana do prądu nominalnego, jest mniejsza od mocy granicznej transformatora, to prawidłowe zadziałanie przełącznika jest zapewnione.

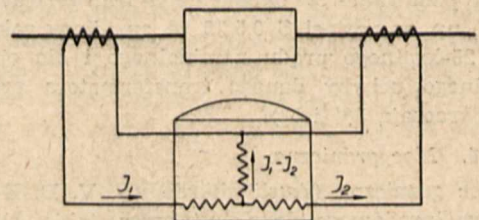
Ponieważ operowanie mocą graniczną nie jest jeszcze bardzo rozpowszechnione, operuje się często mocą w klasie 3.

Nastawienie przełącznika możliwe jest tym czulsze, im lepiej dopasowane są charakterystyki transformatorów prądowych.

Jeżeli transformatory prądowe jednego przełącznika różnicowego mają różne obciążenia, to mogą stąd wynikać dodatkowe różnice uchybów, niweczące dopasowanie transformatorów. Dlatego należy zachować ostrożność przy dołączaniu do transformatorów prądowych dodatkowych aparatów i przy wyborze przekrojów przewodów łączących. Nie należy tego jednak przyjmować jako zasadę dla wszystkich zabezpieczeń różnicowych, a ograniczyć tylko do zabezpieczeń z dokładnie dopasowanymi transformatorami prądowymi.

Łagodniejsze warunki transformatorom prądowym stawia zabezpieczenie różnicowe procentowe.

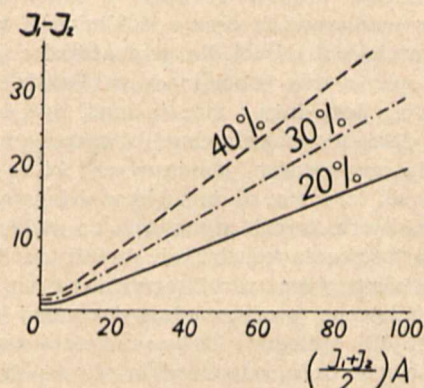
Schemat takiego zabezpieczenia dany jest na rys. 3.



Rys. 3.

Schemat zabezpieczenia różnicowego „procentowego”.

Układ ruchomy przekąźnika procentowego ma moment napędowy proporcjonalny do różnicy ($J_1 - J_2$) zaś moment zwracający — do sumy ($J_1 + J_2$), o zadziałaniu przekąźnika procentowego decyduje więc stosunek: $\frac{J_1 - J_2}{J_1 + J_2}$. Charakterystyki przekąźnika różnicowego procentowego wykazują stałość tego stosunku tylko przy większych prądach zwarciovych, natomiast przy małych prądach stosunek ten rośnie.



Rys. 4.

Charakterystyka przekąźnika różnicowego procentowego.

Przekąźniki różnicowe procentowe pozwalają na znacznie czulsze zabezpieczenie aniżeli przekąźniki zabezpieczeń różnicowych zwykłych. Jeżeli chodzi o zabezpieczenie prądnic, gdzie łatwiej o dobór jednakowych transformatorów prądowych i gdzie zakres prądów zwarcia jest stosunkowo wąski, to czułość zabezpieczania nie rzadko sięga 2% prądu nominalnego.

Przy pomocy przekąźników różnicowych procentowych można zabezpieczać transformatory robocze oraz linie przesyłowe z czułością 10% do 40% dla stosunkowo dużych wielkości prądów zwarcia. Transformatory prądowe dla przekąźników różnicowych procentowych muszą mieć granice uchybów dostosowane do czułości zabezpieczenia albo też muszą mieć charakterystyki uchybów parami dokładnie dopasowane.

Na przykład zabezpieczenie różnicowe procentowe o czułości 2% wymaga transformatorów o dokładności wg. klasy 1 w całym zakresie możliwych prądów zwarciovych albo też transformatorów prądowych, których charakterystyki w tym zakresie nie różnią się więcej, niż 1% i 30'.

Warunek liczby przetężeniowej można uważać za dostateczny dla zabezpieczenia o czułości 20%.

§ 9. Przekąźniki zabezpieczeń ziemnozwarciowych.

W zabezpieczeniach ziemnozwarciowych często trzy transformatory prądowe układu trójfazowego są połączone po stronie wtórnej równolegle na uzwojenie prądowe przekąźnika ziemnozwarciowego typu watomierzowego.

W normalnych warunkach pracy suma prądów pierwotnych równa jest zero. Tak samo równą zero będzie suma prądów wtórnych, o ile transformatory zostaną odpowiednio dobrane, a zatem w uzwojeniu prądowym przekąźnika prądu nie będzie. W wypadku zwarcia z ziemią w strefie chronionej powstaje asymetria prądów pierwotnych, a więc i wtórnych, t. zn. przez przekąźniki płynie składowa zerowa, powodując jego zadziałanie. Wielkość składowej zerowej zależy od właściwości sieci. Zabezpieczenia ziemnozwarciowe są znacznie czulsze od zabezpieczeń różnicowych i są nierzadko nastawiane na 0,2% prądu nominalnego. W tych warunkach na transformatory

prądowe należy zwracać baczną uwagę, aby uniknąć fałszywych zadziałań już przy normalnej pracy.

W sprawie dostosowania zespołu trzech transformatorów prądowych do czułości zabezpieczenia nasuwa się pytanie, czy można, podobnie jak dla zabezpieczeń różnicowych, dobierać jednakowe charakterystyki uchybów 3-ch transformatorów o nieco gorszej klasie dokładności.

W przypadku zabezpieczenia różnicowego dwa prądy porównywane w razie zwarcia na zewnątrz strefy chronionej są jednakowe, co uzasadnia dopasowanie charakterystyk uchybów transformatorów prądowych. Natomiast w zabezpieczeniu ziemnozwarciowym, nawet w przypadku, gdy nie ma składowej zerowej, trzy prądy sumowane mogą nie być równe, np. mogą wynosić 80%, 90% i 100% prądu nominalnego. Dlatego nawet zupełne uzgodnienie charakterystyk uchybów nie gwarantuje, że uchyby w tych warunkach skompensują się i nie dadzą fałszywego pomiaru składowej zerowej.

Czułe przekąźniki ziemnozwarciowe wymagają zatem trójfazowych zespołów transformatorów prądowych bardzo dokładnych dla zakresu prądów roboczych. Np. dla czułości zabezpieczenia 0,5% klasa 0,2 daje dość dużą pewność, natomiast klasa 0,5 z dopasowanymi charakterystykami uchybów może okazać się dostateczna, ale nie daje już zupełnej gwarancji działania przy wszelkich warunkach roboczych. Najczęściej zabezpieczenia ziemnozwarciowe bardzo czule mają zastosowanie w sieciach skompensowanych i służą tylko do sygnalizacji. Krótkotrwałe zadziałanie sygnalizacji przy zwarciu międzyfazowym nie jest szkodliwe.

Jeżeli przekąźniki ziemnozwarciowe o dużej czułości (przy małych prądach ziemnozwarciowych) mają powodować wyłączenie, to pożądane jest większe opóźnienie zabezpieczenia ziemnozwarciowego, aniżeli zabezpieczeń od zwarć międzyfazowych. Dzięki temu w przypadku zwarcia międzyfazowego następuje selektywne odłączenie uszkodzonego punktu za pomocą zabezpieczenia od zwarć międzyfazowych nim przekąźniki ziemnozwarciowe zdążą zadziałać w sposób nieselektywny.

Omówionych trudności unika się łatwo w sieciach kablowych przez zastosowanie transformatorów prądowych nakładanych na kabel trójfazowy. Taki transformator mierzy wprost składową zerową prądu bez pośrednictwa trzech transformatorów prądowych.

Dla kabla trójfazowego o prądzie roboczym np. 300 A wybiera się, dajmy na to, transformator kablowy o przekładni 300/5 A. Jeżeli pobór mocy przekąźnika podany jest dla 5 A w wysokości P VA, to traktowanie tej mocy jako mocy granicznej transformatora z pewną rezerwą, jest zupełnie dostateczne. Stawianie ostrzejszych warunków dokładności spowodowałoby, szczególnie przy małych prądach nominalnych, bardzo duże trudności techniczne.

Jeżeli czułość przekąźnika jest duża, np. 0,5%, to działanie występuje już przy stosunkowo małych prądach, np. $\frac{0,5}{100} = 0,025$ A i wtedy moc pobierana przez przekąźnik jest również niewielka np. $P \cdot \left(\frac{0,5}{100}\right)^2$ VA. Złagodzenie na tej podstawie poprzednich warunków mocy granicznej transformatora prądowego wymaga ostrożnego przestudiowania całego zabezpieczenia i powinno być ograniczone do przypadków, kiedy mały prąd normalny bardzo utrudnia osiągnięcie większej mocy transformatora.

Omówione warunki dotyczą się zabezpieczeń ziemnozwarciowych o dużej czułości. Przy zabezpieczeniach in-

stalacyj o dużych prądach zwarcia z ziemią opisane trudności nie występują i dla wyboru transformatorów prądowych można stosować wskazówki z §§ poprzednich, np. jak dla zabezpieczeń odległościowych.

§ 10. Transformatory prądowe wielordzeniowe.

Jeżeli chodzi o sprawę zasilania przyrządów pomiarowych i przekładników z transformatora wspólnego wzgl. transformatorów czy też rdzeni osobnych, to np. wydawnictwo Vereinigung der Elektrizitätswerke pod tytułem Relaisbuch (Berlin 1930, str. 194) ujmuje to w sposób następujący:

„Ogólnie biorąc nie poleca się przyłączać do jednego transformatora i przyrządy pomiarowe i przekładniki. Osiągnięta przez to oszczędność jest często niweczona przez wady, jakie daje tego rodzaju praca. Z jednej strony przyrząd pomiarowy może być uszkodzony termicznie przy przetężeniu i w ten sposób prawidłowa praca zabezpieczenia staje się wątpliwa, z drugiej strony dołączenie przekładników o dużej oporności może psuć dokładność potrzebną szczególnie dla liczników. Poza tym przez rozdzielanie obwodów uzyskuje się większą przejrzystość, unikając niebezpieczeństwa fałszywych połączeń w obwodach przekładnikowych przy przeprowadzaniu prób liczników i wskaźników. Dlatego zaleca się stosowanie oddzielnych transformatorów prądowych dla przekładników i przyrządów pomiarowych, albo transformatorów prądowych wielordzeniowych. Jeżeli względy ekonomiczne nie pozwalają na większe koszty, to zaleca się w sieciach z większymi prądami zwarciovymi wbudowywanie zwieraczy przyrządów pomiarowych, ażeby zapobiec trwałemu uszkodzeniu przyrządów. Należy przy tym brać w rachubę zwiększenie obciążenia transformatora przez oporność zwieracza”.

Zbyt ogólne sformułowanie tej opinii nasuwa szereg zastrzeżeń. Przyrządy pomiarowe i liczniki mają wytrzymałość termiczną na ogół nie niższą od 40. Dlatego przyłączenie tych aparatów do wspólnego transformatora prądowego wraz z przekładnikami, wymagającymi liczby przetężeniowej rzadko większej od 20, nie przedstawia żadnego niebezpieczeństwa, szczególnie przy dobrym wyzyskaniu mocy transformatora.

Natomiast właśnie przyłączanie przyrządów pomiarowych do osobnych transformatorów prądowych wzgl. do osobnych rdzeni może zawierać w sobie niebezpieczeństwo uszkodzenia ich przez termiczne działanie prądów zwarcia, jeżeli tylko mała część mocy nominalnej transformatora prądowego jest wyzyskana. Jeżeli np. przyrządy pomiarowe wykazują pobór mocy 2,5 VA, to przyłączanie ich do transformatora prądowego o mocy nominalnej 15 VA w klasie 0,5 z liczbą przetężeniową dla tego obciążenia 10, da w rezultacie liczbę przetężeniową około

$$10 \cdot \frac{15}{2,5} = 60.$$

Pod względem termicznym jest korzystniejsze przyłączyć te przyrządy wspólnie z przekładnikiem, o poborze mocy np. 25 VA, do transformatora o mocy nominalnej 30 VA w klasie 0,5 z liczbą przetężeniową 20, gdyż w tym wypadku, nawet przyjmując pod uwagę zmienność impedancji własnej przekładnika ze zmianą prądu, nie otrzymamy tak dużej liczby przetężeniowej jak poprzednio.

Jeżeli chodzi o wpływ obciążenia spowodowanego przez przekładnik na dokładność transformatora prądowego dla aparatów pomiarowych, to nie zawsze będzie on niekorzystny.

Np. dołączenie do transformatora prądowego mocy nominalnej 15 VA w kl. 0,5 i obciążonego przez licznik o poborze mocy 1,5 VA dodatkowo przekładnika o poborze mocy 8 VA nawet podniesie dokładność transformatora dla licznika, ponieważ 1,5 VA stanowi tylko 10% obciążenia

nominalnego, zaś dokładność transformatora jest gwarantowana w granicach 25% do 100% obciążenia.

Wątpliwym wydaje się słuszność twierdzenia, że rozdzielanie obwodów przekładników i przyrządów pomiarowych daje większą przejrzystość układu, przecież właśnie rozdzielanie obwodów wprowadza większą ilość przewodów łączących.

Należy stwierdzić, że w ogromnej większości wypadków wystarczy wspólny transformator prądowy o dokładności w zakresie prądów roboczych, odpowiedniej dla przyrządów pomiarowych oraz o dokładności w zakresie prądów zwarcia, potrzebnej dla przekładników.

O ile sumaryczny pobór mocy w obwodzie wtórnym transformatora jest duży i moc ta musi być dostarczona przy dużej dokładności, potrzebnej w zakresie prądów roboczych dla przyrządów pomiarowych, które zużywają jednak ułamek tej mocy, może się okazać tańsze, szczególnie przy transformatorach szynowych na małe prądy nominalne, zastosowanie konstrukcji dwurdzeniowej. Jeden rdzeń, przeznaczony dla aparatów pomiarowych, ma w tym wypadku małą moc w odpowiednio dokładnej klasie (np. 15 VA w kl. 0,5) i niedużą liczbę przetężeniową, zaś drugi rdzeń ma moc dużą, odpowiednią dla zapotrzebowania przekładników (np. 60 VA w kl. 3) i odpowiednio dużą liczbę przetężeniową.

Stosowanie transformatorów wielordzeniowych wskazane jest jeszcze w takich wypadkach, gdy prąd nominalny wtórny wynosi 1 A przy dużej sumarycznej mocy, gdyż w tych warunkach duże prądy zwarcia mogą powodować występowanie znacznych napięć na zaciskach wtórnych transformatorów prądowych.

Np. moc 150 VA przy prądzie nominalnym 1 A i przy przetężeniu wynoszącym 20-krotną wartość prądu nominalnego da napięcie na zaciskach wtórnych transformatora 3 000 V.

Jedynym wypadkiem, gdy naprawdę jest usprawiedliwione stosowanie transformatorów prądowych wyłącznie tylko do zasilania przekładników, jest wypadek zabezpieczenia różnicowego zwykłego z transformatorami o dokładnie dopasowanych uchybach.

Jeżeli chodzi o ostatnie zdanie cytatu z Relaisbuch, wzmiankujące o zwieraczu przyrządów pomiarowych, to można spotkać w literaturze zdanie odmienne¹⁾ na ten temat, a mianowicie, że taki zwieracz może rozszerzać zakres liczby przetężeniowej dla przekładników przez ucięcie obciążenia, spowodowanego przyrządami pomiarowymi. Zwieracz musi oczywiście stanowić znacznie mniejsze obciążenie aniżeli przyrządy pomiarowe, o ile ten zabieg ma być skuteczny.

Kończąc niniejszy referat chciałbym zaznaczyć, że poczuwam się do miłego obowiązku złożenia serdecznego podziękowania p. dr. inż. Stanisławowi Szporowi za życzliwe zainteresowanie się oraz cenne wskazówki udzielone mi przy pisaniu tego referatu.

LITERATURA:

Brügger W. „Stromwandler zur Speisung von Selektiv-Schutzerlais”. Bulletin Schweiz. Elektr. Verein. 1936.

Goldstein J. „Die Messwandler”. Berlin 1928.
Neugebauer H. „Stromwandler für Schutzsysteme”. Siemens Zeitschrift. 1931.

Vereinigung der Elektrizitätswerke. „Relaisbuch”. Berlin. 1930.

¹⁾ Walter M. Über die Eigenschaften der Stromwandler für Schutzrelais” E. T. Z. 1934 r.

Kondensatory stałe dla poprawy współczynnika mocy

Inż. Mejro Czesław *)

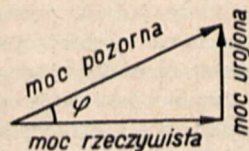
Streszczenie: Zalety i wady kondensatorów. Projektowanie urządzeń kompensacyjnych. Przykład obliczenia rentowności ustawienia baterii kondensatorów. Budowa i próby kondensatorów.

Coraz to szersze rozpowszechnianie się jednostkowego napędu obrabiarek, zastosowanie prądu zmiennego do spawania elektrycznego, pieców indukcyjnych i całego szeregu innych odbiorników pobierających obok mocy rzeczywistej również i moc urojoną, powoduje konieczność zajęcia się tym balastem, jaki dla każdej sieci elektrycznej stanowią prądy bezwatowe.

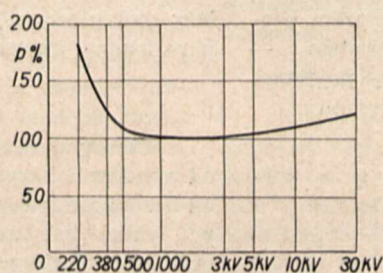
Zagadnienie to z natury rzeczy obchodzi przede wszystkim zakłady wytwarzające energię elektryczną, zwłaszcza zaś te, które wskutek przeciążenia swych generatorów i transformatorów starają się jak najlepiej je wykorzystać i w ten sposób zwiększać moc rzeczywistą, którą mogą oddać do sieci. Następstwem walki z mocą urojoną są t. zw. klauzule „cos φ ” w umowach na dostawę energii elektrycznej.

Jednak dla większych odbiorców (np. zakładów przemysłowych kupujących energię po stronie wysokiego napięcia) sprawa ta jest aktualna nie tylko z przyczyn taryfowych, ale również i ze względu na możliwość lepszego wyzyskania własnej sieci, a więc zmniejszenia strat w przewodach i transformatorach, względnie zwiększenia mocy odbiorników przyłączonych do sieci bez kosztownego zwiększania przekrojów. Istniejące na terenie zakładu transformatory muszą być obliczane na pełny prąd przez nie przepływający, tj. na moc pozorną, która przy małym współczynniku mocy może znacznie przewyższać moc rzeczywistą.

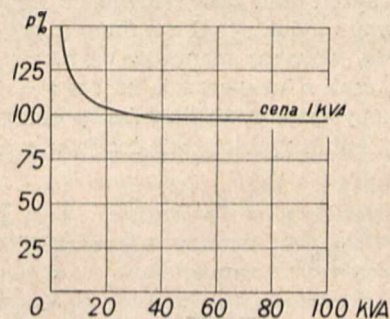
Stosunek mocy rzeczywistej do pozornej równy jest „cos φ ”, tj. kąta przesunięcia fazowego między prądem i napięciem (rys. 1); kąt ten jest tym większy, im większa jest moc urojona odbiorników; zmniejszyć go możemy w sposób dwojaki: albo przez zastosowanie odbiorników pobierających mniejszą moc indukcyjną, a więc np. lepiej



Rys. 1.



Rys. 2.



Rys. 3.

wyzyskanych silników asynchronicznych i transformatorów, albo też przez sztuczne wprowadzenie pojemności równoległej połączonej z odbiornikami indukcyjnymi.

Do pierwszej metody należy również zaliczyć opisany w swoim czasie w „Przeglądzie Elektrotechnicznym” (1936, str. 632) ⁵⁾ sposób przelączania słabo obciążonych silników na stałe z trójkąta w gwiazdę. W pewnym stopniu możemy również polepszyć współczynnik mocy przez instalowanie grzejników, o czym należy pamiętać przy planowaniu urządzeń grzejnych w zakładach posiadających klauzulę „cos φ ”. W ten sposób można osiągnąć znacz-

ne oszczędności taryfowe. Wszystkie wyżej opisane sposoby są jednak raczej półśrodkami, gdyż przy ich pomocy osiągamy tylko ograniczoną poprawę „cos φ ”.

Całkowitą kompensację, czyli zrównanie mocy pozornej z rzeczywistą można osiągnąć jedynie przez wprowadzenie do sieci dodatkowych odbiorników mocy pojemnościowej. Do niedawnych czasów stosowano dla takich celów wyłącznie kondensatory wirujące, synchroniczne lub asynchroniczne; dziś ten sposób kompensacji jest coraz bardziej wypierany przez kondensatory stałe i to nie tylko w zakresie małych mocy, ale również i przy kompensacji wielkich linii przesyłowych wysokiego napięcia (jak np. baterie kondensatorów o mocy 5 000 KVA sieci „Kraftwerk Sachsen-Thüringen A. G.” ⁶⁾).

Zalety kondensatorów stałych.

1. *Bardzo małe straty*, wynoszące przy kondensatorach niskiego napięcia około 0,3%, a przy wysokim napięciu dochodzące do 0,15%.

2. *Mała wybredność pod względem miejsca*: kondensator można zainstalować zarówno dobrze wewnątrz budynku jak i pod gołym niebem, przy czym nie trzeba się specjalnie troszczyć o wygodny dostęp, gdyż jest to aparat pracujący całkowicie bez obsługi, bez rozruchu i bez potrzeby przeprowadzania rewizji i remontów.

3. *Kondensatory dają się łatwo łączyć w baterie* złożone z jednostek o równej lub różnej mocy, przy czym cena takiej baterii złożonej z paru sztuk jest tylko nieznacznie wyższa od ceny jednego wielkiego kondensatora. Ten ostatni moment upraszcza sprawę dalszej rozbudowy baterii i dostosowanie jej mocy do aktualnych potrzeb sieci.

Jak widać z rys. 2 cena 1 kVA począwszy od mocy

około 20 kVA prawie nie zmienia się w miarę wzrostu mocy jednostki.

4. *Możliwość instalowania kondensatorów po stronie wysokiego lub niskiego napięcia*: wszystkie większe fabryki budują dziś jednostki na napięcie do 20 kV i wyżej, przy czym, jak widać z rys. 3, ceny kondensatorów dla napięć roboczych między 380 i 10 000 V są dość zbliżone, osiągając minimum przy napięciu około 1 000 V.

Wady kondensatorów stałych.

1. *Mała wytrzymałość na przeciążenia*.

Pomimo bardzo małych strat w kondensatorze, a co za tym idzie, i bardziej małej ilości wydzielającego się

*) Fabr. Apar. Elektr. K. Szpotkański i S-ka S. A., Warszawa.

ciepła, należy zawsze liczyć się z możliwością lokalnych podwyższeń temperatury zwłaszcza w środkowych warstwach papieru. Wywołane to jest tym, że papier, będący jednym z podstawowych składników nowoczesnego kondensatora, ma bardzo słabą przewodność cieplną, z drugiej zaś strony jest materiałem słabo odpornym na wysoką temperaturę. Takie lokalne przegrzania papieru są najczęściej spotykaną przyczyną uszkodzeń kondensatorów.

Normalnie fabryki produkujące kondensatory określają jako dopuszczalne trwałe podwyższenie napięcia o 10% ponad znamionowe, czyli przeciążenia o 21%

$$W_k = E^2 \omega C$$

gdzie:

- W_k — moc kondensatora,
 ω — częstotliwość prądu,
 C — pojemność kondensatora.

Jest rzeczą łatwo zrozumiałą, że najlepszym określeniem dobroci i trwałości kondensatora jest wielkość strat w dielektryku, nie tylko zaś wytrzymałość na przebicie. Wytrzymałość kondensatorów na krótkotrwałe przepięcia jest stosunkowo dość duża: mogą one sięgać do około 10-krotnego napięcia znamionowego.

2. Wywoływanie w sieci przepięć rezonansowych.

Jeżeli w obwodzie prądu zmiennego R , L i C pominiemy stosunkowo nieznaczną oporność omową R , to częstotliwość drgań własnych wyrazi się wzorem

$$\tau = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

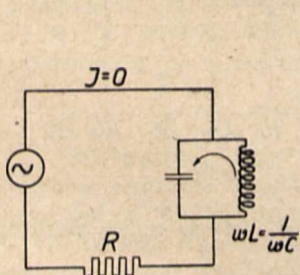
Zjawisko rezonansu zachodzi wówczas, gdy częstotliwość prądu w sieci jest równa częstotliwości drgań własnych obwodu, tj.

$$\omega = \tau = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

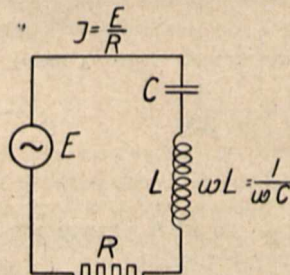
czyli

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

Jeżeli stan taki (zrównanie się oporności pojemnościowej z indukcyjną) ma miejsce przy połączeniu równoległym, wówczas mamy do czynienia z rezonansem prądów, czyli z kompensacją na $\cos \varphi = 1$. W obwodzie $L - C$ mamy tylko ruch wahadłowy energii między pojemnością i indukcyjnością bez dopływu energii z zewnątrz.



Rys. 4.

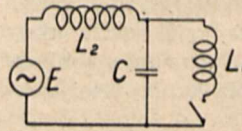


Rys. 5.

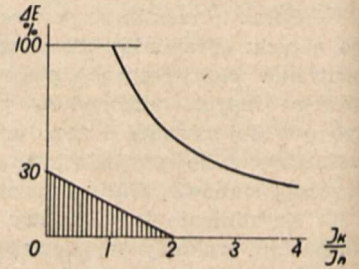
Jeżeli natomiast rezonans zachodzi przy szeregowym (rys. 5) połączeniu L i C (rezonans napięć), to mamy do czynienia z wypadkiem bardzo dla sieci niebezpiecznym, gdyż wypadkowa oporność jest wówczas równa R , a prąd wzrasta do wielkości $\frac{E}{R}$, czyli wielokrotnie przekracza prąd normalny. Powstające przy takim zjawisku spadki napięć na poszczególnych opornościach są bardzo znaczne i mogą spowodować uszkodzenie ich izolacji.

Przy wprowadzeniu do sieci kondensatorów dla poprawy $\cos \varphi$ rezonans napięć może powstać jedynie po odłączeniu kompensowanej indukcyjności z jednoczesnym pozostawieniem włączonego kondensatora (rys. 6), jeżeli zachodzi równość $\omega L_2 = \frac{1}{\omega C}$ (L_2 — indukcyjność linii zasilającej).

Można jednak łatwo dowiedzieć, że praktycznie taki wypadek nie może mieć miejsca:²⁾



Rys. 6.



Rys. 7.

Pomijając spadek napięcia na oporze omowym linii możemy określić spadek napięcia przy normalnej pracy jako $\Delta E = J_n \times \omega L_2$ gdzie J_n = normalny prąd odbiornika.

Prąd pojemnościowy pobierany przez kondensator równa się $J_k = E_n \omega C$, gdzie E_n = napięcie źródła prądu. Jeżeli założymy teraz warunek rezonansu, tj. $\omega L_2 = \frac{1}{\omega C}$ i podstawimy tę wartość do obu powyższych równań, to otrzymamy zależność

$$\frac{\Delta E}{E_n} = \frac{1}{J_k/J_n}$$

Lewa strona tego równania przedstawia nam procentowy spadek napięcia w linii zasilającej, który praktycznie nie może przekraczać 30%.

Prąd kondensatora tylko w nielicznych wypadkach przewyższa prąd nominalny kompensowanego odbiornika; przyjmujemy jako graniczną wartość $J_k = 2 J_n$.

Jak widać z rys. 7 zakres normalnych warunków leży znacznie poniżej zakresu możliwego rezonansu napięć określonego krzywą

$$\Delta E\% = \frac{100}{J_k/J_n}$$

Zjawisko rezonansu napięć może jednak wystąpić od wyższych harmonicznych napięcia, a w szczególności od 5 i 7 harmonicznej, lecz to niebezpieczeństwo jest prawie całkowicie usunięte przez tłumiące działanie sieci oraz równoległe połączonych indukcyjności odbiorników. Przy projektowaniu większych urządzeń kompensacyjnych jest bardzo wskazane zbadanie charakteru krzywej napięcia.

Najlepszym i najczęściej stosowanym sposobem unikania rezonansu napięć jest odłączanie kondensatorów równocześnie z kompensowanym odbiornikiem.

3. Konieczność stosowania specjalnych wyłączników dla włączania i wyłączania kondensatorów.

Jeżeli chodzi o uderzenia prądu powstające przy włączaniu kondensatora do sieci, to mogłyby one osiągnąć niebezpieczne wartości jedynie wówczas, gdyby przewód, przy pomocy którego kondensator jest połączony ze źródłem prądu, miał jedynie oporność omową. Wówczas przy włączaniu kondensator zachowywałby się tak, jak gdyby był zwarty, a płynący przez niego prąd byłby tylko ograniczony opornością omową, mógłby więc, np. przy

1% spadku napięcia na oporności omowej, osiągnąć 100-krotną wartość prądu nominalnego.

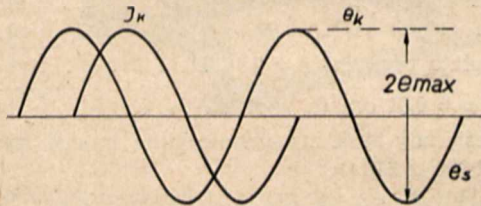
W praktyce takie wypadki nie zachodzą, a oporność indukcyjna parokrotnie większa od omowej ogranicza prąd uderzeniowy przy włączaniu kondensatora do sieci do wielkości około 13-krotnego prądu nominalnego.

Stan podobny do wypadku z kondensatorem załączonym tylko przez oporność omową mógłby mieć miejsce tylko przy rezonansie napięć, co, jak mówiliśmy poprzednio, w normalnych warunkach pracy miejsca mieć nie może.

Zupełnie specjalny wypadek zachodzi przy włączeniu kondensatora do pracy równoległej z innym kondensatorem, będącym już pod napięciem. Wówczas prąd wyrównawczy płynący pomiędzy obydwojma kondensatorami nie napotyka na swej drodze na żadne większe oporności i uderzenie prądu może być bardzo silne. Taki wypadek mamy często przy bateriach składających się z szeregu jednostek połączonych równolegle i przełączanych pod obciążeniem. Wtedy należy zastosować specjalne wyłączniki z wbudowanymi oporami wstępnymi ograniczającymi udarowe prądy wyrównawcze.

Wyłączniki tego typu są drogie, toteż najczęściej rezygnuje się z możliwości przełączania pod obciążeniem, a daje się tylko jeden wspólny wyłącznik na całą baterię (przy czym do mocy 2 000 kVA może to być zwykły wyłącznik bez oporów wstępnych) i przełączanie przy pomocy odłączników.

Przy wyłączeniu kondensatorów często można się spotkać ze zjawiskiem ponownego zapalenia się łuku pomiędzy kontaktami stałymi i ruchowymi wyłącznika.



Rys. 8.

Wytlumaczenie tego zjawiska łatwo wynika z podanego obok rys. 8; jeżeli wyłączenie kondensatora nastąpiło w momencie przejścia krzywej prądu przez zero, a więc w chwili, gdy napięcie osiąga wartość maksymalną, to na okładzinach kondensatora pozostaje napięcie równe w przybliżeniu maksymalnej wartości napięcia sieci tak, że po upływie 1/2 okresu napięcie między kontaktami osiąga wartość 2 e max., co może wywołać wyżej wspomniane ponowne zapalenie się łuku.

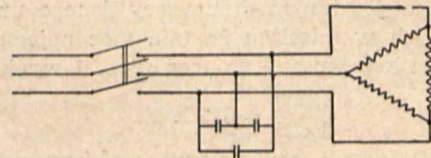
Z powyższych względów nie powinno się używać zwykłych wyłączników napędzanych ręcznie nawet do wyłączania kondensatorów niskiego napięcia; natomiast zaleca się aparaty samoczynne o szybkim ruchu kontaktów.

4. Konieczność rozładowywania kondensatorów odłączonych od sieci.

Zwykle w praktyce prądów silnych mamy do czynienia z aparatami, które po odłączeniu od sieci są całkowicie bezpieczne dla personelu; kondensator natomiast może zatrzymać swój ładunek przez czas dość długi, wówczas w dalszym ciągu jest on niebezpieczny dla życia ludzkiego.

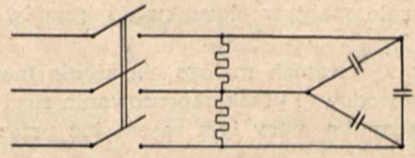
Rozładowywanie kondensatorów może odbywać się zasadniczo w trojaki sposób:

a) przez indukcyjność kompensowanej jednostki (silnika, transformatora itp.) (rys. 9);



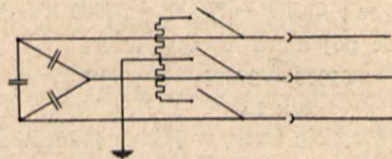
Rys. 9.

b) przez dodatkowy opór omowy włączony na stałe między zaciski kondensatora (rys. 10);



Rys. 10.

c) przez stosowanie wyłączników lub odłączników ze specjalnymi kontaktami i oporami rozładowującymi (rys. 11).



Rys. 11.

Sposób a) jest najprostszy i nie wymaga żadnych dodatkowych urządzeń.

Sposób b) stosuje się jedynie przy niskim napięciu, jednak ze względu na straty dobiera się zwykle oporność bardzo wysoką (np. 0,3 M Ω), a więc i czas rozładowywania wypada dość długi.

Przy sposobie c) nie jesteśmy skrupowani stratami i przez odpowiedni dobór oporności łatwo możemy rozładować kondensator nawet w ciągu ułamka okresu.

Ogólnie rzecz biorąc nie jest rzeczą trudną zaprojektować urządzenie kompensujące zupełnie pewne pod względem technicznym, jednak przy projektowaniu trzeba zwrócić uwagę na parę szczególnych właściwości kondensatorów stałych, wywołujących zjawiska przy innych aparatach niespotykane.

Projektowanie urządzenia kompensacyjnego.

Dla określenia mocy pojemnościowej potrzebnej dla poprawy współczynnika mocy określamy przede wszystkim średni cos φ w danej sieci. Najprostszym, najtańszym, lecz najmniej dokładnym sposobem pomiaru jest metoda watomierza, amperomierza i woltomierza. Watomierz wskazuje moc rzeczywistą, ze wskazań zaś amperomierza i watomierza możemy obliczyć moc pozorną.

Znacznie wygodniejszym sposobem jest pomiar przy pomocy aparatów piszących lub rejestrujących, jak mierniki cos φ, watomierze i liczniki. Z ilorazu wskazań dwóch liczników: jednego dla energii bezwzględnej, a drugiego dla rzeczywistej otrzymujemy średni „cos φ” w danym okresie czasu.

Dla przykładu zrobimy obliczenie dla zakładu przemysłowego kupującego energię po stronie wysokiego napięcia 5 000 V: średnie zużycie energii rzeczywistej w ciągu jednego miesiąca wyniosło 50 000 kWh, energii zaś uroonej — 65 000 kVAh, stąd otrzymujemy energię pozorną

$$W_p = \sqrt{50000^2 + 65000^2} = 82000 \text{ kVAh}$$

$$\text{średni „cos } \varphi \text{”} = \frac{50000}{82000} = 0,61$$

Przy 8-o godzinnym dniu pracy danego urządzenia oraz 25 dniach w miesiącu średnia moc pojemnościowa potrzebna dla kompensacji na „cos φ” = 1 wyniosłaby:

$$\frac{65000}{8 \times 25} = 325 \text{ kVA.}$$

Na ogół jednak zadawaliśmy się kompensacją na „cos φ” = 0,8:

1) dlatego, że zwykle elektrownie określają w taryfach tę wielkość jako normalną i o ile nawet dają pewien rabat przy lepszym od 0,8 współczynniku mocy, to jest on niewspółmiernie mały w stosunku do kosztów instalacji kondensatorów,

2) aby w okresach małego obciążenia mocą indukcyjną nie spowodować przekompensowania sieci i zmniejszenia współczynnika mocy tym razem już przez moc pojemnościową.

Tak więc w naszym przykładzie ograniczymy się tylko do poprawy „cos φ” na 0,8.

$$W_p = \frac{50000}{0,8} = 62500 \text{ kVAh}$$

$$W_u = \sqrt{62500^2 - 50000^2} = 37500 \text{ kVAh}$$

potrzebna moc pojemnościowa wyniesie

$$\frac{65000 - 37500}{8 \times 25} = 137 \text{ kVA.}$$

Zastanówmy się teraz, w jakich jednostkach i w jakich punktach sieci zainstalować kondensatory?

Istnieją trzy zasadnicze sposoby kompensacji: jednostkowa, grupowa (dla grup odbiorników) i centralna (dla całego urządzenia razem, zwykle na wysokim napięciu).

Kompensacja jednostkowa, a więc niewielkie kondensatory umieszczone bezpośrednio przy silnikach, jest z punktu widzenia elektrycznego najlepszą; daje nam całkowite dostosowanie się do mocy indukcyjnej, zmniejszone straty w przewodach doprowadzających prąd do silnika i w transformatorach. Poza tym nie potrzeba tu żadnych dodatkowych urządzeń do włączania i rozładowywania kondensatorów.

Jeżeli jednak w danej instalacji przeważają silniki małe lub też ilość godzin postoju silników jest duża, wówczas względy gospodarcze każą przejść na kompensację grupową (np. kondensatory przy poszczególnych transformatorach obniżających) lub centralną. Kompensacja centralna na wysokim napięciu pochodzi głównie z czasów, gdy stosowano do wytwarzania mocy pojemnościowej maszyny wirujące, jednak i w nowych urządzeniach jest bardzo często stosowana, gdyż pozwala na skompensowanie również i mocy indukcyjnej pobieranej przez transformatory.

Przypuśćmy, że w rozpatrywanym wyżej przykładzie zdecydowaliśmy się na ten ostatni sposób kompensacji, t. j. zainstalujemy kondensatory po stronie wysokiego napięcia.

Moc kondensatorów określamy z 10% zapasem na rozbudowę na 150 kVA, którą zainstalujemy w postaci dwóch jednostek 100 kVA i 50 kVA; w ten sposób będziemy mogli przelączać baterię na 150, 100 i 50 kVA i dostosowywać jej moc do potrzeb sieci (rys. 12).

Jako wyłącznik główny zastosujemy normalny wyłącznik wysokiego napięcia bez

wprowadzenia do niego żadnych zmian. Dla dokonywania przełączeń po wyłączeniu wyłącznika oraz dla rozładowywania kondensatorów zastosujemy odłączniki z kontaktami i oporami rozładowującymi. Poszczególne jednostki zabezpieczamy ponadto bezpiecznikami tak dobranymi, aby nie pozwoliły one na trwałe podwyższenie prądu ponad 110% J_n .

Przybliżony koszt instalacji wyżej opisanej baterii wyniesie:

2 kondensatory 5 kV o łącznej mocy 150 kVA *)	6 000 zł.
1 wyłącznik olejowy R 6, III b	900 „
2 trójbiegunowe odłączniki R 6 z kontaktami i oporami rozładowującymi	1 000 „
6 bezpieczników wysokiego napięcia	360 „
Montaż, połączenia itd.	1 740 „
Razem około	10 000 zł.

Spróbujmy teraz przeprowadzić przybliżoną kalkulację opłacalności takiego urządzenia:

Wyżej wymieniony zakład przemysłowy płaci elektrowni za dostarczoną energię wg. taryfy składającej się z dwóch części:

1) z opłaty za 15-o minutowe „maksimum” mocy rzeczywistej wynoszącej zł. 5 miesięcznie od każdego kW;

2) z opłaty za zużyte kWh wynoszącej 7 gr. kWh. Klauzula „cos φ” brzmi w ten sposób, że do całkowitej sumy rachunku miesięcznego dolicza się przy „cos φ” = 0,7 — 7%, przy 0,6 — 11%, przy 0,5 — 20% (przy wielkościach pośrednich — interpolacja)

Przeciętne maksimum 15-minutowe wynosiło	280 kW
„ zużycie miesięczne	50 000 kWh
Opłata miesięczna za maksimum 280 × 5 . . .	= zł. 1 400.—
„ za zużyte kWh 50 000 × 0,02	= zł. 3 500.—
Razem opłata przy cos φ = 0,8	zł. 4 900.—
przy cos φ = 0,61 opłata wynosi	zł. 5 419.—
czyli miesięczny zysk z zainstalowania baterii wyniósłby	5 419 — 4 900 = 519 zł.

Instalacja zamortyzowałaby się w ciągu $\frac{10000}{519} = 19,3$ miesięcy. Ten przybliżony rachunek, oparty jednak na przykładzie wziętym z życia, wyjaśnia korzyści płynące z zastosowania kondensatorów dla poprawy cos φ

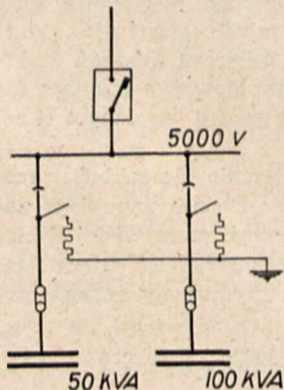
W Niemczech, gdzie kompensacja jest szeroko stosowana i gdzie wskutek tego cena kondensatorów jest stosunkowo znacznie niższa, czas amortyzacji urządzenia wynosi zależnie od taryfy 8 ÷ 12 miesięcy.

Budowa kondensatorów.

Jako dielektryka dla nowoczesnych kondensatorów do poprawy „cos φ” używa się prawie wyłącznie papieru nasyconego olejem. Wysiłki wszystkich wytwórni idą w kierunku zdobycia jak najcieńszego papieru przy jednoczesnym zwiększeniu jego wytrzymałości na przebicie. Na ogół stosuje się papiery grubości 0,008 do 0,015 mm; przy czym ze względu na niejednorodną budowę papieru nigdy nie daje się między okładzinami mniejszej ilości warstw niż trzy (to wyjaśnia przyczynę nieproporcjonalnie wysokiej ceny kondensatorów na napięcie 220 V i niżej, gdzie pomimo zastosowania najcieńszych papierów grubość dielektryku jest jeszcze znacznie większa niż tego wymagają względy elektryczne).

Przy napięciach wysokich ilość warstw dochodzi do 7 i wyżej. Wytrzymałość samego papieru jest jednak zbyt

*) Obecna cena 1 kVA przy napięciu 5 kV wynosi 30 — 40 zł.



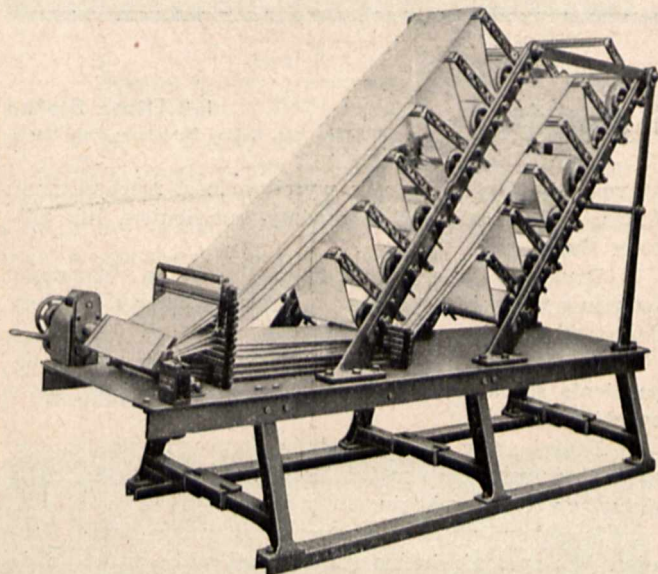
Rys. 12.

mała, a zawarta w nim wilgoć powoduje duże straty w kondensatorze, to też stosuje się dziś powszechnie impregnowanie papieru olejem. Taki nasycony papier może mieć wytrzymałość na przebicie do 50 kV/mm; w praktyce dopuszcza się zwykle $10 \div 12$ kV/mm.

Do nasycania używa się olejów transformatorowych o bardzo dużej wytrzymałości na przebicie (około 160 kV/cm).

Na okładziny daje się folię, najczęściej aluminiową, grubości około 0,01 mm.

Kondensator składa się z całego szeregu elementów o mocy np. 1/3 kVA każdy; kształt ich bywa walcowy lub spłaszczony; przy typie spłaszczonym można lepiej wyzyskać miejsce, jednak na zgięciach łatwiej może nastąpić przy nawijaniu uszkodzenie papieru lub folii.



Fot. 1.

Nawijanie elementów odbywa się na specjalnej maszynie. Na załączonej fotografii Nr. 1 przedstawiona jest taka nawijarka podczas nawijania kondensatorów wysokiego napięcia (2 okładziny i 5 warstw papieru między nimi).

Poszczególne nawinięte elementy łączy się ze sobą przy niskich napięciach równolegle, przy wysokich — szeregowo-równolegle. Widok zmontowanego kondensatora, przygotowanego do nasycenia olejem, przedstawiony jest na fot. Nr. 2. Jest to kondensator na napięcie robocze 380 V, o mocy 20 kVA.

Na fotografii widocznych jest 60 płaskich elementów po 1/3 kVA ułożonych w dwóch kolumnach i połączonych trójfazowo (w trójkąt) szynami z miedzi płaskiej. Poszczególne elementy są od siebie pooddzielane preszpanowymi przekładkami, całość ściśnięta jest przy pomocy śrub. Przy niskich napięciach każdy element zaopatruje się ponadto w bezpiecznik topikowy. Tak przygotowany kondensator umieszcza się w blaszanym zbiorniku i razem z nim wkłada się do kotła impregnacyjnego. Suszenie kondensatora i nasycanie go olejem jest najważniejszym procesem fabrykacyjnym; dla usunięcia wilgoci znajdującej się w papierze wytwarza się w kotle próżnię dochodząca do 0,15 mm przy jednoczesnym ogrzewaniu do temperatury około 100° C.

Tak ostre warunki impregnacji mają na celu usunięcie z papieru nie tylko wilgoci związanej z nim mechanicznie, ale również i chemicznie (wewnątrz włókien), a następnie zastąpienie jej wysokowartościowym olejem. Do

dobrej impregnacji nadają się tylko niektóre rodzaje papieru. Gatunki bardzo ściśliwe, o dużym ciężarze właściwym do nasycania nie nadają się, gdyż zawsze zatrzymują w sobie pewien procent wilgoci. Po dokładnym wysuszeniu zalewa się cały kocioł olejem (bez dostępu powietrza), a następnie suszy w dalszym ciągu wraz z olejem. Na wyjęte z kotła kondensatory zakłada się szczelne pokrywy z izolatorami przepustowymi i starannie zalutowuje, aby niedopuszczyć wilgoci do wewnątrz. Kondensatorów nie należy nigdy otwierać, w wypadku uszkodzenia koniecznym jest odesłanie kondensatora do fabryki, gdyż wymiana uszkodzonych elementów wymaga zawsze ponownego suszenia w próżni.

Z zewnątrz kondensator jest zupełnie podobny do transformatora. Dla małych jednostek zbiorniki budowane są ze zwykłej gładkiej blachy, dla większych — z blachy falistej, dla zwiększenia powierzchni chłodzenia, dla największych zaś jednostek — ze zbiornikami oleju nabudowanymi na kondensator.

Próby kondensatorów.

Zasadniczą próbą, jakiej podlega każdy kondensator, jest próba napięciowa trwająca 1 min. Wysokość napięcia próbnego przepisy określają przy próbie prądem zmiennym na $3 \times$ napięcie znamionowe, a przy prądzie stałym $6 \times$ napięcie znamionowe. Drugą próbą jest pomiar pojemności wykonywany zwykle na mostku Scheringa, przy czym dopuszcza się tu tolerancję $\pm 10\%$ pojemności nominalnej.

Większość firm produkujących kondensatory przeprowadza jeszcze pomiar stratności w dielektryku. Próbę tę robi się albo przez pomiar kąta stratności na mostku Scheringa, albo też, co zdaje się pozwala osiągnąć znacznie dokładniejsze wyniki, przez pomiar przyrostu tempe-



Fot. 2.

ratury przy długotrwałym (zwykle 12 godz.) obciążeniu napięciem podwyższonym o 30% ponad znamionowe.

Próba ta, nieprzewidziana w przepisach, jest najlepszym sprawdzianem wartości kondensatora.

W referacie niniejszym z konieczności cały szereg zagadnień odnoszących się do kondensatorów potraktowane zostało fragmentarycznie. Dla osób bardziej zainteresowanych sprawę poprawy „cos” przy pomocy kondensatorów stałych podaję zestawienie źródeł, z których korzystałem przy opracowywaniu referatu.

BIBLIOGRAFIA.

1. Baudisch und Kann: Der Kondensator in Industrieanlagen und Verteilungsnetzen, Siemens Zeitschrift 1932. H. 10.

2. Fr. Bauer: Der Kondensator in der Starkstromtechnik. Verlag Julius Springer, Berlin 1934.

3. R. Guthmann: Die Eigenschaften dünner ölgetränkter Papiere, E. T. Z. 1934 H. 15. S. 364.

4. Dr. Hochhäusler: Der Kondensator zur Verbesserung des Leistungsfaktors in industriellen Anlagen. Zeitschrift des V. D. I. Bd. 80 (1936) Nr. 31. S. 937.

5. Inż. W. Piekalkiewicz: O jednym ze sposobów polepszenia spójczownika mocy. P. E. 1936, str. 632.

6. H. Schulze: Eine Phasenschieber — Kondensatoranlage für 5 000 BkW bei der Kraftwerk Sachsen-Thüringen A. G. E. T. Z. 1935, H. 18, S. 501.

7. V. D. E. 0560/1932: Leitsätze für ruhende elektrische Kondensatoren in Starkstromanlagen.

Obecny stan techniki impregnacji słupów

Inż. **Eliasz Stefan**

Radca Min. Zakład Botaniczny Pol. Warsz.

Streszczenie. W związku z brakiem drewna staje się koniecznym umiejętnie i skutecznie nasycanie słupów dla przedłużenia ich służby. Podajemy tutaj krytyczny przegląd metod stosowanych obecnie do nasycania słupów z wyszczególnieniem metod, wymagających zastosowania urządzeń fabrycznych oraz takich, które pozwalają na impregnację słupów na miejscu ich użycia.

Sprawa racjonalnego utrwalania drewnianych słupów teletechnicznych staje się z roku na rok coraz bardziej paląca. Na rynku krajowym coraz trudniej o materiał na słupy i materiał ten jest coraz droższy. Można by temu zaradzić albo przez zastąpienie drewna innym bardziej dostępnym i tańszym w eksploatacji materiałem albo też przez takie utrwalenie drewnianych słupów, ażeby stały one możliwie długo bez konieczności wymiany. Studia w tej dziedzinie od szeregu lat prowadzi zarząd kolejowy, dla których trudności zaopatrywania się w materiał drzewny, przede wszystkim na pokłady kolejowe a następnie i na słupy teletechniczne, stają się coraz dotkliwsze.

Z dotychczasowych badań wynika, że drewno dla podkładów kolejowych jest w stanie obecnym materiałem nie do zastąpienia i ani żelazo, ani żelbet nie mogą z nim konkurować. Nawet kraje tak ubogie w drewno, a posiadające natomiast bardzo rozbudowany przemysł hutniczy, jak Anglia i Belgia, pozostają i nadal przy nawierzchni drewnianej traktując konstrukcje żelazne i żelbetowe na razie jako bardzo kosztowne eksperymenty.

Wyniki tych dość wyczerpujących i opartych na dużym materiale statystycznym badań można zastosować i do gospodarki słupami. I w tej dziedzinie drewno, aczkolwiek coraz trudniej dostępne, pozostaje na razie bez konkurencji.

Im droższy jest materiał drzewny, tym staranniej trzeba go zabezpieczyć przed zniszczeniem. Wydatek na ten cel zawsze się opłaca powodując zmniejszenie ogólnych wydatków na drewno oraz na wymianę.

Ustawianie słupów niczym nienasyconych jest nie tylko marnotrawstwem materiału drzewnego, ale również świadomym zwiększaniem własnych wydatków eksploatacyjnych.

Słupy drewniane niszczone są przede wszystkim przez grzyby drzewne, które w miarę swego rozwoju w mniejszym lub większym stopniu niszczą tkankę drzewną i zależnie od szeregu warunków w różnym czasie do-

prowadzają słup do utraty wytrzymałości mechanicznej. Zjawisko to zazwyczaj nazywamy butwieniem lub gniciem słupa.

Drugim z kolei szkodnikiem słupów są rozmaitego rodzaju owady, które drażąc w drewnie kanały i otwory doprowadzają słup do zniszczenia.

Impregnacja (nasycanie) słupa ma na celu uodpornienie słupa przed rozwojem zarówno grzybów, jak i owadów.

Istnieje cały szereg środków impregnacyjnych oraz sposobów nasycania słupów. Podam tu tylko te, które są stosowane u nas w kraju.

Sposobem najdawniejszym stosowanym przez Rzymian jest opalenie końca słupa przed wkopaniem go do ziemi.

W miejscu opalonym drewno zwęglą się. Na powierzchni powstaje więc rodzaj otoczki z warstwy zwęglonej odpornej do pewnego stopnia na rozwój grzyba oraz zabezpieczającej przed wtargnięciem zarodników grzyba do wnętrza drewna.

Wystarczy jednakże najmniejsze niewidoczne dla oka pęknięcie tej warstewki zwęglonej; ażeby zarodniki miały swobodny dostęp do niechronionego drewna. Pęknięcia takie są nieuniknione, chociażby wskutek wysychania słupa.

To też opalenie może jedynie zabezpieczyć w pewnej mierze odziomek zakopany w ziemi. W miejscu jednakże zetknięcia z powierzchnią ziemi opalenie już nie chroni przed zakażeniem grzybem. Oczywiście cała pozostała (nieopalona) część słupa łącznie z wierzchołkiem pozostaje zupełnie nieuodporniona.

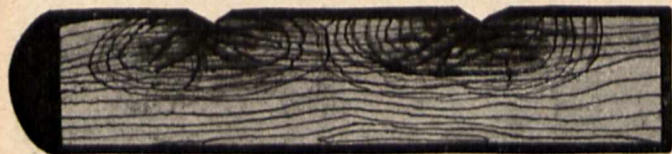
Opalenie więc może mieć pewien sens przy kółkach prawie całkowicie zakopanych do ziemi wyrobionych poza tym z drewna twardzielowego, żywicznego.

Opalenie słupów teletechnicznych jest zabiegiem zupełnie nieskutecznym.

Rozpowszechnione jest również malowanie odziomka słupa, przy czym stosuje się w danym wypadku smołę drzewną, bądź karbolineum. Zależnie od rodzaju środka na powierzchni drewna powstaje wówczas mniej lub więcej cienka warstwa izolacyjna, która ma chronić drewno przed zakażeniem grzybem. Powłoka ta jednak jest nietrwała i wystarczy zadrapanie lub pęknięcie, ażeby ochrona przestała istnieć. Malowanie takimi substancjami jak cement, szkło wodne oraz smoła z drzew liściastych, jest wręcz szkodliwe, ponieważ substancje te

tworzą na drewnie nieprzenikliwy futerał, który utrudnia wysychanie drewna i raczej powoduje szybszegnięcie, zamiast mu zapobiec.

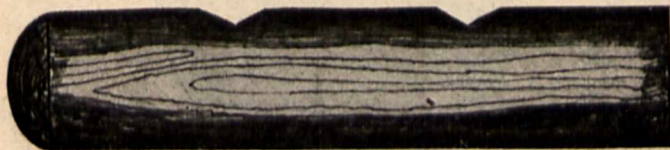
Lepszy już wynik daje smoła drzewna z drzew iglastych, zwłaszcza stosowana na gorąco, ponieważ przynajmniej częściowo, chociaż co prawda bardzo płytko, przenika do drewna. Głębiej przenika karbolineum. Zwracam uwagę, że pod nazwą „karbolineum” należy rozumieć odpowiednie destylaty smoły węglowej, nie zaś płyny sprzedawane pod nazwą „karbolineum” częstokroć nie



Rys. 1.
Drewno pokryte substancją izolującą;
w spękaniach — gnije.

mające w istocie żadnej wartości impregnacynnej, a nawet niekiedy szkodliwe dla drewna. Wszystkie te zabiegi polegające na malowaniu odziomka wymienionymi substancjami nie są skuteczne, a w najlepszym razie dają bardzo nieznaczne zwiększenie trwałości słupa.

Istotny zabieg impregnacynny ma na celu wprowadzenie substancji toksycznej w głąb drewna, tak aby drewno było możliwie głęboko zatrute i w ten sposób stało się niezdadne jako pożywka zarówno dla grzybów, jak i owadów (rys. 2).



Rys. 2.
Drewno pokryte substancją impregnującą;
w spękaniach — zdrowe.

Takie przesylenie słupa osiąga się bądź drogą wtłoczenia do drewna płynów impregnacynnych bądź pomalowania antyseptykami wnikającymi w głąb drewna. Dla słupów sosnowych zazwyczaj stosuje się do wtłaczania olej kreozotowy, do zewnętrznego pociągania — antyseptyki zawierające składniki solone łatwo rozpuszczalne w wodzie.

Nasycanie olejem kreozotowym pod ciśnieniem.

Do dużego kotła żelaznego, t. zw. cylindra impregnacynnego, wprowadza się wózki naładowane słupami. Po załadowaniu i szczelnym zamknięciu wytwarza się w cylindrze ciśnienie powietrzne od 1 i pół do 4 at. Następnie nie redukując ciśnienia wypełnia się cylinder gorącym — w temperaturze około 90°C. — olejem kreozotowym. Po napełnieniu olej tłoczy się do drewna pod ciśnieniem około 7 ÷ 8 atmosfer.

Po zakończeniu tłoczenia redukuje się ciśnienie i spuszcza olej z cylindra. Wówczas sprężone uprzednio wewnątrz tkanek drewna powietrze wychodzi na zewnątrz i wypycha olej z drewna. Tkanka drewna jest więc przepłukana olejem, a cały nadmiar oleju zostaje z drewna usunięty.

W ten sposób osiąga się głębokie przesylenie drewna sosnowego przy najoszczędniejszym zużyciu oleju. Jest to tak zwany sposób oszczędnościowego nasycania czystym olejem kreozotowym według systemu „Rüpinga”. Na 1 m³ słupów sosnowych zużywa się przy tej metodzie 60 ÷ 70 kg oleju kreozotowego. Oczywiście, słup zostaje nasycony olejem na całej swej długości. Słup nasycony w ten sposób olejem stoi w ziemi 3 do 4 razy dłużej, aniżeli słup nienasycony.

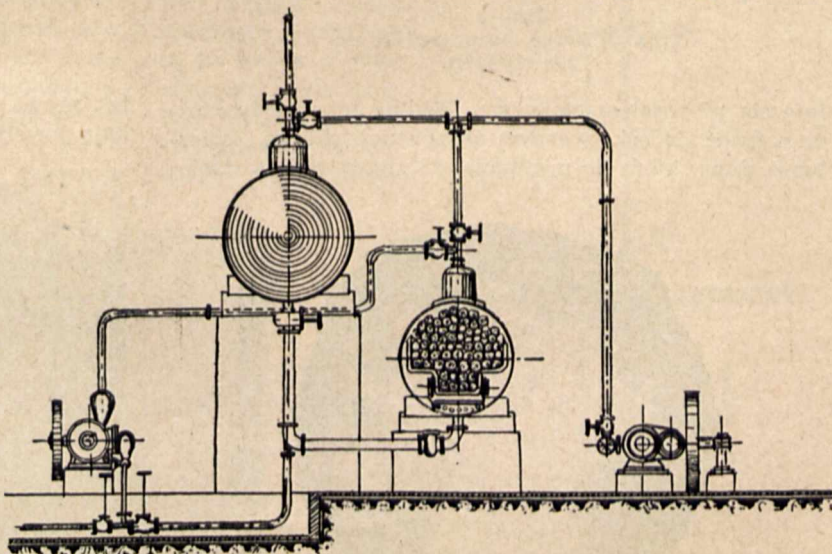
Nasycanie w cylindrach pod ciśnieniem wymaga specjalnych urządzeń i może być wykonane jedynie w zakładach impregnacynnych, tak zwanych nasycalniach (rys. 3).

W kraju posiadamy siedem takich nasycalni, które mogą nasycać słupy sosnowe olejem kreozotowym według opisanej metody: w Mińsku Mazowieckim (woj. Warszawskie), w Solcu Kujawskim (woj. Toruńskie), we Wronkach (woj. Poznańskie), w Zadwórzcu (woj. Lwowskie), w Mołodecznie (woj. Wileńskie), w Dziedziicach i Wielkim Chelmie (woj. Katowickie).

W zakładach tych nasycają słupy również Polskie Koleje Państwowe i Poczta.

Możemy śmiało powiedzieć, że dla przedłużenia trwałości słupów sosnowych jest to sposób najbardziej pewny, zabezpiecza bowiem drewno nie tylko od działania grzybów i owadów, ale chroni również przed ujemnymi wpływami atmosferycznymi.

Nasycanie słupów teletechnicznych w nasycalni wymaga jednak przewożenia słupów do zakładu impregnacynnego i z powrotem do miejsca zużycia. Przy masowym i stałym zużywaniu słupów koszt przewozu zawsze się opłaca. W wypadku jednak zużywania niewielkich ilości słupów, zwłaszcza sporadycznie, stosunkowo wysokie koszty przewozu słupów mogą zniechęcić do nasycania szczególnie w okolicach, gdzie drewno jest tańsze. Drugim ważnym brakiem metody kotłowej jest to, że nasycać olejem można wyłącznie całkowicie suche słupy. Słupy jeszcze

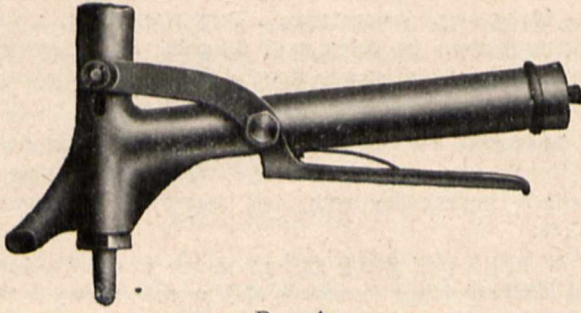


Rys. 3.
Schemat instalacji do nasycania słupów wg. syst. „Rüpinga”.

wilgotne nie mogą być nasycane. W takich więc wypadkach, gdy koszty przewozu do nasycalni są zbyt wysokie, bądź drewno jest jeszcze wilgotne a słupy muszą już być ustawiane, można nasycić słupy na miejscu ich zużycia. Podam tu kilka sposobów takiego nasycania stosowanych w Polsce.

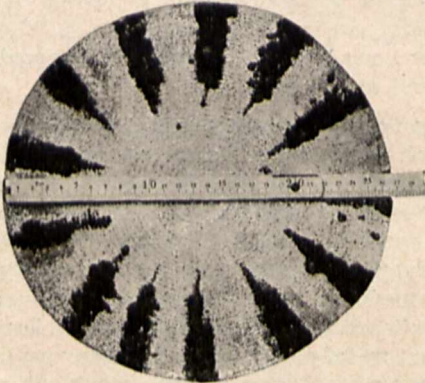
Nasycanie metodą zastrzykową według systemu „Kobra”.

Metoda polega na tym, że w słupie za pomocą specjalnego młota bądź dźwigni robi się szereg nakłuc igłą stalową wewnątrz wydrążoną. (rys. 4). W chwili wycią-



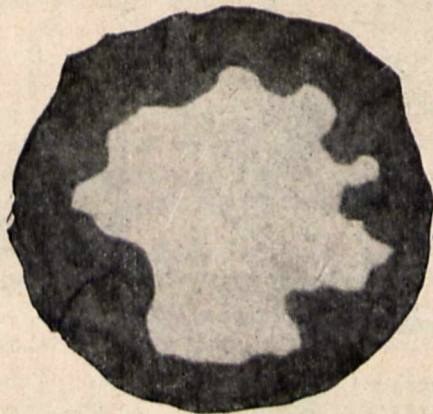
Rys. 4.
Młot impregnacyjny z igłą.

gania igły z drewna następuje wytrysk specjalnej pasty impregnacyjnej, która pozostaje w drewnie. Na jeden metr bieżący słupa dokonywuje się przeciętnie około 100 takich nakłuc. Substancja impregnacyjna zastrzyknięta do drewna stopniowo rozchodzi się po tkance drzewnej i przesyca słup. (rys. 5 i 6). Po nasyceniu cały słup ma-



Rys. 5.
Przekrój słupa bezpośrednio po zastrzykach.

luje się preparatem olejowym. Według tej metody można nasycać nie tylko sosnowe, ale również jodłowe i świerkowe słupy, które do nasycania w cylindrach pod ciśnie-



Rys. 6.
Przekrój słupa w kilkanaście miesięcy po zastrzykach.

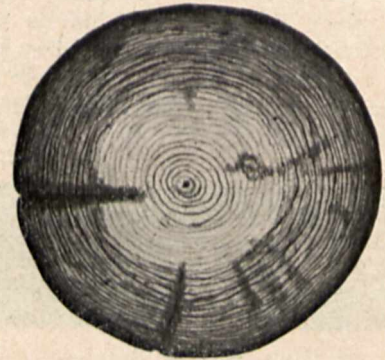
niem nie nadają się. Można poza tym, co jest bardzo ważne, intensywniej nasycić miejsca najbardziej narażone na zniszczenie, a więc odziomek i wierzchołek, a słabiej

pozostałe części słupa. Należy uważać, aby nie nasycać słupów zbyt wysuszonych, ponieważ drewno przy nakłuwaniu pęka. Nie wolno również nasycać drewna już chorego, ponieważ może się zdarzyć, że rozwój grzyba będzie szybszy, aniżeli stosunkowo powolne rozchodzenie się substancji impregnacyjnej w drewnie.

Nasycanie metodą zastrzykową wykonywuje w Polsce Towarzystwo impregnacyjne „Polska Kobra”.

Nasycanie metodą osmotyczną.

Metoda polega na tym, że słupy bezpośrednio po ścięciu, nie zwlekając, koruje się „na biał”, a więc usuwa się korę, łyko i jeden do dwóch słoń rocznie. Tak okorowane słupy natychmiast pokrywa się specjalną pastą impregnacyjną. Pomalowane słupy układa się w szczelne stosy po kilkadziesiąt sztuk i dokładnie objaja ze wszystkich stron papą. W stosach słupy pozostają na okres 12 ÷ 18 tygodni (rys. 7). Jak widzimy, w przeciwieństwie do metody kotłowej, która wymaga drewna jak najbardziej suchego, tutaj chodzi o to, aby drewno było jak najwilgotniejsze. Pomiedzy warstwą soli impregnacyjnych na powierzchni drewna a sokami komórkowymi powstaje różnica stężeń. Wsku-



Rys. 7.
Schemat przenikania substancji impregnacyjnej w głąb drewna wg. metody osmotycznej.

tek prawa dyfuzji i osmozy sole impregnacyjne przenikają powoli w głąb drewna a soki wychodzą na zewnątrz.

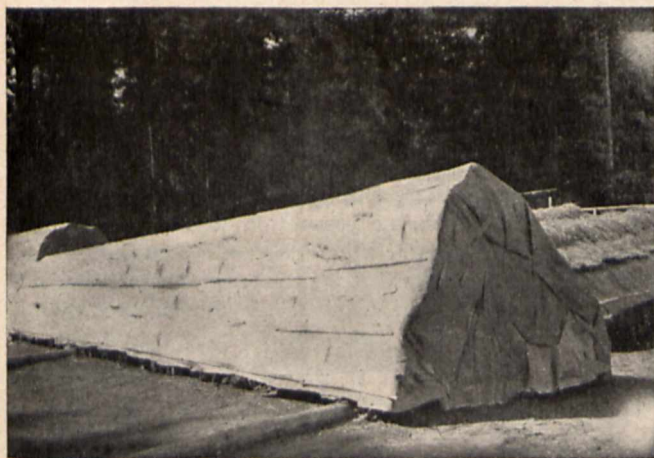


Rys. 8.
Nasycanie metodą „Osmoza”

Szczelne przykrycie stosów ma na celu jak najmniejszą utratę wilgoci, która jest niezbędna dla tego procesu nasycania.

Metoda ta nadaje się do nasycania słupów sosnowych, jak również świerkowych i jodłowych.

Zaletą tej metody jest możliwość nasycania drewna natychmiast po ścięciu również i w okresie letnim, kiedy



Rys. 9.

Stosy słupów nasyconych metodą osmotyczną.

zasadniczo nie ma wyrębów. Niezwłoczne nasycenie po ścinie uniemożliwia jakiegokolwiek zakażenie drewna podczas składowania, co zawsze ma miejsce przy metodach poprzednio opisanych.

Nasycanie metodą osmotyczną wprowadza w Polsce Towarzystwo Impregnacyjne „Osmoza”.

Nasycanie metodą kreodiniowania i bandażowania.

Metoda polega na zwyczajnym malowaniu słupa specjalną substancją impregnacyjną, t. zw. „Kreodinem”. Jest to łatwo wsiąkliwy olej impregnacyjny, odpowiednio spreparowany z dodatkiem dużej ilości substancji grzybobójczych, rozpuszczalnych zarówno w wodzie, jak i w oleju. Jeżeli więc pomaluje

się słup już wyschnięty, to w głąb drewna przenika olej razem substancjami impregnacyjnymi w nim rozpuszczonymi, które z czasem mogą dalej wnikać do drewna. Jeżeli pomaluje się słup wilgotny, to olej tworzy na powierzchni warstwę izolującą, a w głąb drewna przenikają sole rozpuszczalne, podobnie jak w poprzedniej metodzie osmotycznej (rys. 10).

Miejsca słupa specjalnie narażone są na gnicie, a więc odziomek i wierzchołek, owija się poza tym specjalnym bandażem przesyconym



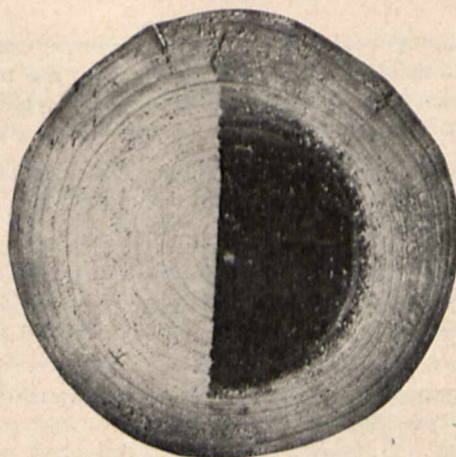
Rys. 11.

Słup zabezpieczony bandażem i czapką.



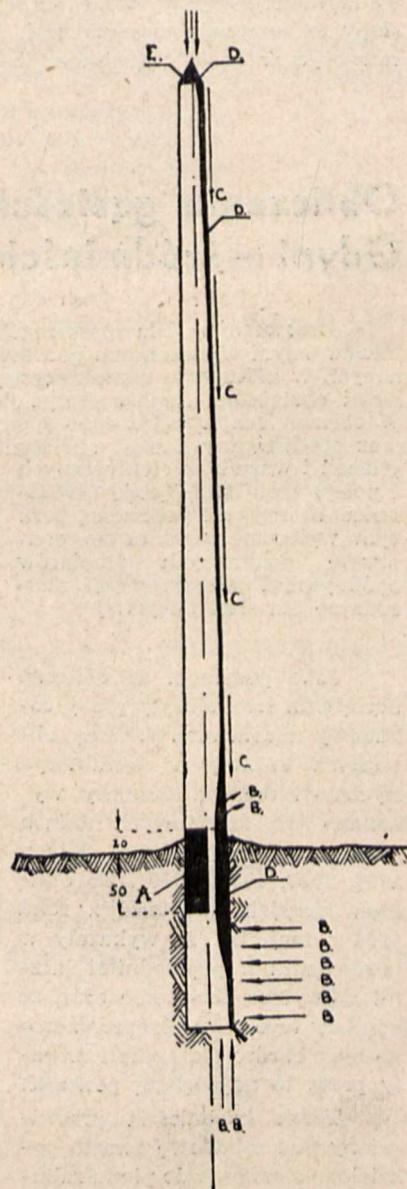
Rys. 12.

Dosycanie słupa w pasie zagrożonym wg. metody „Kobra”.



Rys. 10.

Przekrój słupa świerkowego nasyconego „Kreodinem”. Prawa połowa pomalowana ciemnym odczynnikiem. Miejsca odbarwione wskazują na przeniknięcie substancji impregnujących.



Rys. 13.

Dosycanie słupa wg. metody „Fungus”.

A — Bandaż przeciwnilny, E — Czapka, B — kierunek ruchu wody gruntowej, C — kierunek ruchu wody opadowej, D — miejsca przesycone impregnatem.

solami impregnacyjnymi. Sole te po pewnym czasie przechodzą do drewna przesycając je głęboko. Ma to na celu zwiększenie stężenia grzybobójczego w tych właśnie miejscach (rys. 11).

Metoda kreodiniowania i bandażowania nadaje się do nasycania słupów zarówno sosnowych, jak świerkowych i jodłowych, wilgotnych i suchych.

Sposób ten ma tę dogodną stronę, że można nabywać dowolne ilości preparatów impregnacyjnych i same-mu nasycać nawet pojedyncze słupy sposobem gospodarczym.

Nasycanie według tej metody prowadzi w Polsce Towarzystwo Impregnacyjne „Fungus”.

Dosycanie słupów już ustawionych.

Czstokroć zdarza się zwłaszcza w liniach, gdzie wbudowano słupy w stanie surowym (nienasycone), że słupy te zaczynają masowo gnić, szczególnie daje się to zauważyć w pasie zagrożonym bezpośrednio nad i pod

ziemią. Jeżeli temu niezwłocznie nie zapobiec, to wkrótce może zająć konieczność wymiany całej linii.

W porę i umiejętnie zastosowane środki zaradcze mogą natomiast zniszczenie drewna zahamować i okres wymiany jeszcze na parę lat odroczyć.

W tym celu najlepiej posłać wycinek słupa z charakterystycznym zniszczeniem do Zakładu Botanicznego Politechniki Warszawskiej lub też do Sekcji Walki z Grzybem Domowym przy Polskim Towarzystwie Higienicznym w Warszawie do zbadania i ustalenia, co wywołuje zniszczenie i czy dodatkowe nasycenie może jeszcze przedłużyć trwałość słupa. Zależnie od wyników biologicznego badania można przystąpić do dodatkowego dosycania słupa. W tym celu po odkopaniu słupa można zastosować bądź zastrzyki w pasie zagrożonym (metoda „Kobra”), bądź bandażowanie odziomka lub malowanie „Kreodinem” (metoda „Fungus”).

Przy umiejętnym i prawidłowym zastosowaniu środki te są bardzo celowe p. rys. 12 i 13.

Obliczenia gęstości obciążenia do projektów sieci Gdyni – śródmieścia

Inż. Maciejowski St.

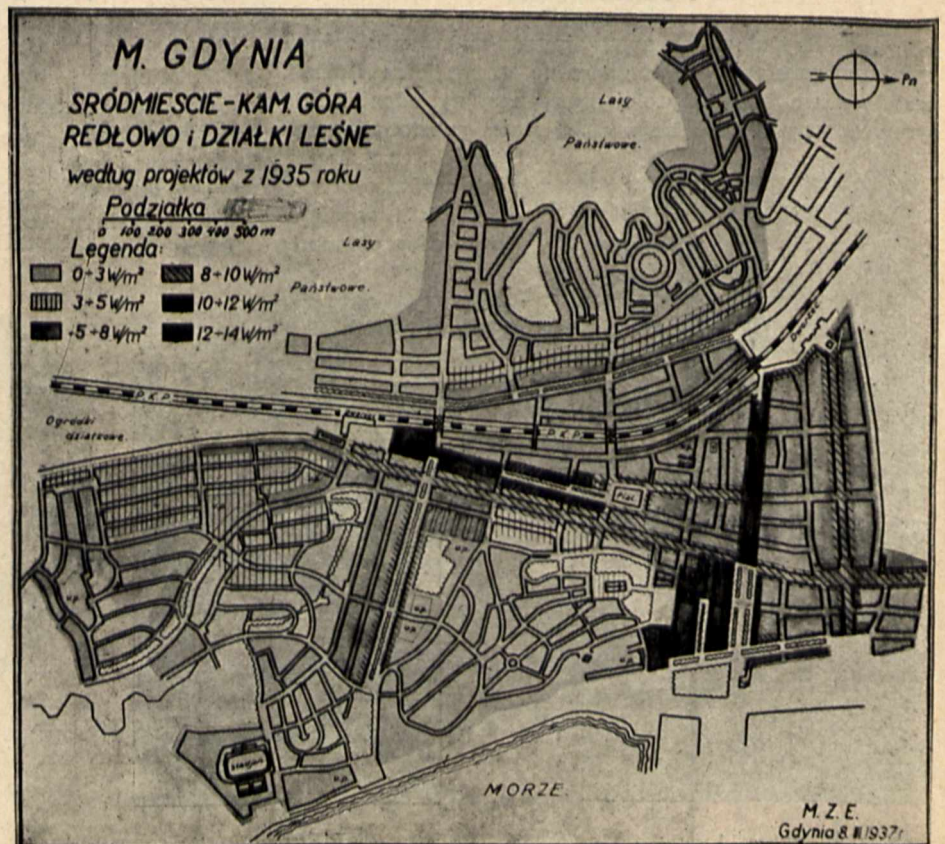
Miejskie Zakłady Elektryczne w Gdyni

Streszczenie. Dla poszczególnych stref zabudowy Miasta Gdyni wyliczono na podstawie pomiarów — dokonanych w kilkunastu charakterystycznych domach — gęstości obciążenia, mające służyć do projektowania sieci. W obliczeniach uwzględniono spójczynniki jednoczesności oraz spodziewany wzrost obciążenia pochodzący od kuchenek i wariatorów elektrycznych i polepszenia istniejącego oświetlenia. W artykule podane są poza tym wyliczone również na podstawie dokonanych pomiarów spójczynniki jednoczesności miarodajne dla sieci miejskiej.

Jako podstawa do obliczeń obciążenia sieci służyły plany zabudowy miasta oraz pomiary obciążenia kilkunastu charakterystycznych domów. Pomiary wykonano w szczytowych dniach przedgwiazdkowych w latach 1931, 1932, 1933 i 1934. Do obliczeń przyjęto wartości z roku 1934 z racji tej, że wykazały w porównaniu z poprzednimi latami najwyższe obciążenie oraz, że pomiary tego roku przeprowadzone były bardzo starannie i dawały przez to największą pewność.

Teren śródmieścia przewidziany pod zabudowę zwartą podzielono stosownie do planu zabudowy na 3 strefy mogące się różnić pod względem szczytowego obciążenia — tak co do jego wysokości, jak i przesunięcia jego w czasie. Dzielnice położone na periferiach śródmieścia podzielono na 2 strefy, a mianowicie na stre-

fę o zabudowie grupowej i strefę o zabudowie luźnej. Pod względem urbanistycznym różnią się strefy rodzajem i wysokością budynków, szerokością ulic oraz spójczynnikiem zabudowy. Pod spójczynnikiem zabudowy należy rozumieć stosunek zabudowanej powierzchni parceli do po-



Rys. 1.

wierzchni całej parceli i przypadającej do niej części ulicy.

Zestawienie stref.

Strefa	Rodzaj zabudowy	Dopuszczalna wysokość zabudowy m	Ilość kondygnacji	Charakter dzielnicy	Szerokość ulicy m	Spółczynnik zabudowy
I	zwarta	18÷26	5÷8	handlowy	ok. 24	0,35
II	zwarta	18	5	handl. mieszk.	ok. 21	0,365
III	zwarta	15÷18	4÷5	mieszkaniowy	ok. 18	0,380
IV	grupowa	12÷15	3÷4	mieszkaniowy	15÷18	0,350
V	luźna	8,5	2	mieszkaniowy	9÷12	0,250

Odnosnie do stref o zabudowie zwartej wykonano pomiary ze względów praktycznych tylko w budynkach o charakterze handlowo-biurowym i mieszkaniowym, zatem przypadających do strefy I-ej i III-ej. Dla strefy II-ej przyjęto wartość średnią.

Jako najodpowiedniejszą formę wartości obciążenia specyficznego dla obliczeń sieciowych miasta należy uważać gęstość obciążenia w watach na m² lub w kilowatach na km². Wartość ta daje możliwość najlepszego zobrazowania rozłożenia obciążenia na terenie miasta, a nawet topograficznego jego przedstawienia, wreszcie ułatwia w znacznym stopniu przeprowadzenie obliczeń na gospodarność.

W następującej tabeli zestawione są gęstości obciążeń wyliczone na podstawie pomiarów obciążenia szczytowego 6-ciu domów położonych w strefie I-ej i 6 domów położonych w strefie III-ej. Wyliczenie nastąpiło przez podzielenie wartości zmierzonej przez zabudowaną część

powierzchni parceli i pomnożenie przez współczynnik zabudowy. Ze względu na różne wysokości zabudowy w obrębie jednej strefy, wyliczono w dalszym ciągu gęstość obciążenia, przypadającą na jedną kondygnację.

Zaznaczyliśmy już, że przesunięcie szczytowej gęstości obciążenia może być nie tylko miejscowe, lecz i czasowe. Jedynie gdyby wymienione w tabeli domy miały czasowo identyczny przebieg szczytu wieczornego, można by wyliczone wartości uznać jako odpowiadające stanowi gęstości obciążenia. Zmierzone szczytowe obciążenia poszczególnych domów rozrzucone były jednakże czasowo w okresie ogólnego szczytowego obciążenia miasta, t. j. pomiędzy godziną 16-tą a 20-tą. Nadmienić przy tym należy, że zgodnie z przypuszczeniami szczytowe obciążenia domów handlowo-biurowych układały się przeważnie w pierwszej połowie, zaś domów mieszkaniowych — w drugiej połowie okresu.

Zachodzi zatem potrzeba uwzględnienia współczynnika jednoczesności. Praktycznych wartości tego współczynnika w publikacjach nie ma.

W odniesieniu do miejskich sieci może wskutek niejednoczesności szczytów nastąpić wyrównanie obciążenia:

- 1) w rozdzielni wysokiego napięcia,
- 2) w sieci wysokiego napięcia,
- 3) w stacjach transformatorowych,
- 4) w sieci rozdzielczej,
- 5) w przyłączach domowych.

Otrzymujemy więc 5 współczynników jednoczesności, a mianowicie:

- 1) Współczynnik jednoczesności dla sieci wysokiego napięcia

Strefa	Oznaczenie domu	I.						III.					
		J	V	PM	O	PG	F	B	Z I	Z II	Z III	EM	S
Pomiar 20.12.34.	Ilość kondygnacji	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Zabudowana powierzchnia parceli m ²	410	305	192	531	663	240	287	260	260	260	2 203	250
	Zmierzone szczytowe obciążenie domu W	8 000	9 800	—	7 600	12 400	7 600	2 600	4 400	3 500	1 900	13 600	2 400
	Obciążenie na 1 m ² zabud. powierzchni parceli W/m ²	19,5	32,13	—	14,33	18,7	31,68	9,07	16,92	13,46	7,03	6,17	9,6
	Średnia gęstość obciążenia W/m ²	8,14						3,94					
Średnia gęstość obciążenia przypadająca na 1 kondygnację W/m ² ik.	1,628						0,788						
Pomiar 21.12.34	Zmierzone szczytowe obciążenie domu W	8 100	8 200	5 000	6 400	12 400	5 200	2 800	4 300	4 000	3 400	—	2 400
	Obciążenie na 1 m ² zabud. powierzchni parceli W/m ²	19,75	26,87	26,05	12,06	18,7	21,67	9,77	16,53	15,37	13,07	—	9,6
	Średnia gęstość obciążenia W/m ²	7,32						4,88					
	Średnia gęstość obciążenia przypadająca na 1 kontygnację W/m ² ik.	1,464						0,976					
Średnie wartości z obu dni pomiarowych.													
Gęstość obciążenia W/m ²		7,73						4,41					
Gęstość obciążenia przypadająca na 1 kondyg. W/m ² ik.		1,546						0,882					

$$j_w = \frac{\text{Szczytowe obciążenie rozdzielni}}{\text{Suma szczytowych obciążeń odpływowych kabli wys. napięcia}}$$

2) Spółczynnik jednoczesności dla stacji transformatorowych

$$j_t = \frac{\text{Szczytowe obciążenie sieci wysokiego napięcia}}{\text{Suma szczytowych obciążeń przyłączonych stacji transf.}}$$

3) Spółczynnik jednoczesności dla sieci rozdzielczej

$$j_{sr} = \frac{\text{Szczytowe obciążenie stacji transformatorowej}}{\text{Suma szczytowych obciążeń kabli odpływowych}}$$

4) Spółczynnik jednoczesności dla przyłączy domowych

$$j_p = \frac{\text{Szczytowe obciążenie sekcji sieci rozdzielczej}}{\text{Suma szczytowych obciążeń przyłączonych do sekcji domów}}$$

5) Spółczynnik jednoczesności dla domowych urządzeń elektrycznych

$$j_d = \frac{\text{Szczytowe obciążenie przyłącza domowego}}{\text{Moc zainstalowana w urządzeniu domowym.}}$$

Pomiary współczynnika jednoczesności wykonano również w okresie szczytowego obciążenia sieci w drugiej połowie grudnia roku 1934. W zależności od miejsca pomiaru, wykazały wyniki w odniesieniu do współczynnika j_s i j_p bardzo małe wahania, natomiast dość znaczne różnice, jeśli chodzi o współczynnik j_d .

Wyliczone średnie wartości przedstawiają się następująco:

1.	2.	3.	4.	5.		
j_w	j_t	j_{sr}	j_p	j_d I strefa	j_d III strefa	j_d średnio
0,96	0,90	0,96	0,85	0,313	0,234	0,277

Iloczyn pierwszych czterech wartości daje nam współczynnik jednoczesności dla całej sieci

$$j_s \cong 0,71$$

Uwzględniając dodatkowo współczynnik j_d (wartość średnia), otrzymujemy całkowity współczynnik jednoczesności dla sieci i urządzeń odbiorczych

$$j \cong 0,2$$

Zgodność ostatniej wartości można z dużym przybliżeniem sprawdzić dzieląc szczytowe obciążenie zakładu przez sumę mocy zainstalowanej zgłoszonych urządzeń odbiorczych. W ten sposób wyliczony całkowity współczynnik jednoczesności wynosił w roku 1934 dla Gdyni 0,18 i wykazuje w latach następnych pewne obniżenie. Tłumaczy się to coraz powszechniejszym stosowaniem grzejnictwa elektrycznego.

Miarodajny dla wyrównania obciążeń sieci rozdzielczej jest współczynnik jednoczesności dla przyłączy domowych. Uwzględniając współczynnik ten w naszych obliczeniach gęstości obciążenia otrzymujemy:

S t r e f a	I	III
Gęstość obciążenia na 1 kondygnację W/m ² i kondygn.	1,313	0,745

Tym wartościom odpowiada stan elektryfikacji gospodarstw domowych z roku 1934. Domy, w których wykonano pomiary, miały zaledwie 5% gospodarstw z kuchenkami i 2% gospodarstw z warkami elektrycznymi. W związku z rozwojem elektryfikacji gospodarstw domowych należy się liczyć z dodatkowym obciążeniem spowodowanym przez

1) polepszenie oświetlenia, wyposażenie w aparaty elektryczne i drobny sprzęt grzejny,

2) kuchenki elektryczne,

3) warki elektryczne.

Stopień elektryfikacji gospodarstw domowych wpływa nie tylko na wysokość obciążenia, lecz i na charakter obciążenia dobowego, a w związku z tym i na godziny użytkowania sieci. Według Mörtzscha *) otrzymuje się najkorzystniejsze obciążenie sieci, jeśli przy normalnych warunkach rozwoju elektryfikacji około 25% gospodarstw domowych gotuje elektrycznie. Szczyt wieczorny wzrasta wówczas o około 15 ÷ 20%, szczyt południowy wyrównuje się z wieczornym, a ilość godzin użytkowania powiększa się o około 35%. Z powyższego wynika, że udział kuchenek w szczyt wieczornym jest stosunkowo mały.

Warunki zmieniają się zasadniczo z chwilą wzrostu ilości gospodarstw domowych z kuchenkami elektrycznymi ponad 25%. Szczyt południowy przewyższa wówczas szczyt wieczorny i godziny użytkowania spadają. Wyższy stopień elektryfikacji wymagałby więc odmiennych założeń przy projektowaniu sieci.

Dla opracowania planów sieci Gdyni zdecydowano się więc przyjąć stan elektryfikacji, w którym około 25% gospodarstw domowych mieć będzie kuchenki elektryczne, wychodząc ze stanowiska, że stan ten daje najlepsze wykorzystanie sieci oraz że przy istniejącym stopniu zamożności naszego społeczeństwa czas osiągnięcia wyższego stanu elektryfikacji wydaje się zbyt odległy.

Opierając się na własnych pomiarach i zagranicznych publikacjach przyjęto, że wzrost obciążenia pochodzącego od oświetlenia i od drobnych aparatów w przyjętym okresie rozwoju wyniesie około 40%. Liczbę tę należy jednakże przy uwzględnieniu jej w wyliczonych wartościach gęstości obciążenia z powodu istniejącego już w nich pewnego udziału obciążenia grzejnego zmniejszyć do około 30%. Dodatkowa gęstość obciążenia spowodowana polepszeniem oświetlenia oraz wyposażeniem gospodarstw domowych w drobne aparaty wyniesie

S t r e f a	I	III
Dodatkowa gęstość obciążenia przypadająca na 1 kondygnację W/m ² i k.	0,393	0,225

Odnosnie do kuchenek elektrycznych przyjęto wg. Mörtzscha, że udział jednej kuchenki w wieczornym szczytowym obciążeniu sieci wyniesie około 200 watów. W wartości tej są już uwzględnione współczynniki jednoczesności i mniej więcej proporcjonalne rozłożenie kuchenek na sieci. Ponieważ w domach, w których wykonywano pomiary, około 5% gospodarstw było już zaopatrzonych w kuchenki elektryczne, uwzględnia się przy wyliczaniu dodatkowego obciążenia wzrost nie o 25 a 20%.

Rozwój instalowania warków elektrycznych zależy jest — wg. zrobionych doświadczeń — w większym stopniu od zamożności odbiorców. Należy się więc liczyć z mniejszą ich ilością. Ze zrozumiałych zaś względów poczyni elektrownia wszelkie zabiegi w celu jak najdalej posuniętego wyeliminowania warków o dużej mocy (1 000 W i wyżej) ze szczytu wieczornego, pozostawiając odbiorcom dowolność czasu używania jedynie dla małych warków (500 W).

W rezultacie przyjęto, że w czasie szczytu wieczornego tylko 5% gospodarstw domowych obciążać będzie

*) Mitt. d. VDEW — 1930, str. 625, 705.

się wernikami o średniej mocy 500 W. Przy uwzględnieniu przypadającej w Gdyni-śródmieściu na jeden dom powierzchni parceli i ulicy, otrzymano więc następującą dodatkową gęstość obciążenia, pochodzącą od kuchenek i werników.

S t r e f a	I	III
Dodatkowa gęstość obciążenia przypadająca na 1 kondygnację W/m ² i k.	0,148	0,160

Dodając wartości i przyjmując dla II-iej strefy średnią z wartości I-iej i III-iej strefy oraz wyliczając w analogiczny sposób gęstości obciążenia dla IV-iej i V-iej strefy, otrzymano

S t r e f a	I	II	III	IV	V
Gęstość obciążenia przypadająca na 1 kondygnację W/m ² i kondygn.	1,854	1,492	1,130	0,941	0,631

W celu wyliczenia obciążenia poszczególnych bloków domów mnożymy ostatnie wartości przez ilości kondygnacji i otrzymujemy gęstości obciążenia dla poszczególnych stref i wysokości zabudowania.

Gęstości obciążenia W/m²

Ilość kondygnacyj	2	3	4	5	6	7	8
I strefa	—	—	—	9,28	11,12	13,0	14,84
II „	—	—	5,98	7,47	8,97	—	—
III „	—	3,39	4,52	5,65	—	—	—
IV „	—	2,82	3,76	—	—	—	—
V „	1,26	1,90	—	—	—	—	—

Podany plan przedstawia rozłożenie gęstości obciążenia na terenie Gdyni-śródmieścia.

Średnia gęstość obciążenia dla części terenu miasta przeznaczonej pod zabudowę zwartą wynosi 7 W/m²; natomiast dla całego terenu śródmieścia łącznie z terenami przeznaczonymi pod zabudowę grupową i luźną 4,4 W/m². Dla porównania warto przytoczyć, że średnią gęstość obciążenia sieci berlińskiej szacuje się dla roku 1940 w wysokości 5 W/m²¹⁾. Burger natomiast szacuje gęstości obciążenia w miastach niemieckich w niedalekiej przyszłości w wysokości od 13 — 34 W/m²²⁾.

Wyliczone dla przyszłej Gdyni gęstości obciążenia należy więc na ogół ocenić jako nie zbyt wysokie.

¹⁾ Mitt. d. VDEW — 1930, str. 38.

²⁾ ETZ — 1929, str. 74.

SEKCJA PRZEMYSŁOWA

A. Zagadnienia ogólne

Samowystarczalność polskiego przemysłu elektrotechnicznego z punktu widzenia gospodarczego i obrony kraju

Nowiński Jerzy^{*)}

Streszczenie. Elektryfikacja kraju nieodzownym warunkiem obronności kraju. Konieczność elektryfikacji i rozbudowy przemysłu elektryfikacyjnego w Polsce. Nie-wystarczalność przemysłu elektrycznego przy właściwym tempie elektryfikacji oraz przeszkody w jego rozwoju na ogólnym tle gospodarczym. Postulaty przemysłu elektrotechnicznego w dziedzinie samowystarczalności produkcji i rozbudowy przemysłu.

Przemysł elektrotechniczny w Polsce datuje swoje powstanie od niedawna, bo zaledwie od 18 lat, kiedy to zaczęły powstawać niewielkie warsztaty i powoli rozrastać się w poważniejsze zakłady. Jednakże w Polsce w ciągu tych 18 lat w porównaniu z innymi państwami przemysł ten nie wyszedł jeszcze z powijkaków; również ogólny stan elektryfikacji kraju, od którego zależy jest rozwój przemysłu elektrotechnicznego, nie osiągnął właściwego poziomu.

W szeregu państw europejskich stoimy na szarym końcu. W roku 1935 zatrudniliśmy w przemyśle elektrotechnicznym zaledwie 10 000 ludzi i osiągnęliśmy 86 000 000 zł. obrotu.

Stanowisko nasze wśród innych państw wymaga, abyśmy pod każdym względem, a tym bardziej pod względem stanu elektryfikacji, nie pozostali na szarym końcu. Nie możemy więc poprzestawać na 80 kWh spożywanej energii na głowę jednego mieszkańca, a powinniśmy w ciągu najbliższych paru lat rozwijać naszą elektryfikację procentowo więcej, niż inne państwa, aby wyrównać rażący stosunek pomiędzy nami a innymi krajami, gdzie spożycie jest kilkakrotnie a nawet z górą dziesięciokrotnie większe niż u nas (Czechosłowacja 193 kWh, Niemcy 404 kWh, Szwajcaria 1219 kWh), bo przecież energia elektryczna w dobie obecnej jest prawie że jedynym wykładnikiem i wskaźnikiem wszelkiej energii wogóle.

O konieczności rozwoju elektryfikacji wraz z towarzyszącym jej rozwojem przemysłu elektrotechnicznego dla życia gospodarczego i dla potrzeb obrony kraju właściwie nie trzeba nawet mówić, gdyż konieczność rozwoju jej jest nieodzowna.

Z punktu widzenia potrzeb gospodarczych i obronnych kraj powinien być wyposażony w jak największą ilość zakładów wytwarzających energię. Również powinien być pokryty jak najgęstszą siecią linii przesyłowych, rozprowadzających i rozdzielających energię, która służy w czasach pokoju do podnoszenia poziomu życia i dobrobytu, w czasach wojny celom wojennym. Dla kraju, posiadającego wysokie spożycie energii na głowę jednego mieszkańca, posiadającego większość dużych elektrowni

połączonych sieciami wysokiego napięcia, zniszczenie lub unieruchomienie jednej z elektrowni nie stanowi tak dotkliwego ciosu, wówczas gdy na terenach pozbawionych ich ma się możliwość przesyłania i rozdzielania energii z innych elektrowni. Łatwiej i szybciej jest naprawiać uszkodzenia linii przesyłowych, niż odbudowywać zniszczone elektrownie.

Całkowita troska o zabezpieczenie źródeł wytwarzania i rozsyłania cennej energii spada na barki przemysłu elektrotechnicznego. To są obowiązki przemysłu elektrotechnicznego pośrednio związane z obroną Państwa nie mniej ważne, niż samo wytwarzanie sprzętu dla celów obrony, co również należy do obowiązków przemysłu. I tu trudno jest nawet przewidzieć, co i jak ma produkować przemysł elektrotechniczny dla celów obrony kraju. Jednakże wszystko, co ma służyć dla obrony kraju, musi posiadać jak najdalej posuniętą możliwość wykonania na miejscu wewnątrz kraju. To państwo bowiem ma większe szanse długotrwałej i skutecznej obrony, które posiada odpowiednio dobrze rozbudowane przemysły i to o wysokim potencjale wytwórczym, t. j. takie, które we własnym zakresie możliwie jak największym potrafią wytwarzać wszystkie półfabrykaty bez uciekania się w przetwarzaniu do pomocy z zewnątrz kraju.

Takim wysokim potencjałem, a tym samym i wysokim stopniem przystosowania się przemysłu do potrzeb obrony kraju, odznaczają się St. Zjednoczone i Niemcy.

Każdy chce przerabiać surowce w swoim kraju, rekami własnych robotników i przez to być silniejszym i lepiej przystosowanym do obrony rozwiązując jednocześnie w ten sposób w dużej mierze sprawę bezrobocia.

Te metody stosuje większość krajów, tak że w międzynarodowej polityce gospodarczej wysuwa się obecnie już nie zagadnienie wymiany towarów, lecz tylko i wyłącznie surowców. Wytworzenie takiego stanu i takich warunków bez własnego przemysłu elektrotechnicznego byłoby niemożliwe; nie mając odpowiednio rozbudowanego przemysłu, musielibyśmy uciekać się do pomocy z zewnątrz kraju, a wiadomo jest, jak drogo to trzeba okupować.

Widzimy z tego, że przemysł elektrotechniczny przez swoje zadanie ma zapewniony byt na długi szereg lat, tym bardziej że obok celów natury czysto obronnej służy jednocześnie do celów utylitarnych. Życie gospodarcze kraju, ożywione nieco w ostatnich latach, stawia przemysłowi elektrotechnicznemu już teraz tak duże wymagania, stwarza tak duże możliwości, że w chwili obecnej jest on niewystarczający i z trudem może wywiązać się ze swego zadania. Jeżeli spojrzymy na nasze fabryki elektrotechniczne, to zobaczymy, że bezrobocie w tym prze-

^{*)} Fabr. Apar. Elektr. K. Szpotański i S-ka, S. A.

myśle właściwie nie istnieje. Większość fabryk pracuje ponad normę ustawowego 8 godz. dnia pracy, większość z nich wykazuje stały przyrost zatrudnionych a nawet w ciągu roku podwaja zatrudnienie. Statystyki wykazują stały wzrost obrotów i zdawałoby się, że jest wszystko w porządku.

Mamy już kadry dobrych inżynierów, mamy wyszkolonych ludzi, brak nam tylko fabryk i warsztatów.

Lecz jeśli mamy w rzeczywistości spełnić swoje zadanie, zatrzeć rażące różnice w stosunku do innych państw i zająć odpowiednie miejsce tak pożądanego z punktu widzenia interesów Państwa, musimy nasz rozwój uwielokrotnić.

Przemysł z trudem podążający za ilościowym wymaganiem rynku, nie mający kapitałów na rozbudowę, nie może 100%-owo spełnić wszystkich swoich zadań.

Będzie on szedł po linii najmniejszego oporu i nie będzie twórczym, lecz tylko wytwórczym; nie będzie starał się zagarniać coraz to nowszych dziedzin lub przystosowywać swą produkcję do samodzielnego wytwarzania wszystkich składników produkcji bądź to przez wpływanie na pomocnicze przemysły i siłą rzeczy uciekać się będzie do pomocy z zewnątrz kraju.

Największym czynnikiem hamującym rozwój przemysłu jest brak kapitału i warunków, które pozwoliłyby temu kapitałowi wytworzyć się samemu.

Liczyć na pomoc z zewnątrz nie możemy i nie powinniśmy. Zresztą gdyby i znalazły się kapitały, to w pierwszym rzędzie winne one iść na elektryfikację i inwestycje o charakterze więcej ogólnie społecznym, gdzie są nie mniejsze braki, a w konsekwencji odbiłyby się one we właściwy sposób na przemyśle.

Uzyskane ostatnio pożyczki zagraniczne dla elektryfikacji węzła warszawskiego i francuska przychodzą do nas w większości w towarze tym samym podkreślając fakt, jak ważnym czynnikiem jest zagadnienie polityki surowcowej i konieczność stworzenia własnego przemysłu. Reasumując widzimy, że:

1) Przemysł elektrotechniczny jest w dobie obecnej przemysłem ekspansywnym.

2) Konieczność jego rozbudowy z punktu widzenia interesów Państwa jest nieodzowna i paląca.

Czynniki hamujące jego prawidłowy rozwój jest nieskordynowana polityka gospodarcza i brak odpowiednich ustaw przy ciężkim ucisku świadczeń społecznych i fiskalnych.

Wiemy, jak wielkie korzyści dała ustawa o rozbudowie miast. Aczkolwiek skutek kompletnego zubożenia społeczeństwa budownictwo stoi u nas na bardzo niskim poziomie, jednak widzimy, że dobrze pomyślana ustawa dała dodatnie wyniki i budujemy więcej, niż po naszym stanie byłoby można się spodziewać.

W roku bieżącym kończy się jej działalność i na rynku brak jest materiałów budowlanych.

Daje się więc ulgi przez prawo potrącania z dochodu sum wydatkowanych na budowę domów mieszkalnych, daje się ulgi dla nabywców pojazdów mechanicznych, lecz nie ma ulg dla przemysłów ekspansywnych i rentujących, bowiem do każdej kupionej uruchomionej obrabiarki, do każdego wybudowanego gmachu fabrycznego trzeba dopłacać słony haracz fiskalny.

A przecież zrozumiałą jest rzeczą, co przynosi więcej korzyści — czy dom mieszkalny, czy samochód, który w każdej chwili może ulec zniszczeniu, czy fabryka mająca szansę rozwoju i zatrudnienia ludzi i dająca możliwość tym ludziom budować domy i kupować samochody. Każda obrabiarka przybywająca do przemysłu przynosi jednocześnie różnorakie korzyści: trzeba ją gdzieś posta-

wić, trzeba przy niej zatrudnić człowieka, trzeba jej dostarczyć materiału do obróbki, trzeba półfabrykaty zmontować i t. d.

I dopóki nie mamy możliwości uruchamiania jak największej tych maszyn i obrabiarek pracujących czy to w przemyśle elektrotechnicznym, czy to samochodowym lub w każdym innym przemyśle ekspansywnym, nie wyjdziemy po za błędne koło osłabiające nasze życie gospodarcze i podrywające siłę Państwa.

Dopóki będziemy podatkować źródło dochodu u samych jego korzeni, a nie korzyści z niego płynące, dopóty nie będziemy mieli ani rozwiniętego przemysłu, ani też bujniejszego życia gospodarczego. Przemysł musi być samowystarczalny i to nie tylko w produkcji, lecz też w rozbudowie, gdyż oglądanie się na pomoc z zewnątrz do niczego nie doprowadzi. Należałoby wyjść z założenia, że zyskiem zakładu przemysłowego w okresie rozwoju może być tylko to co z niego wypływa na zewnątrz i już nie wraca t. j. dywidendy, tantiemy i t. d., a wszelkie inwestycje powinny być potrącane z dochodu, choćby na przeciąg paru lat, bo inaczej nie ruszymy z martwego punktu przy naszym ustawodawstwie, niewystarczających stawkach amortyzacyjnych i t. d.

Nie można pominąć milczeniem sprawy surowców.

Jak dotychczas odcięcie źródeł dostaw z zagranicy w większości wypadków unieruchomiłoby nasz przemysł nie tylko w braku surowców, lecz i z braku półfabrykatów lub zgoła wyrobów gotowych. Produkuje się u nas dużo rzeczy — jednakże często najprostsze i najpotrzebniejsze rzeczy sprowadza się z zagranicy, z jednej strony dlatego, aby dać możliwość wyjścia z Polski obcemu kapitałowi zebranemu w Polsce, który w ten sposób szuka sobie bezbolesnej drogi do wyjścia i nieraz wraca z powrotem do kraju — ale już jako kapitał obcy, z drugiej strony nie produkuje się dużo rzeczy po prostu z braku kapitału, gdyż przemysł elektrotechniczny nie jest w stanie nadążyć za zapotrzebowaniem i nie ma kapitału na nowe inwestycje, ani też siły do stworzenia przemysłu pomocniczego i idąc po linii najmniejszego oporu sprowadza je z zagranicy. Nie wystarczy jednak tylko ograniczać import półfabrykatów. Trzeba pomyśleć o zapasach surowców i o stosowaniu materiałów zastępczych. Wiemy, jak gospodarują Niemcy którzy ograniczają zapotrzebowanie miedzi nawet w przemyśle elektrotechnicznym przez zabranianie jej stosowania tam, gdzie nie jest ona konieczna, wiemy jak propagują wyroby 100%-owo wykonane w kraju, zastrzegając się nieraz, że choć może są cokolwiek gorsze, jednak wykonane całkowicie w kraju i rękami niemieckich inżynierów i robotników. Wiemy też jak walczą skutecznie z marnotrawstwem tych materiałów, które trzeba sprowadzać z zagranicy.

Podstawowy surowiec jak miedź, którego nie ma w kraju, a który jest jednym z najważniejszych surowców wojennych i nieodzownym w elektrotechnice — powinien być gromadzony w dużej ilości, a wystarczy zajrzeć do rocznika statystycznego „Handel zagraniczny R. Pol” za rok 1936, aby się przekonać, że miedzi sprowadziliśmy

w blokach i płytach „tylko” za zł. 15 605 000.—

w blachach i odpadkach zł. 529 000.—

zaś w stopach, drutach i t. d. za zł. 2 400 000.—

Tym bardziej jest to przykre, gdy widzimy z drugiej strony, że sprowadzamy:

wielką surowej za zł. 118 000 000 (prawie 11% całości importu),

skór surowych za zł. 50 809 000,
oraz futer za zł. 32 576 000.

przy czym wełny przerabiamy 26 miln. kg z importu, z wewnętrznego rynku zaledwie 5 miln., choć zdawałoby się, że będąc krajem w 70% rolniczym moglibyśmy choć w 50% pokrywać zapotrzebowanie na te artykuły z wewnętrznego rynku.

Musimy to opłacać zmniejszonymi możliwościami dla rozbudowy przemysłu i ograniczonym zaopatrzeniem lub nawet gromadzeniem niezbędnych surowców.

Zresztą zagadnienie zaopatrywania przemysłu w surowce i półfabrykaty nie jest proste i wymaga dużego wyrobienia i znajomości rzeczy. W chwili obecnej słuszne zakazy i restrykcje będą kolidowały z tezami i postulatami samego przemysłu, który niezainwestowany i nieprzygotowany będzie upierał się przy swych żądaniach, broniąc się czasami słusznie przed unieruchomieniem całych działów produkcji wskutek braku półfabrykatów sprowadzanych z zagranicy. W ostatecznym wyniku jest to jeszcze jedno potwierdzenie, jak nam brak jest przemysłu i inwestycji.

Investowanie drogą państwową daje bezsprzecznie wielkie korzyści. Budowa Gdyni, Mościc, elektryfikacja węzła i t. d. odbiła się bardzo dodatnio na przemysłach, lecz skutki jej zostały osłabione przez to, że znaczna część musiała być wykonana przy pomocy materiałów

zagranicznych ze szkodą polskiego robotnika i inżyniera, wskutek braku rodzimego przemysłu.

Aby dać możliwość należytego i prawidłowego rozwoju przemysłu elektrotechnicznego należałoby:

1) skoordynować odpowiednio politykę gospodarczą, aby dawała przemysłowi możliwość zagarnięcia całokształtu produkcji dla rynku wewnętrznego, przez ograniczenie importu wyłącznie do surowców, dzięki czemu:

a) dałoby się zatrudnienie całemu szeregowi ludzi,
b) uchroniłoby się od niepotrzebnego odpływu waluty, tak trudnego dla skontrolowania i uregulowania w obecnym stanie rzeczy.

2) przez odpowiednią politykę fiskalną nie tylko dać możliwość, ale i zachęcić przemysł elektrotechniczny do jak najszybszej rozbudowy bez uciekania się do pomocy zagranicy. W tym celu należałoby wydać ustawę dla przemysłu elektrotechnicznego na wzór ustaw o rozbudowie miast lub o inwestycjach na kresach wschodnich.

3) Szerzyć zrozumienie ważności zagadnienia przez odpowiednie nastawienie nie tylko elektryków i czynników państwowych, ale i całego społeczeństwa przez racjonalną i celową propagandę, czym dla dobra Państwa i poszczególnych jego członków jest elektryfikacja i spożycie energii.

Zagadnienie zaopatrywania fabryk elektrotechnicznych w surowce i półfabrykaty zagraniczne

Łaikiewicz Leon *)

Streszczenie. 1) Zestawienie materiałów zagranicznych niezbędnych dla przemysłu elektrotechn. 2) Trudności spowodowane generalnym zakazem przywozu towarów z za granicy. 3) Wpływ na terminowe wykonywanie zamówień przez krajowe fabryki elektrotechn. 4) Ograniczenie dewizowe. 5) Wnioski.

Musimy sobie niestety jasno uprzytomnić fakt, że przy obecnym stanie naszego przemysłu niemal każdy artykuł elektrotechniczny zawiera w sobie w mniejszym lub większym stopniu surowiec lub półfabrykat zagraniczny.

Czy weźmiemy pod uwagę żarówkę, przewodnik, czy wyłącznik pokrętny do światła, silnik, czy ogromnych rozmiarów wyłącznik na wysokie napięcie, czy generator elektryczny — zawsze natknijemy się na produkty pochodzenia zagranicznego. I tak sprowadzamy

surowce:

a) z metali: miedź, mosiądz, cynę, aluminium, częściowo żelazo, nikiel, rtęć, kadm i t. d.

b) z produktów mineralnych naturalnych i sztucznych: kaolinę, azbest, mikię, asfalty, szpaty, marmur, grafit, korund i t. d.

c) z produktów roślinnych i organicznych: żywice naturalne, bawełnę, jedwab i t. d. oraz

półfabrykaty: blachy, rury, pręty, druty z metali i stopów wyżej wymienionych.

Porcelanę na wysokie napięcie lub wysoką temperaturę, wyroby z kwarcu, mikanity, wyroby z asbestu. Mieszanki bakelitowe, acetocelulozowe, aminoplasty i inne mieszanki plastyczne.

Przędzę bawełnianą i jedwab do oprzędu drutów. Płyty, rury, pręty, kształtki — z masy papierowej warstwowej utwardzane bakelitem.

Izolatory typu kondensatorowego, kondensatory olejowe.

Elementy aparatów elektrycznych: części silników, specjalnych przyrządów mierniczych, oporników, liczników elektr., aparatów elektr. i t. d.

Wyroby w stanie całkowicie wykończonym: przetwornice, silniki, bezpieczniki nie wyrabiane w kraju, rozmaite aparaty i przyrządy, — wszystko to bądź w celu usprawnienia produkcji, bądź dla stacji doświadczalnych, a często jako nieodzowne składniki większych zespołów urządzeń elektrycznych.

Oczywiście powyższy przegląd nie jest jeszcze zupełny, znalazłoby się może jeszcze więcej surowców lub półfabrykatów, których brak być może godzi w egzystencję niektórych gałęzi przemysłu elektrotechnicznego.

Sprawa metali — surowców pośrednio tylko dotyka przemysł elektrotechniczny, który przede wszystkim nabywa gotowe już półfabrykaty. Nie mniej jest on silnie zainteresowany w tym, aby hutnictwo będące w danym przypadku przemysłem pomocniczym, było w możności pokryć terminowo jego zapotrzebowanie.

Nie będziemy więc szczegółowo rozpatrywać tutaj sprawy surowców, zapasów metali znajdujących się w Polsce, polityki wwozowej, zagadnień wewnętrznego obrotu złomem — ani ograniczeń w stosowaniu metali, których kraj nasz nie posiada, ani też problemu namiastek. Sprawy te były już wielokrotnie poruszane na łamach różnych pism (między innymi — Przeglądu Mechanicznego Nr. 10 ÷ 11, 1936 r.). Oświetlimy raczej trudności zaopatrzenia naszego przemysłu elektrotechnicznego w

*) Fabr. Apar. Elektr. K. Szpotkański i S-ka S. A.

bezpośrednio nabywane surowce i półfabrykaty i techniki tego zaopatrzenia.

Elektryfikacja kraju weszła w nowy okres rozwoju stwarzając pomyślne warunki dla polskiego przemysłu elektrotechnicznego znajdującego się dotychczas w porównaniu do państw zachodnich dopiero w zaczątku. Aby warunki te wyzyskać należy okazać jak najwyższą zdolność produkcyjną, a ta znowu zależna jest przede wszystkim od posiadania dostatecznych zapasów surowców i półfabrykatów, od sprężystości organizacji i żywotności fabryki.

Różnorodność i zmienność zapotrzebowania na aparaty i urządzenia elektryczne nie pozwalają na ustalenie programu fabrykacji na dłuższe okresy czasu, a tym samym i na równomierne zaopatrywanie się w surowce.

Terminy, których żąda klient, są przeważnie nierealne i dotrzymanie ich przez wytwórcę przy obecnym stanie uzależnienia od wielu czynników graniczy z niepodobieństwem.

W jakich warunkach pracujemy ilustruje następujący przykład: Klient żąda oferty na podstację wysokiego napięcia, w skład której wchodzi szereg aparatów, wyłączników z napędami motorowymi, transformatorów i t. d. Aparaty te są kosztowne o ograniczonym zbyciu, a więc nie „składowe”, a zawierają surowce i półfabrykaty zagraniczne. Przypuścimy, że typy i specyfikacje oraz cała część techniczna jest opracowana, ilości potrzebnego materiału i źródła nabycia ustalone, ceny i terminy umówione. Chcąc zamówić natychmiast za granicą materiały trzeba się upewnić, że towar wolno będzie sprowadzić, że otrzyma się pozwolenie wwozu uzależnione od kontyngentów umownych.

Kontyngenty są w zasadzie tajemnicą. Jeśli się uda nawet uchylić rąbka tej „tajemnicy” to okaże się, że są albo jeszcze nie ustalone, lub wyczerpane na okres bieżący (2-mies.), albo też w tej chwili akurat wystarcza. Ale tylko w tej chwili. Telefonicznie zarezerwować ich nie można. Trzeba składać podanie o wwóz i czekać w najlepszym razie 2 tygodnie na wynik. Nie wiadomo jednak, czy wytwórca otrzyma zamówienie i kiedy, podania więc, które pociąga za sobą koszty, na razie składać nie można. Tymczasem klient niecierpliwi się nie mogąc czekać zbyt długo na ofertę. Wytwórca musi ryzykować i przyjąć z góry za podstawę, że wszystkie potrzebne materiały z za granicy otrzyma.

Oferta więc zostaje złożona a zamówienie po dłuższym okresie oczekiwania nadchodzi z żądaniem krótkoterminowego wykonania pod rygorem kar konwencjonalnych. Klientem tym oczywiście jest przeważnie instytucja państwowa lub komunalna.

Rygorów nie przyjąć nie można bez narażania się na utratę zamówienia. I teraz zaczyna się ekwilibrystyka handlowo-formalistyczna i lawirowanie kosztem nerwów, pieniędzy i ogromnego wysiłku, zaczyna się walka z zawsze nieuchwytnym nieprzyjacielem. Jeden błąd stenotypistki w fakturze zagranicznej, zlekceważenie ważności podania ściślej wagi przez dostawcę zagranicznego, pominięcie jakiegoś nieznacznego szczegółu w świadectwie pochodzenia (np. błąd w numeracji lub cechowaniu skrzyń) powoduje skutki fatalne, bo nieraz kilkotygodniowe opóźnienie. Jeśli dostawca zagraniczny opóźni dostawę lub jeśli transport się opóźni, z trudem i kosztem uzyskane pozwolenie wwozu wygasa a prolongaty pozwoleń są niedopuszczalne. I znowu opóźnienie o 3-tyg. Sypią się podania, memoriały do Ministerstw uzasadniające konieczność wwozu, mnożą się formalności, rosą i zdają się nie mieć końca. Gdy już towar szczęśliwie na

czas przybył na komorę celną czyha inne niebezpieczeństwo. Są towary, co do których istnieją w założeniu wątpliwości, do jakiej pozycji taryfy celnej należy je zaliczyć. Można na tym się upewnić przed zamówieniem towaru za granicą przesyłając odnośnie rysunki i opisy do Min. Skarbu.

Normalnie odpowiedź otrzymuje się w terminie 2—3 tygodni. Oczywiście opóźnia to chwilę złożenia podania o wwóz, przy czym jeżeli orzeczenie departamentu ceł nas nie zadawała i wydaje się niesłuszne, nastąpić muszą dalsze wyjaśnienia i motywacje nie zawsze odnoszące skutek i napotyające życzliwe ucho.

Jeszcze bardziej przykrą, wręcz katastrofalną, bywa niespodzianka, jeśli towar zagraniczny np. z Niemiec, na który mamy już pozwolenie wwozu, mamy świadectwo rozrachunkowe, t. zn. już za niego zapłaciliśmy, (wg. umowy gospodarczej z Niemcami) zostaje przy rewizji zakwalifikowany na inną pozycję lub punkt taryfy celnej niż tak, którą w podaniu o wwóz przewidywaliśmy i na którą deklarowaliśmy towar. Prawo celne wypadek taki traktuje jako sprawę karną. Pozostaje nam albo zgodzić się — zapłacić karę — wyrabiać nowe pozwolenie na pozycję taryfy, jaką określili Urząd Celny przy rewizji towaru, lub odwołać się do Min. Skarbu. W najlepszym razie zwłoka 2 ÷ 3 tyg. A jak łatwo się to może zdarzyć zobaczymy na następującym przykładzie:

Isolatory porcelanowe do transformatorów mogą mieć różnorodne kształty, jako to: szpul, korytek, rur fasonowych, kołnierzy i t. d. — Jak je taryfikować? Są bezsprzecznie izolatorami wg. pozycji 1121/1, ale są też bezsprzecznie wyrobami ceramicznymi do celów elektrotechnicznych wg. pozycji 1123. Którą pozycję należy zastosować? W tym względzie brak wszelkiego kryterium.

Przykładów, jak powyższy, przytoczyć można wiele i to na towary dotyczące każdej niemal gałęzi przemysłu elektrotechnicznego.

Sprowadzanie towaru zagranicznego kryje jeszcze w sobie wiele innych niespodzianek i zasadzek, jak omyłki w wykonaniu, jakość, niedotrzymanie żądanych tolerancji i t. d. Zwroty towarów za granicę dla wymiany lub dla uskutecznienia poprawek, uzyskanie zwrotu zapłaconego cła lub zwrotu sum zapłaconych za towar znowu wymagają specjalnych starań, formalności, kosztów a przede wszystkim czasu... czasu.

Cały ogrom tych czynności jest w gruncie rzeczy nie produkcyjny, a bardzo kosztowny, ciąży on na wytwórcy i zmusza go do zorganizowania dużego aparatu biurowego. Przy obecnym systemie barier celnych, istnienia generalnego zakazu przywozu towaru z za granicy, trudności formalne będą raczej rosły, niż malały.

Trudności zaopatrzenia się w towar zagraniczny spotęgowały jeszcze zarządzenia dewizowe ściśle łączące się z uzyskaniem pozwolenia wwozu. W okresie przed wydaniem zarządzeń dewizowych, przy wszelkich umowach gospodarczych z zagranicą, przy ustalaniu wysokości kontyngentów wwozowych panowała zasada kontyngentów ilościowych (w kg. q i t. d.) wartość zaś pozostawiano na dalszym planie, raczej dla celów statystycznych. Obecnie kontyngenty ustalone są równoległe wg. wartości towaru i wagi zwłaszcza dla państw, z którymi obrót odbywa się nie na zasadzie rozrachunku. Wynikają stąd różne komplikacje i niemożność wyrobienia pozwolenia wwozu „na zapas”, przez co w rezultacie zarządzenia te wpływają hamująco na otrzymanie niezbędnego materiału do produkcji. Zbadawszy pobieżnie istniejący stan rzeczy nasuwają się następujące wnioski:

- 1) w konstrukcjach należy unikać surowców a przede wszystkim półfabrykatów zagranicznych,
- 2) popierać rozwój krajowego przemysłu pomocniczego zwłaszcza w dziedzinie materiałów izolacyjnych,
- 3) współdziałać w podniesieniu jakościowego poziomu produkcji przemysłów pomocniczych w kraju.
- 4) ustalić wykaz najniezbędniejszych dla przemysłu

sułu elektrotechnicznego surowców i półfabrykatów zagranicznych, ustalić ich taryfikację oraz wszcząć akcję celem uzyskania ułatwień i ulg wwozowych, informować stale o swych potrzebach odnośnie czynników państwowych za pośrednictwem istniejących instytucji o charakterze gospodarczym (związki, izby przemysłowe i t. d.).

Współdziałanie odbiorcy w rozwoju przemysłu wytwórczego

Inż. Woycicki Stanisław *

Sztyreszenie. Porównanie warunków pracy przemysłu krajowego i zagranicznego. Wzajemny stosunek przemysłu i odbiorcy. Wpływ odbiorcy na zakres produkcji, cenę, termin wykonania (kara konwencjonalna), warunki płatności. Rola współpracy odbiorcy z przemysłem dla jego rozwoju.

W gorączkowym tempie życia i nawale pracy zarówno odbiorca, jak i przemysłowiec zapominają często o znaczeniu ich wzajemnej współpracy dla rozwoju przemysłu, dlatego wydaje mi się słuszne omówienie tej sprawy z okazji zjazdu i w tym mniemaniu poniżej szkicuję te punkty wzajemnych stosunków odbiorcy i wytwórcy, które wiążą się ściśle z rozwojem przemysłu.

Porównanie warunków pracy polskiego przemysłu elektr. z zagranicznym.

Należy przede wszystkim stwierdzić, że warunki pracy polskiego przemysłu elektrotechnicznego są zupełnie różne od warunków pracy przemysłu zagranicznego.

Przemysł zagraniczny rozporządza ogromnymi środkami materialnymi, które pozwalają na swobodną pracę, na przeprowadzanie kosztownych prób, tworzenie bardzo dobrze i wszechstronnie wyposażonych laboratoriów i stacyj doświadczalnych i dokonywanie wielu ryzykownych posunięć, przynoszących nawet straty, z którymi może się nie liczyć. W tym stanie rzeczy przemysł zagraniczny wykorzystując najszybciej dorobek wiedzy technicznej stwarza zapotrzebowanie na nowe lub udoskonalone wyroby. Dzięki bardzo dobrze zorganizowanej propagandzie przemysł zagraniczny narzuca odbiorcy jego postępowanie i każe mu wierzyć, że produkcja nie tylko jest bezwzględnie najlepsza, lecz również, że obejmuje ona całokształt wyrobów, które w dzisiejszym stanie wiedzy technicznej są możliwe do wykonania.

Polski przemysł elektrotechniczny jest zbyt mały, rozporządza zbyt skromnymi środkami, by zaspokoić w całości wewnętrzne zapotrzebowanie, stąd jego pierwszym i najbardziej palącym zadaniem jest: jak najszybsza rozbudowa oraz przeznaczanie zdobytych środków przede wszystkim na rozszerzenie możliwości wytwórczych. Przemysł nasz nie jest więc w stanie wykonać wielu wyrobów, które potrafiłby zrobić, gdyż nie jest w stanie przeznaczyć potrzebnych na ten cel kapitałów. Nadto czasem polski przemysł skrzepowany jest w swej pracy, ponieważ nie mogąc sprawdzić w krajowych laboratoriach wielu wyrobów, musi opierać się na cudzym doświadczeniu.

Obecny stan współpracy odbiorcy z przemysłem.

Jeżeli uprzytomnimy sobie, że odbiorcy polscy znajdują się pod silnym wpływem zagranicznej propagandy, to jasnym dla nas będzie, że w Polsce nie przemysł narzuca odbiorcy zapotrzebowanie, lecz przeciwnie odbiorca usiłuje narzucić przemysłowi linię

postępowania. Musimy jednak jasno zdawać sobie sprawę z faktu, że wytwórca zna zachowanie się swego wyrobu w różnych warunkach pracy, a nadto że on właśnie skupia w swym ręku najwięcej danych dla oceny potrzeb rynku polskiego.

Dlatego też stosunek odbiorcy i wytwórcy winna cechować równowaga polegająca na wzajemnym uznaniu i oparta na szczerym zaufaniu. Koniecznym do tego warunkiem jest zrozumienie, że zarówno przemysłowcowi zależy na odbiorcy, jak i odbiorcy winno zależeć na przemysłowcu i że obie strony w równym stopniu dbać winny o rozwój rodzimego przemysłu.

Charakterystyka stosunku odbiorcy do przemysłu.

Na przeszkodzie wskazanej zasadzie stoi reguła, że „klient zawsze ma rację”. Tę regułę utrudniającą wzajemną współpracę winniśmy jak najszybciej odrzucić i uznać, że żadna ze stron, a więc ani odbiorca, ani producent nie może uzurpować sobie praw do bezwzględnej słuszności a przeciwnie — winni oni współpracować dla jej odnalezienia.

Niestety — odbiorcę cechuje jeszcze często duża nieufność do rodzimego przemysłu i zbyt jednostronny krytycyzm.

Dość powszechne jest przekonanie, że wyroby światowych firm zagranicznych są bezwzględnie dobre. Przekonanie to jest często tak silne, że odbiorca nie usiłuje analizować, czy dany wyrób jest dobrym w naszych warunkach, czy o jego produkcji nie zdecydowały głównie względy związane z ekonomicznym położeniem zagranicznych odbiorców, brakiem u nich niektórych surowców i t. p.

Pod presją odbiorców przemysł decyduje się nieraz na podjęcie produkcji wyrobu zagranicznego opierającej się na dużej ilości surowców obcych. Jest to stanowisko nie zawsze uzasadnione i dlatego podobne wymagania nie może być stawiane bezkrytycznie i nie powinno wynikać z dążenia do naśladownictwa panującej mody. a winno opierać się na gruntownym przestudiowaniu zagadnienia.

Siła propagandy zagranicznej, prowadzonej konsekwentnie od szeregu lat, jest tak wielka, że polski odbiorca stwierdzając wady lub błędy zagranicznego wyrobu sam stara się znaleźć dla nich usprawiedliwienie kładąc je na karb przypadku lub pomyłki. Natomiast w stosunku do wyrobów krajowych odbiorca ustosunkowuje się nieraz do najmniejszego niepowodzenia niezwykle krytycznie, wskutek czego urasa ono w opinii ogółu do rozmiarów skandalu, spychając w cień istotne wartości i przesłaniając niewątpliwie dodatni dorobek krajowy.

Przyczyną jest często najszczerzej pojęta troska o dobro przemysłu i jego jak najszybszy rozwój, nie powinna ona jednak doprowadzać do zbytnej jednostronności i przejawskawień.

*) Fabr. Apar. Elektr. K. Szpotkański i S-ka, S. A.

Stosunek przemysłu polskiego do odbiorcy.

W świetle wyżej powiedzianego widzimy, że warunki pracy polskiego przemysłu elektrotechnicznego są bardzo ciężkie, toteż wypełnienie ciężących na nim zadań przez osiągnięcie własnego dorobku technicznego i szkolenie polskich sił fachowych odbywa się w bardzo trudnych warunkach.

Mimo to, w imię dobrze pojętego interesu nie tylko własnego, lecz polskiego, i w dążeniu do jak najlepszego obsłużenia klienteli, wiele placówek przemysłowych stara się w jak największym stopniu spełnić swe zadania i zadośćuczynić słusznym żądaniom oraz istotnemu zapotrzebowaniu. Usiłowania przemysłu nie zaspakajają w pełni stawianych mu żądań. Jedną z przyczyn jest brak dostatecznego zróżniczkowania polskiego przemysłu elektrotechnicznego.

Dla rozwoju przemysłu nie wystarczy jednak tylko jego własny wysiłek, gdyż czynnikiem niezmiernie ważnym, jeżeli nie decydującym, jest stosunek odbiorcy do przemysłu i warunki współpracy z nim. Z tych względów omówię poniżej te zagadnienia, przy decydowaniu których szczególnie silnie uwydatnia się wpływ odbiorcy na pracę przemysłu.

Wpływ odbiorcy na zakres produkcji przemysłowej.

Polski przemysł wytwórczy posiada w chwili obecnej pewien zakres produkcji. Dalsze rozszerzenie tego zakresu uzależnione jest przede wszystkim od pojemności rynku oraz od możliwości finansowych przedsiębiorstwa. Musimy jednak pamiętać:

1) że w interesie przemysłu leży jak największa produkcja ilościowa wyrobów już opracowanych, gdyż tylko ze sprzedaży tych wyrobów mogą być osiągnięte minimalne choćby środki na prace konstrukcyjno-badawcze i inwestycje konieczne dla dalszego rozwoju,

2) że przemysł nie może zdecydować się na wykonanie nowego produktu wtedy, gdy jest on technicznie możliwy do wykonania, ale przy decyzji musi kierować się nie tylko postępem technicznym, lecz uwzględniać, czy na realnych podstawach oparte przewidywania zapewniają rentowność nowego aparatu, czy zatem zapotrzebowanie w pierwszym okresie produkcji będzie na tyle duże, by wysokie koszty opracowania i przygotowania do produkcji nowego aparatu dały się rozłożyć w takim stopniu na poszczególne aparaty, aby cena produktu była konkurencyjna.

Jeżeli zapotrzebowanie odbiorcy dotyczy aparatury objętej istniejącym zakresem produkcji, wówczas udzielenie zamówienia, zgodnie z pierwszym z powyższych punktów, związane będzie z przyczynieniem się do rozwoju wybranej placówki. Fakt ten niejednokrotnie niedoceniany winien być—moim zdaniem—stale uwypuklany. Jeżeli bowiem stawiamy przemysłowi wysokie wymagania i żądamy, by stale i to w sposób intensywny szedł naprzód, to te placówki, których praca odpowiada powyższemu żądaniu, nie mogą otrzymywać jedynie zamówień na aparaturę nową, czy anormalną, albo też precyzyjną lub specjalnie odpowiedzianą, ale muszą mieć one bardzo wiele zamówień na aparaturę najprostszą i najbardziej normalną, przy wykonywaniu której w mniejszym stopniu są obciążane biura techniczno-konstrukcyjne, natomiast zapewniony być może dostateczny dla wielkości przedsiębiorstwa obrót; zamówienia te stanowią więc zdrową podstawę egzystencji i pracy przemysłu.

Jeżeli zgodnie z drugim z powyższych punktów placówka przemysłowa wykona zapotrzebowanie, wówczas przemysł polski posuwa się o krok w swoim rozwoju.

Najtrudniejszym natomiast do rozwiązania problemem jest zrealizowanie takiego zapotrzebowania odbiorcy, które przewiduje zastosowanie aparatury nie przyjętej przez polski przemysł do wykonania w żądanym terminie. Stanowisko swoje odbiorca winien wówczas uzależnić od przyczyn, które skłoniły przemysł do odmowy.

Korzystanie z licencji zagranicznych.

Ze sprawą rozszerzania zakresu produkcji wiąże się ściśle zagadnienie korzystania z licencji zagranicznych.

Zagadnienie to wywołuje bardzo wiele dyskusyj, wiąże się ściśle z ustawodawstwem patentowym i pracą Urzędu Patentowego. Z tych względów ograniczę się jedynie do postawienia najogólniejszego wniosku, iż decyzja o korzystaniu z licencji zagranicznych winna być powzięta nie z uwagi na bieżące interesy, lecz z uwagi na interes gospodarczy państwa.

Rozróżnić bowiem trzeba licencje na wyroby masowe i pojedyncze oraz te, których opracowanie leży w nowych możliwościach technicznych, i te, których opracowanie jest niemożliwe, np. z uwagi na brak odpowiednich laboratoriów i stacji badawczych.

Niezależnie od faktu zdecydowania się na zakupienie licencji ważne są również warunki formalno-prawne, związane z zawarciem transakcji.

Licencja bowiem może zmuszać do stosowania surowców lub półfabrykatów pochodzenia zagranicznego, co może pociągać bardzo duże straty dla gospodarstwa narodowego. Znane są jednak umowy licencyjne pozwalające producentowi na zastosowanie niemal wszystkich surowców i półfabrykatów pochodzenia krajowego. Wówczas opłata licencyjna stanowi rekompensatę za korzystanie z koncepcji technicznej i — o ile jest słuszna, — to sam fakt zakupu licencji nie tylko nie jest błędny, lecz przeciwnie przynieść może korzyści dla rozwoju przemysłu.

Z powyżej powiedzianego wynika, że zagadnienie licencji związane jest z tyloma czynnikami, że nie jest możliwe ustalenie jakiegokolwiek reguły ogólnej a przeciwnie, że każda poszczególna decyzja winna być szczegółowo przemysłana i wszechstronnie rozważona.

Wpływ odbiorcy na udoskonalenie wyrobów.

O rozwoju przemysłu nie decyduje tylko rozszerzenie zakresu jego produkcji. Równie ważnym zagadnieniem jest udoskonalanie produktów i ocena ich wartości eksploatacyjnych.

Pomoc odbiorcy w tym zakresie jest niezwykle cenną i nie powinna ograniczać się tylko do reklamacji w sprawie faktycznych lub pozornych wad i błędów, lecz wytwórca winien być powiadamiany o sprawnym i dobrym działaniu swych wyrobów, a w szczególności o wynikach wszelkich prób dokonanych nad jego aparaturą. Taka bowiem współpraca odbiorcy z przemysłem może nie tylko wpłynąć na udoskonalenie wyrobu, lecz także na rozszerzenie jego stosowalności.

Ustalenie ceny.

Poza ustaleniem typu wyrobu głównym punktem dyskusji przy udzielaniu zamówienia jest cena produktu.

Z reguły odbiorca dąży do bardzo wydatnego obniżenia oferowanej ceny. Teoretycznie można uznać za możliwe, że przemysłowiec popełnił błąd kalkulacyjny, który ujawni się przy targu i da pożądaną dla odbiorcy zniżkę cen. Pomijając jednak równie teoretyczny kontrargument, że błąd ten może być popełniony na niekorzyść przemysłowca, należy stwierdzić, że niemal na wszystkie wyroby elektrotechniczne istnieje tak ostra konkurencja bądź wewnętrzna, bądź też zagraniczna, uprzywilejowa-

na bardzo często wskutek premii eksportowych, że możliwość błędów kalkulacyjnych należy praktycznie pominąć. Przyczyny różnicy ceny należy raczej szukać w różnicy jakości wyrobu i systemu pracy przedsiębiorstw.

Wyrób technicznie doskonalszy, sumienniejszy i dokładniejszy z dobrych surowców wykonany i lepiej sprawdzony musi być droższy. Podobnie przedsiębiorca, któryby ograniczał pracę swych pracowników poniżej granic wpływających z jakości ich pracy i przydatności dla przedsiębiorstwa, który starałby się o zmniejszenie obciążeń socjalnych przez utrzymywanie części swego personelu w charakterze nie stałych pracowników, wzywanych jedynie dorywczo dla wykonania poszczególnych prac, nie doliczał do ceny wyrobu pewnego drobnego choćby procentu na rozwój swej placówki i utrzymanie biura technicznego, mógłby oddać swe wyroby po cenach nieprawdopodobnie niskich, ale zrezygnować musi z rozwoju swej placówki, a przeciwnie — winien się liczyć z jej stopniowym zamieraniem.

Niejednokrotnie odbiorca zamierza wniknąć w szczególności kalkulacyjne fabryki i chciałby zwrócić wytwórcy tylko koszt materiału i robocizny, dodając do sumy tych kosztów jedynie niewielki procent nawet nie wystarczający na pokrycie kosztów zużycia maszyn i urządzeń, kosztów ogólnych nie mówiąc już o minimalnym choćby zysku, słusznie zapracowanym, oraz o kwocie koniecznej dla dalszego rozwoju i prowadzenia placówki. Jeżeli przeto odbiorca przekonany o słuszności podstaw kalkulacyjnych danej placówki wytwórczej dąży do obniżenia ceny, to musi zdawać sobie sprawę z faktu, że tym samym zmniejsza możliwość finansowe przedsiębiorstwa i bierze poniekąd odpowiedzialność za zmniejszenie tempa rozwoju tej placówki.

Wyżej powiedziane odnosi się do normalnej konkurencji cen. W praktyce jednak przy porównaniu cen wyrobów krajowych z cenami innych wytwórni krajowych lub zagranicznych spotykamy się często ze zjawiskiem dumpingu, spowodowanym często walką przemysłową prowadzoną w najostrejszej formie. W walce tej poszczególne wytwórnie są stronami. Odbiorca odgrywa poniekąd rolę sędziego.

Doceniam w pełni, jak trudno przychodzi odbiorcy nieraz choćby ze względów formalnych zdecydowanie się na zapłacenie cen wyższych od dumpingowych. Odbiorca winien jednak pamiętać, że decyzja jego zaważyć nie raz może nie tylko na rozwoju, lecz wręcz zadecydować o istnieniu danej placówki przemysłowej. Decyzja w tym wypadku musi więc być powzięta po rozważeniu całokształtu sprawy a nie tylko suchych cyfr.

W praktyce spotykamy się nadto z innym przypadkiem anormalnej konkurencji. Przedsiębiorstwa Państwowe korzystają ze zwolnienia z cła na wyroby gotowe, w kraju nieprodukowane. Przemysłowiec polski stający do konkurencji z wyrobem zagranicznym musi jednak opłacić cło za surowce lub półfabrykaty w pełnej wysokości, cena zatem przezeń oferowana nie może być porównaną z ceną gotowego wyrobu zagranicznego, do ceny którego cło nie jest wkalkulowane.

Decyzja o zamówieniu winna być i w tym wypadku wynikiem oceny zysków i strat, jakie poniesie gospodarstwo narodowe jako całość a nie poszczególne instytucje państwowe lub placówki przemysłowe.

Termin wykonania.

W przypadku zamówień na maszyny, aparaty rozdzielcze i urządzenia specjalne częstym punktem spornym pomiędzy odbiorcą i wytwórcą jest termin wykonania.

Zamówienia wyżej omówione obejmują nieraz wyposażenie dla innych wielkich urządzeń, których globalna suma wielokrotnie przewyższa sumę zamówień na wyroby elektrotechniczne. W tym stanie rzeczy odbiorcy skłonni są traktować wyroby elektrotechniczne za coś tak drobnego i pomocniczego, że nie warto o nich myśleć od początku a wystarczy zamówić w ostatniej chwili i „pobrać ze składu”.

Jeżeli nawet odbiorca dostatecznie wcześniej zaczyna dyskusje w sprawie zamówienia, to niejednokrotnie uzgodnienie warunków wydania zamówienia, a więc wybór typu i ustalenie warunków handlowych trwa bardzo długo a na wykonanie odbiorca pozostawia nieproporcjonalnie mało czasu.

Ponieważ omówione okoliczności stanowią nieraz przyczynę niemożności udzielenia zamówienia, to często wychodzi na korzyść przemysłowi zagranicznemu mogącemu wskutek bardzo dużego zapotrzebowania produkować niemal wszystkie wyroby na skład, przeto sprawie terminu winna być poświęcona specjalna uwaga.

Musimy bowiem pamiętać i na każdym kroku podkreślać, że z uwagi na bardzo dużą różnorodność tego samego produktu w zależności od jego wartości znamionowych i ze względu na małe zapotrzebowanie spowodowane małą pojemnością rynku polskiego, produkty elektrotechniczne w większości swojej nie są i nie mogą być obecnie wyrabiane na skład. Okres wykonania produktów elektrotechnicznych jest zasadniczo długi z uwagi na czas potrzebny dla samej fabrykacji oraz czas potrzebny poddostawcom na dostarczenie potrzebnych surowców itp. Okres wykonania jest nadto tym dłuższy, im wyższy jest poziom techniczny wyrobu i im więcej w związku z tym dana fabryka jest zatrudniona.

Kara konwencjonalna.

Ze sprawą terminu wykonania ściśle wiąże się zagadnienie kar konwencjonalnych.

Jest rzeczą zrozumiałą, że z uwagi na program realizowania inwestycji przez odbiorcę terminowe wykonanie zamówienia ma dla niego ogromne znaczenie. Fakt ten przemysł docenia w zupełności, jednak termin dostawy winien być zapewniony nie pieniężnie, a prestiżem firmy i dobrymi jej stosunkami z odbiorcą.

Ustalanie kar konwencjonalnych zmienia charakter odpowiedzialności, gdyż odbiorca decyduje się na odpowiedzialność przedsiębiorcy przede wszystkim finansową. Prowadzić to może nawet do wręcz fałszywych wyników, gdyż teoretycznie przedsiębiorca, któremu odbiorca przy zamówieniu narzuci zbyt krótki termin wykonania, w kalkulować może karę za przewidziane opóźnienie w cenę wyrobów, co oczywiście nie uchroni odbiorcy od przykrości wynikających z nieterminowego wykonania dostawy. Z drugiej strony odbiorca może celowo ustalić zbyt krótki termin dostawy, nie związany ze swymi robotami, a karę konwencjonalną traktować jako dodatkowy rabat. Opóźnienia dostaw z reguły nie wynikają skutkiem złej woli producenta, lecz opóźnień poddostawców w stosunku do których, np. karteli, syndykatów i dostawców zagranicznych, przemysłowiec nie posiada żadnych sankcji. Stąd też przemysł zmuszany do przyjęcia kary winien wprowadzać szereg zastrzeżeń, jak ustalenie górnej granicy odpowiedzialności, zawarowanie wypadków siły wyższej itp.

Z powyżej powiedzianego widzimy, że kara konwencjonalna może łatwo stać się przyczyną wielu nieporozumień i powodować straty dla obu stron, przeto może być stosowaną jedynie bardzo ostrożnie.

Ustalenia warunków płatności.

Ostatnią wreszcie sprawą, na którą chciałbym zwrócić uwagę, jest zagadnienie warunków płatności.

Zadaniem przemysłu jest dostarczanie aparatury najlepszej pod względem technicznym i stała dążność do rozwoju swojej placówki. Praca ta, niezmiernie trudna i odpowiedzialna, winna być prowadzona w warunkach możliwie najspokojniejszych. Spełnienie tego warunku możliwe jest jedynie wówczas, gdy przedsiębiorca nie musi obawiać się o swoje należności i nie potrzebuje zbyt długo wciąć swego kapitału. Z tych względów przemysł nie powinien angażować swego kapitału w niepewne transakcje, jak również nie powinien w chwili obecnej finansować inwestycji swych odbiorców, co wchodzi zresztą w zakres instytucji bankowych a nie przemysłowych. Uwzględniając nadto, że ceny surowców potrzebnych dla przemysłu elektrotechnicznego ulegają stałym i to dość silnym wahaniom, dojdziemy łatwo do wniosku, że transakcje winny być zasadniczo traktowane jako gotówkowe, a w przypadkach zamówień anormalnych lub też dużej ilości wyrobów normalnych, żądanie przez przemysł zaliczki równocześnie z zamówieniem znajduje poważne uzasadnienia.

Rola współpracy odbiorcy z przemysłem.

W świetle powyższych uwag uwydatnia się ogromny wpływ, jaki wywiera odbiorca na przemysł, a zatem i rola jaką może spełnić.

Zdaję sobie sprawę, że omawiam poruszane zagadnienia jedynie szkicowo, ale dążeniem moim nie jest szczegółowe wyczerpanie tematu, na co nie pozwoliłyby zbyt szczupłe ramy niniejszego referatu, lecz postawienie zagadnienia i spowodowanie dyskusji nad nim.

Wynikiem dyskusji winno być bowiem nabranie przez nas wszystkich przekonania, że wzajemny stosunek odbiorcy i przemysłu winien być oparty na ocenie całości kształtu pracy placówek przemysłowych, że nie ogranicza on się do załatwienia poszczególnych transakcji, lecz pociąga konsekwencje o znaczeniu szerszym — stanowi czynnik o pierwszorzędnej doniosłości ogólnie ekonomicznej i gospodarczej. Współpracy odbiorcy z przemysłem musi więc zawsze ponad interesy doraźne przyświecać cel — służyć rozwojowi gospodarstwu dla dobra Narodu i Państwa Polskiego. Tak pojęta współpraca przyniesie widoczne rezultaty.

Sprawa zastępczych materiałów elektrotechnicznych w Polsce

Inż. Skowroński Jerzy Lech, Warszawa

Streszczenie. W referacie poruszone są ważniejsze aktualne obecnie zagadnienia w dziedzinie materiałów zastępczych przewodowych, oporowych, magnetycznych i izolacyjnych oraz sprawa współpracy przy studiach nad nimi.

Sprawa materiałów zastępczych w przemyśle od pewnego czasu nabrała ogromnego znaczenia dla całości kształtu gospodarki państwowej. Związana jest ona nie tylko z zagadnieniem samowystarczalności gospodarczej i wszelkimi kwestiami dotyczącymi bilansu płatniczego, lecz również — co ważniejsze — jest ona podstawowym czynnikiem potencjału obronnego państwa. Od dawna doceniają to znaczenie nasi sąsiedzi — wschodni i zachodni, poświęcając znaczne środki na prace przygotowawcze i wprowadzenie w życie do produkcji materiałów opartych na surowcu krajowym wzamian importowanych. Sprawa ta znajduje należyte zrozumienie i u nas, jednak, niestety, pozostajemy znacznie w tyle pod względem wprowadzenia jej w życie. To też do współdziałania z czynnikami państwowymi w tej dziedzinie pociągnięte być muszą wszelkie organizacje społeczne fachowe, co więcej, powinny one niejednokrotnie ująć inicjatywę w swoje ręce, jako również zainteresowane odciążając w części pracy instytucje państwowe. Jest to zapewne zgodne z tendencjami władz rządowych, jak można było wnieść z przemówienia na otwarciu Państwowej Rady Nauk Ścisłych i Stosowanych p. Ministra W. R. i O. P., który sprawę materiałów zastępczych wysunął jako jedno z czołowych zagadnień chwili obecnej. Również podkreślić należy, że na zbierający się w maju r. b. ogólnopolski zjazd Chemików jako naczelną hasło wysunięta została sprawa materiałów zastępczych.

W pracy tej nie może zabraknąć elektryków. Nie ma bowiem z jednej strony dziedziny przemysłu, z którą by w ten czy inny sposób elektrotechnika nie była związana, z drugiej zaś strony przemysł elektrotechniczny i elektrowniany zużywają tak znaczne ilości i tak rozmaitych materiałów, że muszą mieć swój głos przy wszel-

kich zamierzeniach w tych sprawach. A wreszcie, co jest decydujące, zakłócenia ruchu i dostarczania energii elektrycznej, które mogą mieć za pierwotną przyczynę brak tych czy innych surowców, są tak dotkliwe i niebezpieczne dla państwa, że wszelkie ewentualności w tym względzie — na czas pokoju i wojny — muszą być zawczasu przemyślane i uzgodnione w sferach bezpośrednio zainteresowanych. Dlatego też było rzeczą wskazaną utworzenie przy sekcji przemysłowej S. E. P. odpowiedniej komisji mającej się zająć badaniem sprawy materiałów zastępczych ze strony nas interesującej. Istnieje tu cały szereg b. poważnych zagadnień natury technicznej, przemysłowej i ekonomicznej, które wymagają rozwiązania niejednokrotnie drogą dłuższych studiów i prób. Prócz tego niektóre wnioski z tych studiów wysnute mogą wymagać od przemysłu przystosowania się do innych surowców, a więc przepracowania metod fabrykacyjnych, co też nie może się dokonać nagle, a tylko drogą systematycznej współpracy pomiędzy zainteresowanymi.

Zakres materiałów elektrotechnicznych w ogóle i związanych z nimi materiałów zastępczych jest tak obszerny, że byłoby niemożliwością w ramach jednego artykułu poruszenie nawet części zagadnień z tym związanych. Spróbujemy natomiast naszkicować sobie drogę, po której powinnyby pójść prace nad elektrotechnicznymi materiałami zastępczymi w Polsce.

Przed wszystkim ustalimy zakres zainteresowań. Utrata nazwa materiałów zastępczych — namiastek — nie zupełnie dobrze oddaje istotę rzeczy. W naszych warunkach bowiem chodzi przede wszystkim nie tylko o namiastki w ścisłym rozumieniu, ale o zastąpienie w miarę możliwości materiałów zagranicznych lub opartych o surowce zagraniczne tymi samymi materiałami produkcji krajowej i z surowców krajowych, co w wielu przypadkach jest osiągalne. Dopiero w przypadkach, kiedy to z tych czy innych względów jest niemożliwe, poszukiwać należy sposobów zastąpienia materiałów całkowicie lub częściowo zagranicznych — materiałami zbliżonymi, lecz

całkowicie krajowymi, jak naprzykład żywice naturalne importowane — syntetycznymi, włókno bawełniane i jutowe — konopnym i lnianym i t. d. Tu też spotykamy się z trudnością nie do pokonania a mianowicie z brakiem surowców pierwiastkowych. Postępy chemii współczesnej pozwalają w wielu dziedzinach znaleźć wytworzone syntetycznie namiastki dla materiałów naturalnych, ale z wyjątkiem pierwiastków. Kto nie posiada pierwiastków, ten ich zrobić nie zdoła. Dadzą się zastąpić kauczuk, oleje i żywice naturalne, może kiedyś mika i azbest, ale braku miedzi, siarki, rtęci, helu — uzupełnić nie można. Tu właśnie trzeba uciekać się do namiastkowania w pełnym znaczeniu tego słowa — jeden produkt zastępować zupełnie innym, nawet czasem wbrew logice technicznej. Kwestia opłacalności w takich przypadkach bywa też pod znakiem zapytania, ale przykłady wielkiej wojny nauczyły nas, że bywają okoliczności, w których wszelka racjonalna kalkulacja ustępuje argumentom innej kategorii. Jednak mogą zachodzić przypadki, w których zastępowanie jakiegoś materiału w ogóle okaże się niemożliwe. Tak naprzykład, o ile jeszcze wbrew gospodarności możnaby zastąpić miedziane przewody napowietrzne żelaznymi, to drutu wolframowego w żarówce nie możemy zastąpić żadnym z posiadanych metali, chyba że powrócimy do żarówek węglowych. Zebranie danych co do takich przypadków będzie niewątpliwie również ogromnie cenne dla gospodarki państwowej, by móc zapobiec zawczasu wszelkim niespodziankom w razie jakichkolwiek zakłóceń w możliwości dowozu.

Ograniczając się do materiałów elektrotechnicznych w ściślejszym tego słowa znaczeniu wskażemy parę typowych zagadnień wymagających rozwiązania w naszych warunkach.

Materiały przewodowe. Podstawowego materiału przewodowego — miedzi — nie posiadamy wcale. Używamy miedzi pochodzenia amerykańskiego, źródła bliższe (europejskie) są dla nas niedostępne, są one zresztą niewystarczające dla ich właścicieli lub ich najbliższych sąsiadów. Z aluminium przedstawia się pod tym względem sprawa nieco lepiej, gdyż zarówno źródła surowcowe są nam bliższe (Węgry, Jugosławia), a co więcej nie jest wykluczona możliwość wydobycia aluminium z glin krajowych, aczkolwiek nie jest ona jeszcze rozwiązana w sposób opłacalny i na skalę przemysłową. Zastąpienie miedzi aluminium jest w niektórych krajach forsowane od dawna. W Niemczech np. został nawet w 1934 roku wydany zakaz używania miedzi na przewody gołe i kable papierowe powyżej 25 mm² itd.*). Stosowanie aluminium może w pewnych przypadkach być gospodarczo opłacalne. Wyjaśni to przykład. Miarą przydatności technicznej materiału przewodowego jest jak wiadomo jego masooporność, t. j. iloczyn oporności właściwej przez ciężar właściwy. Przy dobraniu odpowiednich jednostek masooporność wyraża liczbowo ciężar przewodu o oporności jednego oma i długości jednego kilometra.

Jeżeli przez ρ_m oznaczymy masooporność, a przez c — cenę kilograma danego metalu, to koszt jednego oma i jednego kilometra wyrazi się jako

$$C = \rho_m \cdot c \text{ złotych.}$$

Zamiana jednego metalu drugim jest teoretycznie uzasadniona gospodarczo, jeżeli zachodzi zależność

$$C_2 < C_1,$$

to jest jeżeli

$$\frac{c_2}{c_1} < \frac{\rho_{m1}}{\rho_{m2}}.$$

W przypadku miedzi i glinu stosunek masooporności wynosi (z uwzględnieniem glinu o przewodności wynoszącej 60,6% przewodności miedzi):

$$\frac{\rho_m \text{ Cu}}{\rho_m \text{ Al}} = \frac{60,6 \cdot 8,89}{100 \cdot 2,6} \approx 2,$$

czyli, że cena kilograma aluminium powinna być mniejsza od dwukrotnej ceny kilograma miedzi, aby zamiana stała się teoretycznie opłacalna. Trzeba zauważyć, że o ile przedtem stosunek ten kształtował się na niekorzyść aluminium, to po ostatniej zwwyżce miedzi warunek ten już jest spełniony.

Jednak nie można z tego wyciągnąć wniosków zbyt daleko idących, gdyż trzeba uwzględnić jeszcze cały szereg innych czynników. Przy przejściu bowiem do przypadku praktycznego oczywiście następuje skomplikowanie zjawiska. Przede wszystkim koszt przewalcowania i przeciągnięcia każdego z metali jest na jednostkę wagi różny — dla glinu większy ze względu na większą objętość właściwą. Dalej już przy przewodach gołych występują dalsze różnice — mała wytrzymałość glinu bądź zmusza do dawania mniejszych rozpiętości i większych zwisów, bądź do używania przewodów złożonych (np. stalowo-aluminiowych), co jest związane oczywiście z powiększeniem całkowitych kosztów. Przy kablach i przewodach izolowanych wzrost średnicy przewodu (przy stałej oporności) powoduje wzrost kosztu izolacji i odzieży, a więc również podrożenie — w jakim stopniu — należałoby właśnie przestudiować.

W przypadku maszyn elektrycznych sprawa wygląda nieco inaczej. Ponieważ moc maszyny określona jest jej grzaniem się a nie stratami, a więc nie potrzebne jest zwiększanie przekrojów proporcjonalnie do większej oporności aluminium, a tylko o tyle, aby dzięki zwiększonym wymiarom następowało lepsze chłodzenie. Niektóre źródła podają, że przyrost przy przejściu z miedzi na aluminium wynosi tylko 20% (zamiast 40%), co nawet po uwzględnieniu zwiększenia wagi żelaza (większe żłobki itd.) daje w rezultacie dużą oszczędność na wadze, zależną zresztą od pierwotnego stosunku żelaza do miedzi. Byłoby więc również wskazane przestudiowanie tej sprawy u nas.

Jako jeszcze jedną z komplikacji, którą należy uwzględnić, jest sprawa obróbki (walcowania i przeciągania) aluminium. Jest rzeczą niemożliwą, aby odbywało się to na tych samych maszynach co dla miedzi (nawet po ewentualnej przeróbce) ze względu na niebezpieczeństwo zanieczyszczenia glinu śladami miedzi. Jednak ta trudność została o tyle pokonana, że już mamy w kraju wytwórnie mogące walcować i ciągnąć druty aluminiowe na odpowiednich maszynach.

Oczywiście poza tymi istnieje jeszcze cały szereg zagadnień, które również oczekują rozwiązania, zanim zamiana miedzi przez aluminium stanie się możliwą do przeprowadzenia. O jakie ilości tu chodzi, podaje poniższa tabelka, ułożona według danych G. U. S. (w liczbach zaokrąglonych i częściowo oszacowanych w przybliżeniu).

	Rok 1934	1935	1936
1. Spożycie miedzi w Polsce w tysiącach ton			
a) całkowite	11,2	12,5	14,7
b) w tym do celów elektrotechnicznych	3,8	5,8	7,5
c) w tym przewody gołe	2,2	2,7	4,2
2. Spożycie aluminium w Polsce			
całkowite	1,0	1,1	1,2

Jak z powyższego wynika, przy właściwym podjęciu sprawy przejście części tylko przewodów na aluminium mogłoby potroić dzisiejsze jego spożycie w Polsce.

*) Inż. L. Krauze, Przegł. Mech. 1936. Nr. 11.

W dziedzinie materiałów oporowych jesteśmy zupełnie niesamowystarczalni. Ani bowiem nie posiadamy podstawowych surowców — przede wszystkim chromu i niklu, ani nie produkujemy z nich żadnych materiałów. W niektórych przypadkach stopy oporowe dają się zastąpić specjalnymi stalami, jednak i te do celów elektrycznych — w postaci drutów oporowych — nie są jeszcze w wystarczającej jakości produkowane. Podobnie nie mamy produkcji materiałów oporowych niemetalicznych. Dziedzina w zupełności leżąca odłogiem.

Materiały magnetyczne w zakresie prądów silnych (blachy transformatorowe i t. p.) posiadamy w ilości wystarczającej. Nie potrzebujemy sprowadzać ani materiałów, ani surowców, prócz dodatków uszlachetniających do stali. Podobnie jest ze stalami na magnesy stałe — pozostaje udoskonalenie wyrobu, co jest sprawą pomiędzy wytwórcą i odbiorcą. Zagadnienie produkcji materiałów magnetycznych specjalnych do tele- i radiotechniki, według uzyskanych przez nas informacji ma pewne widoki pomyślnego rozwiązania u nas. W każdym razie studia i w tej dziedzinie są potrzebne.

Materiały izolacyjne — obejmują największą i najważniejszą dziedzinę, w której jest najwięcej do zrobienia. Sprawę tą poruszaliśmy na tym miejscu poprzednio, wobec tego omawiać jej powtórnie nie będziemy*). Ograniczamy się tylko do podkreślenia ważniejszych materiałów.

Jak wiadomo, problem otrzymywania syntetycznego kauczuku w Polsce został rozwiązany w zasadzie pomyślnie. Materiał ten był opracowywany z myślą o przemyśle samochodowym, jako największym spożywcy, tak samo zresztą, jak i gdzie indziej. Dla elektrotechniki jest to również materiał bardzo ważny, lecz możliwość zastosowania go do wyrobu gumy na izolację i opony przewodów wymaga z jednej strony zbadania laboratoryjnego jego własności, z drugiej — przystosowania metod fabrykacyjnych w fabrykach przewodów do zamiany kauczuku naturalnego — syntetycznym. Nie można powiedzieć z góry, czy osiągnie się wyniki dodatnie (pomijając już kwestię opłacalności), gdyż np. w Niemczech dotychczas nie używa się kauczuku syntetycznego (Buna) do produkcji przewodów izolowanych. Rozpoczęcie prac w tym kierunku jest u nas niewątpliwie bardzo wskazane. Aczkolwiek spożycie kauczuku surowego do celów elektrotechnicznych jest nieznaczne w stosunku do jego całkowitego przywozu (mniej niż 10%), jednak trzeba przewidzieć możliwość odcięcia przywozu i dlatego zawczasu opracować materiał zastępczy. Poza tym możnaby jeszcze pójść drogą inną, co jest np. forsowane w Niemczech, i szukać zupełnie odmiennego materiału plastycznego, któryby pozwolił zastąpić gumę w przewodach izolowanych. Sprawa ta jednak niewątpliwie musi napotkać na rozmaite trudności nie tylko natury technicznej.

*) W sprawie produkcji i kontroli materiałów izolacyjnych w Polsce. „Przeгляд Elektrotechniczny” 1936 r. Nr. 19.

Sprawą wymagającą również obecnie rozważenia jest potrzeba zastąpienia bawełny i juty w odzieży przewodów. Ponieważ krajowe włókna (len i konopie) kalkulują się znacznie drożej, usiłowania mogą pójść w kierunku np. zmniejszenia lub nawet usunięcia bawełny z odzieży przewodów, gdzie to byłoby możliwe (np. taśmy lub oplotu z przewodów). Dalej należałoby popierać produkcję krajowych materiałów włóknistych, jak papierów kablowych, kondensatorowych, izolacyjnych, dalej preszpanów, tkanin izolacyjnych itd., których jeszcze w wystarczającej ilości, a co ważniejsza — jakości — nie posiadamy.

Z innych materiałów aktualne są obecnie ze względu na wzrost zapotrzebowania — materiały plastyczne (tłoczywa) syntetyczne (poza bakelitem, który już jest w wystarczającej ilości i jakości produkowany), a wreszcie specjalne materiały ceramiczne — do celów tele- i radiotechniki oraz grzejnictwa. Ostatnia sprawa jest szczególnie trudna przede wszystkim ze względu na zupełny brak krajowego surowca, a po drugie ze względu na znaczne koszty inwestycyjne, których wymagałoby rozpoczęcie produkcji, co jest szczególnie niekorzystne przy niewielkim stosunkowo spożyciu, z jakim możemy się liczyć.

Przy opracowywaniu sprawy materiałów zastępczych elektrotechnicznych pierwszą rzeczą do zrobienia jest zebranie dokładnych danych co do ilości zapotrzebowania krajowego na te materiały, dalej zebranie informacji o krajowych możliwościach produkcyjnych i surowcowych, ustalenie wymagań co do jakości, być może nawet normalizacja niektórych materiałów, co nie może obejść się bez konieczności przeprowadzenia odpowiednich prób laboratoryjnych i fabrycznych. W zakresie materiałów izolacyjnych pewne prace są już prowadzone przez S. E. P. i T. W. T. przy poparciu zainteresowanych czynników państwowych.

Te wszystkie zagadnienia nie mogą być rozwiązane bez ścisłej współpracy wszystkich zainteresowanych gałęzi przemysłu wytwórczego i przetwórczego. Co więcej, wydaje się konieczne do skoordynowania wszystkich wysiłków istnienie centralnej instytucji, być może pod kierunkiem państwowym. W każdym bądź razie sprawa przerasta możliwości techniczne, osobowe i finansowe jednej najbogatszej nawet instytucji. Niektóre zagadnienia wymagają wglądu w tajemnice handlowe lub fabryczne, inne znów — nakładów pieniężnych bądź też ryzyka, na które może nie mógłby sobie pozwolić przemysł prywatny. W tych wypadkach niezbędna staje się ingerencja, poparcie a nawet pomoc finansowa państwa.

Rola instytucji społecznych musi się ograniczyć w pierwszym rzędzie do inicjatywy, wysuwania i rozważania zagadnień aktualnych, gromadzenia materiałów, wyszukiwania referentów do poszczególnych zagadnień, opracowywania wyników pewnych badań bądź w formie materiałów i wniosków do użytku odpowiednich czynników państwowych, bądź w postaci publikacji do powszechnego użytku.

B. Pracownie badawcze w Polsce

Zadania polskich pracowni badawczych w dziedzinie miernictwa elektrotechnicznego w ramach współpracy z przemysłem

Dr. inż. Krukowski Włodzimierz

Streszczenie. Współpraca pracowni badawczych z przemysłem ma w dziedzinie miernictwa elektrotechnicznego nieco inny charakter, niż w innych dziedzinach techniki, chodzi tu mniej o pomoc przy fabrykacji, niż o inne zagadnienia, przede wszystkim kontrolę przyrządów mierniczych i opracowanie nowych metod pomiarowych. W tej dziedzinie pracownie badawcze mają do spełnienia ważne zadania nie tylko w stosunku do właściwego przemysłu elektrotechnicznego, lecz i do przemysłu elektrownianego, jak i wszelkiego rodzaju placówek naukowo-technicznych. Charakter prac zależy w wysokim stopniu od dokładności przyrządów i urządzeń mierniczych.

I. Ogólna charakterystyka zagadnienia.

Zakres stosowania elektrycznych metod pomiarowych nieustannie i w coraz szybszym tempie rozszerza się nie tylko w elektrotechnice, lecz i w dziedzinach często nie mających z nią w zasadzie nic wspólnego. Trudno jest dzisiaj znaleźć dziedzinę nauk ścisłych i stosowanych, techniki i życia codziennego, w której pomiary oparte na metodach elektrycznych nie byłyby stosowane. Z tego wynika, że pracownie badawcze mają na polu miernictwa elektrotechnicznego szerszy zakres działania, niż na pierwszy rzut oka można tego oczekiwać, chociaż zadania w tej dziedzinie wydają się niespecjalistom często mniej ważnymi i mniej ciekawymi, niż szereg innych efektywniejszych prac technicznych. Współpraca pracowni badawczych z przemysłem wytwarzającym sprzęt elektrotechniczny odgrywa w dziedzinie miernictwa elektrotechnicznego może mniejszą rolę i ma nieco inny charakter, niż w innych dziedzinach, zato pracownie mają na tym polu możliwość pożytecznej współpracy z przemysłem elektrownianym i innymi gałęziami techniki, jak również z pracowniami naukowymi. Dlatego w tym referacie mają być omówione zadania pracowni badawczych w dziedzinie miernictwa elektrotechnicznego w nieco szerszym zakresie niż ten, który wynika ze współpracy pracowni z właściwym przemysłem elektrotechnicznym.

Nie będą jednak poruszone prace czysto naukowe, częstokroć samo przez się najważniejsze, nie interesujące szerszego ogółu i nie mające przynajmniej bezpośrednio zastosowania praktycznego; również nie będzie na ogół mowy o urządzeniach pracowni badawczych przeznaczonych specjalnie do tego rodzaju prac lub dla celów dydaktycznych. Wyjątek zrobiono przy omawianiu prac dotyczących wzorców, gdyż prace te są poniekąd podstawą dla innych prac interesujących szersze koła fachowe.

Pracownie badawcze mogą okazać wybitniejszą pomoc wytwórciom sprzętu elektrotechnicznego na ogół tylko w pierwszych stadiach rozwoju jakiegoś nowego działu fabrykacji. Wcześniej lub później każda wytwórnia jest zmuszona stworzyć sobie odpowiednie pracownie umożliwiające przeprowadzanie możliwie wszystkich prób i doświadczeń związanych z daną fabrykacją. Takie pracownie fabryczne z natury rzeczy rozporządzają urządzeniami więcej nadającymi się do rozwiązywania zagadnień związanych z fabrykacją, niż urządzenia pra-

cowni nie związanych z fabrykacją. Personel fabryczny posiada przeważnie specjalne kwalifikacje do rozwiązywania wchodzących w zakres fabrykacji zadań. Z tego wynika, że często dla pracowni badawczych może być nader pożądanym mieć możliwość korzystania z urządzeń pracowni fabrycznych i pomocy fachowego personelu takich pracowni. Tego rodzaju współpraca pracowni badawczych z fabrycznymi jest szczególnie w naszych warunkach bardzo korzystna.

Wytwórcie elektrycznych przyrządów mierniczych może jeszcze mniej niż inne mogą korzystać z pomocy pracowni badawczych, gdyż zawsze same rozporządzają urządzeniami umożliwiającymi im przeprowadzenie potrzebnych doświadczeń i prób. W mniejszych wytwórniach warsztaty są zawsze poniekąd jednocześnie laboratoriami, w których prace przygotowawcze i doświadczalne bardzo ściśle wiążą się z właściwą fabrykacją. Większe wytwórcie, w szczególności wytwarzające przyrządy seryjnie lub masowo, zawsze rozporządzają własnymi laboratoriami dostosowanymi do potrzeb danej fabrykacji.

Tym nie mniej pracownie badawcze w wielu przypadkach są w stanie okazać wybitną pomoc wytwórciom przyrządów mierniczych, na przykład przy specjalnych badaniach materiałów konstrukcyjnych; przeprowadzaniu prób wysokiego napięcia lub wielkiej mocy. Tego rodzaju próby są szczególnie ważne w przypadku transformatorów mierniczych. Próby te wychodzą już jednak poza ramy właściwego miernictwa elektrotechnicznego; zagadnienia pracowni badawczych w tych zakresach pracy mają być tematem innych referatów.

Na tym miejscu mogą być omówione, i to tylko powierzchniowo, najważniejsze i mniej lub więcej normalne zadania pracowni badawczych w zakresie wyżej podanym. Zadania te będą podzielone na następujące grupy: 1. Wzorce. 2. Kontrola i badanie przyrządów mierniczych. 3. Badanie urządzeń mierniczych. 4. Opracowywanie nowych metod pomiarowych i urządzeń mierniczych.

II. Poszczególne grupy zadań.

1. Wzorce¹⁾.

Podstawą wszelkich pomiarów elektrycznych są przyjęte międzynarodowo jednostki wielkości elektrycznych, praktycznie reprezentowane przez odpowiednie wzorce. Najważniejszymi takimi wzorcami są opory i ogniwa normalne. Mniejszą rolę odgrywają w technice prądów silnych, której potrzeby w pierwszym rzędzie na tym miejscu mają być uwzględnione, kondensatory i indukcyjności normalne.

Każde laboratorium, w którym są wykonywane dokładne pomiary elektryczne, winno posiadać odpowiedni komplet wzorców, przede wszystkim oporów i ogniw normalnych. Dobre wzorce posiadają taką dokładność, że

¹⁾ Bliższe dane dotyczące wzorców patrz np. W. Krukowski, „Podstawowe jednostki elektryczne i ich wzorce”, Przegl. Elektrotechn. 15 (1933), zes. 22, 23 i 24.

prawie przy wszelkich pracach laboratoryjnych, za wyjątkiem prac wysokiej precyzji, przyjmuje się, że wzorce reprezentują liczbę jednostek podaną jako ich wartość nominalną. Wyjątek stanowią ogniwa normalne, na których nie jest przyjęte podawanie nominalnej wartości siły elektromotorycznej.

Za pewny można jednak uważać tylko wzorzec posiadający świadectwo sprawdzenia, w którym uwidoczniła jest wartość wzorca w określonych warunkach i inne potrzebne dane, przede wszystkim zależność wielkości wzorca od temperatury. Miarodajnym jest oczywiście tylko świadectwo pracowni, która jest w stanie porównać wzorce z wzorcami wyższej klasy dokładności, które mogą być uznane za wzorce podstawowe. Takie podstawowe wzorce może posiadać tylko państwowy instytut metrologiczny stale współpracujący z miarodajnymi pokrewnymi instytucjami innych państw. Polskim instytutem tego rodzaju jest Główny Urząd Miar. Prace Głównego Urzędu Miar w dziedzinie wzorców jednostek wielkości elektrycznych są wykonywane w Pracowni Precyzyjnych Pomiarów Elektrycznych stworzonej do tego celu przy Laboratorium Elektrotechnicznym Politechniki Lwowskiej. Ta pracownia, chociaż stosunkowo niedawno założona, rozporządza już obecnie podstawowymi wzorcami jednostki oporu i siły elektromotorycznej, których wartości są ustalone z taką dokładnością, iż można stwierdzić, że reprezentowane przez te wzorce polskie jednostki oporu i siły elektromotorycznej są ustalone nie mniej pewnie, niż jednostki reprezentowane przez wzorce najczęściej miarodajnych instytucyj zagranicznych, to znaczy Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), National Bureau of Standards (BSt), National Physical Laboratory (NPL), Physikalisch Technische Reichsanstalt (PTR). W najbliższym czasie mają być podjęte prace nad ustaleniem polskich jednostek pojemności i indukcyjności.

Pracownia Lwowska sprawdza nadsyłane do niej opory i ogniwa normalne co najmniej z taką samą dokładnością, z jaką takie prace są wykonywane w wymienionych wyżej zagranicznych instytutach metrologicznych. W świadectwach sprawdzania Pracownia podaje wartości z dokładnością uzasadnioną budową danego wzorca i przeciętnymi warunkami jego stosowania. Dla ogniw normalnych konstrukcji autora, wyrabianych w Laboratorium Elektrotechnicznym Politechniki Lwowskiej, wartość siły elektromotorycznej może być podana z dokładnością nieco wyższą, niż jest przyjęta w świadectwach instytucyj zagranicznych, a to dlatego, że konstrukcja tych ogniw pozwala na osiągnięcie większej dokładności w przeciętnych warunkach pracy.

Z powyższego wynika, że zagadnienie wzorców jednostek wielkości elektrycznych w zakresie, w jakim zagadnienie to odgrywa rolę nawet przy najdokładniejszych pomiarach w dziedzinie techniki prądów silnych, może być już dziś uznane za rozwiązane w zupełności w Polsce.

Autor niejednokrotnie spotykał się z zapytaniami dotyczącymi prac nad ustaleniem jednostek wielkości elektrycznych, bez oparcia się o jednostki reprezentowane przez wzorce innych instytutów metrologicznych. Danie dokładnej odpowiedzi na tego rodzaju pytania w ramach dzisiejszego referatu nie jest możliwe. Warto może jednak powiedzieć o tym zagadnieniu parę słów. O ile chodzi o „niezależne” ustalenie wielkości jednostek „międzynarodowych”, t. zn. obecnie jeszcze miarodajnych, to chodziłoby o prace nad ręciami wzorcami międzynarodowego ohma i o prace z woltametrami srebrowymi. Podjęcie takich prac w Polsce należy obecnie ze względu

na przewidywane zarzucenie stosowania jednostek międzynarodowych uznać w ogóle za nieaktualne. W zakresie jednostek „bezwzględnych” chodziłoby o ustalenie wielkości bezwzględnego ohma i bezwzględnego ampera. Pod względem osiągniętej dokładności dotychczasowe prace nad ustaleniem jednostek bezwzględnych niestety pozostawiają jeszcze bardzo dużo do życzenia nawet w porównaniu z wynikami prac nad ustaleniem jednostek międzynarodowych. Z tego powodu podjęcie w Polsce tego rodzaju prac jest również nieaktualne i niecelowe, gdyż nakład pracy i kosztów, które by tego rodzaju prace pochłonęły, nie stałyby w odpowiednim stosunku do wartości wyników.

Za najważniejsze zagadnienie w dziedzinie jednostek wielkości elektrycznych należy obecnie uważać osiągnięcie jak największej stałości oporów i ogniw normalnych oraz uzgodnienie wielkości jednostek na terenie międzynarodowym. Tą kategorią zagadnień zajmuje się właśnie Pracownia Lwowska, w której został już opracowany szereg ulepszeń metod do porównywania wzorców.

Obszerna publikacja dotycząca stanu prac nad wzorcami jednostek wielkości elektrycznych w Polsce ma się w najbliższym czasie ukazać.

2. Kontrola i badanie przyrządów mierniczych.

Najważniejszym zadaniem pracowni badawczych w dziedzinie miernictwa elektrotechnicznego jest z praktycznego punktu widzenia może kontrola i badanie przyrządów mierniczych. Chodzi tu z jednej strony o wszechstronne badania mające np. na celu ocenę nowych konstrukcyj przyrządów mierniczych, t. zn. badanie typu, z drugiej strony o normalną kontrolę przyrządów i określenie błędów albo poprawek ich wskazań. Zależnie od rodzaju przyrządów metody badania są różne i wymagają różnego wyposażenia pracowni. Dlatego celowym jest podzielenie przyrządów na następujące grupy: a. Przyrządy wysokiej precyzji. b. Przyrządy precyzyjne. c. Przyrządy mniejszej dokładności. d. Przyrządy służące do rozrachunku energii elektrycznej.

a. Przyrządy wysokiej precyzji. Najważniejszymi przyrządami tej kategorii są wszelkiego rodzaju przyrządy oporowe wysokiej precyzji, jak naprzykład: kółkowe i korbkowe opornice, mostki do pomiaru oporów, przyrządy kompensacyjne na prąd stały i zmienny, opornice dla urządzeń do badania transformatorów mierniczych i t. p., jak również transformatory miernicze wysokiej dokładności. Kontrola wymienionych przyrządów oporowych winna być wykonywana prawie z taką samą dokładnością, jak kontrola użytkowych oporów normalnych. Dlatego tego rodzaju prace mogą być wykonane tylko w takich pracowniach, które sprawdzają także wzorce. Kontrola złożonych przyrządów wysokiej precyzji jest poniekąd nawet trudniejsza, niż kontrola użytkowych oporów normalnych, gdyż zależnie od układu takich przyrządów zachodzi potrzeba zastosowania różnych, czasami dosyć skomplikowanych metod pomiaru i obliczenia ich wyników. Jako przykład można przytoczyć trudności wynikające przy kontroli przyrządów kompensacyjnych w układach kaskadowych, przyrządów przeznaczonych do pomiarów przy prądzie zmiennym i t. p.

Dokładna kontrola transformatorów mierniczych jest możliwa tylko za pomocą specjalnych urządzeń i wyników pomiaru jest pewny tylko wtedy, jeżeli są znane dokładnie poprawki samego urządzenia.

O ile chodzi o przyrządy oporowe, to kontrola takich przyrządów jest wykonywana w Pracowni Precyzyjnych Pomiarów Elektrycznych we Lwowie. O możliwości wykonania kontroli dokładnych transformatorów mierniczych będzie jeszcze mowa dalej w punkcie d.

b. Przyrządy precyzyjne. Do tej kategorii należą przede wszystkim precyzyjne przyrządy wskazówkowe, jak np. dokładne przyrządy z ruchomą cewką i stałym magnesem i dokładne watomierze. W laboratoriach niestety nawet przy „dokładnych” pomiarach często albo zupełnie nie uwzględnia się poprawek przyrządów albo w najlepszym razie uwzględnia się poprawki podane przy dostawie przyrządu przez wytwórcę. O ile jednak wymagana jest dokładność pomiaru, której odpowiada potrzeba ustalenia wychylenia przyrządu z dokładnością 0,1 albo 0,2 działki, to poprawka przyrządu winna być zupełnie pewna. Wtedy za miarodajną poprawkę można uznać tylko poprawkę ustaloną stosunkowo na krótko przed pomiarem, albo w krótkim czasie po wykonaniu pomiaru. W przypadkach, w których chodzi o osiągnięcie jak największej dokładności, pożądanym jest nawet, aby poprawki przyrządów były określone zarówno bezpośrednio przed pomiarem, jak i pośrednio po nim. Poprawki podane przez wytwórcę nie mogą być uznane za miarodajne już chociażby dlatego, że błędy przyrządów często zmieniają się przy przesyłaniu przyrządu pocztą lub frachtem kolejowym.

Z wymienionych powodów każda pracownia wykonująca dokładne pomiary za pomocą przyrządów wskazówkowych i rozporządzająca dużą liczbą takich przyrządów powinna być w stanie kontrolować we własnym zakresie przyrządy precyzyjne. Przy mniejszej liczbie będących w użyciu przyrządów wystarczy mieć możliwość poddać przyrządy kontroli w pracowni badawczej, przy czym przy transporcie przyrządów musi być zachowana jak najdalej idąca ostrożność. W miarę możliwości należy transportować przyrządy jako bagaż ręczny. Z tego wynika, że kontrola przyrządów precyzyjnych winna być przynajmniej w pewnej mierze zdecentralizowana. Warunek ten jest w obecnej chwili w Polsce w dostatecznej mierze spełniony.

Dla określenia poprawek przyrządów precyzyjnych potrzebne jest przede wszystkim należyte urządzenie kompensacyjne na prąd stały. Prowizoryczne urządzenia, nawet jeżeli zostanie zastosowany przyrząd kompensacyjny sam przez się dokładny, nie są wystarczające, gdyż nie dają one gwarancji uniknięcia błędów spowodowanych wpływami ubocznymi, przede wszystkim prądami wpływowymi. Rzadziej zachodzi potrzeba zastosowania przy kontroli przyrządów precyzyjnych innych urządzeń, jak np. kompensatorów prądu zmiennego i t. p., i dlatego pracownice wykonujące tylko normalną kontrolę wskazówkowych przyrządów precyzyjnych mogą się obejść bez tego rodzaju specjalnych urządzeń.

Urządzenia kompensacyjne na prąd stały odpowiadające nowoczesnym wymaganiom posiadają w Polsce następujące pracownice: Pracownia Elektrycznych Pomiarów Technicznych w Głównym Urzędzie Miar w Warszawie, Pracownia Precyzyjnych Pomiarów Elektrycznych przy Laboratorium Elektrotechnicznym Politechniki Lwowskiej, dział liczników Łódzkiego Towarzystwa Elektrycznego w Łodzi, dział liczników Śląskich Zakładów Elektrycznych w Katowicach, Stowarzyszenie Dozoru Kotłowni w Katowicach. Oprócz tego jeszcze kilka innych pracowni posiada mniej nowoczesne urządzenia kompensacyjne pozwalające przynajmniej w mniejszej skali na przeprowadzenie kontroli przyrządów precyzyjnych. Pracownia Głównego Urzędu Miar i Pracownia Precyzyjnych Pomiarów Elektrycznych we Lwowie sprawdzają, obok innych przyrządów, przyrządy przeznaczone do pomiarów przy legalizacji liczników energii elektrycznej. Urządzenie kompensacyjne Głównego Urzędu Miar jest już dzisiaj bardzo dobrze wyzyskane; Pracownia Lwowska

może się podjąć sprawdzania większej liczby przyrządów, niż dzisiaj do niej zostają zgłoszone. Liczba polskich urządzeń do sprawdzania przyrządów precyzyjnych może być uważana na ogół za wystarczającą. Ze względu jednak na to, że w Warszawie jest w użyciu stosunkowo dużo przyrządów precyzyjnych, będzie może celowe zainstalowanie z czasem w Warszawie jeszcze jednego urządzenia kompensacyjnego, zdaniem autora najlepiej w Pracowni Miernictwa Elektrotechnicznego Politechniki Warszawskiej.

Do kategorii przyrządów precyzyjnych należy zaliczyć również dokładne transformatory miernicze stosowane w połączeniu z precyzyjnymi przyrządami wskazówkowymi, przede wszystkim watomierzami. Transformatory tego rodzaju mogą być sprawdzane za pomocą tych samych urządzeń, które są używane do sprawdzania transformatorów najwyższej precyzji.

c. Przyrządy mniejszej dokładności. Grupa ta obejmuje przede wszystkim przyrządy typu laboratoryjnego niższej dokładności, przyrządy tablicowe i t. p. Kontrola prawie wszystkich tego rodzaju przyrządów nie nastręcza większych trudności i za małymi wyjątkami może być wykonana przez porównanie wskazań badanego przyrządu ze wskazaniami precyzyjnego przyrządu wskazówkowego. Tego rodzaju prace mogą być wykonane nie tylko w laboratoriach badawczych, lecz i w wielu laboratoriach przemysłowych. Dlatego na ogół przyrządy takie są badane w pracowniach badawczych tylko w wyjątkowych przypadkach, np. o ile chodzi o badanie typu lub o inne specjalne ekspertyzy albo o przyrządy specjalne, np. przyrządy do pomiaru częstotliwości lub rozsuwu faz i t. p.

d. Przyrządy służące do rozrachunku energii elektrycznej. Najważniejszymi przyrządami tej kategorii są wszelkiego rodzaju liczniki energii elektrycznej i transformatory miernicze, do których są przyłączane liczniki. Wszystkie tego rodzaju przyrządy podlegają legalizacji zgodnie z przepisami Głównego Urzędu Miar. Z tego powodu stanowią one poniekąd zupełnie odrębny dział, któremu ma być poświęcony oddzielny referat. Zakres prac pracowni badawczych w dziedzinie liczników jest stosunkowo bardzo mały, ogranicza się on do przeprowadzenia badań specjalnych, nie związanych z legalizacją.

Urządzenia do kontroli transformatorów mierniczych używane przy legalizacji transformatorów mierniczych, mogą być wyzyskane do kontroli wymienionych wyżej w punktach a i b transformatorów, o ile urządzenia te pozwalają na osiągnięcie dostatecznej dokładności pomiarów. Takie precyzyjne urządzenia posiadają: Główny Urząd Miar, Łódzkie Towarzystwo Elektryczne, Miejskie Zakłady Elektryczne we Lwowie i Okręgowy Urząd Miar w Katowicach. Przewidziane jest zainstalowanie podobnego urządzenia w Laboratorium Elektrotechnicznym Politechniki Lwowskiej, które już obecnie sprawdza precyzyjne transformatory miernicze, korzystając z urządzeń Miejskich Zakładów Elektrycznych we Lwowie. Dalsze powiększenie liczby tego rodzaju urządzeń w Polsce wydaje się na razie zbyt bezcelowe.

3. Badanie urządzeń mierniczych.

Ważnym polem działania pracowni badawczych dotychczas jeszcze mało uwzględnianym jest badanie całkowitych urządzeń mierniczych. W większości przypadków badanie winno być wykonywane na miejscu zainstalowania danego urządzenia i to zarówno ze względu na potrzebę kontroli prawidłowości połączeń, jak i ze względu na możliwość powstawania w miejscu zainsta-

lowania urządzenia jakichś ubocznych wpływów warunkowanych miejscem ustawienia przyrządów i t. p.

Jako przykład urządzeń mierniczych, które wymagają badania jako całość, mogą służyć urządzenia kompensacyjne, urządzenia do badania transformatorów mierniczych, wszelkiego rodzaju skomplikowane urządzenia do pomiarów ruchowych, np. z zakresu techniki cieplnej i t. p. a przede wszystkim zespoły licznikowe do pomiaru energii przy wysokim napięciu. Ze względu na bardzo specjalny charakter prac związanych z kontrolą całkowitych urządzeń mierniczych omawianie tych zadań w ramach niniejszego referatu nie może mieć miejsca. Pożądane jest, aby pracownie badawcze, które mogą się podjąć tego rodzaju zadań, porozumiały się między sobą co do podziału zakresu działania i t. p. Laboratorium Elektrotechniczne Politechniki Lwowskiej wykonało szereg prac z omawianego działu, przede wszystkim kontrolę szeregu urządzeń mierniczych wysokiej precyzji i zespołów licznikowych.

4. Opracowywanie nowych metod pomiarowych i urządzeń mierniczych.

Zdaniem autora, instytucje badawcze pracujące w dziedzinie miernictwa elektrotechnicznego mogą okazać wydatną pomoc wielu zakładom przemysłowym a w pewnej mierze i innym pracowniom naukowym i technicznym przez opracowywanie nowych metod pomiarowych i urządzeń mierniczych, szczególnie z zakresu, w którym dla własnych potrzeb projektowały już urządzenia miernicze. Przez projektowanie kompletnych urządzeń mierniczych w Polsce można zaoszczędzić dużo pieniędzy, które normalnie idą za granicę, a częstokroć oprócz tego moż-

na otrzymać urządzenia lepiej nadające się do użytku, niż gotowe urządzenia sprowadzane z zagranicy. Jako przykłady można przytoczyć urządzenia kompensacyjne, urządzenia do badania transformatorów mierniczych i t. p. Posiadamy już szereg wzorowych urządzeń zaprojektowanych i wykonanych w kraju przy zastosowaniu często tylko stosunkowo nie wielkiej liczby przyrządów sprowadzonych z za granicy. Takimi urządzeniami są na przykład: większość urządzeń Pracowni Elektrycznych Pomiarów Technicznych Głównego Urzędu Miar, urządzenia do prac nad wzorcami i urządzenie kompensacyjne Pracowni Precyzyjnych Pomiarów Elektrycznych we Lwowie, urządzenia do sprawdzania transformatorów mierniczych Miejskich Zakładów Elektrycznych we Lwowie i Okręgowego Urzędu Miar w Katowicach, szereg urządzeń do prac przy wysokim napięciu Pracowni Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej i cały szereg urządzeń mierniczych i probierczych w krajowych wytwórniach sprzętu elektrotechnicznego.

III. Uwagi końcowe.

Omówione wyżej zadania pracowni badawczych w dziedzinie miernictwa elektrotechnicznego nie wyczerpują oczywiście tego ważnego zagadnienia. Autor wyraża nadzieję, że niniejszy referat wywoła dyskusję, na podstawie której zainteresowane pracownie będą mogły wspólnie ułożyć plan jak najbardziej celowej wzajemnej współpracy i współpracy z przemysłem na polu tak ważnej dziedziny techniki, jaką są pomiary elektrotechniczne.

Laboratoria elektromiernicze w Polsce

inż. Dziewulski Hilary

Streszczenie. Artykuł podaje zarys obecnego stanu organizacji w Polsce laboratoriów do masowego sprawdzania elektrycznych przyrządów mierniczych podlegających ustawowo obowiązkowi okresowej legalizacji. Względny gospodarcze przemawiają za powstawaniem pracowni mierniczych przy zakładach elektrycznych i wytwórniach.

Watomierze, woltomierze, amperomierze, liczniki energii elektrycznej i transformatory miernicze mają największe liczebnie zastosowanie w przemyśle elektrownianym przy produkcji i rozdziale energii elektrycznej.

Pierwsze miejsce ilościowo zajmują liczniki en. el.; w chwili obecnej w sieciach elektrowni polskich liczba ich dochodzi do dwóch milionów sztuk. Służą one przeważnie do pomiaru energii elektrycznej u odbiorców i stanowią prawie wyłącznie własność zakładów elektrycznych, z nieznacznymi wyjątkami w małych elektrowniach.

Zależnie od rodzaju prądu, wielkości mocy instalacji odbiorczej i rodzaju taryf, stosowane są w Polsce liczniki różnych obszarów mierniczych na prąd stały, jednofazowy, trójfazowy, zarówno w wykonaniu zwykłym, jak i z dodatkowymi urządzeniami taryfowymi w postaci liczników rabatowych z utrudnionym rozruchem, szczytowych ponadryczałtowych i różnicowych, dwu- i trójtaryfowych, maksymalnych, samozapisujących lub drukujących średnie obciążenia, monetowych (samoinkasujących) oraz kombinowanych konstrukcji dla taryf specjalnych.

W instalacjach wysokiego napięcia (powyżej 600 V) do pomiaru energii elektrycznej służą zespoły licznikowe

składające się z transformatorów mierniczych napięciowych i prądowych i jednego licznika w najprostszym przypadku, albo liczników np. prądu watomowego, bezmocnego, czasem woltomierza, amperomierza i watomierza.

Terytorialnie największą różnorodność złożonych układów pomiarowych posiada Górny Śląsk, całkowicie niemal zelektryfikowany i obejmujący dużo wielkich odbiorców energii elektrycznej na wysokim napięciu (kopalnie, huty i inne zakłady przemysłowe), którzy nabywają energię według taryf elastycznych, a więc układy pomiarowe mają tam na celu określenie nie tylko ilości pobieranych kWh, ale również średniego współczynnika mocy, maksymalnego obciążenia, energii bezwatomowej, zużycia dziennego i nocnego i t. p. Podobnie w innych okręgach posiadamy przykłady nowoczesnych złożonych metod pomiarowych na wysokim napięciu (sieci Gródka, ZEORK'u, Łodzi, Warszawy i in.). W chwili obecnej najwyższe napięcie sieci, na których dokonywane są pomiary za pomocą zespołów licznikowych wynosi w Polsce 3.63 000 V. Większość jednak stanowią liczniki przeznaczone dla małych instalacji świetlnych na 5 lub 10 A na prąd jednofazowy. To też produkcją ich w Polsce zajmują się obecnie cztery wytwórnie. Przyrządy wskazówkowe, poza wspomnianymi wyżej zastosowaniami w instalacjach, są niezbędne w rozdzielniach każdej elektrowni, pracach na sieci, w laboratoriach i warsztatach.

Wszystkie wymienione przyrządy wymagają konserwacji i okresowego sprawdzania dokładności ich wskazań w ruchu i w laboratoriach.

To też laboratoria elektryczne są rozbudowane szczególnie przy większych zakładach elektrycznych

i dostatecznie wyposażone dla pokrycia zapotrzebowania racjonalnej konserwacji posiadanych przyrządów. Przyrządy elektryczne przeznaczone do bezpośredniego albo pośredniego pomiaru energii elektrycznej dla celów rozrachunku między dostawcą a odbiorcą prądu podlegają ponadto reglamentacji prawnej. Obowiązujące prawnie przepisy polskie określają normy dokładności, konstrukcji, zakresu stosowania oraz regulują organizację okresowego ich sprawdzania na terenie całego państwa, mając na celu zapewnienie stronom rzetelnego rozrachunku.

Wspomniane laboratoria przystosowane są do wykonywania w nich przepisowych sprawdzeń przyrządów w większości liczników en. el. i wyposażone w przyrządy laboratoryjne wymagane prawem.

Urządzenia laboratoryjne, stosowane tutaj dzięki długoletniemu doświadczeniu wytwórni produkujących je, posiadają budowę umożliwiającą masowe i szybkie sprawdzanie liczników en. el.; jakkolwiek mogą być przystosowane do sprawdzania ruchowych przyrządów wskazówkowych wzgl. przełączników, a to dzięki swym precyzyjnym urządzeniom regulacyjnym składającym się z równoległych oporników względnie transformatorów regulacyjnych. Ciągłość regulacji powinna być zachowana przy każdym obciążeniu.

Urządzenia posiadają zawsze dwa obwody: prądowy i napięciowy z oddzielnymi źródłami zasilania: dla obwodu prądowego — niskie napięcia kilku lub kilkunastu woltów, dla obwodu napięciowego — napięcia odpowiadające sieciom. Niezależność zasilania obwodów: prądowego i napięciowego pozwala na uzyskanie dużych natężeń prądu przy małym zużyciu mocy.

Przesunięcie w fazie prądu i napięcia uzyskuje się za pomocą suwaków fazowych - transformatorów kształtu silników z obracalnymi o $\pm 90^\circ$ el. za pomocą korby wirnikami, albo też przy zasilaniu z zespołów maszynowych za pomocą względnego przesuwania stojanów.

Pomiar mocy wykonywa się za pomocą precyzyjnych watomierzy albo amperomierza i woltomierza przy prądzie stałym.

Pracownie posiadają jedną albo kilka takich tablic czy pulpity. Jako przykład wyposażenia wzorowej pracowni może posłużyć laboratorium pomiarowe przy jednej z większych elektrowni, które zawiera następujące urządzenia trwale zmontowane w oddzielnych salach: pięć tablic, w tym jedna do sprawdzania zespołów transformatorowych do 1 000 A i 3.6 000 V, urządzenie Schering'a do sprawdzania transformatorów mierniczych, kompensator prądu stałego do sprawdzania normalnych watomierzy wzgl. amperomierzy i woltomierzy, urządzenie do sprawdzania ograniczników, szereg pomocniczych aparatów, ponad to warsztat do naprawy przyrządów. Mniejsze elektrownie posiadają jedną tablicę często tylko jednofazową i transformator do badania izolacji liczników napięciem próbnym do 2 000 V. Taka najmniejsza pracownia typowa dla niewielkich elektrowni zaopatrzona jest jednak zasadniczo tak, że posiada trzy ubikacje, z których jedna przeznaczona jest dla urządzeń pomiarowych, druga na warsztat czysty, gdzie wykonywana jest naprawa, oczyszczenie mechanizmu i wymiana części, oraz trzecia — warsztat dla robót, które nie mogą być wykonywane przy otwartych mechanizmach. Kilka elektrowni jednak posiada oddzielne budynki wzgl. całe skrzydła gmachów przeznaczone wyłącznie na laboratoria.

Urządzenia do sprawdzania liczników en. el., transformatorów mierniczych, ograniczników i t. p. podlegają kontroli Administracji Miar, a przyrządy normalne: watomierze, amperomierze i woltomierze powinny być okre-

sowo sprawdzane i uwierzytelniane w Głównym Urzędzie Miar w Warszawie albo we Lwowie. Legalizację przyrządów elektrycznych wykonywują urzędnicy miejscowych urzędów miar albo osoby upoważnione do tych czynności przez Dyrektora Głównego Urzędu Miar, osobiście odpowiedzialni za dokładność pomiarów i przepisowe wykonywanie czynności. Organizacja jest na ogół podobna jak w innych państwach (Austria, Czechosłowacja, Szwajcaria, Niemcy i inne), z których doświadczeń Polska mogła skorzystać.

Instytucją przepisodawczą jest Główny Urząd Miar posiadający pracownie elektryczne wyposażone w urządzenia dla celów badania narzędzi mierniczych stosowanych w przemyśle.

Ze względu na wymaganą dużą dokładność pomiarów urządzenia Głównego Urzędu Miar są wysokiej jakości i zmontowane trwale w sposób zabezpieczający pomiar przed wpływami zewnętrznymi.

Urządzenia są tak skompletowane, by umożliwiły pomiary wszelkich wielkości elektrycznych, magnetycznych i innych mających miejsce przy badaniu przyrządów elektrycznych. Ponadto Główny Urząd Miar posiada laboratorium pomiarów precyzyjnych elektrycznych we Lwowie, którego zadaniem są prace nad wzorcami wielkości elektrycznych i ich porównaniem na terenie międzynarodowym.

W pracach przepisowych i zasadniczych metrologicznych Głównego Urzędu Miar bierze udział stała Komisja Elektryczna, w skład której wchodzi profesorowie katedr miernictwa elektrycznego obu Politechnik oraz przedstawiciele przemysłu elektrownianego, kierownicy laboratoriów elektrycznych.

W miastach prowincjonalnych urzędowe laboratoria elektryczne są czynne przy Okręgowych Urzędach Miar w Lublinie, Lwowie, Poznaniu, Katowicach i Wilnie.

Pracownie te są wyposażone przede wszystkim w urządzenia do sprawdzania liczników en. el. prądu stałego i zmiennego, ponadto ograniczników, amperomierzy taryfowych, wzgl. innych przyrządów elektrycznych. Ostatnio czyniąc zadość potrzebom przemysłu Zagłębia Węglowego uruchomiona została w Okręgowym Urzędzie Miar w Katowicach nowoczesna pracownia do sprawdzania metodą Schering'a - Alberti transformatorów mierniczych prądowych do 5 000 A i napięciowych do 70 000 V z napięciem próbnym do 180 000 V.

Zasada rozmieszczenia pracowni w ośrodkach uprzemysłowionych i zelektryfikowanych jest racjonalna z punktu widzenia gospodarczego, gdyż obniża koszt transportu i skraca czas stracony na przewóz przyrządów. We wspomnianym przypadku z pracownią transformatorową dla większości transformatorów mierniczych Górne-go Śląska odpada w ogóle transport kolejowy, a czas, stracony na całkowity przewóz z elektrowni do laboratorium i z powrotem oraz wykonanie sprawdzenia, ograniczy się do kilku godzin zamiast nie raz do dwu tygodni przy sprawdzaniu w Warszawie.

W chwili obecnej pracownie do sprawdzania transformatorów mierniczych są czynne w Warszawie (trzy), Lwowie, Łodzi i Katowicach. Pracownie licznikowe i ogranicznikowe posiadają następujące miasta: siedem Warszawa, po trzy: Poznań, Lwów, Katowice, Wilno oraz po jednej: Pruszków, Łódź, Białystok, Kalisz, Włocławek, Turek, Lublin, Radom, Kielce, Brześć n. Bugiem, Kraków, Siersza Wodna, Zakopane, Tarnów, Rzeszów, Przemysł, Stanisławów, Borysław, Stryj, Sambor, Tarnopol, Toruń, Grudziądz, Pelplin (Stocki Młyn), Gdynia, Byd-

goszcz, Nierzychów, Leszno, Częstochowa, Sosnowiec, Chorzów, Mikołów, Siemianowice, Czechowice, Bielsko, Cieszyn, Lida. W budowie są laboratoria w Nowym Bytomiu, Ostrowiu Wlkp. i w kilku innych miastach.

Rozwój podyktowany względami racjonalnej gospodarki idzie po linii powstawania laboratoriów przy Za-

kładach Elektrycznych, które przez to osiągają nie tylko znaczne oszczędności na konserwacji posiadanych przyrządów, ale uniezależniają się od terminów i niedogodności transportu.

Sprawa badania materiałów przewodzących i izolacyjnych

Inż. Hoser Jerzy

Streszczenie. Cel istnienia i rozwoju postronnej placówki badawczo-probierczej. Zadania jej w dziedzinie badań materiałów przewodzących i izolacyjnych. Laboratoria poza fabryczne pracujące obecnie na tym polu.

Materiały elektrotechniczne zależnie od ich przeznaczenia można podzielić na przewodzące, nieprzewodzące tj. izolacyjne i magnetyczne. W pracy niniejszej zajmę się tylko materiałami przewodzącymi i izolacyjnymi z tym, że trzecia grupa, materiały magnetyczne, będzie potraktowana oddzielnie. Nie interesuję się tutaj materiałami jako takimi, ich podziałem i zastosowaniami w technice, ale chodzi mi jedynie o możliwości ich badania.

W porównaniu z badaniem gotowych urządzeń, maszyn i przyrządów elektrycznych materiały przewodzące, a przede wszystkim izolacyjne, są jako tworzywo o tyle trudne do badania, że wymagają w wielu przypadkach współpracy co najmniej dwu laboratoriów: elektrycznego i chemicznego, bo o jakości materiałów przewodzących i izolacyjnych mówią ich własności: elektryczne, fizyczne i chemiczne, i odpowiednio do tych własności badania dzielą się na elektryczne, fizyczne i chemiczne.

Samo badanie może mieć rozmaity charakter. Badanie przy fabrykacji — kontrola produkcji, i badanie przy odbiorze lub zakupie są do siebie zbliżone w wielu punktach i wykonywane wg. obowiązujących przepisów lub też w braku norm metodami ustalonymi zwyczajowo. Zasadniczo od tamtych różni się badanie badawcze, t. j. poświęcone opracowaniu metod i studiom nad ulepszaniem i zmianami własności materiałów.

Ze względu na koszt samych urządzeń i utrzymania odpowiednio wyszkolonego personelu na prowadzenie pełnych badań kontrolnych a tym bardziej badawczych we własnym laboratorium fabrycznym mogą sobie pozwolić tylko większe i bogate jednostki przemysłowe i to w tym przypadku, gdy materiał jest stałym i, powiedzmy, masowym przedmiotem produkcji. Próby odbiorcze wykonywa niekiedy odbiorca u siebie, ale i tu jeszcze częściej zachodzi potrzeba miarodajnej placówki postronnej, bo tylko nieliczni wielcy odbiorcy są w stanie stworzyć i utrzymać własne laboratoria (jak np. M. P. i T. — Instytut Telekomunikacyjny; P. K. P. — Laboratorium Centralne). Taka placówka postronna, oparta o zakład naukowy, miałaby lepszą możliwość rozwoju i byłaby w stanie zespolic w sobie badania o różnym charakterze.

Zanim przejdę do omówienia istniejących w Polsce laboratoriów (fabryczne nie są brane pod uwagę), podam krótki przegląd własności materiałów przewodzących i izolacyjnych dla zorientowania, jakie możliwości i jaki zakres pracy mają przed sobą takie postronne placówki badawczo-probiercze.

A. Materiały przewodzące (miedź, aluminium, stopy).

Własności elektryczne: przewodność właściwa, współczynnik cieplny oporności; własności fizyczne: ciężkość

właściwa, wytrzymałość mechaniczna i wydłużalność, a dalej dopiero własności chemiczne, jak skład i t. p.

Gdy mówi się o badaniu tych materiałów pod kątem widzenia potrzeb elektrotechniki, ma się na myśli: przewodność właściwą, ciężkość właściwą i własności mechaniczne. Do tych badań dla gotowych przewodników dochodzi jeszcze: przekrój rzeczywisty i ezynny. Oznaczenie przewodności właściwej i ciężkości właściwej nie wymaga specjalnie kosztownych urządzeń (kompletny mostek Thomsona, wagi dokładne), tak że tutaj kontrola produkcji może być prowadzona na miejscu w fabryce, a raczej jedynie z badaniem własności mechanicznych trzeba się odnieść do odpowiedniego laboratorium.

Znaczenie postronnego laboratorium (elektrotechnicznego) sprowadza się tu przede wszystkim do współpracy z odbiorcami (próby odbiorcze), do występowania w kwestiach spornych tam, gdzie chodzi o placówkę niezainteresowaną, oraz do prac badawczych.

B. Materiały izolacyjne.

Tutaj badania są trudniejsze, łatwiej o wyniki fałszywe lub obciążone dużym uchybem, zwłaszcza przy określaniu własności elektrycznych materiału (pomiar oporności, stratności dielektrycznej i t. p.). Tym samym wysuwa się potrzeba bardziej specjalnych urządzeń oraz doświadczonego personelu. Dlatego też dziedzina badania materiałów izolacyjnych jest jeszcze szerszym polem pracy dla takiego laboratorium postronnego, które tu właśnie może oddać bardzo wielkie usługi przemysłowi i odbiorcy (zarówno w kontroli produkcji i próbach odbiorczych, jak i w pracach badawczych).

Z pośród materiałów izolacyjnych wydzielił oleje i masy kablowe, których badanie odbywa się według obowiązujących przepisów PNE, a dla reszty materiałów, nieobjętych przepisami polskimi, wyszczególnię własności, które ewentualnie mogą być przedmiotem badania. Nie należy jednak sądzić, że wszystkie niżej wymienione własności odnoszą się do każdego materiału izolacyjnego.

Oleje izolacyjne (PNE-41/1936)

własności elektryczne: wytrzymałość elektryczna;
własności fizyczne: barwa, ciężkość właściwa, lepkość, temperatura zapłonu, temperatura krzepnięcia, trwałość;

własności chemiczne: zawartość wody i zawiesin, zawartość popiołu, zawartość asfaltów twardych, odczyn, kwasowość.

Oleje kablowe — badania podobne, jak olejów izolacyjnych.

Masy kablowe (PNE-16/1933)

własności elektryczne: wytrzymałość elektryczna;
własności fizyczne: jednolitość, plastyczność, przyczepność, topliwość, rozszerzalność, lepkość, przeświecalność;

własności chemiczne: obecność składników szkodliwych.

Masy izolacyjne — badanie podobne, jak masy kablowych.

Inne materiały izolacyjne (laki; woski; szkło; izolatory naturalne, jak papier, mika, harc, guma i t. p.; materiały sztuczne, jak: harc sztuczny, bakelit i t. p.; materiały ceramiczne, jak: porcelana, kalit, steatyt i t. p.):

własności elektryczne: oporność powierzchniowa, wewnątrzowa i skrośna; wpływ wilgoci i różnych warunków zewnętrznych na oporność; stała dielektryczna; stratność dielektryczna; wytrzymałość elektryczna; odporność na działanie łuku elektrycznego,

własności fizyczne: wygląd zewnętrzny, barwa, przeświecalność; ciężkość właściwa; nasiąkalność; odporność na działanie ciepła — zmięknienie; zapalność (odporność na działanie płomienia); rozszerzalność; przewodność cieplna; trwałość (starzenie); własności mechaniczne (wytrzymałość na zginanie, rozrywanie, odporność na uderzenie, badanie na zmęczenie, twardość).

własności chemiczne: odporność na działanie kwasów i zasad, olejów i ozonu; składniki szkodliwe.

Obecnie istnieje w Polsce kilka placówek, które są przygotowane do badania w mniejszym lub większym zakresie materiałów elektrotechnicznych przewodzących i izolacyjnych, przy tym jednak żadna z tych placówek nie jest dostatecznie wyposażona dla dokonywania pełnego badania, a raczej można mówić o ich współpracy. Należy tu wymienić: Politechnikę Warszawską, Politechnikę Lwowską, Instytut Telekomunikacyjny, Laboratorium Elektrowni Pomorskiej w Gródku, Laboratorium Biura Znaku Przepisowego S. E. P., Laboratorium przy Muzeum Przemysłu i Rolnictwa.

Ze wszystkich tych placówek może najlepiej jeszcze jest przygotowana do badania materiałów przewodzących i izolacyjnych Pracownia Probiercza Zakładu Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej, bo posiada wiele urządzeń i pewne doświadczenie. Podejmuje się ona badań nad tymi materiałami, nie posiada jednak urządzenia do badania starzenia oleju oraz maszyn do prób mechanicznych; te ostatnie są wykonywane pod jej kierunkiem w innych laborato-

riach Politechniki, podobnie jak i część badań chemicznych.

Stacja mechaniczno - doświadczalna Politechniki Lwowskiej na ogół nie zajmuje się badaniem materiałów przewodzących i izolacyjnych, bo nie leży to w sferze jej zainteresowań. Przygotowana jest natomiast do badania własności mechanicznych.

Instytut Telekomunikacyjny podejmuje się badania materiałów przewodzących i nieprzewodzących tylko dorywczo i to w wąskim zakresie (pomiaru stratności, stałej dielektrycznej i oporności dużą częstotliwością); do metodycznych badań materiałów nie jest jednak nastawiony.

Laboratorium Elektrowni Pomorskiej w Gródku wykonywa pełne badania materiałów przewodzących, łącznie z próbami mechanicznymi, a z pośród materiałów izolacyjnych zajmuje się szczególnie olejami izolacyjnymi, posiadając odpowiednie urządzenia do badań wraz z próbą na starzenie. Bada również i masy kablowe.

Laboratorium Biura Znaku Przepisowego S. E. P. zajmuje się w tej dziedzinie jedynie badaniem gumy na starzenie.

Laboratorium (Instytut) przy Muzeum Przemysłu i Rolnictwa było nastawione raczej w kierunku badań fizycznych i chemicznych, ostatnio jednak zupełnie nie podejmuje się badania materiałów przewodzących i izolacyjnych.

Jak widać z powyższego zestawienia, najlepsze widoki rozwoju w kierunku badania materiałów elektrotechnicznych przewodzących i izolacyjnych ma Politechnika Warszawska, co potwierdzają liczne zgłoszenia do badania ze strony przemysłu i odbiorców. Dlatego jest też bardzo pożądane, aby Pracownia Probiercza Zakładu M. E. i W. N. ten właśnie dział możliwie najdalej rozwijała i uzupełniała także w kierunku badań mechanicznych i chemicznych. W ten sposób mogłoby tu powstać centralne laboratorium badawczo-probiercze dla materiałów izolacyjnych (studia nad metodami badania, współpraca przy układaniu przepisów, próby kontrolne i odbiorcze).

Próby materiałów instalacyjnych i małych odbiorników

Inż. Skowroński Jerzy, Warszawa

Streszczenie: Podany jest zakres prac Laboratorium Biura Znaku Przepisowego SEP w związku z potrzebami rynku krajowego.

Sprawa systematycznych prób materiałów instalacyjnych w Polsce do roku 1933, t. j. do czasu utworzenia Laboratorium Biura Znaku Przepisowego SEP, była zupełnie zaniedbana. Działo się to z jednej strony skutkiem braku zainteresowania w tym względzie u odbiorców, z drugiej — skutkiem braku odpowiedniego wyposażenia istniejących laboratoriów naukowo-probierczych. Te ostatnie znowu nie mogły — nawet gdyby chciały — uzupełnić swego wyposażenia w kierunku materiałów instalacyjnych, wobec braku obowiązujących przepisów, gdyż próby materiałów tych, zwłaszcza drobnego sprzętu instalacyjnego, wymagają stosowania licznych przyrządów probierczych o zupełnie określonym i ograniczonym przeznaczeniu.

Z tego działu wykonywane były jedynie próby przewodów izolowanych, jako łatwiejsze do przeprowadzenia w laboratorium elektrotechnicznym ogólnie wyposażonym (z wyjątkiem próby starzenia gumy, która z te-

go względu nie była np. uwzględniona w przepisach PNE/5 — 1932).

W ten sposób istniała sytuacja bez wyjścia, prawdziwe błędne koło; prób się nie wykonywało, bo nie było przyrządów probierczych; przyrządów nie było, bo nie było przepisów; przepisów nie można było opracować, bo nie były wykonywane systematyczne badania wyrobów krajowych. Dopiero utworzenie pracowni Biura Znaku Przepisowego SEP pozwoliło na wyjście z tej sytuacji. Pracownia ta została wyposażona przede wszystkim w przyrządy do prób przewodów w izolacji gumowej — wobec wprowadzenia znaku SEP i kontroli w zastosowaniu do tych przewodów. Prowadzenie systematycznych prób pozwoliło m. in: na zdobycie własnego doświadczenia co do próby starzenia gumy przewodowej produkcji krajowej. Dalej w miarę uzyskiwanych dotacji częściowo od przemysłu a w znacznej mierze od elektrowni, jak również w miarę własnych środków Stowarzyszenia, wyposażono pracownię w przyrządy i urządzenia do prób drobnego sprzętu instalacyjnego, wzorując się na instytucjach należących do I. F. K. (Installations-fragenkommission). Naj-

większą trudność stanowiła próba na zwarcie bezpieczników, lecz usunięto ją dzięki uprzejmości dyrekcji kopalni Jowisz, która zezwoliła na przystosowanie rezerwowej przetwornicy do prób powyższych (1000 A 500 V st.).

Podobnie rzecz miała się z działem grzejników. Aczkolwiek przyznać należy, że poważniejsze wytwórnie grzejników posiadały odpowiednie wyposażenie do badania swych wyrobów, jednak odbiorcy nie mieli gdzie tych badań wykonywać. Należało więc wyposażyć pracownię S.E.P. we wszystkie urządzenia niezbędne do badania grzejników, co pozwoliło na prowadzenie badań służących za podstawę do przepisów oraz wykonywanie prób na potrzeby wytwórców i odbiorców.

Ze względu na długotrwałość niektórych prób duży nacisk kładziony jest na samoczynne działanie urządzeń probierczych, tak że mogą one być wykonywane przez całą dobę bez konieczności dozoru. Pozwala to na znaczne skrócenie czasu próby. Przystąpienie do próby nie wymaga przygotowań, gdyż w zasadzie każda próba ma swoje stanowisko i przyrządy. Taka organizacja pozwala na przeprowadzanie dużej ilości prób, ale też laboratorium jest właściwie wykorzystane tylko przy dużej liczbie przedmiotów badanych, a więc np. przy prowadzeniu stałej kontroli produkcji, co zresztą jest jego przeznaczeniem.

Urządzenia pracowni Biura Znaku pozwalają wykonywać całkowite badania następujących przedmiotów:

1. Przewody izolowane (prócz przewodności między);
2. Rurki izolacyjne;
3. Taśmy izolacyjne;
4. Sprzęt instalacyjny (bezpieczniki, łączniki, gniazda wtyczkowe i wtyczki);

5. Grzejniki (żelazka, naczynia, Kuchenki, piekarniki, piecyki, poduszki, grzałki nurkowe);

6. Transformatoriki dzwonekowe;

7. Odbiorniki radiofoniczne (tylko co do bezpieczeństwa).

Zakres ten może się rozszerzać w miarę zainteresowania producentów i odbiorców. W założeniu objąć on powinien przede wszystkim wyroby produkcji masowej, mające odbiorców niefachowych, a więc nadające się do kontroli i znakowania. Należy bowiem podkreślić, że właściwą rolę podobne laboratorium może spełniać tylko przy prowadzeniu stałej kontroli. Wtedy są możliwe i stają się owocne wszelkie studia nad polepszeniem wyrobów krajowych — wobec stałego i ścisłego kontaktu z przemysłem; wtedy też tylko, t. j. przy istnieniu stałej kontroli można sprawiedliwie ocenić jakość produkcji, co więcej, można zawczasu ustrzec wytwórnię od obniżenia jakości jej wyrobów. Natomiast wszelkie próby dorywcze, przy poszczególnych dostawach, jak to się praktykuje niejednokrotnie, są z jednej strony stosunkowo kosztowne, z drugiej zaś nie dają całkowitej pewności co do całości produkcji lub dostawy. Z tych względów niejednokrotnie zwracano się do S.E.P. o rozszerzenie kontroli na materiały nie objęte bezpośrednim zainteresowaniem w myśl powyższych zasad, jak na przykład masy kablowe, materiały izolacyjne stałe, oleje izolacyjne i t. d., bądź na takie, jak żarówki, które jeszcze nie mogły być w całości badane w dostępnych laboratoriach. Nie jest też wykluczone, że wymagania te mogą być na tyle uzasadnione, że spowodują rozszerzenie pracowni S.E.P., o ile nie stanie się możliwe korzystanie w tym celu z usług innego laboratorium.

Laboratorium wysokich napięć o charakterze społecznym

Dr. inż. Jakubowski Janusz Lech, Warszawa

Streszczenie. Cel laboratorium o charakterze społecznym. Strona finansowa i techniczna organizacji takiego laboratorium.

1. Cel laboratorium o charakterze społecznym.

W większości krajów europejskich istnieją oprócz laboratoriów fabrycznych laboratoria mające charakter instytucji społecznych. Jako przykład mogą służyć laboratoria wysokich napięć Szwajcarskiego Związku Elektryków (S. E. V.), Związku Dyrektorów Elektrowni w Holandii (Vereeniging van Directeuren van Electriciteitsbedrijven), National Physical Laboratory w Anglii. Należą tu również laboratoria politechniczne, które wykonują często poważne prace badawcze z dziedziny techniki wysokich napięć. Przykładem tej roli politechnik jest współdziałanie laboratoriów wysokich napięć politechnik berlińskiej, drezdeńskiej i brunświckiej z organem zakładów elektrycznych i producentów przyrządów wysokiego napięcia: „Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen”, lub też współpraca politechnik angielskich z analogiczną do „Studiengesellschaft” organizacją „Electrical and Allied Research Association” (E. R. A.).

Dotądnie strony laboratoriów o charakterze społecznym są następujące:

a. Laboratoria te pozwalają na badanie takich zagadnień, których rozwiązanie

jest niedostępne dla poszczególnych zainteresowanych instytucji. Przede wszystkim laboratoria społeczne przy odpowiedniej organizacji mają możliwość ciągłej pracy w jednym kierunku i dzięki temu gromadzą specjalne urządzenia laboratoryjne oraz skupiają odpowiednio wyszkolony personel naukowo-techniczny. Sprawienie niektórych urządzeń laboratoryjnych, jak np. układów wzorcowych do pomiaru wysokiego napięcia, oscylografu na fale udarowe, pociąga na ogół zbyt duże koszty dla jednej wytwórni, a poza tym jest to inwestycja nie zawsze rentująca się, gdyż omawiane urządzenia bywają zwykle rzadko używane, o ile obsługują tylko jedną wytwórnię.

Ponadto sam zakup urządzenia laboratoryjnego nie jest jeszcze wszystkim. Obecnie technika pomiarowa jest często tak skomplikowana, że wymaga od stosującego ją wiadomości specjalnych, a nie zawsze wytwórnia — zwłaszcza mniejsza — może sobie pozwolić na zaangażowanie specjalisty, który zajmowałby się tylko pomiarami. W czasie mojej podróży naukowej w roku zeszłym zwiedzając szereg fabryk zagranicznych przekonałem się wielokrotnie o skutkach braku specjalisty. Spotkałem się np. z dziwnym na pozór zjawiskiem, że wytwórnia zakupiła kosztowny oscylograf katodowy wysokiego napięcia, a nie korzystała z niego. Po prostu inżynierowie mieli ważniejszą sprawę do załatwienia, niż zajmowanie się subtelną i pochłaniającą dużo czasu techniką pomiarową, wobec

czego manipulacje przy oscylografie zostały powierzone monterowi. Nic dziwnego, że oscylograf nie był w ruchu — był stale zepsuty.

b. Dobrze wyposażone technicznie laboratoria społeczne, jako instytucje niezależne finansowo wprost od jednej wytwórni, dają pełną gwarancję prawidłowości wykonania i bezstronności wyników przeprowadzanych w nich prób odbiorczych. Względ ten jest ważny dla odbiorców przyrządów wysokiego napięcia, a więc dla elektrowni i zakładów rozdzielczych. Jako przykład, o ile próby odbiorcze można wykonać lepiej w laboratorium społecznym, niż w fabrycznym, może służyć tak prosta na pozór sprawa, jak pomiar wysokiego probierczego napięcia. Tylko laboratorium, które świadomie dąży do dużej dokładności pomiaru tego napięcia i prowadzi specjalne badania, aby ją osiągnąć; może uniknąć możliwych tutaj znacznych uchybów¹⁾. A wszak przy próbach odbiorczych, zwłaszcza gdy napięcie probiercze leży blisko granicy wytrzymałości badanego przyrządu, każdy kilowolt ma już znaczenie.

c. Laboratorium może prowadzić badania, mające na celu dobro przemysłu danego kraju jako całości, i obliczone na dalszą metę. Laboratoria wytwórni, zwłaszcza mniejszych, nie mogą zajmować się takimi badaniami, gdyż tutaj czynnikiem decydującym są sprawy bieżące, od których zależy byt wytwórni.

2. Strona finansowa organizacji.

Laboratorium społeczne może tylko wtedy spełniać swe zadania, gdy jest odpowiednio wyposażone finansowo. Nie wystarcza, aby istniało grono ludzi odpowiednio przygotowanych fachowo, tak jak to ma często miejsce w zakładach politechnicznych, którzy prawie bezinteresownie poświęcają czas dla realizacji tak ważnego społecznie czynu, jak prowadzenie prac laboratoryjnych techniczno-badawczych dla dobra całego kraju. Laboratorium o charakterze społecznym w pełni użyteczne musi bić tym samym tętnem, co życie w fabrykach i elektrowniach, musi rozwiązywać tematy stawiane przez życie nie krępując się brakiem środków pieniężnych. Ten czynnik decyduje o sytuacji organizacyjnej laboratorium: w różnych krajach bywa ono związane finansowo bądź z państwem, bądź z przemysłem lub ze związkiem elektrowni.

Przechodząc do stosunków polskich należy przede wszystkim stwierdzić istniejący stan rzeczy. Laboratoriów prywatnych stanowiących własność wytwórni lub elektrowni istnieje kilka (fabryki aparatów elektrycznych, kabli, izolatorów). Laboratorium wysokich napięć o charakterze społecznym istnieje tylko jedno, mianowicie laboratorium Zakładu Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej. Laboratorium to w dużej mierze spełnia rolę laboratorium społecznego, o czym świadczą: pokaźna ilość prób wysokonapięciowych różnego rodzaju, wykonanych dla przemysłu oraz doświadczenie techniczne i naukowe, skupione w pracownikach i urządzeniach laboratorium, w wynikach prac i badań. To doświadczenie nie jest cechą, którą nabywa się od razu. Oczywiście trudności finansowe, które przeszkadzają pełnemu rozwojowi tej placówki, odbijają się na wydajności jej pracy.

3. Strona techniczna laboratorium.

Omówię teraz pokrótce urządzenia społecznego laboratorium wysokich napięć, jakie uważam za celowe w stosunkach polskich. Jednocześnie będę stwierdzał, jaki jest stan urządzeń laboratorium Politechniki Warsz., aby przekonać się, jaką wartość przedstawiają jako zawiązek laboratorium społecznego na większą skalę.

Muszę od razu zaznaczyć, że jako zakres działalności omawianego laboratorium uważam nie tylko badania kabli, izolatorów i ochronników przeciwprzebieciowych. Moim zdaniem należą tu również wszelkie próby układów izolacyjnych wysokiego napięcia (a więc także i izolacji maszyn elektrycznych), jak również i materiałów izolacyjnych, o ile do ich badania stosuje się wysokie napięcie.

a. Pomieszczenia laboratoryjne. — Obecna tendencja rozwojowa, którą można zaobserwować w nowo-wybudowanych laboratoriach zagranicznych, idzie w kierunku podzielenia laboratorium pod względem budowlanym na 2 części:

1. wielką halę przeznaczoną na źródła najwyższego napięcia, posiadane przez laboratorium;
2. szereg mniejszych pomieszczeń przeznaczonych do pracy przy średnio wysokim napięciu.

Ta tendencja została uwzględniona przy opracowywaniu planu nowego pawilonu elektrycznego Politechniki Warszawskiej, który został częściowo wykonany w r. 1934. Na laboratorium wysokich napięć zostały tam celowo przeznaczone obszerne pomieszczenia. Warto wymienić, że hala najwyższych napięć Z. M. E. i W. N. ma wymiary: 24 × 16 m (podstawa) i 17 m (wysokość; 17 m = 4 piętra). Dach hali i przyległych części budynku jest przygotowany na umieszczenie linii dla fal wędrownych, niezbędnych przy badaniach oscylograficznych. Na korzyści, wynikające z takich linii, wskazują choćby doświadczenia Instytutu Elektrotechnicznego w Akwizgranie.

b. Źródła wysokiego napięcia. — Źródła napięcia są tym czynnikiem, który decyduje o typie laboratorium wysokich napięć. Należą one w danym przypadku do najkosztowniejszych urządzeń laboratoryjnych.

Według zarysowujących się obecnie poglądów, źródła (transformatory) napięcia zmiennego (50 okr./sek), o napięciu większym od 1000 kV (milion woltów)²⁾ nie są konieczne. Napięcie ich wystarcza nawet do badania przyrządów do sieci 300 kV; instalacje o napięciu większym nie będą prawdopodobnie prędko realizowane. Obecne podejście do badań laboratoryjnych jest zresztą takie, że stara się w laboratoriach przy próbach naśladować możliwie dokładnie rzeczywiste warunki pracy przyrządów w elektrowniach i sieciach. To też przy próbach napięciowych punkt ciężkości przesunął się ostatnio na fale udarowe, odtwarzające dość dokładną przepięcia atmosferyczne. Wydaje mi się, że uwzględniając nawet przyszły rozwój elektrotechniki w Polsce, wytwarzanie w laboratorium fal udarowych o napięciu większym, niż 1,5 ÷ 2,0 milionów woltów nie jest konieczne. Zamiast iść w górę z napięciem lepiej jest starać się o osiągnięcie możliwie dużej mocy i to zarówno źródła o częstotliwości technicznej, jak i źródła impulsów napięcia.

Omawiane źródła umieszcza się w hali najwyższych napięć. Laboratorium Zakładu M. E. i W. N. posiada

¹⁾ Ostatnie badania zainicjowane przez Commission Electrotechnique Internationale wskazują, że uchyby nawet najprostszej metody pomiarowej, mianowicie iskierkowej, nie są jeszcze dobrze znane, zwłaszcza dla b. wysokich napięć.

²⁾ Fabryki zagraniczne instalują u siebie często transformatory o napięciach jeszcze dużo większych. Mam pewne dane, aby twierdzić, że jest to w dużej mierze wywołane względami reklamowymi.

wprawdzie odpowiednią halę, ale nie ma jeszcze transformatorów i generatora fal na najwyższe napięcia. Granica napięć stosowanych w tym laboratorium to 300 kV (napięcie 50 okr./sek) i 500 kV (fale uderowe).

Oprócz źródeł najwyższego napięcia laboratorium musi rozporządzać dużą ilością mniejszych transformatorów o różnych napięciach i mocach. Pod tym względem laboratorium Zakładu M. E. i W. N. jest dość dobrze zaopatrzone.

c. Układy pomiarowe. — Wartość laboratorium omawianego typu zależy w dużej mierze od posiadanych układów pomiarowych. Oczywiście nie mogą zajmować się szczegółowo tym b. obszernym tematem, natomiast tylko kilka jego szczególnie ważnych punktów.

Laboratorium musi zrealizować układy wzorcowe pozwalające na możliwie dokładny pomiar wysokich napięć różnych rodzajów. To podstawowe zadanie jest w przypadku laboratorium Zakładu M. E. i W. N. b. ułatwione, gdyż wchodzi w zakres prac naukowych tego Zakładu od r. 1928.

Specjalnego omówienia wymaga również sprawa przyrządu tak niezbędnego przy poważnych badaniach zjawisk falowych, jak oscylograf katodowy wysokiego napięcia do przebiegów niepowtarzających się, b. szybkich. B. kosztowny ten przyrząd jest tym dla techniki wysokich napięć, czym oscylograf pętlicowy dla pozostałych działów elektrotechniki.

Laboratorium Z. M. E. i W. N. posiada również szereg innych niezbędnych urządzeń laboratoryjnych, jak urządzenie do prób izolatorów przy deszczu, do prób mechanicznych izolatorów, nasiąkalności porcelany, badania rozkładów napięć, opóźnienia przeskoków przy falach i t. d. Przy tej sposobności chciałbym podkreślić jeszcze znaczenie dobrego wyekwipowania laboratorium w. n. w przyrządy pomiarowe niskiego napięcia, jak mierniki o różnym stopniu dokładności, mostki, wzorce wtórne, oscylografy niskiego napięcia i t. d. Miałem możliwość

przekonać się o znaczeniu tych przyrządów, pracując w jednym z największych laboratoriów zagranicznych, które wzmiankowanych przyrządów nie posiadało, natomiast było świetnie wyposażone we właściwe urządzenia w. n. Stan ten czynił wprost niemożliwą wszelką pracę, odbiegającą od pewnych prób typowych i ograniczał w sposób istotny możliwości laboratorium. Laboratorium w. n. Zakładu M. E. i W. N. jest pod tym względem w b. szczęśliwym położeniu, gdyż może korzystać z przyrządów innych pracowni Zakładu.

4. Wnioski.

Po omówieniu korzyści, jakie laboratorium wysokich napięć o charakterze społecznym daje przemysłowi, wytwórcom energii i w ogóle całemu światowi elektrotechnicznemu, zaznaczyłem, że w Polsce laboratorium takie już istnieje, mianowicie laboratorium Zakładu Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej. Laboratorium to posiada duży zasób doświadczenia w dziedzinie pracy społeczno-technicznej oraz większą część niezbędnych urządzeń technicznych, a mianowicie: nowoczesne pomieszczenia laboratoryjne zaprojektowane w wielkiej skali oraz cenne urządzenia laboratoryjne. Brak źródeł najwyższych napięć oraz korzystania przez sfery elektrotechniczne z usług laboratorium w takim stopniu, któryby pozwolił na dalszy jego rozwój.

Uważam, że w obecnych czasach, gdy zatamowany kryzysem rozwój elektrotechniki polskiej zaczyna postępować wielkimi krokami naprzód, gdy zwiększają się zasoby finansowe polskiego przemysłu i zakładów wytwarzających energię, częściowe choćby urzeczywistnienie idei Instytutu Elektrycznego³⁾, do którego wchodziłoby również laboratorium wysokich napięć, ma duże widoki na realizację.

³⁾ Przegląd Elektrotechn. z 23. r. 1934.

O potrzebie laboratorium wielkiej mocy w Polsce

Dr. inż. **Jakubowski Janusz Lech**, Warszawa

Streszczenie: Zagraniczne laboratoria wielkiej mocy. Sytuacja w Polsce. Środki zaradcze. Laboratorium wykorzystujące rezerwę dużego zakładu elektrycznego — jako najlepsze rozwiązanie.

1. Zagraniczne laboratoria wielkiej mocy.

W ciągu ostatnich 10 lat powstały we wszystkich ważniejszych krajach europejskich laboratoria wielkiej mocy. Było to spowodowane znanymi czynnikami: rozwojem elektryfikacji w ogóle, przesyłaniem wielkich energii przy pomocy b. wysokich napięć, połączeniami międzysieciowymi. Skutki zwarć stawały się coraz groźniejsze, a przede wszystkim okazało się, że aparaty elektryczne, zwłaszcza wyłączniki, często zupełnie nie spełniały swej roli, a nawet same były przyczyną groźnych zaburzeń.

Reakcją na ten stan rzeczy były badania wyłączników wprost przy pomocy sieci (np. we Francji w 1927 roku). Badania te od razu dostarczyły dużo bezcennego materiału dla konstruktorów i przekonały kierowników zakładów elektrycznych, że nie powinni stosować wyłączników, które nie przeszły prób w laboratorium.

W szeregu krajów powstała wtedy myśl utworzenia centralnych stacji badawczych służących zarówno

eksploatacji, jak i fabrykacji. Idea ta doszła do skutku w Holandii. W krajach dużych i bogatych, jak Niemcy, Anglia, powstał natomiast szereg laboratoriów fabrycznych służących przeważnie jednej tylko firmie. Wynikiem pracy tych laboratoriów był wielki rozwój w dziedzinie wyłączników. Wyłączniki małoolejowe i bezolejowe, stanowiące niewątpliwie pewien postęp, nie powstałyby nigdy bez badań w omawianych laboratoriach.

Z rozwojem nowych typów wyłączników jest związane jednak dość duże niebezpieczeństwo. Są to przyrządy, które niejednokrotnie nie przeszły jeszcze próby życiowej, co jest zrozumiałe wobec tego, że wyłącznik zwykle rzadko narażony jest w eksploatacji na groźne zwarcia. Również i zwykle wyłączniki olejowe dawnego typu, nigdy nie badane, są często tylko zanurzonymi w oleju połączeniami przewodów, od których nie wiadomo czego się należy spodziewać. Na ogół jednak podstawy konstrukcji wyłączników dużoolejowych mniejszych mocy są na tyle pewne, że mając zaufanie do wytwórni polega się na tych wyłącznikach. W każdym razie stosowanie wyłącznika b. dużej mocy zwłaszcza nowego typu, który nie był badany na stacji prób, stanowi tak duże ryzyko, że nie powinno ono być w ogóle dopuszczane przez przepisy.

Niektórzy odbiorcy idą tak daleko, że nie dają wiary próbom przeprowadzonym w laboratoriach fabrycznych i wykonują je u siebie. Związek Elektryków „Bewag” w Berlinie zbudował taką stację badawczą wyłącznie dla swoich celów i bada wszystkie zakupione wyłączniki, a również i inne aparaty mogące uciec od dużych prądów. Najlepszym dowodem ważności tej stacji probierczej jest jej rozszerzenie w ostatnich czasach.

2. Sytuacja w Polsce.

Budowa nowej linii b. wysokiego napięcia, zamierzona instalacja wielkich jednostek wytwórczych zaktualizowały sprawę wyłączników wielkiej mocy w Polsce. Brak laboratorium wielkiej mocy dał się już odczuć. Wyłączniki trzeba było wysyłać do laboratoriów zagranicznych, które ze zrozumiałych względów odnoszą się do prób zleconych niezbyt chętnie. Ponadto przy skomplikowanej i trudnej do sprawdzenia aparaturze pomiarowej takiego laboratorium nie zawsze można mieć zaufanie do bezstronności wyników badań. Różne inne niedogodności sprawiają, że wysyłka wyłączników do badania zagranicą jest objawem wysoce niepożądanym. Postępowanie takie zwiększa cenę wyłączników wskutek b. wysokich kosztów badania i transportu. Poza tym zmusza to fabrykę do niewolniczego naśladowania obcych wzorów, gdyż opracowanie własnych typów jest tylko wtedy możliwe, gdy laboratorium stoi czas dłuższy do dyspozycji personelu naukowo-technicznego fabryki. Wszystkie powyższe względy są szczególnie ważne, jeśli się je rozpatruje z punktu widzenia obrony Państwa.

3. Środki zaradcze w obecnej sytuacji w Polsce.

Istnieją cztery możliwości rozwiązania zagadnienia badania wyłączników w Polsce. Rozpatrzmy najpierw mniej korzystne.

a) Układ prof. Marxa i inne układy zastępcze.

W układzie Marxa stosuje się źródło dużego prądu o małej mocy, a wysokie napięcie daje się z innego źródła, wychodząc z założenia, że wysokie napięcie w wyłączniku zjawia się dopiero po przejściu prądu zwarcia przez zero). Główną zaletą tego pomysłu są małe koszty zakładowe dzięki uniknięciu źródła wielkiej mocy. Układ powyższy jest bardzo ciekawy teoretycznie i rokuje duże nadzieje (próby oglądałem w Brunśniku), nie jest niestety dotychczas opracowany do tego stopnia, aby mógł być stosowany w praktyce. Ten sposób badania budzi ponadto zastrzeżenia ze strony fachowców, jako nie imitujący dokładnie zjawisk, zachodzących przy prawdziwym zwarcie wielkiej mocy. Spotykałem się nawet ze zdaniem, że układ ten nigdy nie będzie niczym więcej, jak układem pomocniczym.

Być może, że byłoby b. wskazane, aby prowadzić w Polsce badania nad układem Marxa. W każdym razie należy liczyć się, że nawet po przewycięzeniu części trudności technicznych²⁾, jak w Brunśniku, urządzenie do badania dużych wyłączników będzie wymagało sporych wydatków. Ponieważ napięcie źródła prądu musi być równe co najmniej napięciu łuku badanego wyłącznika (5 ÷ 30% napięcia nominalnego), moc tego źródła musi być dość znaczna (5 do 30% mocy probierczej). Np. transformatora o napięciu kilku woltów nie można tutaj użyć. Oczywiście i ta redukcja 5 do 30% mocy daje duży zysk w kosztach zakładowych w sto-

unku do źródła probierczego o pełnej mocy. Podkreślam jednak tę okoliczność, aby nie wywołać złudzenia, że wystarczy tylko trochę przedsiębiorczości i dobrej woli, aby układ Marxa zrealizować. Przeciwnie, przypuszczam, iż koszty na niezbędne dalsze badania i koszty zakładowe osiągnęłyby wielkość kosztów normalnej stacji probierczej wielkiej mocy. Poza tym tkwi tutaj pewne ryzyko, o czym już była mowa. Z tych względów uważam sprawę za jeszcze niedojrzałą w warunkach polskich.

To samo dotyczy układu zastępczego, zastosowanego przy badaniu wyłączników, przeznaczonych do linii Boulder Dam — Los Angeles³⁾. W układzie tym napięcie powrotne wytwarza autotransformator, zasilany z obwodu probierczego. Zwarcia autotransformatora unika się, włączając w odpowiednim punkcie układu iskiernik. Układ był używany do badania wyłączników, co jest dużym plusem. Wprawdzie stosowano go, aby zwiększyć „moc” istniejącej normalnej instalacji probierczej wielkiej mocy, ale nic nie stoi na przeszkodzie zastosowania źródła prądu o napięciu, wystarczającym tylko na pokrycie napięcia łuku. Niższego napięcia dać nie można (podobnie, jak w układzie Marxa). Największą ujemną cechą układu stanowi to, że można nim badać tylko wyłączniki, w których dejonizacja przebiega dostatecznie szybko. Dopóki nie przeprowadzi się badań⁴⁾ (i to kosztownych) trudno jest zorientować się, jaki może być zakres stosowania układu. Sytuacja jest więc tutaj b. zbliżona do sytuacji układu Marxa. To też wydaje mi się, że w naszych warunkach jest bardziej celowym zająć się tym, co jest pewne i wypróbowane, zamiast wkładać pieniądze w pomysły jeszcze niezbadane.

b) Próby bezpośrednie przy pomocy sieci.

Próby takie obecnie jeszcze są stosowane przez „Bewag”, gdy moc stacji probierczej Bewagu nie wystarcza. Używa się przy tym wyłącznika bezpieczeństwa, połączony w szereg z badanym, który wyłącza w razie, gdy wyłącznik badany zawodzi. Przerwy w ruchu przy tych badaniach nie ma. Podobne próby robiono we Francji i w Ameryce.

Oczywiście w ten sposób koszty zakładowe laboratorium są stosunkowo niewielkie (źródło wielkiej mocy nie kosztuje). Jednak, stosownie do informacji, których zasiągnąłem w Bewagu, same próby nie są w tym przypadku tak proste i tanie, jak się wydaje. Należy całą aparaturę pomiarową normalnego laboratorium zmontować ad hoc w podstacji, próby przeprowadzać w święta lub w nocy, ze względu na reakcję na sieć i t. p.

Najważniejsze jednak jest to, że kierownictwo rzadko której sieci zgodzi się na takie próby, w obawie o całość urządzeń sieci, które, chociaż zasadniczo winny sprostać naprężeniom przy zwarcie, nie zawsze są pod tym względem pewne. W naszych warunkach ten wzgląd zdaje się być decydującym.

c) Laboratorium normalne wielkiej mocy.

Laboratorium normalne, to znaczy w takiej postaci, jak stacje probiercze innych krajów, mające na celu tylko próby wielkiej mocy, jest rozwiązaniem bezporównania kosztowniejszym od poprzednio omówionych. Jest to właściwie **elektrownia**, której celem jest dawanie prądów zwarcia w ciągu kilku — kilkunastu okresów, podczas próby. Napęd generatora może być parowy lub elek-

¹⁾ E. Marx, E.T.Z. 1936/57, str. 583.

²⁾ Części — gdyż układ nie był jeszcze stosowany do badania wyłączników, a badano nim tylko prostowniki łukowe.

³⁾ W. F. Skeats, El. Eng. 1936/55, str. 710.

⁴⁾ Np. dotyczących b. ważnej kwestii szybkości powrotu napięcia.

tryczny. Pierwszy z napędów jest zasadniczo możliwy i np. Bewag rozważał jego stosowanie przy opracowywaniu projektu swej stacji; wadą jego jest głównie długość czasu uruchamiania stacji. Z tego względu przyjął się wyłącznie napęd elektryczny przy pomocy niewielkiego silnika (mn. w. 1000 kW). Generator konstruuje się specjalnie w ten sposób, aby dawał duże prądy zwarcia (małe rozproszenie) i aby wytrzymywał związane z nimi siły mechaniczne (np. wynoszące tysiące kilogramów, działające na połączenia czołowe cewek). Poza tym budowa takich generatorów odpowiada naogół typowi 50 000 kVA, stosowanemu w elektrowniach.

Do wyekwipowania stacji probierczej należy również transformator z zaczepami, także o małym rozproszeniu, pozwalający robić próby przy napięciach do 150 kV (lub 220 kV). Generator, silnik, transformator — są to elementy najkosztowniejsze. Koszt cewek regulujących natężenie prądu, wyłącznika włączającego, aparatury pomiarowej (oscylograf, aparat sterujący, transformatorki pomiarowe lub boczniki) jest kwestią drugorzędną.

Trójfazowa moc wyłączania, jaką mają stacje europejskie, na ogół nie wiele przekracza 500 MVA według definicji szwajcarskiej (nie mówię tu o t. zw. połączeniach sztucznych, „Kunstschaltungen”). Aby ją zwiększyć Reyrolle (Anglia) stosuje 2 generatory pracujące równolegle, podobno z całym powodzeniem. Inne laboratoria dążą do zwiększania mocy w sposób sztuczny (układy Delle, Siemens), gdyż okazuje się, że moc 500 MVA jest już w obecnych warunkach dla wielu krajów za mała.

Uważam, że w stosunkach polskich stacja 500 MVA byłaby całkiem na miejscu. W każdym razie budowa stacji b. małej np. 100 MVA nie byłaby celowa, wobec obecnego postępu elektryfikacji, ponadto różnica kosztów zakładowych stacji 100 i 500 MVA jest bezporównania mniejsza, niż różnica wartości praktycznej obu alternatyw.

Koszt kompletnej stacji 500 MVA oceniam na podstawie informacji, zebranych w jednej z firm zagranicznych, na leżący między 1 i 2 milionami złotych. Jest to suma na nasze stosunki tak duża, że żadna z fabryk wytwarzających wyłączniki nie jest w stanie jej wyłożyć. Z drugiej strony stacja wspólna ufundowana przez kilka fabryk też nie jest możliwa choćby ze względu na ostrą walkę konkurencyjną. Wydaje się również, że byłoby to zadanie zbyt ciężkie dla Związku Elektrowni, więcej może zainteresowanego w jakości wyłączników, niż fabryki wyłączników.

Zatem normalna stacja probiercza, która jest rozwiązaniem bezwarunkowo najlepszym, nie znalazłaby u nas podstaw finansowych.

d) Laboratorium wielkiej mocy wykorzystujące rezerwę dużego zakładu elektrycznego.

Uwzględniając, że laboratorium wielkiej mocy to właściwie elektrownia o specjalnych celach, łatwo można wpaść na myśl przewidzenia takiej konstrukcji jednego z generatorów przy rozbudowie jednej z istniejących elektrowni, aby mógł służyć i jako rezerwa elektrowni

i jako generator stacji probierczej. W ten sposób odpadłby dla stacji probierczej jeden z głównych kosztów zakładowych, koszt generatora i budynku, przy zachowaniu wszelkich zalet stacji samodzielnej. Dochodzą natomiast koszty transformatora, silnika i urządzeń pomiarowych.

Koszt transformatora można zredukować wybierając transformator powietrzny (jak w laboratorium firmy Voigt i Haeffner we Frankfurcie n.M.). Silnika 1000 kW można nawet zupełnie nie sprawić, a korzystać do prób z turbiny (jest to jednak b. niewygodne). Aparatura pomiarowa nie jest specjalnie droga.

Ostatecznie zwiększenie kosztów rozbudowy elektrowni przez utworzenie stacji probierczej wielkiej mocy możnaby oszacować na kilkaset tysięcy złotych, co jest sumą niewielką wobec kosztów całkowitych. Należy specjalnie podkreślić, że suma ta nie byłaby stracona. Po pierwsze sama elektrownia miałaby korzyści, mogąc próbować wszystkie swoje wyłączniki, bezpieczniki, transformatorki prądowe. Rozszerzenie instalacji Bewagu także przypuszczać, że laboratorium wielkiej mocy na usługach zakładu elektrycznego nie przynosi strat. Ponadto laboratorium wykonywałoby próby dla całego kraju i oczywiście pobierało opłaty, któreby napewno nie tylko uczyniły laboratorium samowystarczalnym, ale pozwoliłyby na wycofanie włożonego weń kapitału.

Nie na ostatnim miejscu byłoby wielkie znaczenie społeczne tego kroku i przyczynienie się do zwiększenia bezpieczeństwa ruchu wszystkich instalacji w Polsce, postawienie na nogi polskiego przemysłu wyłącznikowego (w perspektywie uniezależnienie go od zagranicy, polskie typy wyłączników). Wzorem organizacji mogłoby być tutaj będące w budowie laboratorium Związku Dyrektorów Elektrowni holenderskich w Arnhem¹⁾.

4. Znaczenie badania wyłączników dla obrony Państwa.

Ochrona linii przez wypróbowane wyłączniki jest niewątpliwie rzeczą pierwszorzędnej wagi w razie wojny. Dążeniem nieprzyjaciela będzie w pierwszym rzędzie sparaliżowanie przemysłu wojennego przez odcięcie go od źródeł energii elektrycznej. Wobec tego należy się liczyć z usiłowaniami niszczenia linii elektrycznych, zwłaszcza przy pomocy ataków lotniczych. Takie uszkodzenia pod postacią zwarcia mogą spowodować poważne eksplozje wyłączników, ustawionych nawet w wielkich odległościach od miejsca uszkodzenia linii, o ile te wyłączniki nie są prawidłowo wykonane. Przy tym, podczas gdy prowizoryczna naprawa samej linii jest rzeczą stosunkowo prostą, zamiana zniszczonych przy zwarcu wyłączników, generatora lub odbudowa spalonej podstacji może spowodować przerwy w ruchu, trwające całe tygodnie.

Gdy się dysponuje pewnymi wyłącznikami, poddającymi uprzednio ścisłym badaniom, niebezpieczeństwo długich przerw w ruchu jest zmniejszone do minimum.

¹⁾ Laboratorium to wypożycza się łącznie z personelem pomocniczym instytucjom, pragnącym badać wyłączniki.

Fotometria przemysłowa, stan jej obecny i potrzeby

Inż. Oleszyński Witold i kpt. Kycia Marceli, Warszawa

Streszczenie. Referat zawiera krótki przegląd istniejących w Polsce pracowni fotometrycznych oraz ich zakres możliwości pomiarowych i opierając na potrzebach przemysłu oświetleniowego podaje zarys organizacyjny pracowni fotometrycznych przy Instytucie Elektrycznym.

Technika oświetleniowa operuje dwoma zasadniczymi elementami dla osiągnięcia swych celów: 1) źródłem światła i 2) oprawą pozwalającą wykorzystać jego strumień w sposób najlepszy dla danego celu. Również i przemysł wytwórczy z zakresu techniki światła można podzielić na dwa zasadnicze działy:

- 1) wytwarzanie źródeł światła,
- 2) wytwarzanie opraw oświetleniowych.

Każdy z tych działów ma swe własne cele, jednak dopiero współpraca tych dwu gałęzi przemysłu daje dobre rezultaty i odpowiedni sprzęt dla techniki oświetlenia. Fotometria jest tu płaszczyzną wspólnego porozumienia i sprecyzowania wzajemnych wymagań.

Przeładując nasz dorobek w tej dziedzinie musimy stwierdzić, że stoi on o wiele niżej od naszych bieżących potrzeb i nie może ich w całości zaspokoić. Istniejące w Polsce laboratoria fotometryczne ograniczają w przeważnej mierze swe zakresy badań do zaspokojenia potrzeb produkcji danej fabryki, przy której istnieją. Laboratoria od przemysłu wytwórczego niezależne są wyposażone niedotecznie i nie mogą podjąć się badań z wielu dziedzin techniki oświetleniowej.

Z laboratoriów fotometrycznych ściśle związanych z produkcją źródeł światła i opraw oświetleniowych istnieją w Polsce następujące ważniejsze placówki badawcze:

a. Laboratoria fabryczne fabryk żarówek Osram, Philips, Tungsram i Helios. Laboratoria te przystosowane do pomiarów strumienia świetlnego i trwałości żarówek, służą przeważnie tylko dla kontroli fabrycznej. Prac o charakterze badawczym nie wykonują, opierając w głównej mierze swą produkcję na doświadczeniach i licencjach firm zagranicznych. Wyjątek stanowi tu laboratorium f. Helios, które opiera swą produkcję na własnych badaniach.

b. Laboratorium fotometryczne fabryki opraw oświetleniowych „A. Marciniak S. A.”, przystosowane do pomiarów strumienia świetlnego oraz światłości kierunkowej zarówno źródeł światła, jak i opraw oświetleniowych wszelkiego typu (oprawy wewnętrzne, zewnętrzne, reflektory itp.). Laboratorium to prócz kontroli fabrycznej zajmuje się studiami nad budową nowych własnych typów opraw oświetleniowych.

Tyle wytwórcy. — Z drugiej strony odbiorca sprzętu oświetleniowego ma również ograniczone możliwości skontrolowania jakości zakupywanych wyrobów. Jedyną niezależną probiernią, jeśli chodzi o źródła światła, jest pracownia fotometryczna Zakładu Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej. Pracownia ta jest przystosowana do pomiarów strumienia świetlnego, badania trwałości oraz do pomiarów światłości kierunkowej żarówek. Poza tą probiernią istnieją kilka pracowni fotometrycznych (przy instytucjach wojskowych, dyrekcjach P. K. P.), służących również dla kontroli jakości zakupywanych żarówek.

Ponieważ wszystkie własności żarówek zależą od przyłożonego do żarówki napięcia i to zwykle w bardzo

wysokiej potędze, ścisły pomiar napięcia jest pierwszym warunkiem dokładności wszelkich pomiarów fotometrycznych. Drugim zasadniczym warunkiem jest utrzymanie napięcia podczas długich prób na trwałość na stałym poziomie możliwie bez wahań. Oba te warunki wymagają urządzeń kosztownych, starannie konserwowanych i często kontrolowanych precyzyjnymi wzorcami.

Łatwa i szybka metoda obiektywna wymaga również odpowiednio wyszkolonej obsługi, gdyż inaczej często prowadzi do dużych rozbieżności, a jej wyniki muszą być przytem stale porównywane z metodą subiektywną. Stwarza to konieczność bogato wyposażonego laboratorium, na jakie przemysł nie zawsze może sobie pozwolić, jeśli chodzi o poszczególne laboratoria fabryczne. Tym trudniej odbiorcy zdobyć się na kosztowne urządzenia tego rodzaju.

Odbiorca oprawy oświetleniowej znajduje się w znacznie gorszych jeszcze warunkach. Probierni, w których z dostateczną dokładnością możnaby zdejmować krzywe rozsyłu opraw a zwłaszcza reflektorów wąskostromiennych czy pomierzyć ich sprawność, nie posiadamy w ogóle. Zbadanie i scharakteryzowanie szkieł kolorowych w sposób wystarczająco ścisły dla techniki oświetleniowej (pomijając już brak jakichkolwiek przepisów z tej dziedziny, przydatnych dla przemysłu), nie da się przeprowadzić w kraju. Badania przeprowadzane w tej dziedzinie przez Zakład Fizyki Doświadczalnej U. J. P. noszą charakter badań raczej fizycznych.

Pomiary jasności wreszcie w wykonanych już urządzeniach oświetleniowych są dokonywane na ogół mało dokładnymi przyrządami (przeważnie „luksomierze” obiektywne) i często w sposób błędny. Żadna z probierni niezależnych tego rodzaju pomiarów nie wykonywa.

Jak z tego widać, do zrobienia jest bardzo wiele, a rozwiązanie zagadnienia przy tym nie jest łatwe. Jedno zdaje się być jasne, że zorganizowanie wszystkich pracowni fotometrycznych w ten sposób, aby wspólnie mogły korzystać z jednej podstawowej placówki o charakterze oficjalnym podniesie poziom wszystkich dotychczasowych prac. Sądzimy, że organizacja ta mogłaby przybrać następującą formę:

Przy projektowanym Instytucie Elektrycznym jako jeden z jego niezależnych działów powstaje Pracownia Fotometryczna. W zakres jej działania wchodzi:

1. Badanie i cechowanie wzorców światłości i strumienia świetlnego.
2. Badanie i skalowanie przyrządów pomiarowych do celów fotometrii.
3. Badanie źródeł światła (odbiór, ocena, prace badawcze, których przeprowadzenie dostępne jest dla wytwórców).
4. Badanie opraw oświetleniowych (jak wyżej).
5. Badanie szkieł i innych materiałów techniki oświetleniowej (jak wyżej).
6. Pomiary jasności i ekspertyza urządzeń oświetleniowych.
7. Opracowanie metod pomiarowych i współpraca z komisjami przepisowymi SEP.

Zrealizowanie tego programu mogłoby nastąpić przy odpowiednim skompletowaniu urządzeń już istniejących bądź to przy pracowniach Politechniki i Uniwersytetu,

bądź przy odpowiednich fabrykach. Podział zakresu działalności mógłby być np. następujący:

a) Pracownia Fotometryczna Zakładu Miernictwa Elektrycznego Politechniki Warszawskiej objęłaby p-kt 1, 2, 3 i częściowo 7 wyżej podanego podziału.

b) Pracownia Zakładu Fizyki Doświadczalnej U. J. P. — p-kt 5 i częściowo 7.

c) Biuro Oświetleniowe SEP czynne przy Polskim Komitecie Oświetleniowym — p-kt 6 i częściowo 7.

Wszystkie wymienione placówki byłyby w swych pracach kierowane przez Instytut Elektryczny i byłyby jego organami wykonawczymi dla przeprowadzania zleconych prób. Prace swoje wykonywałyby bądź dla celów przemysłu wytwórczego, bądź dla celów odbioru wykonanego sprzętu oświetleniowego.

Istniejące laboratoria fotometryczne przy przemyśle pozostając nadal przeprowadzałyby jedynie kontrolę produkcji korzystając z pomocy Pracowni Fotometrycznej Instytutu w zakresie wzorców, kontroli urządzeń badawczych i t. p. Prace badawcze byłyby wykonywane w laboratoriach Instytutu.

Istniejące probiernie przystosowane do potrzeb poszczególnych odbiorców mogłyby być zlikwidowane, a odpowiedni sprzęt i koszty użytkowania mogłyby zasilić fundusze Instytutu.

Sądzymy, że tego rodzaju centralizacja przyniosłaby nie tylko pożytek nauce i technice polskiej, ale i niewątpliwie korzyści przemysłowi wytwórczemu i odbiorcom sprzętu oświetleniowego.

Na marginesie działu współpracy instytutów badawczych z przemysłem.

Jako jeden z głównych tematów obrad tegorocznego zjazdu elektryków polskich wysunięto sprawę współpracy polskich instytutów badawczych z przemysłem. W tym celu zostali zaproszeni poszczególni specjaliści z różnych działów elektrotechniki do przygotowania materiałów do dyskusji na zjeździe. Krótki czas, jaki był do dyspozycji, nie pozwalał na głębsze ujęcie zagadnień nasuwających się tutaj, toteż referenci mieli zwracać uwagę przede wszystkim na stan obecny placówek badawczych w obrębie danego działu, na potrzeby przemysłu co do współpracy z tymi placówkami oraz na kierunek i możliwość ich dalszego rozwoju. Poza tym referenci mieli pozostawioną zupełną swobodę ujęcia i potraktowania przedmiotu.

Referaty powyżej zamieszczone dotyczą: miernictwa elektrycznego i wzorców, mierników i liczników, materiałów przewodzących i izolacyjnych, sprzętu instalacyjnego i małych odbiorców, sprzętu wysokonapięciowego (kable, izolatory, ochronniki), laboratorium wielkich mocy oraz badań fotometrycznych. Nie znalazły jeszcze uwzględnienia takie działy, jak: maszyny, silniki i transformatory, przyrządy regulacyjne i przekaźniki, prostowniki, akumulatory i ogniwa i inne. Niewątpliwie będą one poruszone podczas obrad zjazdu.

Powyższa grupa referatów nie dotyczy całego działu telekomunikacji. Sprawę tę można uważać na razie jako należycie postawioną i normalnie rozwijającą się w ramach Państw. Instytutu Telekomunikacyjnego. Wśród referatów sekcji telekomunikacyjnej zjazdu jest ona zresztą również poruszona.

Rzecz zjazdu będzie wyciągnąć z tych referatów i dyskusji nad tą sprawą konkretne wnioski co do organizacji prac badawczych z zakresu poszczególnych działów elektrotechniki w Polsce i co do kierunku prac instytutów istniejących lub mających powstać, oraz co do koordynacji ich prac.

K. D.

C. Zagadnienia konstrukcyjne

Z obserwacji nad zaciskami rozgałęzycznymi

Tłg dypl. Brzeziński Zygmunt,
inż. Kowalczewski Darosław *)

Streszczenie. Rezultaty pomiarów nagrzewania się zacisków rozgałęzycznych, stosowanych w rozdzielniach okapurturzonych niskiego napięcia z okrągłymi szynami zbiorczymi.

Przemysł nasz rzadko kiedy dzieli się z ogółem techników wynikami swych doświadczeń i prób.

Nie przypuszczamy, aby to stanowisko było wynikiem takiej czy innej polityki; przeciwnie, sądzymy, że jest ono spowodowane brakiem inicjatywy na tym polu. Informowanie ogółu nie tylko o gotowych już wyrobach, lecz i o wynikach badań, na których oparto konstrukcję — może wywołać szerszą wymianę zdań i przez ułatwienie pracy innym przyczynić się do ogólnego postępu elektrotechniki polskiej. Nie możemy oczywiście żądać publikacji zagadnień, będących tajemnicą fabryk, jednakże zdajemy sobie sprawę, że w każdej gałęzi przemysłu znajduje się bogaty materiał, nadający się do dyskusji na szerszym forum.

Niniejszym referatem chcielibyśmy wywołać dyskusję na temat konieczności podobnych publikacji. Do wiadomości ogółu podajemy więc wyniki badań przeprowadzonych nad wyrobami stosunkowo drobnymi, bardzo często pomijanymi. Badania przeprowadzone były w warunkach ruchowych, którymi rozporządza każdy zakład przemysłowy.

Przy analizie kosztów produkcji dużej ilości urządzeń rozdzielczych zauważono, że zaciski odgałęzienne tworzą pokaźną pozycję w tych kosztach. Należało przeanalizować, czy nie możnaby zastosować tańszych sposobów rozgałęziania przewodów. Dotychczas stosowane były zaciski lane z mosiądzu i bielone na gorąco (rys. 1). Obróbka ich wymagała następujących operacji:

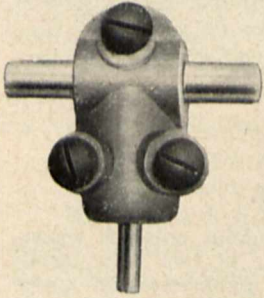
1. Wiercenie w górnej połówce zacisku trzech otworów dla śrub ściągających.
2. Wiercenie otworów, a następnie gwintowanie trzech otworów w dolnej połówce zacisku.
3. Próbne zmontowanie i skręcenie śrubami obu części zacisku z włożeniem przekładki grubości ok. 1 mm.
4. Wiercenie otworu dla szyny głównej.

*) Fabr. Apar. Elektr. K. Szpotkański i S-ka S. A.

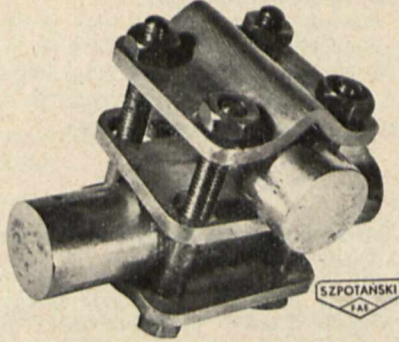
5. Wiercenie otworu dla przewodu odgałęzianego.

6. Rozmontowanie zacisku dla usunięcia przekładki, dzięki czemu zacisk może dokładnie i silnie przylegać do szyny głównej i przewodu odgałęzianego, zapewniając dobre przewodzenie prądu.

Tak duża ilość operacji przy zaciskach oraz duża ilość odmian w zależności od średnicy szyny głównej i przewodu odgałęzianego, musiały wpłynąć na względnie wysoki koszt własny.



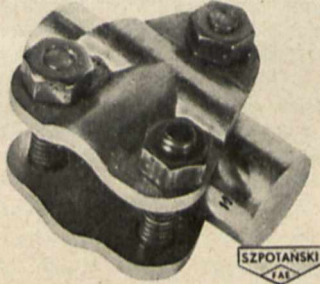
Rys. 1.



Rys. 2.

Opracowano zatem dwie inne konstrukcje. Jedną z nich stanowiły zaciski trójdzielne, złożone z trzech kwadratowych płytek tłoczonych z twardej blachy mosiężnej i ważące około 165 g (rys. 2). Okrągłe szyny zaciskano między tymi płytkami przy pomocy 4 śrub, stwarzając kontakt liniowy, zapewniający dobre przewodzenie prądu bez nadmiernego podnoszenia temperatury w miejscach styku (dobre warunki chłodzenia).

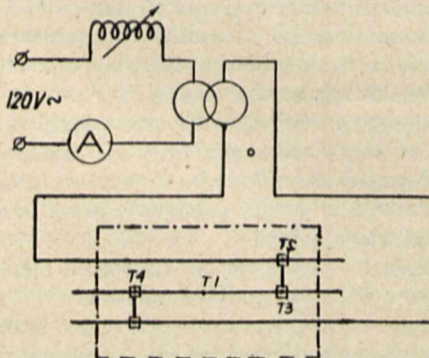
W drugiej konstrukcji użyte zostały 2 płytki o kształcie zbliżonym do trójkąta. Waga ich wynosiła 125 g. Do zaciśnięcia dwóch okrągłych szyn między tymi płytkami użyto 3 śrub (rys. 3). Charakter styku jest tu pośredni między liniowym i powierzchniowym, przy czym kształt zacisku utrudnia nieco chłodzenie miejsc, w których prąd przechodzi z szyn na zaciski.



Rys. 3.

W artykule niniejszym podajemy właśnie spostrzeżenia z prób przeprowadzonych z powyższymi trzema rodzajami zacisków, dla stwierdzenia, które z nich są najodpowiedniejsze pod względem wartości technicznych.

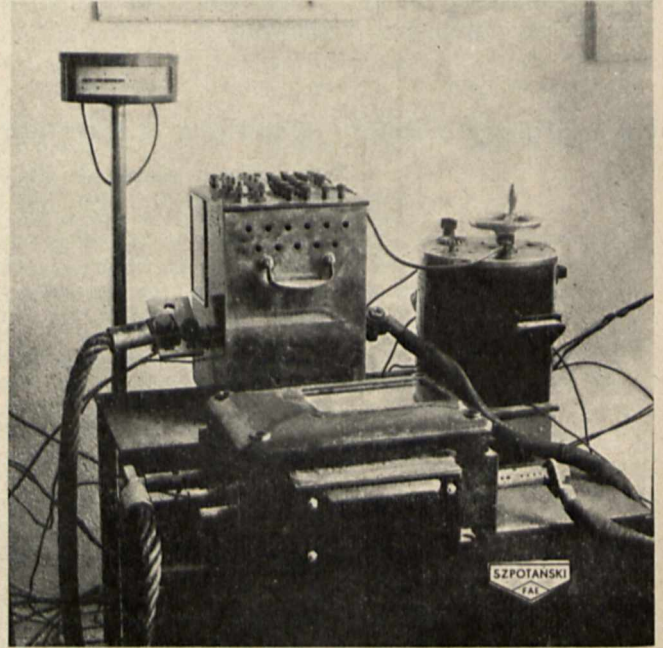
Jako sprawdzian łatwości przewodzenia prądu przyjęliśmy temperaturę. Dla sprawdzenia jej stworzyliśmy układ możliwie najbardziej odpowiadający normalnym warunkom pracy. W normalnej żeliwnej skrzynce szyno-



Rys. 4.

wej pokrywą żeliwną zastąpiliśmy pokrywą oszkloną dla umożliwienia dokonywania odczytów temperatury na termometrach. W skrzynce zmontowano 3 szyny i połączono je między sobą krótkimi odcinkami szyn okrągłych, przy czym dla łączenia zastosowano wspomniane powyżej trzy rodzaje zacisków rozgałęźnych. Prąd dostarczany przez transformator przechodził dzięki temu szeregowo przez wszystkie zaciski i pozwalał obserwować ich pracę w ściśle jednakowych warunkach. Schemat i widok układu przedstawiają rysunki 4 i 5.

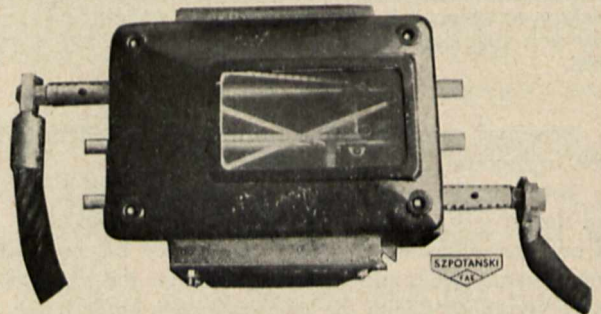
Do pomiarów temperatury użyliśmy termometrów rtęciowych. Mierziliśmy temperaturę szyn zbiorczych oraz



Rys. 5.

zacisków. Przeprowadzone zostały dwie serie pomiarów, a mianowicie dla szyn miedzianych $\varnothing 8$ mm oraz $\varnothing 19$ mm. Dla każdej z grubości szyn notowano nagrzewanie się przy różnych natężeniach prądu, a następnie chłodzenie po wyłączeniu prądu.

Wyniki, jakie otrzymaliśmy z szynami $\varnothing 8$ mm wykazały, że szyny te stosowane normalnie do 100 A nagrze-



Rys. 6.

wają się przy tym prądzie do $+25^{\circ}\text{C}$ przy temperaturze otoczenia $+16^{\circ}\text{C}$. Temperatury zacisków w różnych wykonaniach różniły się o około $1,3^{\circ}\text{C}$. Te same szyny $\varnothing 8$ mm obciążone prądem 400 A nagrzewają się w ciągu 3 godzin do $+143^{\circ}\text{C}$. Przy takiej temperaturze szyn zaciski ogrzewały się do temperatury: 141°C (zacisk płytkowy 3-dzielny) 135°C (zacisk lany mosiężny) oraz 156°C (za-

cisk tłoczony 2-dzielny). Te warunki pracy nie pozwalały wyciągnąć wniosków co do jakości zacisków.

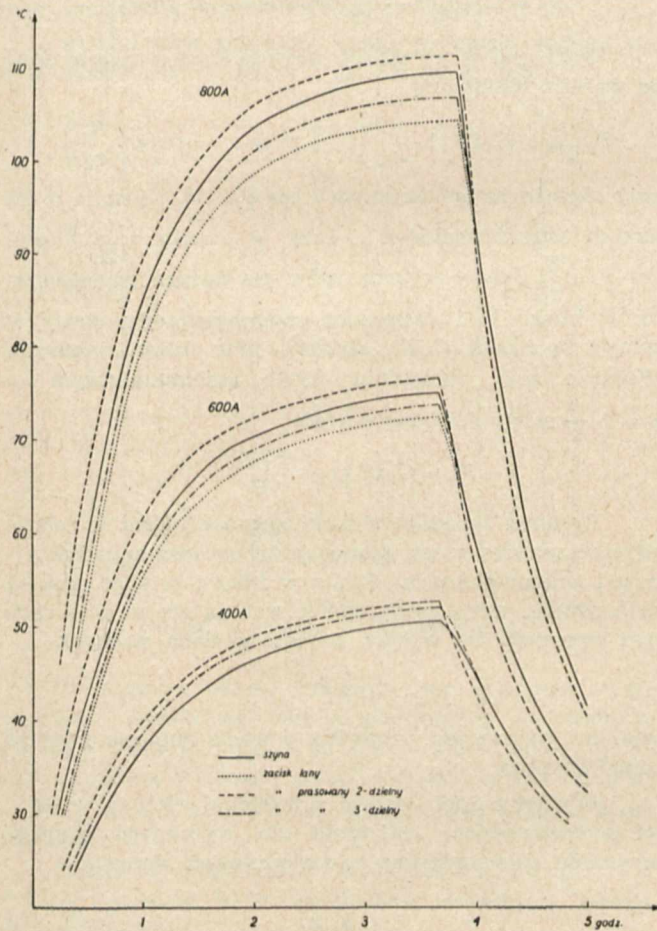
Z tego widać, że temperatura zacisków musiała więcej zależeć od temperatury szyn zbiorczych i przewodzenia od nich ciepła, aniżeli od samego nagrzewania przy przepływie prądu z szyn na zaciski.

Jako przykład podajemy nagrzanie się zacisków tłoczonych 2-dzielnych przy przepływie prądu o natężeniu 400 A po upływie ok. 3 godz.:

przy szynach i odgałęzieniach \varnothing 8 mm do $+ 156^{\circ}\text{C}$.
przy szynach i odgałęzieniach \varnothing 19 mm do $+ 53^{\circ}\text{C}$.

Nie podajemy też dlatego szczegółowych protokołów ani wykresów z rezultatami pomiarów nad szynami \varnothing 8 mm.

Dla większego uwydatnienia właściwości samych zacisków przeprowadziliśmy następną serię pomiarów w ten



Rys. 7.

sposób, że szyny główne i połączenia między nimi wykonane były z pręta miedzianego \varnothing 19 mm. Wtedy szyny nagrzewały się mniej, a temperatura zacisków ustalała się przede wszystkim w zależności od prądu, przechodzącego przez styk z szyną, a nie w zależności od temperatury szyn. Dla prętów o śr. 19 mm przeprowadzone były pomiary prądem 200, 300, 400, 500, 600 i 800 A. Charakter wszystkich wyników pomiarów był podobny. Dla łatwiejszego zobrazowania różnic podajemy na rys. 7 krzywe grzania się i stygnięcia tylko dla prądu 400, 600 i 800 A.

Analizując otrzymane wyniki możemy wyciągnąć następujące wnioski. Najszybciej i do najwyższej temperatury nagrzewa się zawsze zacisk tłoczony. Stromo spadająca charakterystyka stygnięcia dowodzi małej pojemności cieplnej. Można więc przypuszczać, że zaciski te naj-

łatwiej nagrzewają się od szyn zbiorczych. Przypuszczeniu temu jednak przeczy fakt, że temperatura tych zacisków przez cały czas nagrzewania jest wyższa, niż temperatura szyn.

Temperatura zacisków lanych dwudzielnych i temperatura szyn przebiegają zupełnie jednakowo przy niższych natężeniach prądu (200, 300 i 400 A). Przy wyższych natężeniach prądu szyna wykazuje wyższą temperaturę niż zacisk. Przypisać to można większej powierzchni chłodzenia zacisku oraz jego pojemności cieplnej, która powodować musi opóźnienie podnoszenia się temperatury. Duży jednak wpływ wywierać musi obrobiona powierzchnia wewnętrzna zacisku, dopasowana do krzywizny prętów miedzianych, dzięki czemu prąd przepływa swobodnie z szyn na zaciski i odwrotnie.

Zaciski z blachy mosiężnej zachowały się inaczej. Zaciski dwudzielne, wytłaczane, grzeją się silniej, a zaciski trójdzielne, płaskie grzeją się mniej, niż szyny. Różnice nagrzewania wytłomaczyć jest nie trudno. Zaciski trójdzielne stwarzają styk liniowy, przy czym prąd przepływa przez zacisk w kierunku prostopadłym do płaszczyzny płytek, a więc na bardzo krótkiej drodze. Wielka powierzchnia chłodzenia takiego zacisku również dodatnio wpływa na obniżenie się temperatury. W zacisku zaś tłoczonym dwudzielnym powierzchnia wewnętrzna jest profilowana, jednak nie dopasowana dokładnie do promienia krzywizny szyn. Dzięki temu duża część powierzchni zacisku jest źle chłodzona, natomiast w przewodzeniu prądu uczestniczy tylko mała jej część; zjawisko to prawdopodobnie musi decydować o silniejszym nagrzewaniu się dwudzielnych zacisków tłoczonych.

Czym więc należy kierować się przy wyborze rodzaju zacisków? Oczywiście względami ekonomicznymi: kosztem wykonania zacisku i kosztem montażu zacisku w rozdzielni.

Zaciski tłoczone złożone z trzech płytek, zaciągniętych czterema śrubkami, dają się stosować w tym samym wykonaniu do wszystkich normalnych średnic szyn zbiorczych i odgałęzień. Pośrednia płytka płaska, która stwarza styk liniowy, konieczna jest dla uniknięcia mechanicznego wciskania się (zgniatania) szyn w siebie, co mogłoby mieć miejsce przy zaciskaniu bezpośrednim prętów okrągłych ułożonych prostopadle na sobie. Wspomniane zgniatanie spowodowałoby zmniejszenie siły docisku a zatem nadmierne nagrzewanie się lub iskrzenie. W montażu zaciski te są dogodne, bo nie wymagają bardzo dokładnego odmierzenia długości odgałęzień i pozwalają prowadzić je pod pewnym nachyleniem do szyn głównych. Umożliwiają też one prowadzenie 2 odgałęzień od szyny przy użyciu jednego zacisku. Wadą ich jest względnie duża wysokość, jaką otrzymujemy przy nakładaniu szyn na siebie, co przy większych średnicach szyn zbiorczych utrudnia prowadzenie odgałęzień.

Równie łatwy montaż ma miejsce przy zaciskach 2-dzielnych. Zaletą ich jednak jest mniejsza waga użytego materiału, mniejsza ilość i długość śrub ściągających oraz mniejsza przestrzeń, potrzebna do wykonania odgałęzienia.

Wyniki tych badań były podstawą dla ustalania zakresu zastosowania poszczególnych typów.

Zestawienie temperatur przy różnych natężeniach prądu pozwala nam uznać wszystkie trzy badane konstrukcje zacisków za praktycznie równoważące pod względem nagrzewania się. Różnica 7° przy 800 amperach nie może być brana pod uwagę.

Zależność nagrzania transformatora od współczynnika mocy obciążenia

Inż. Jerzy Schmidt, Żychlin

Streszczenie. Na podstawie zależności między napięciami i prądami w transformatorze zostają wyprowadzone wzory, pozwalające określić przyrost temperatury uzwojeń i rdzenia w zależności od współczynnika mocy obciążenia. Dyskusja tych wzorów oraz przykład liczbowy pozwala się zorientować w wielkości błędu, jaki wynika z nieuwzględnienia współczynnika mocy jako wielkości znamionowej transformatora.

Wydane przed dwoma laty polskie przepisy oceny i badania transformatorów PNE-33 wprowadzają jako wielkości znamionowe transformatora: napięcie pierwotne i wtórne, prądy oraz moc w kVA, nie uważają zaś za wielkość znamionową współczynnika mocy, $\cos \varphi$. Jednocześnie określają one ściśle przyrosty temperatury zarówno uzwojeń i rdzenia, jak i oleju. Takie określenie wielkości znamionowych, wzorowane na analogicznych przepisach stosowanych za granicą, nie jest jednak zupełnie ścisłe, ponieważ, jak łatwo wykazać, współczynnik mocy obciążenia wywiera dość znaczny wpływ na przyrosty temperatury, które mogą być tylko wówczas określone jednoznacznie, gdy określony jest współczynnik mocy obciążenia. Należałoby więc rozważyć, czy nie byłaby już wskazaną rewizja odpowiedniego przepisu w sensie zaliczenia współczynnika mocy do wielkości znamionowych transformatora, analogicznie jak w generatorach synchronicznych.

Aby wykazać wpływ współczynnika mocy obciążenia na przyrosty temperatury, rozważmy wpływ $\cos \varphi$ na straty w transformatorze, których źródłem jest żelazo czynne (rdzeń) oraz miedź uzwojeń.

1. *Straty w żelazie.* W zakresie stosowanych najczęściej indukcji $B = 10000 \div 16000$ straty w żelazie przy częstotliwości f wyrażają się prostą zależnością *)

$$P_z = \left[\varepsilon \frac{f}{100} + \sigma \left(\frac{f}{100} \right)^2 \right] \left(\frac{B}{10000} \right)^2 G \text{ watów,}$$

ε i σ są to stałe materiału, G — ciężar rdzenia w kg).

Dla $f = 50$ wzór jeszcze się upraszcza

$$P_z = K \left(\frac{B}{10000} \right)^2 \cdot G \text{ watów}$$

gdzie K = stratność w watach na kg przy $B = 10000$.

Ponieważ indukcja w żelazie jest proporcjonalna do siły elektromotorycznej E , można założyć w przybliżeniu

$$P_z = C_1 \cdot E^2$$

t. j., że straty w żelazie zmieniają się proporcjonalnie do kwadratu siły elektromotorycznej transformatora.

Jak wynika ze znanego wykresu wektorowego napięć i prądów w transformatorze (rys. 1) o przekładni zredukowanej do wartości 1 : 1

$$\hat{E} = \hat{U} - \hat{J}_1 \hat{z}_1$$

przy zmiennej wartości kąta φ , a stałych U_1 i J_1 , zakreśla koniec wektora E koło o promieniu J_1 i z_1 , z wierzchołkiem w końcu wektora U , wartość więc wektora E zmienia się od

$$E_{\max} = U_1 + J_1 z_1 \text{ przy } \varphi = + \frac{\pi}{2}$$

$$\text{do } E_{\min} = U_1 - J_1 z_1 \text{ przy } \varphi = - \frac{\pi}{2}$$

Jeżeli dla uproszczenia pominiemy wpływ prądu magnesującego, czyli założymy $J_1 = J_2 = J$ oraz $X_1 = X_2$ i $r_1 = r_2$, to możemy skorzystać ze znanego wzoru na spadek napięcia i napisać

$$E = U - J (r_1 \cos \varphi + x_1 \sin \varphi)$$

czyli

$$P_z = C_1 U^2 \left[1 - \frac{J}{U} (r_1 \cos \varphi + X_1 \sin \varphi) \right]^2$$

a ponieważ

$$J (r_1 \cos \varphi + X_1 \sin \varphi) \text{ jest małe wobec } U_1$$

$$P_z = C_1 U^2 \left[1 - \frac{2J}{U} (r_1 \cos \varphi + X_1 \sin \varphi) \right]^2.$$

Obliczona w ten sposób wartość strat w żelazie osiąga wartość minimalną

$$P_{z \min} = C_1 U^2 \left(1 - \frac{2J_1 z_1}{U} \right) \text{ przy } \varphi = \arctg \left(\frac{X_1}{r_1} \right)$$

przy obciążeniu indukcyjnym i $\cos \varphi = \frac{r_1}{z_1}$ (bliskim 0 dla dużych transformatorów). Przy $\varphi = \arctg \left(\frac{r_1}{X_1} \right)$ czyli $\cos \varphi = \frac{X_1}{z_1}$ (który wypada znów dla dużych transformatorów blisko 1) i obciążeniu pojemnościowym straty w żelazie są równe $C_1 U^2$ stratom przy biegu jałowym. Wreszcie przy obciążeniu czysto pojemnościowym $\varphi = + \frac{\pi}{2}$ straty osiągają wartość

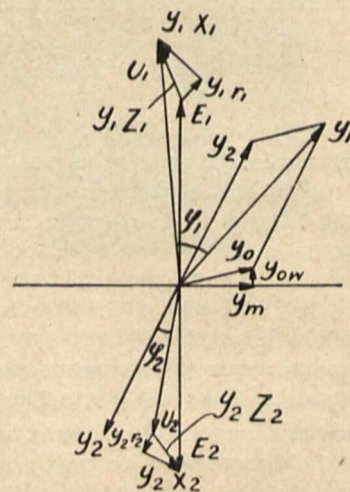
$$P_z = C_1 U^2 \left(1 + \frac{2J X_1}{U} \right).$$

Rysunek 2 podaje wykres zależności strat w żelazie od współczynnika mocy ($\cos \varphi$) przy obciążeniu indukcyjnym i pojemnościowym. Straty w żelazie są więc funkcją współczynnika mocy obciążenia i wahają się w granicach tym szerszych, im wyższą wartość posiada stosunek

$$\frac{J_1 z_1}{U}$$

czyli im wyższa jest względna wartość napięcia zwarcia transformatora.

Aby sobie zdać sprawę z występujących tu wielkości przeprowadzimy obliczenie dla wybranego tytułem przykładu transformatora o następujących danych:



Rys. 1.

Wykres wektorowy transformatora obciążonego.

*) Richter. Elektr. Maschinen t. III.

moc 500 kVA, napięcie zwarcia 5%, straty w miedzi 7 kW; w żelazie 2 kW (przy biegu jałowym).

Wówczas

$$\frac{Jr}{U} = \frac{7}{500 + 7} \cdot 100 = 1,38\% \quad \frac{JX}{U} = \sqrt{5^2 - 1,38^2} = 4,82\%$$

$$\frac{Jr_1}{U} = \frac{1,38}{2} = 0,69\% \quad \frac{JX_1}{U} = 2,41\% \quad \text{zaś} \quad \frac{Jz_1}{U} = 2,5\%$$

Straty w żelazie zmieniają się od wartości minimalnej

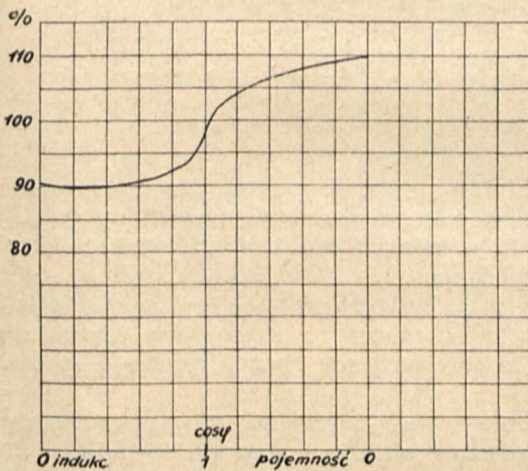
$$P_{z \min} = 2 \left[1 - \frac{2Jz_1}{U_1} \right] = 2 (1 - 0,05) = 1,9 \text{ kW}$$

przy obciążeniu indukcyjnym i $\cos \varphi = \frac{0,69}{2,5} = 0,276$ do wartości

$$P_{z \max} = 2 \left(1 + \frac{2JX_1}{U_1} \right) = 2 (1 + 0,0482) = 2,096 \text{ kW}$$

przy obciążeniu pojemnościowym i $\cos \varphi = 0$.

W tym więc wypadku straty w żelazie wahają się w granicach ok. $\pm 5\%$, t. j. od 1,9 do 2,1 kW.



Rys. 2.

Straty w żelazie w funkcji $\cos \varphi$

2. *Straty w miedzi* zawierają dwie składowe: straty oporowe i dodatkowe, obie proporcjonalne do kwadratu prądu; o wielkości strat w uzwojeniu pierwotnym i wtórnym decydują wielkości przepływających przez nie prądów \hat{J}_2 , oraz $\hat{J}_1 = -\hat{J}_2 + \hat{J}_0$, gdzie J_0 jest prądem biegu jałowego.

Straty w miedzi przy obciążeniu $P_m = k_1 J_1^2 r_1 + k_2 J_2^2 r_2$, gdzie k to współczynnik wyrażający wpływ strat dodatkowych.

Jeżeli pominąć wpływ składowej wátowej prądu jałowego

$$\hat{J}_1 = -\hat{J}_2 + \hat{J}_0 \approx -\hat{J}_2 + \hat{J}_m$$

albo też pomijając w przybliżeniu wpływ małego kąta, który tworzą ze sobą wektory U_2 i E_2 i oznaczając

$$\varphi_2 = \varphi \text{ i } J_2 = J$$

$$J_1^2 = J_2^2 \cos^2 \varphi + (J_2 \sin \varphi + J_0)^2 = J^2 \left[1 + \frac{2J_0}{J} \sin \varphi + \left(\frac{J_0}{J} \right)^2 \right]$$

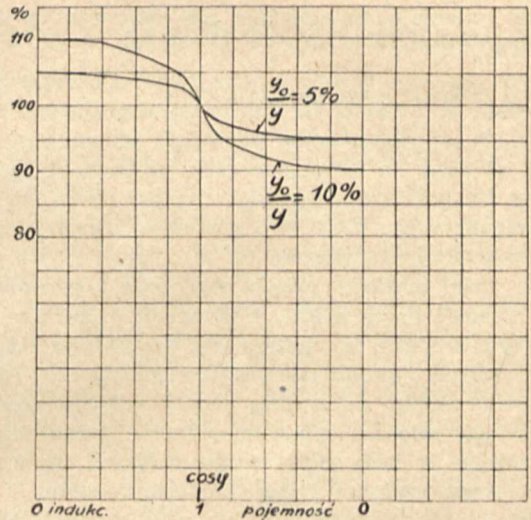
ostatni wyraz jest mały i może być pominięty ($\left(\frac{J_0}{J} \right)$ wynosi kilka do kilkunastu procent), poza tym jeżeli straty przy zwarciu w uzwojeniu pierwotnym i wtórnym są sobie równe, to dla transformatora zredukowanego $k_1 r_1 = k_2 r_2 = k r$, i straty w miedzi:

$$P_m = k_2 J_2^2 r_2 + k_1 J_1^2 r_1 = k J^2 r + k J^2 r \left(1 + 2 \frac{J_0}{J} \sin \varphi \right) = 2 k J^2 r \left(1 + \frac{J_0}{J} \sin \varphi \right)$$

Straty w miedzi zmierzone przy zwarciu $P_{mz} = 2kJ^2r$, a stosunek strat rzeczywistych do zmierzonych przy zwarciu

$$m = \frac{P_m}{P_{mz}} = 1 + \frac{J_0}{J} \sin \varphi$$

straty w miedzi są więc, podobnie jak straty w żelazie, zmienne w zależności od współczynnika mocy obciążenia; na rys. 3 wyrysowana jest zależność wartości m od współczynnika mocy dla dwóch wartości względnych prądu jałowego.



Rys. 3.

Straty w miedzi w funkcji $\cos \varphi$.

Wartość maksymalną osiągają straty w miedzi przy $\cos \varphi = 0$ i obciążeniu indukcyjnym

$$m = 1 + \frac{J_0}{J}$$

zaś dla obciążenia pojemnościowego i $\cos \varphi = 0$

$$m = 1 - \frac{J_0}{J}$$

straty w miedzi spadają do minimum, różnica zaś między tymi wartościami skrajnymi jest tym większa, im wyższa jest względna wartość prądu jałowego.

Ponieważ obowiązujące przepisy określają ściśle dopuszczalne przyrosty temperatury rdzenia, uzwojeń i oleju w transformatorze, rozważmy, w jaki sposób zmieniać się będą te przyrosty w zależności od obciążenia.

Do niedawna przyjmowano zwykle, że przyrosty temperatury t są proporcjonalne do strat. Nowsze badania wykazały, że zależność ta dla transformatorów nie jest słuszna i raczej przyjmować należy

$$t = C_2 P^n,$$

gdzie C_2 jest stałe, zaś n jest współczynnikiem, którego wartość leży w granicach od 0,7 do 0,8.

Fizycznego uzasadnienia tej zależności dopatrujemy się w fakcie, że wraz ze wzrostem temperatury w transformatorze rośnie również intensywność chłodzenia dzięki zmianie własności fizycznych (głównie lepkości) oleju.

Przyrost temperatury rdzenia wyniesie w tych warunkach

$$t_2 = C_3 P_0^{0,8} \left(1 - \frac{2J}{U} (r_1 \cos \varphi + X_1 \sin \varphi) \right)^{0,8}$$

gdzie $P_0 = C_2 U^2$ oznacza straty w żelazie przy biegu jałowym. Przyrost temperatury uzwojenia pierwotnego

$$t_{m1} = C_4 P_m^{0,8} \left[1 + 2 \frac{J_0}{J} \sin \varphi \right]^{0,8}$$

gdzie $P_{m1} = k_1 J_2^2 r_1$ równa się stratom w uzwojeniu pierwotnym przy zwarciu, wreszcie dla uzwojenia wtórnego

$$t_{mz} = C_5 P_{mz}^{0,8}$$

Przyrost temperatury oleju, którego wielkość jest również ograniczona przez przepisy, jest funkcją strat ogólnych w transformatorze

$$t_{o1} = C_6 \left[P_0 \left(1 - \frac{2J}{u} (r \cos \varphi + X_1 \sin \varphi) \right) + P_{mz} \left(1 + \frac{J_0}{J} \sin \varphi \right) \right]^{0,8}$$

Z pośród tych wielkości jedynie przyrost temperatury uzwojenia wtórnego nie jest funkcją $\cos \varphi$, wszystkie pozostałe zmieniają się zależnie od współczynnika mocy obciążenia.

Wyprowadzone tu wzory, jakkolwiek obarczone pewnym błędem ze względu na szereg upraszczających założeń przy ich wyprowadzaniu, pozwalają jednak zorientować się od razu, że zmierzone przy próbach obciążenia przyrosty temperatury mogą dość mocno różnić się zarówno między sobą, jak i od przyrostów rzeczywiście w ruchu występujących zależnie od tego, przy jakim współczynniku mocy pomiary zostały wykonane; poszczególne różnice wynosić mogą kilka i kilkanaście procentów i są na ogół tym większe, im wyższa jest procentowa wartość napięcia zwarcia i prądu jałowego transformatora. Ponieważ transformatory na wyższą moc i większe napięcie mają na ogół większe napięcie zwarcia i prąd jałowy, więc i różnice te będą również tym większe, im wyższa jest moc transformatora i jego napięcie robocze.

Aby jednak dowieść, że i dla transformatorów średniej wielkości różnice te są poważne, rozpatrzmy jeszcze raz ten sam konkretny przykład liczbowy transformatora o mocy 500 kVA, dla którego obliczymy stosunek przyrostów temperatury przy próbach przeprowadzonych przy różnych wartościach $\cos \varphi$.

Transformator o mocy 500 kVA; prąd jałowy — 5%, napięcie zwarcia 5%, straty w żelazie $P_0 = 2$ kW; w miedzi 7,0 kW

$$\frac{J_r}{U} = \frac{7}{500 + 7} \cdot 100 = 1,38\%; \quad \frac{JX}{U} = \sqrt{5^2 - 1,38^2} = 4,82\%$$

$$\frac{Jz_1}{U} = \frac{Jz_2}{U} = \frac{5,0}{2} = 2,5\%$$

a) Próba przy $\cos \varphi = 1$

$$t_z = C_3 \cdot P_0^{0,8} \left(1 - \frac{2 \cdot 1,38}{100} \right)^{0,8} = C_3 \cdot P_0^{0,8} (0,9724)^{0,8} = 0,9778 C_3 P_0^{0,8}$$

$$t_{m1} = C_4 P_{m1}^{0,8}$$

$$t_{m2} = C_5 P_{m2}^{0,8}$$

$$t_{o1} = C_6 (2 \cdot 0,9724 + 7)^{0,8} = C_6 \cdot (8,945)^{0,8} = 5,77 C_6$$

b) Próba przy obciążeniu indukcyjnym i $\cos \varphi = 0$

$$t_z = C_3 P_0^{0,8} \left(1 - 2 \cdot \frac{2,41}{100} \right)^{0,8} = C_3 P_0^{0,8} (0,952)^{0,8} = C_3 P_0^{0,8} \cdot 0,961$$

przyrost temperatury jest więc przy tej próbie o 1,7% niższy, niż przy $\cos \varphi = 1$

$$t_{m1} = C_4 P_{m1}^{0,8} \left(1 + 2 \cdot \frac{5}{100} \right)^{0,8} = C_4 P_{m1}^{0,8} \cdot 1,1^{0,8} = 1,083 \cdot C_4 P_{m1}^{0,8}$$

Przyrost temperatury uzwojenia pierwotnego jest tu o 8,3% wyższy niż pod a; przyrost temperatury w uzwojeniu wtórnym pozostaje bez zmiany.

$$t_{o1} = C_6 \left[2 \cdot 0,9516 + 7 \left(1 + \frac{5}{100} \right) \right]^{0,8} = C_6 \cdot (9,282)^{0,8} = 5,941 C_6$$

Olej więc posiada przyrost o 2,95% wyższy niż pod a).

c) Próba przy obciążeniu pojemnościowym i $\cos \varphi = 0$

Otrzymamy tu analogicznie do poprzedniego

$$t_z = C_3 P_0^{0,8} (1,048)^{0,8} = 1,0383 C_3 P_0^{0,8}$$

$$t_{m1} = C_4 P_{m1}^{0,8} (0,9)^{0,8} = 0,9198 C_4 P_{m1}^{0,8}$$

$$t_{o1} = C_6 (2 \cdot 1,0482 + 7 \cdot 0,9)^{0,8} = C_6 \cdot (8,396)^{0,8} = 5,486 C_6$$

W tym wypadku jest więc przyrost temperatury rdzenia o 6,1% wyższy a przyrost temperatury uzwojenia pierwotnego o 8% niższy, zaś oleju o 4,9% niższy, niż przy obciążeniu bezindukcyjnym. Liczby te wyraźnie dowodzą, że zagadnienie nie jest błahe. Różnice rzędu $6 \div 8\%$ decydować mogą w wielu wypadkach o przyjęciu lub odrzuceniu transformatora a trzeba sobie zdawać sprawę z tego, że przy wyższych mocach różnice te są znacznie większe.

Zarówno więc poprzednie rozważania teoretyczne, jak i obliczenie wartości liczbowych wykazują jasno, że próby obciążenia przeprowadzone przy różnych współczynnikach mocy dać mogą nawet dla transformatorów średniej mocy mocno rozbieżne wyniki. Dowolności tej zapobiec można jedynie przez ustalenie z góry warunków próby transformatora, a więc zaliczenie współczynnika mocy do wielkości znamionowych transformatora. Pozwoli to na jednoznaczne określenie warunków próby, a w razie jeżeli, jak przeważnie bywa, próba nagrzania nie może być wykonana w warunkach pracy znamionowej, można będzie zmierzone przyrosty do tych warunków sprowadzić.

W praktyce przy przeprowadzaniu prób zastępczych rozbieżności mogą wypaść jeszcze większe, ale ta kwestia zasługuje na oddzielne omówienie.

SEKCJA SZKOLNICTWA ELEKTROTECHNICZNEGO

Uwagi ogólne o organizacji szkolnictwa elektrotechnicznego i metodach nauczania

Prof. inż. Sokolcow Dymitr, Warszawa

Streszczenie. Artykuł omawia w sposób ogólnikowy szereg aktualnych spraw z dziedziny organizacji szkolnictwa elektrotechnicznego i metod nauczania, a mianowicie: 1) ścisły związek techniki i szczególnie elektrotechniki z nauką, co powinno być uwzględnione przy opracowaniu wykazu przedmiotów, programów i metod nauczania w szkołach zawodowych elektrotechnicznych; 2) organizacja szkolnictwa elektrotechnicznego z punktu widzenia różnych stopni szkół i różnych gałęzi specjalizacji; 3) wymagania, którym powinien zadość uczynić personel nauczycielski, oraz programy i metody nauczania, ażeby nauczanie w szkołach elektrotechnicznych zadość uczyniało wymaganiom życia, a mianowicie było z jednej strony życiowo-praktyczne, a z drugiej strony systematyczno-logiczne z punktu widzenia naukowo-technicznego; 4) uprawnienia, które szkoły elektrotechniczne powinny dawać swym absolwentom i z punktu widzenia wymagań ich pracy zawodowej, i z punktu widzenia dalszych studiów w szkołach wyższych stopni.

I.

Ta albo inna organizacja szkolnictwa zależna jest od zadania, które powinno spełnić szkolnictwo elektrotechniczne w całości i poszczególne jego stopnie — typy szkół — w szczególności. Zagadnienie, na pierwszy rzut oka zdawałoby się, jest dosyć proste; zadaniem szkolnictwa elektrotechnicznego jest przygotowanie specjalistów elektryków różnych stopni dla różnych gałęzi elektrotechniki. Ale głębsza analiza i powiązanie tego zagadnienia z życiem konkretnym wskazuje na to, że mamy przed sobą zagadnienie bardzo skomplikowane, bardzo trudne do rozwiązania, czyniącego zadość wszystkim wymaganiom racjonalnie, logicznie zorganizowanych i prowadzonych szkół oraz wymaganiom życia praktycznego. Życie wymaga od szkoły, szczególnie od szkoły technicznej zawodowej, z jednej strony konkretnych wyników nauczania w postaci fachu i przy tym fachu z pewnymi ściśle określonymi formalnymi uprawnieniami mającymi konkretny, nadający się do życia praktycznego charakter, a z drugiej strony to samo życie wymaga nie wąsko specjalnego fachu, lecz możliwie szerokiego przygotowania technicznego, które by dało możliwość absolwentowi znalezienia zatrudnienia jeśli nie w jednej, to w drugiej gałęzi danej dziedziny techniki; bo posiadający jakiś nadto ograniczony wąski fach i uprawnienia bardzo często może się znaleźć w życiu bez pracy w swej dziedzinie fachowej.

Wracając do naszego konkretnego tematu, do szkolnictwa elektrotechnicznego, postaramy się podać tu zasadnicze cechy charakterystyczne elektrotechniki, które powinny być wzięte pod uwagę przy organizacji szkolnictwa elektrotechnicznego i które nadają temu szkolnictwu specyficzny, że tak powiem, charakter, odróżniający

szkolnictwo elektrotechniczne od szkolnictwa innych dziedzin techniki.

1. Otóż tu przede wszystkim trzeba zaznaczyć, że elektrotechnika jest dziedziną bardzo obszerną i bardzo rozgałęzioną; przy czym gałęzie jej są niekiedy tak odrębne, tak daleko od siebie odbiegające, że wąski specjalista w jednej nie nadaje się bezpośrednio do pracy fachowej w drugiej. Ale nie bacząc na to, wszystkie te tak różnorodne gałęzie są gałęziami jednej elektrotechniki, mają wspólne nie tylko naukowe, lecz i naukowo-techniczne podstawy.

2. Poza tym elektrotechnika w całości, jak i poszczególne jej gałęzie, np. radiotechnika, ciągle postępują naprzód, rozwijają się i to w tak szybkim tempie, że literalnie to, co jeszcze wczoraj było „ostatnim słowem” nauki i techniki, często już dzisiaj jest przestarzałe. Takie czasem wprost fantastyczne, pozostawiające w tyle wszystkie bajki, tempo rozwoju absolutnie wyklucza myśl o tym, żeby jakkolwiek nawet najlepiej zorganizowana i prowadzona, najwięcej postępową szkoła mogła gwarantować swemu absolwentowi, że on będzie w swej pracy fachowej robił ściśle to, czego się w szkole uczył. I postawienie sobie przez szkołę i jej kierownictwo takiego „konkretnego”, „życiowego” itp. zadania byłoby nie zadośćuczynieniem wymaganiom życia, lecz wprost przeciwnie, taka szkoła wypuszczałaby w życie swych absolwentów, którzy, nie mówiąc o wyjątkach, byłiby właściwie bezradni w potrzebie przystosowania się do ciągle nowych i nowych kierunków rozwoju elektrotechniki i jej poszczególnych gałęzi.

3. Ten wprost bajeczny rozwój elektrotechniki, który zrobił to, że licząc w całości zaledwie 150 lat życia, a w poszczególnych bardzo już rozwiniętych gałęziach wiedzy wszystkiego kilkadziesiąt lat, elektrotechnika zajmuje bezspornie pierwsze miejsce pośród wszystkich gałęzi techniki, zawdzięczamy temu, że elektrotechnika jest ściśle związana z nauką i nie tylko z nauką o samej elektrotechnice, lecz i z obszerną dziedziną nauk pokrewnych i pomocniczych, jak to matematyka, fizyka, mechanika, chemia i in. Współczesna technika nie tylko w samych podstawach, lecz i w swej, że tak powiem, praktyce jest bezpośrednim ciągiem dalszym nauki, jest nauką stosowaną. To trzeba dobrze zrozumieć. Za granicą to zrozumieli dobrze. Nie tylko Niemcy mówią, że: „Ohne Wissenschaft giebst keine Technik” („Bez nauki nie ma techniki”), lecz i we wszystkich krajach kulturalnych, nawet w tak realnie patrzących na rzeczy krajach „business'u”, jak Stany Zjednoczone Ameryki Północnej, cały przemysł techniczny i szczególnie elektrotechniczny opiera się na nauce, jako na swojej bezpośredniej podstawie. Wszystkie najpoważniejsze zagraniczne firmy

elektrotechniczne mają obecnie laboratoria naukowo-badawcze, prowadzone przez wybitnych specjalistów-naukowców, profesorów wyższych technicznych szkół akademickich. Laboratoria te są dobrze postawionymi instytucjami naukowo-badawczymi, przy czym prace prowadzone w tych przemysłowych laboratoriach wcale nie mają charakteru wąsko-specjalnego, bezpośrednio tylko z daną produkcją związanego. Wcale nie. Prace te bardzo często mają charakter czysto fizyczny, na pierwszy rzut oka zupełnie oderwany, niby wcale nie techniczny. Ale na prace te wydaje się dużo pieniędzy. Dlaczego? A to właśnie dlatego, że tam dobrze rozumiemy, że „Die Physik von heute, die Technik von morgen ist” (Fizyka dzisiaj, jutro jest technika). Tego uczy nas rozwój historyczny techniki współczesnej i szczególnie elektrotechniki. Tylko dla zilustrowania tego stosunku zagranicznych placówek przemysłowych do nauki przytoczę parę przykładów: Tak np., dobrze znana firma niemiecka „Siemens-Schuckertwerke” oprócz pomocniczych laboratoriów przy wszystkich swych poszczególnych działach posiada centralny dla całych zakładów „Forschungsinstitut” — instytut naukowo-badawczy. Zwiedzając te zakłady już po wojnie, miałem możność stwierdzić, że w tym Instytucie pracowników z wyższym wykształceniem akademickim pracujących czysto naukowo i naukowo-technicznie było w dniu mego zwiedzania 252 osoby, nie licząc techników, robotników i innego personelu. Kierownictwo poszczególnymi wydziałami tego Instytutu znajdowało się przeważnie w rękach profesorów Politechniki Charlottenburskiej i innych.

Drugi przykład. Światowo znana firma amerykańska General Electric Co w związku z potrzebą znacznego rozszerzenia i pogłębienia prac naukowo-badawczych szczególnie w dziedzinie telewizji, elektroakustyki i budowy radioodbiorników — prac, bez których nie można należycie zorganizować produkcji fabrycznej, zadecydowała na początku zeszłego 1936 roku zorganizować w specjalnie do tego zbudowanym gmachu laboratorium badawcze. Obecnie gmach ten jest już gotów, laboratoria odpowiednio wyposażone i uruchomione. Jest to faktycznie cały Instytut badawczy podzielony na 24 oddzielne laboratoria zbudowane i wyposażone ściśle wg. specyficznych wymagań tego rodzaju zagadnień, które będą w danym laboratorium badane.

Nie będę przytaczać dalszych, dobrze zresztą wszystkim nam znanych przykładów, powiem tylko jeszcze, że prywatny przemysł amerykański wydaje na prowadzenie licznych placówek naukowo-badawczych, licząc na naszą walutę, kilka miliardów złotych rocznie.

Mogą mnie zapytać, jaki to wszystko ma związek z organizacją szkolnictwa elektrotechnicznego?

Odpowiedź jest jasna. Jeżeli przemysł techniczny i szczególnie elektrotechniczny tak dobrze rozumie swój ścisły związek z nauką, bez której on nie może nie tylko rozwijać się, lecz nawet i „należy zorganizować produkcję”, to znaczy i pracowników on potrzebuje nie rzemieślników-robotów, lecz posiadających odpowiednie do zakresu swych prac techniczne, a nawet naukowo-techniczne wykształcenie. Wymagane pod tym względem kwalifikacje będą, ma się rozumieć, różnego poziomu, ale nawet najniższy stopień elektrotechnika wymaga dosyć wysokiego ogólnego i specjalnego poziomu rozwoju. Cóż mówić o tych, od których jest wymagana twórcza praca! Twórcza nie w sensie robienia wynalazków, lecz w sensie dobrego rozumienia tego, co on robi, dobrego obsługiwanie poleconej mu instalacji, tym bardziej dobrego kierownictwa poleconym działem, uwzględniającego rozwój danej dziedziny techniki.

Taki personel powinna przygotować i dostarczyć przemysłowi szkoła zawodowa techniczna. I dlatego ona powinna być odpowiednio zorganizowana i prowadzona, powinna stosować odpowiednie metody nauczania i być w ścisłym, żywym, rzeczowym kontakcie z przemysłem, z placówkami instalacyjnymi i eksploatacyjnymi.

Do szczegółowego omówienia tego zagadnienia obecnie przejdziemy.

II.

Z tego, co powiedziano wyżej, już dobrze widać, że organizacja szkolnictwa elektrotechnicznego nie może zadowolnić się jakimś jednym typem szkoły zawodowej. Trzeba mieć różne typy szkół i co do poziomu, tj. różne stopnie, i co do specjalizacji, tj. szkoły przygotowujące przeważnie do pewnej dziedziny — gałęzi elektrotechniki.

Otóż co się tyczy szkół różnych stopni, to szkolnictwo elektrotechniczne powinno posiadać co najmniej trzy, a może nawet i cztery rodzaje szkół, a mianowicie:

1. Musimy mieć dobrych, dobrze wykształconych techników-elektro-, radio- i tele-techników (elektro-, radio- i tele-mechaników), nadających się do budowy i obsługi pod kierownictwem inżyniera, ale w znacznym stopniu samodzielnie, różnych instalacji elektro-, tele- i radiotechnicznych, i nie tylko poszczególnych odrębnych instalacji, lecz i większych zespołów, jak to elektrowni, sieci, central technicznych, radiostacji nadawczo-odbiorczych itp. Jako techniczne siły pomocnicze powinni oni nadawać się i do prac w laboratoriach tak fabrycznych, jak i w ogóle naukowo-badawczych i probierczych. Przygotować ten personel powinna średnia szkoła tak albo inaczej nazwana, powiedzmy gimnazjum elektrotechniczne.

2. Musimy poza tym mieć personel odpowiednio wykształcony i przygotowany do objęcia, po pewnym stażu pracy, stanowisk kierowniczych inżynierskich przy budowie i eksploatacji instalacji i w ogóle placówek elektrotechnicznych, oraz na fabrykach, jak również i w różnych laboratoriach i instytucjach naukowo-badawczych. Przygotować taki personel powinna szkoła wyższa, chociaż jeszcze i nie akademicka, tego mniej więcej typu, co szkoły niemieckie, nadające swym absolwentom tytuł inżyniera, nie inżyniera dyplomowanego, lecz wprost inżyniera, co nasza Państwowa Wyższa Szkoła Budowy Maszyn i Elektrotechniki w Warszawie. Nazwać te szkoły możnaby liceami elektrotechnicznymi.

3. Nareszcie musimy mieć personel do prac naukowo-badawczych, do wyższego kierownictwa zakładami naukowymi, do zajęcia katedr profesorskich itd. Przygotować taki personel powinna wyższa szkoła akademicka, Wydziały Elektrotechniczne Politechnik. Będzie ona nadawała swoim absolwentom, po spełnieniu przez nich wszystkich wymaganych warunków, tytuł inżyniera dyplomowanego i, jako wyższy stopień, doktora-inżyniera.

W ten sposób otrzymamy trzy stopnie szkół elektrotechnicznych. Ale przemysł i różne inne placówki i instytucje elektrotechniczne potrzebują nie tylko techników i inżynierów, lecz i prostych, lecz elektrotechnicznie kwalifikowanych robotników. Tacy robotnicy, pracując w warsztatach fabrycznych oraz przy budowie i obsłudze różnych placówek elektrotechnicznych nie tylko jako wprost robotnicy, lecz i jako monterzy, powinni być specjalnie obznajmieni z materiałami używanymi w elektrotechnice, z ich własnościami i obróbką, ze specjalnym sprzętem instalacji elektrotechnicznych itp. Takich robotników specjalnie kwalifikowanych powinna dać elektrotechniczna szkoła rzemieślnicza specjalnie uwzględniająca potrzeby zakładów elektrotechnicznych. Byłby to

czwarty, niższy stopień szkół elektrotechnicznych, ale prawdopodobnie nie specjalnie tylko elektrotechnicznych.

Co się tyczy teraz podziału szkół elektrotechnicznych na różne typy wg. specjalności, to tu trzeba przede wszystkim uwzględnić te dwie obszerne i w znacznym stopniu odrębne dziedziny elektrotechniki, które z dawnych czasów przyjęto nazywać elektrotechniką „prądów silnych” i elektrotechniką „prądów słabych”. Taka uproszczona charakterystyka tych dwóch dziedzin elektrotechniki i dawniej nie była dobra, zaś w czasach obecnych wcale się nie nadaje. Dziedzina „prądów słabych” obecnie częściej się nazywa „telekomunikacją elektryczną”. Ta nazwa już lepiej odtwarza istotę rzeczy, chociaż i ona nie jest zupełnie dobra. Ale, używając tej nazwy, powiemy, że, co do specjalizacji, musimy mieć co najmniej dwa typy szkół elektrotechnicznych: szkoły prądu silnego i szkoły telekomunikacyjne.

Taki podział najmniej dotyczył by gimnazjów elektrotechnicznych, bo na tym poziomie zupełnie odrębna specjalizacja w samej szkole jest mniej możliwa i potrzebna; absolwent średniej szkoły elektrotechnicznej powinien zasadniczo nadawać się do pracy we wszystkich gałęziach elektrotechniki i tylko już sama praca zawodowa zrobi z niego specjalistę danej węższej gałęzi. Inaczej sprawa przedstawia się dla liceów elektrotechnicznych. Obfity materiał całej elektrotechniki nie daje możliwości przerobić go naukowo-technicznie szczegółowo i na wymaganym poziomie. Tu bez specjalizacji obejść się nie można. I będziemy mieli co najmniej dwa typy liceów — licea prądów silnych i licea telekomunikacyjne. Co się tyczy dalszego możliwego podziału, to na razie można byłoby mówić oddzielnie o teletechnice i radiotechnice. Ale ze względu na ścisły kontakt tych dziedzin w praktyce oraz na to, że one mocno wzajemnie się zająbiają i w podstawach naukowo-technicznych i w szeregu urządzeń i instalacji, wskazane jest mieć jako typ zasadniczy jeden typ liceum telekomunikacyjnego, chociaż to nie wyklucza zasadniczo racji zorganizowania w poszczególnych wypadkach oddzielnych liceów teletechnicznych i szczególnie radiotechnicznych oraz specjalizacji na te dwa fache na ostatnim roku liceum telekomunikacyjnego.

Co się tyczy teraz wyższych szkół akademickich (Politechnik), to i tam, chociaż istnieje jeden wydział elektrotechniczny, ale składa się on zwykle z dwu odrębnych i autonomicznych sekcji: sekcji prądów silnych i sekcji telekomunikacyjnej. Ale w tych szkołach mamy zwykle istotnie daleko dalej idącą specjalizację, — oddzielnie np. wysokie napięcie, miernictwo, teletechnika, radiotechnika itp. I to nie tylko dla tych, kto już ukończył uczelnię, lecz jeszcze i podczas końcowych studiów na Politechnice.

Ma się rozumieć, że w zależności od specjalnego typu danej szkoły elektrotechnicznej będzie ona miała odpowiednie programy nauczania i specjalne pracownie, ale każda z tych szkół powinna dać swoim absolwentom niezależnie od swej specjalności, solidne podstawy ogólnoelektrotechniczne zarówno teoretyczno-techniczne, jak i praktyczne (Podstawy elektrotechniki ogólnej, Maszyny i instalacje elektryczne, Ogólne miernictwo elektryczne itp.), a to dla tego, że elektrotechnika ogólna jest podstawą faktycznie dla wszystkich poszczególnych jej gałęzi, które są tak ściśle związane i jedna z drugą i ze wspólnymi dla nich wszystkich ogólnymi podstawami i teoretycznymi i instalacyjnymi i mierniczymi, że bez solidnego technicznie-teoretycznego i praktycznego wykształcenia ogólnoelektrotechnicznego nie można mieć dobrego, nadającego się do samodzielnej pracy, tym bar-

ziej twórczej, specjalisty w danej dziedzinie elektrotechniki. A jednocześnie będziemy mieli i ten czysto życiowy rezultat praktyczny, że absolwent każdej szkoły elektrotechnicznej, niezależnie od jej bliższej specjalności, będzie stosunkowo dobrze się orientował i w innych dziedzinach elektrotechniki i w razie potrzeby życiowej stosunkowo łatwo może wyspecjalizować się w tym albo innym kierunku elektrotechnicznym. A taka potrzeba będzie często miała miejsce w życiu.

III.

Chcę jeszcze troszkę bliżej omówić sprawę metod nauczania w szkołach elektrotechnicznych.

Sprawa ta jest bardzo poważna. Od prawidłowego jej rozwiązania będzie w znacznym stopniu, powiedziałbym nawet, że prawie wyłącznie, zależeć, co nasza szkoła da, jaki, że tak powiem, produkt będzie ona wypuszczać na rynek życia przemysłowego, technicznego i w ogóle kulturalnego.

Metody nauczania powinny być z jednej strony życiowo-praktyczne, a z drugiej strony — systematycznie, z punktu widzenia naukowo-technicznego, i powinny być dobrze pedagogicznie i dydaktycznie opracowane i stosowane.

Mówię to nie skutkiem ogólnego, oderwanego rozumowania, lecz na podstawie już trzydziestopięcioletniego doświadczenia własnego, jako profesora i nauczyciela różnych typów i stopni szkół zawodowych od akademickich do średnich i specjalnych oraz na podstawie obserwacji i obszernych dyskusyj nad stanem szkolnictwa technicznego i specjalnie elektrotechnicznego w różnych krajach, nad jego potrzebami, zorganizowaniem i prowadzeniem.

Sprawa ta nie jest tak prosta, szczególnie z punktu widzenia praktycznego jej rozwiązania i wprowadzenia w życie.

Szkoła elektrotechniczna musi wykształcić fachowca danego stopnia w danej dziedzinie elektrotechniki. Jak to zrobić? W rozwiązywaniu tego zagadnienia idą zwykle jedną z dwóch skrajnych dróg. Albo ujmują sprawę, jak to się mówi „praktycznie”, „życiowo”, rozumiejąc to w sposób uproszczono-rzemieślniczy: „Nauka nam nie jest potrzebna. Żadna matematyka, żadne wzory nam nie są potrzebne. Nam jest potrzebny dobrze znający się na rzeczy, bez żadnej tam filozofii, umiejący technik”. Zrealizowanie tego prądu pociąga za sobą straszne obniżenie i ogólnego i technicznego poziomu nauczania, zaniedbanie wszelkiej logicznej systematyczności w wykładach i pracowniach, — pobicie rekordu w wyrobieniu faktycznie nic nie rozumiejącego, lecz trochę zaledwie orientującego się w danym wąskim zakresie rzemieślnika-roboty. Taki robot nie jest oczywiście zdolny nie tylko do twórczej pracy w danej dziedzinie, ale nawet nie da sobie rady często z dosyć prostymi, praktycznymi rzeczami, chociażby nieco wychodzącymi poza granice tego, czego go bezpośrednio nauczono.

Otóż takie ujęcie i postawienie sprawy nie jest wcale ani „życiowe” ani „praktyczne”, jak lubią mówić zwolennicy tego kierunku. Owszem, w jakimś zakładzie rzemieślniczym, przeważnie chałupniczym, albo nawet w fabryce, kiedy chcą nauczyć chłopca, aby mógł w nich pracować, to go w ten sposób uczą; to — ma się rozumieć — wystarczy, żeby zrobić zeń szewca albo cieślę. Ale szkoła, która powinna nie tylko nauczyć coś wykonywać, lecz która powinna również podnosić poziom i ogólny i techniczny tych, kto w niej się uczy, ażeby wypuścić w życie odpowiednio wykształconego technika, sto-

jącego na odpowiednim poziomie, szkoła, która ma za zadanie „wychowanie młodzieży na zamiłowanych w pracy twórczej obywateli, zwłaszcza w obranym zawodzie”, nie powinna uczyć czegoś w sposób czysto rzemieślniczy. Ten kierunek polityki szkolnej byłby strasznym obniżeniem poziomu warstw technicznych i tym samym krzywdą dla narodu i Państwa. Trzeba bowiem dobrze rozumieć, że zawsze, a w czasach obecnych — szczególnie, nie samo rzemiosło, lecz technika i przy tym technika naukowa, we wszystkich swych stopniach decyduje często o losie kraju tak w czasach pokoju, jak i szczególnie w czasie wojny. Dla tego też jeszcze raz podkreślam, że takie wąsko rzemieślnicze postawienie sprawy ani z punktu widzenia wykorzystania i rozwoju współczesnej techniki, ani z punktu widzenia racjonalnie ujętej i prowadzonej polityki szkolnej i tym samym z punktu widzenia dobra kraju, nie jest ani „życiowe”, ani „praktyczne”.

Niestety, prąd ten jest w naszych czasach dosyć mocny. Prawda, odpowiada to ogólnej psychologii i ogólnemu obniżeniu poziomu kultury naszych czasów powojennych. Ale z prądem tym trzeba stanowczo i rozumnie walczyć.

Drugi skrajny prąd, wprawdzie znacznie słabszy, polega nie tylko na przeniesieniu w programach i metodach nauczania środka ciężkości na nauki teoretyczne, ogólnokształcące, lecz w ogóle — na zupełnie nietechnicznym ujęciu sprawy. Prąd ten w szkolnictwie, i to nie tylko zawodowym, jest znany już od bardzo dawnych czasów, kiedy nauka w ogóle była zupełnie oderwana od życia realnego, a tym samym i szkoła była jakimś klasztorem ze swoją specjalną psychologią, ze swoim odrębnym trybem życia, oddzielnym od życia realnego jakimś chińskim murem. Takie niezyciowe, scholastyczne ujęcie sprawy szkolnictwa zarówno ogólnego, jak również i technicznego w naszych czasach, kiedy i nauka i technika tak zrosły się z życiem codziennym, że nie mogą być oddzielone od niego, że obecnie nie można byłoby wyobrazić sobie naszego życia bez wszystkiego, co dostaje ono od nauki i techniki, — nie powinno mieć miejsca.

Ale, niestety, ten prąd scholastyczny i nie tylko prąd, lecz rutynowana wiekami praktyka szkolnictwa i programów szkół wszystkich stopni od szkoły powszechnej do uniwersytetu oraz metod nauczania i często podświadomej psychologii nauczycieli i profesorów, jest bardzo mocna.

Walka z tym stanem, z tą psychologią niezyciową, scholastyczną, została podjęta już dawno we wszystkich krajach. Mamy już pewne dobre wyniki. Ale daleko jest jeszcze do zupełnego ożywienia naszej szkoły. Scholastyka w naszej szkole jeszcze mocno stoi na nogach.

Otóż trzeba iść jakąś średnią drogą, trzeba szukać jakiegoś złotego środka pomiędzy uproszczonym rzemieślnictwem a martwą scholastyką. Jest to szczególnie poważną rzeczą w szkolnictwie technicznym, to znaczy i w elektrotechnicznym.

Jakaż jest to droga?

Otóż szkoła techniczna powinna systematycznie, dydaktycznie nauczyć techniki z jednej strony organicznie związanej z jej podstawami naukowymi, fizyko-matematycznymi, a z drugiej strony żywej, konkretnej, organicznie związanej z praktyką, z przemysłem technicznym, z związanymi placówkami eksploatacyjnymi. A dla tego powinien być odpowiednio ułożony wykaz przedmiotów wykładowych i pracowni, odpowiednio ułożone programy tych przedmiotów wykładowych i stosowane specjalne metody nauczania — wykładów, ćwiczeń,

prac laboratoryjnych (w pracowniach), oraz odpowiednio zorganizowane sprawdzanie wyników nauczania, repetycje, wypracowania pisemne, sprawozdania z pracowni, egzaminy przejściowe i ostateczne. To wszystko powinno stanowić organiczną całość, mającą za zadanie zapoznanie ucznia z daną dziedziną techniki z punktu widzenia naukowo-technicznego oraz praktycznie — z odpowiednimi urządzeniami i instalacjami, z maszynami i przyrządami, sprzętami i materiałami w danej dziedzinie techniki stosowanymi. Ażeby to wszystko można było jak się należy zrealizować, szkoły techniczne powinny posiadać, nie tylko odpowiednio opracowane podręczniki, pomoce szkolne i odpowiednio wyposażone pracownie, lecz, co może jest najgłówniejsze a jednocześnie najtrudniejsze, szkoły techniczne powinny posiadać odpowiednio dobrany i, że tak powiem, odpowiednio pracujący personel nauczycielski i profesorski. Powinni to być pedagodzy z zamiłowania, ale jednocześnie technicy i inżynierowie nie tylko z wykształcenia, lecz i z pracy zawodowej. Techniczna praca zawodowa jest dla nauczycieli szkół technicznych wszystkich stopni od rzemieślniczej do akademickiej nie tylko pożądana, lecz w pewnych wypadkach, — dla wykładowców przedmiotów czysto technicznych, — nawet obowiązująca. Chcę tu podkreślić, że nie tylko wykładowcy przedmiotów technicznych powinni być Technikami, inżynierami, co jasne jest z natury rzeczy, lecz i wykładowcy t. zw. „przedmiotów pomocniczych” — matematyki, fizyki, chemii, rysunku technicznego i t. p. — powinni być jeżeli nie inżynierami, to w każdym bądź razie osobami, pracującymi nie tylko jako nauczyciele i profesorowie, lecz i technicznie, albo przynajmniej posiadającymi pewien staż pracy praktycznej. Tylko wtedy nie będziemy mieli oderwanej, scholastycznej fizyki, matematyki, samej tylko geometrii wykreślnej zamiast rysunku technicznego i t. p., a będziemy mieli faktyczne podstawy naukowe techniki, pełne żywego życia technicznego.

To zagadnienie wymagania odpowiednich technicznych i pedagogicznych kwalifikacji od personelu nauczycielskiego i profesorskiego zostało w praktyce szkolnictwa technicznego wysunięte już dawno we wszystkich krajach kulturalnych i w szeregu krajach (Niemcy, Rosja, Ameryka) zostało częściowo rozwiązane w wyżej podanym kierunku jeszcze przed wojną.

IV.

Referat mój z natury rzeczy porusza tylko ogólnikowo szereg aktualnych spraw z dziedziny organizacji szkolnictwa elektrotechnicznego, — szczegółowe i praktyczne rozwiązanie ich wymagałoby już osobnego zastanowienia się i gruntownego przedyskutowania każdego z oddzielnych wyżej poruszonych zagadnień. Mam nadzieję, że sekcja nasza wszystkimi tymi zagadnieniami zajmie się należycie.

Na zakończenie swego referatu chcę poruszyć jeszcze jedno, bardzo poważne i żywotne zagadnienie szkolnictwa technicznego. A mianowicie chodzi tu o uprawnienia, jakie szkoły elektrotechniczne poszczególnych stopni i typów będą nadawały swym absolwentom. Od tego, jak ta sprawa będzie praktycznie rozwiązana, będzie w znacznym stopniu zależało ustosunkowanie się do tych szkół zainteresowanego społeczeństwa, — rodziców i młodzieży. Powiem krótko, szkoły techniczne powinny nadawać swym absolwentom zupełnie konkretne, ściśle określone i w życiu dobrze rozumiane uprawnienia. Uprawnienia te powinny być dwu rodzajów. Po pierwsze, każda szkoła powinna być dla swego stopnia zakończonym typem i nadawać swym absolwentom pe-

wien tytuł naukowy z pewnymi konkretnymi uprawnieniami w pracy zawodowej, np. elektro- (radio-) monter, elektro- (radio-, tele-) technik, albo mechanik, inżynier, inżynier-dyplomowany — w zależności od stopnia danej szkoły. Ale z drugiej strony żadna z tych szkół nie powinna być ostatecznie zamkniętą ulicą, z której nie ma wyjścia na szerszą drogę pracy i życia. Każda szkoła stopnia niższego powinna dawać uprawnienia do dalszych studiów w szkołach wyższych stopni, aż do samego końca. Uprawnienia te nie tylko powinny wprost otwierać drzwi szkół wyższych szczebli dla tych, kto dobrze skończył szkoły niższego szczebla, lecz powinny ułatwiać otrzymanie wyższego tytułu zawodowego lub naukowego na podstawie pewnego stażu pracy zawodowej oraz złożenia odpowiedniego egzaminu.

Sprawa ta tak samo nie jest nowa i tak samo znalazła już pewne rozwiązanie, może tytułem próby, w różnych krajach (Anglia, Rosja) jeszcze w czasach przedwojennych.

Kończąc na tym swój odczyt, chcę podkreślić jeszcze raz, że postawiłem tylko szereg zagadnień, które wyłania sprawa organizacji szkolnictwa elektrotechnicznego i wykreśliłem kierunek, którym, moim zdaniem, trzeba iść przy ich rozwiązaniu. Lecz praktyczne rozwiązanie tych zagadnień będzie wymagało głębszego, szczegółowego zastanowienia się i przedyskutowania tych zagadnień.

Zadania i organizacja liceum telekomunikacyjnego

inż. Ziemiński W.,
Warszawa

Streszczenie. Autor omawia organizację i plan nauki liceum telekomunikacyjnego oraz podaje ogólną charakterystykę celów i materiału nauczania.

Na podstawie ustawy o ustroju szkolnictwa z 1932 r. zostają wprowadzone do szkół zawodowych nowe zasady organizacji nauczania i wychowania, uwzględniające wszystkie założenia reformy szkolnictwa w Polsce.

Rozporządzenie Ministra W. R. i O. P. z dnia 21 listopada 1933 r. nakreśliło plan organizacji szkolnictwa zawodowego w myśl nowego ustroju i wskazało kierunki i stopnie kształcenia zawodowego fachowców. W dziedzinie szkolnictwa elektrycznego Rozporządzenie Ministra W. R. i O. P. przewiduje następujące szkoły typu zasadniczego i kursy:

- a) czteroletnie gimnazja elektryczne,
- b) trzyletnie licea elektryczne,
- c) kursy z zakresu przemysłu elektrycznego (dla osób specjalizujących się w pewnych działach tego przemysłu).

Realizacja planu organizacji szkolnictwa elektrycznego została zapoczątkowana w roku szkolnym 1935/1936, przy czym prace nad programami szkół zawodowych w Min. W. R. i O. P. trwają od roku 1934.¹⁾ Punktem wyjścia w tych pracach programowych była analiza zawodu, do którego szkoła ma przygotowywać młodzież. Drogą licznych ankiet Min. W. R. i O. P. ustaliło zakres potrzebnych wiadomości i umiejętności oraz potrzebne tym pracownikom cechy psychiczne i fizyczne. Przy układaniu programów współpracowało i współpracuje z Min. W. R. i O. P. szereg wybitnych fachowców-praktyków, ponadto programy każdej szkoły poddawane są ocenie organizacji i instytucji zawodowych. W pierwszym stadium prac programowych główną uwagę poświęcono szkołom stopnia gimnazjalnego. Program gimnazjum elektrycznego został ogłoszony przez Min. W. R. i O. P. przed rozpoczęciem roku szkolnego 1935/1936, w roku zaś 1935 zostały uruchomione 3 gimnazja elektryczne w Wilnie, Krakowie i Lwowie.

W bieżącym roku szkolnym szczególna uwaga Min. W. R. i O. P. zwrócona została na opracowanie programów szkół stopnia licealnego, dla umożliwienia absolwentom nowych gimnazjów wyboru pomiędzy liceami ogólnokształcącymi, a zawodowymi.

¹⁾ Realizacja nowego ustroju w szkolnictwie zawodowym. Referat Dyr. Dep. szkolnictwa zawod. J. Firewicza. Oświata i wychowanie. Zeszyt 10/1936.

Prace programowe dotyczyły ogółem 16 liceów, m. in. liceów mechanicznych, elektrycznych, budowlanych, mierniczych, drogowych i melioracyjnych. W rezultacie ustalone zostały m. in. tabele godzin i programy dla liceów elektrycznych (o kierunku prądów silnych), oraz tabele godzin i wytyczne programowe dla liceów telekomunikacyjnych (liceów elektrycznych o kierunku tele- i radiotechnicznym).

W pracach tych nad programami liceum telekomunikacyjnego brali m. inn. udział delegaci lub przedstawiciele S.E.P., Stowarzyszenia Teletechników Polskich, Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego, Państwowych Zakładów Tele- i Radiotechnicznych, Państwowej Szkoły Teletechnicznej oraz szereg wybitnych specjalistów zapraszanych przy omawianiu poszczególnych zagadnień.

Organizacja.

Liceum telekomunikacyjne ma na celu przygotowanie młodzieży na współczesnym poziomie wiedzy technicznej, do pełnienia czynności ruchowych, energetycznych i konstruktorskich w dziedzinie produkcji, instalacji i eksploatacji urządzeń telekomunikacyjnych. Odpowiednie do poziomu swego wykształcenia stanowiska w przemyśle teletechnicznym i radiotechnicznym absolwenci mogą osiągnąć po odbyciu praktyki.

Do zrealizowania powyższych celów służą: program i organizacja nauczania oraz pracy wychowawczej.

Program nauczania liceum telekomunikacyjnego opiera się na programie gimnazjum ogólnokształcącego i ma na celu przygotowanie zawodowe z uwzględnieniem najniezbędniejszych potrzeb w zakresie wykształcenia ogólnego. Oparcie o gimnazjum ogólnokształcące zapewnia liceum właściwy ogólny poziom umysłowy kształcącej się w liceum młodzieży i pozwala na wprowadzenie do programu zagadnień trudniejszych, wymagających pewnego ogólnego wyrobienia. Poza tym program nauczania jest jednolity. Taką strukturę otrzymało liceum telekomunikacyjne ze względu na pokrewieństwa programowe przedmiotów teletechnicznych i radiotechnicznych.

Aczkolwiek analiza czynności technika w dziedzinie telekomunikacji pozwala na wyodrębnienie dwóch głównych kierunków specjalizacji — kierunku teletechniki i kierunku radiotechniki, to jednak stwierdzić należy, że dzisiejszy rozwój telekomunikacji charakteryzuje coraz większe zązębianie się i wzajemne przenikanie teletechniki i radiotechniki. W obecnym stanie rzeczy zarówno teletechnika, jak i radiotechnika, nie stanowią dziedzin

wiedzy całkowicie zamkniętych w sobie, lecz współpracują ku obopólnej korzyści, opierając się na podstawach elektrotechniki, jako wspólnym fundamencie, przy czym zacieranie się granic pomiędzy teletechniką a radiotechniką występuje coraz silniej w zakresie tych wiadomości, które stanowią ogólne podstawy telekomunikacji. Z tych względów Min. W. R. i O. P. uznało za racjonalne przyjęcie takiego programu nauczania w liceum telekomunikacyjnym, któryby dawał absolwentom jednolite przygotowanie podstawowe. Ponadto takie rozwiązanie zagadnienia konstrukcji liceum zapewnia absolwentom możliwość pracy i dalszej specjalizacji w dowolnie obranym kierunku zarówno teletechnicznym, jak i radiotechnicznym.

Całkowity program nauczania jest rozłożony na trzy lata w klasach I, II i III. Czas nauki w każdej klasie podzielony jest na dwa okresy klasyfikacyjne.

Ilość uczniów w klasie nie powinna przekraczać 40, przy czym uczniowie w klasie mogą być dzieleni na grupy, jeżeli tego będzie wymagać organizacja nauczania przedmiotów, przewidujących ćwiczenia praktyczne. Nauczanie w czasie roku szkolnego odbywa się co najmniej w ciągu 34 tygodni. Godzina lekcyjna trwa 45 minut, godzina zajęć warsztatowych i laboratoryjnych trwa 60 minut, najmniejsza jednostka lekcyjna praktycznej nauki zawodu w warsztatach oraz ćwiczeń laboratoryjnych wynosi dwie godziny bez przerwy.

Kwalifikacje absolwenta liceum.

Absolwent liceum telekomunikacyjnego winien być przygotowany pod względem teoretycznym w takim stopniu, aby po zdobyciu należytego wyrobienia praktycznego mógł wykonywać czynności, które można streścić następująco:

a) prowadzenie ruchu i kontrola sprawności działania urządzeń w centralach telekomunikacyjnych oraz usuwanie wadliwości działania tych urządzeń;

b) nadzór nad budową i kontrola w eksploatacji sieci telekomunikacyjnych; opracowywanie projektów i kosztorysów na budowę lub przebudowę linii telefonicznych;

c) prowadzenie prób i badań w laboratoriach, projektowanie w biurach technicznych, kierownictwo bieżącą produkcją w warsztatach montażowych;

d) akwizycja, opracowywanie ofert, kalkulacja w dziale handlowym wytwórni.

Czynności powyższe może pełnić absolwent samodzielnie lub w zależności od rodzaju pracy pod kierownictwem inżyniera.

Plan nauki.

Poniżej podany plan nauki w liceum telekomunikacyjnym jest ułożony w taki sposób, ażeby dać absolwentom obok wykształcenia zawodowego dostateczne przygotowanie ogólne, właściwe szkole danego stopnia.

Poszczególne przedmioty są podzielone na 3 grupy zasadnicze: A) przedmioty zawodowe, B) przedmioty pomocnicze, związane ściśle z zawodem i C) przedmioty pomocnicze, niezwiązane bezpośrednio z zawodem. Przedmioty grupy A, jako podstawa dydaktyczna, nadają kierunek wykształceniu, zapewniając młodzieży w zakresie telekomunikacji pełne wykształcenie zawodowe średnie i posiadają ponadto doniosłą rolę wychowawczą.

Przedmioty grupy B są bądź przygotowaniem zawodowym, bądź umożliwiają pogłębienie i rozszerzenie wiadomości oraz umiejętności zawodowych.

Wreszcie przedmioty grupy C dają uczniom uzupełnienie zasobu wiadomości, nabytych w gimnazjum, oraz stanowią przeciwwagę jednostronności w wykształceniu, któraby mogła wynikać ze studiów tylko przedmiotów podstawy dydaktycznej.

Tabela godzin.

L. P.	Przedmiot	Klasy						Razem
		I		II		III		
		Pótrocza						
		1	2	1	2	1	2	
A. Przedmioty zawodowe								
1	Rysunek techniczny	6	2	2				10
2	Podstawy elektrotechniki z miernictwem		8	2				10
3	Maszynoznawstwo ogólne			5	2			7
4	Technologia metali		2	2				4
5	Źródła prądu			5				5
6	Urządzenia elektryczne				4			4
7	Podstawy telekomunikacji							22
	a) Podstawy teletechniki.			8				
	b) Lampy elektronowe				6			
	c) Podstawy radiotechniki					8		
8	Aparaty i łącznice telefoniczne					5	5	4
9	Urządzenia telegraficzne					5	3	8
10	Linie teletechniczne				4	6	2	12
11	Urządzenia radioelektryczne						8	8
12	Urządzenia sygnalizacyjne						2	2
13	Miernictwo teletechniczne					2	2	4
14	Miernictwo radiotechniczne						2	2
15	Warsztat obróbki	6	6					12
16	Warsztat tele- i radiotechniczny			3	3	3	3	12
17	Pracownia elektrotechniczna			6				6
18	Pracownia teletechniczna				6	6	6	18
19	Pracownia radiotechniczna					4	4	8
20	Eksploatacja urządzeń telekomunikacyjnych						2	2
21	Organizacja przedsiębiorstw							2
	Razem	12	16	35	35	37	37	172
B. Przedmioty pomocnicze ściśle związane z zawodem								
22	Matematyka	9	9					18
23	Fizyka	4	4					8
24	Chemia z materiałoznawstwem	4	2					6
25	Mechanika techniczna z wytrzymałością materiałów	6	2	2				10
26	Higiena z ratownictwem					1	1	2
27	Wiadomości gospodarcze					2	2	4
	Razem	23	19			3	3	48
C. Przedmioty pomocnicze niezwiąz. ściśle z zawodem								
28	Religia	1	1	1	1			4
29	Język polski	2	2	2	2			8
30	Język obcy	2	2	2	2	2	2	12
31	Ćwiczenia cielesne	2	2	2	2			8
	Razem	7	7	7	7	2	2	32
	Ogółem	42	42	42	42	42	42	252

Maksymalna liczba godzin tygodniowo w liceum, jak zresztą i w innych liceach przemysłowych, rolniczych i gospodarstwa domowego — wynosi 42 godz. tygodniowo. Nie są to jednak godziny, jak widać z tabeli, przeznaczone tylko na naukę teoretyczną, gdyż znaczną część czasu poświęca się na ćwiczenia w warsztatach, pracowniach, laboratoriach i kreślarniach, co usprawdliwia duży wymiar godzin.

W liceum telekomunikacyjnym, jak i w innych liceach przemysłowych technicznych — przedmioty są podzielone semestralnie.

Zarówno plan nauki, jak i materiał nauczania w kl. I liceum telekomunikacyjnego odpowiadają w ogólnych rysach programowi kl. I liceum elektrycznego. Z przedmiotów zawodowych kl. I wysuwają się na pierwszy plan podstawy elektrotechniki, które opierając się na fizyce

i chemii, stanowią główną podbudowę teletechniki radiotechniki.

W kl. II i kl. III trzy przedmioty: podstawy teletechniki, lampy elektronowe i podstawy radiotechniki wspólnie tworzą, jako całość — podstawy telekomunikacji.

Na podstawach telekomunikacji opierają się pozostałe przedmioty zawodowe specjalne, obejmujące naukę o urządzeniach i miernictwo.

W ten sposób, zarówno dla teletechniki, jak i dla radiotechniki, zachowany jest ten sam logiczny układ materiału nauczania, mianowicie: a) podstawy, b) urządzenia, c) miernictwo.

Z drugiej zaś strony — utrzymanie ścisłej korelacji przedmiotów podstawowych ułatwia uczniom opanowanie całokształtu wiedzy o różnych urządzeniach telekomunikacyjnych i pozwala uniknąć powtarzania tych samych zagadnień.

Przedmioty zawodowe.

Grupę przedmiotów zawodowych teletechnicznych i radiotechnicznych stanowią w kl. II i kl. III: a) podstawy telekomunikacji, b) aparaty i łącznice telefoniczne, c) urządzenia telegraficzne, d) linie teletechniczne, e) urządzenia radioelektryczne, f) urządzenia sygnalizacyjne, g) miernictwo teletechniczne i radiotechniczne, h) warsztat teletechniczny i radiotechniczny, i) pracownia teletechniczna i radiotechniczna i j) eksploatacja urządzeń telekomunikacyjnych.

Podstawy teletechniki. Materiał nauczania tego przedmiotu obejmuje: podział telekomunikacji, kryteria dobroti połączeń telekomunikacyjnych, zasady przekształcania energii, elementy urządzeń, linie, zniekształcenia, łańcuchy i filtry, teorię czwórników, stany nieustalone w liniach i układach i zasady wielokrotnego wykorzystania linii.

Lampy elektronowe zawierają: ogólne wiadomości o lampach katodowych, działanie wzmacniające, detekcyjne i generacyjne lampy trójelektrodowej, modulację generatorów, wytwarzanie drgań magnetronowych, relaksacyjnych i elektronowych, lampy wieloelektrodowe, budowę i fabrykację lamp.

Podstawy radiotechniki obejmują: drgania swobodne, obwody sprzężone, obwody o stałych elektrycznych rozłożonych, obwody otwarte, promieniowanie, rozchodzenie się fal, modulację telegraficzną i telefoniczną nadajników lampowych, odbiór radioelektryczny.

Aparaty i łącznice telefoniczne. Przedmiot ten składa się z 2 części: 1) z aparatów telefonicznych, w której omówione są zasadnicze układy telefonowania i same aparaty i 2) z łącznic i central telefonicznych, w której omówione są ogólne zasady działania łącznic, łącznice ręczne i automatyczne i centrale międzymiastowe.

Urządzenia telegraficzne zawierają: określenie komunikacji telegraficznej, alfabety, elementy połączeń, przekaźniki telegraficzne, aparaty telegraficzne, systemy przenoszenia telegrafii, przenośnię, przełącznice i łącznice telegraficzne i fototelegrafię.

Linie teletechniczne składają się z a) linii drutowych napowietrznych, b) linii kablowych, c) wzmacniaków i d) telefonii nośnej. W pierwszych dwóch częściach specjalna uwaga zwrócona jest na budowę i konserwację linii teletechnicznych. W pozostałych dwóch — omówiona jest budowa i działanie wzmacniaków telefonicznych oraz podana jest klasyfikacja i opisy urządzeń telefonii nośnej.

Urządzenia radioelektryczne. Materiał nauczania zawiera: typy radiokomunikacji, radiostacje lampowe na-

dawcze, anteny, odbiorniki radioelektryczne, urządzenia radiogoniometryczne i ogólne wiadomości o urządzeniach telewizyjnych.

Urządzenia sygnalizacyjne obejmują: sygnalizację kolejową, domową, alarmową, przeciwpożarową, kopalnianą i ruchu ulicznego ze szczególnym uwzględnieniem zabezpieczenia ruchu pociągów.

Miernictwo teletechniczne i radiotechniczne. Obejmuje najważniejsze pomiary napięć, napięć i napięć, oporów, pojemności, indukcyjności, częstotliwości, sposoby badania elementów i zespołów, pomiary mocy, sprawności, pomiary liniowe i zdejmowanie różnych charakterystyk.

Pracownia teletechniczna i radiotechniczna mają na celu praktyczne zaznajomienie uczniów z budową i działaniem przyrządów, aparatów i urządzeń tele- i radiotechnicznych, nabycie umiejętności w wykonywaniu pomiarów i nabycie wprawy w wyszukiwaniu niedomagań i uszkodzeń.

Warsztat tele- i radiotechniczny obejmuje warsztat kablowy oraz montaż i regulację aparatów i urządzeń, połączoną ze sprawdzaniem elektrycznym.

Eksploatacja urządzeń telekomunikacyjnych zawiera ogólną charakterystykę urządzeń, omówienie ordynacji telegraficznej i telefonicznej, konwencji telekomunikacyjnej, regulaminów, taryf, ważniejszych sieci i służb.

Ogólna charakterystyka liceum.

Jak wynika z programu i materiału nauczania, liceum telekomunikacyjne nie ma nastawienia konstruktorskiego, lecz ma wyraźny kierunek warsztatowo-eksploatacyjny.

Jest to kierunek, który najbardziej odpowiada życiowym potrzebom zarówno przemysłu, jak i przedsiębiorstw eksploatujących sieci i centrale telekomunikacyjne. Przygotowywać konstruktora w dziedzinie telekomunikacji może tylko uczelnia wyższa, oparta na głębokich podstawach teoretycznych. Poza tym do zasadniczych prac konstruktorskich niezbędne jest długoletnie doświadczenie warsztatowe i użytkowe, którego nie może dać szkoła trzyletnia. Dlatego też w liceum telekomunikacyjnym główna uwaga zwrócona jest na zaznajomienie uczniów z podstawami naukowymi w zakresie niezbędnym do należytego rozumienia zjawisk, na których oparte są: budowa i działanie urządzeń, oraz na zaznajomienie z tymi procesami technologicznymi, z którymi absolwent będzie się stykał w praktyce.

Ten charakter nauczania przejawia się w stosunkowo dużej ilości godzin, poświęconych zajęciom warsztatowym i laboratoryjnym oraz w odpowiednim układzie materiału nauczania.

Uprawnienia absolwentów.

W służbie wojskowej absolwentom liceów zawodowych będą przysługiwały uprawnienia oficerskie, w służbie cywilnej — uprawnienia urzędników II kategorii. Niewątpliwie poczynione będą u zainteresowanych resortów starania, aby wyjednać dla absolwentów liceów zawodowych możliwość obejmowania — po pewnym okresie pracy w urzędach państwowych — stanowisk przewidzianych dla urzędników I kategorii. W tym kierunku poszło już Ministerstwo Poczty i Telegrafów, które stworzyło dla absolwentów Instytutu Administracyjno-Gospodarczego w Krakowie oraz Państwowej Szkoły Teletechnicznej w Warszawie możliwość osiągnięcia pewnych stanowisk, przewidzianych dla urzędników I kategorii.

Poza tym absolwentom liceów elektrycznych będą przysługiwały uprawnienia zawodowe, wynikające z ustawy o przemyśle koncesjonowanym.

Szkolnictwo tele- i radiotechniczne w Polsce Inż. Kowalski Henryk, Warszawa

Streszczenie. Ustalenie stanu ilościowego i jakościowego pracowników zatrudnionych w teletechnice drutowej i w radiotechnice. Potrzeba szkolenia czterech typów pracowników: inżynierów, techników, mechaników i monterów. Konieczność zorganizowania szkolnictwa teletechnicznego na 4-ch poziomach: akademickim, licealnym, gimnazjalnym i szkoły niższej. Obliczenie rocznego zapotrzebowania na każdym poziomie. Niezadawalający obecny stan szkolnictwa teletechnicznego. Projekt ustroju szkolnictwa tele- i radiotechnicznego w oparciu na nowej organizacji szkolnictwa zawodowego. Ustalenie typów i obliczenie ilości szkół. Możliwość przechodzenia dla jednostek zdolniejszych z niższych poziomów wykształcenia na wyższe. Trudności okresu przejściowego i konieczność ewolucyjnego przejścia do nowego ustroju szkolnictwa.

Współczesny rozwój tele- i radiotechniki przy jednocześnie daleko posuniętej specjalizacji wymaga coraz większej ilości wykwalifikowanych zawodowców. W związku z tym wysuwa się na plan pierwszy zagadnienie szkolenia młodzieży w kierunku tele- i radiotechnicznym.

Wykształceni zawodowcy tele- i radiotechniczni zarówno na poziomie niższym, jak średnim i wyższym znajdują pracę z jednej strony w instytucjach budujących i eksploatujących urządzenia radio- i telekomunikacyjne, z drugiej zaś w przemyśle wytwarzającym aparaty i materiały do tele- i radiokomunikacji.

Najważniejsze zapotrzebowanie w grupie pierwszej, t. j. przedsiębiorstw budujących i eksploatujących, wykazuje Ministerstwo Poczty i Telegrafów (Poczta), Polskie Koleje Państwowe (Kolej), Polska Akcyjna Spółka Telefoniczna (P. A. S. T.), prywatne sieci kopalniane, kolejkowe i fabryczne, Polskie Radio i sieci radiokomunikacyjne Wojska i Policji. W grupie drugiej — przemysłu elektrotechnicznego — Państwowe Zakłady Tele- i Radiotechniczne (P. Z. T.), Zakłady „Ericsson” z fabryką w Wełnowcu na Śląsku, Philips, Zakłady Telefunken, Tungsram, Elektrit, Natawis, Wabo, Horkiewicz, Croix, Always, Fabryki Kabli w Warszawie, Ożarówie, Bydgoszczy, Krakowie i Będzinie oraz wielka ilość, bo z górą 600 mniejszych zakładów i warsztatów, wytwarzających i konserwujących aparaty i sprzęt radiowy.

Bardzo ważną placówką, zatrudniającą znaczną ilość pracowników o dużych wartościach naukowych, jest Państwowy Instytut Telekomunikacyjny (P. I. T.) — instytucja o charakterze badawczo-naukowym. Poza tym pewną ilość teletechników zatrudnia szkolnictwo wyższe, średnie i niższe.

Trudno jest dokładnie obliczyć obecny stan zatrudnienia tele- i radio-pracowników, szczególnie łącznie z przemysłem. Dla orientacji można będzie jednak zestawzić przybliżone dane cyfrowe w tej dziedzinie. A mianowicie:

	inżynierów	techników	monterów
Poczta zatrudnia obecnie . . .	370	1 100	1 600
P. Z. T. „ „ . . .	100	190	—
Koleje, P. A. S. T. prywatne sieci telefoniczne, Polskie Radio i mniejsze sieci radiokomunikacyjne zatrudniają . . .	120	400	1 200
Przemysł zatrudnia . . .	220	600	1 300
Ogółem około . . .	810	2 290	4 100

Liczby te jednak nie wykazują ilości wyspecjalizowanych pracowników, lecz raczej stanowiska, które przez takich pracowników obsadzone być powinny.

Zadaniem szkolnictwa właśnie będzie przygotowanie odpowiedniego materiału ludzkiego.

Jeszcze wyraźniej rysuje się ta kwestia, gdy weźmiemy pod uwagę, że nasi tele- i radiotechnicy różnych stopni wykształcenia obsłużyć muszą około 220 000 abonentów telefonicznych, 315 000 aparatów telefonicznych, 120 000 kilometrów linii telegraficznych i telefonicznych miejskich, międzymiastowych i sygnalizacyjnych, na których znajduje się około 980 000 km przewodów. Poza tym 9 stacji radiofonicznych: w Warszawie (2), w Wilnie, Lwowie, Toruniu, Poznaniu, Katowicach, Łodzi i Krakowie o ogólnej mocy około 280 kW, wielką stację radio-telegraficzną transatlantycką w Babcach oraz kilka pomniejszych stacji, jak w Gdyni, Grodzisku oraz sieci radiokomunikacyjne wojska, kolei i policji.

Przemysł musi dostarczyć materiału do tych urządzeń oraz obsłużyć 750 000 radio-abonentów. Trzeba przy tym zaznaczyć, że z wyjątkiem tylko bardzo specjalnych urządzeń i aparatów materiał tele- i radiotechniczny wyrabiany jest już w kraju.

Tempo rozwoju w dziedzinie tele- i radiotechniki, zahamowane w ubiegłym 4-ro leciu wskutek ogólnej depresji gospodarczej — w chwili obecnej nabiera na sile.

W związku z wielkimi planami inwestycyjnymi Rządu okres obecnej depresji już przemija. Rozwój telekomunikacji zaznacza się we wszystkich kierunkach. Polskie Radio dużymi krokami idzie naprzód w zdobywaniu abonentów i przekracza już 700 000. Na sieciach telefonicznych ruch wzmagają się silnie i będzie się dalej wzmagać, jako reakcja po chwilowym zastoju.

Dla obliczenia potrzebnego stałego dopływu nowych przeszkolonych pracowników trzeba przyjąć, że naturalny ubytek pracowników wskutek śmierci i zmiany lub porzucenia zawodu wynosi około 5%, normalny przyrost wskutek rozwoju $4 \div 5\%$ — razem dałoby to $9 \div 10\%$. W rzeczywistości w chwili obecnej jest inaczej.

Toteż śmiało można ocenić przyrost wskutek rozwoju, nie na $4 \div 5\%$, jak to się liczy normalnie, lecz na $6 \div 7\%$ co łącznie z pokryciem ubytku naturalnego da nam w sumie $11 \div 12\%$ wymaganego przyrostu rocznego pracowników. Procent ten, rzecz prosta, wykaże pewne odchylenia w dół lub w górę w zależności od poziomu wykształcenia, ponieważ na wyższych szczeblach wykształcenia, zmiana lub porzucenie zawodu zdarza się rzadziej, niż na niższych.

Ażeby całkowicie wyjaśnić, w jakim kierunku musi iść szkolenie pracowników tele- i radiotechnicznych, należy rozważyć nie tylko stosunki ilościowe, lecz również jakościowe w dziedzinie życia tele- i radiotechnicznego w Polsce.

Otóż przemysł prywatny tele- i radiotechniczny, a więc: fabryki, zakłady, mniejsze wytwórnie i warsztaty zatrudniają pracowników 3 stopni wykształcenia: inżynierów, techników i monterów. Monter w pojęciu zakładu przemysłowego, a szczególnie t. zw. radiomonter, posiada, a przynajmniej powinien posiadać, przygotowanie teoretyczne z ogólnej elektro- i radiotechniki oparte na poważniejszej podbudowie ogólnokształcącej. Popularnie utarła się dla tego rodzaju pracowników nazwa „radiomechanik” chętnie przez nich przyjęta.

Kilkaset mniejszych warsztatów rozrzuconych po Polsce zatrudnia u siebie po 2 — 3 — 4 takich właśnie radiomonterów (radiomechaników).

W warsztatach większych występują obok radiomonterów (radiomechaników) radiotechnicy, którzy muszą posiadać poważniejsze przygotowanie teoretyczne.

W wytwórniach o charakterze przemysłowym, gdzie produkcja zorganizowana bywa systemem masowym a nawet taśmowym, zapotrzebowanie radiomonterów (radiomechaników) jest znacznie mniejsze, gdyż zastępują ich wykwalifikowani robotnicy. Zespół pracowników w takich wytwórniach składa się więc z inżynierów, techników i robotników wykwalifikowanych z całkowitym prawie pominięciem radiomechaników.

Prócz tego przemysł radiowy potrzebuje znacznej ilości pracowników z większym wykształceniem ogólnym i pewnym fachowym, których zatrudnia jako akwizytorów i sprzedawców bezpośrednich w sklepach radiowych.

Nieco odmiennie przedstawia się sytuacja w przedsiębiorstwach budujących i eksploatujących sieci telekomunikacyjne, zwłaszcza na Poczcie i na Kolei. W przeciwieństwie do 3-ch rodzajów pracowników, których wymaga przemysł, tu potrzebni są pracownicy z 4-ch poziomów kształcenia. Poza inżynierami i technikami potrzebni są wprawdzie pracownicy odpowiadający pojęciu radiomechanika czyli telemechanicy, jednak w mniejszych ilościach, niż monterzy o wykształceniu niższym. Telemechanicy potrzebni są do obsługi średnich central telefonicznych i telegraficznych, prowadzenia większych budów i remontów linii, przy wykonywaniu mniejszych napraw aparatów telefonicznych i telegraficznych, które uskuteczniane są we własnym zakresie w warsztatach znajdujących się w większych ośrodkach telekomunikacyjnych. Jednakowoż bardzo poważna ilość robót, zwłaszcza liniowych i instalacyjnych w mieszkaniach abonentów oraz konserwacja sieci i małych stacyjek uskuteczniana jest przez t. zw. telemonterów. Pracownikom tym wystarcza przeszkolenie ogólne i teletechniczne w zakresie przede wszystkim praktycznym. Rekrutują się oni często z pośród zdolniejszych robotników. Obecnie są to po większej części zwykli praktycy, nie posiadający żadnego wykształcenia zawodowego i tylko około 40% z pośród nich, przeważnie z Poczty, otrzymuje przeszkolenie na kursach 4-o lub 6-cio miesięcznych, organizowanych przy poszczególnych Dyrekcjach Poczty i Telegrafów.

Ustawa o ustroju szkolnictwa z dnia 11 marca 1932 roku oraz Rozporządzenie Wykonawcze Ministra W. R. i O. P. o organizacji szkolnictwa z dnia 21.XI. 1933 r. nie mówi wyraźnie o szkolnictwie tele- i radiotechnicznym, jako o odrębnej gałęzi szkolnictwa zawodowego. Wchodzi ono jako część składowa do szkolnictwa elektrycznego — to zaś pomyślane jest tylko na 3 poziomach (łącznie z akademickim).

Sprawa rozszerzenia szkolnictwa teletechnicznego na 4-ry poziomy wymagałaby uregulowania drogą przepisów przez miarodajne czynniki Ministerstwa W. R. i O. P.

Biorąc pod uwagę opisany wyżej charakter teletechniki wydaje się nam konieczne zorganizowanie szkolnictwa teletechników na 4-ch poziomach, analogicznie do szkolnictwa mechanicznego. Przemawia za tym również okoliczność, że szkolnictwo teletechniczne uwzględnić musi odrębne potrzeby przemysłu i odrębne instytucyj eksploatujących, a także inny charakter pracy w urządzeniach prostszych teletechnicznych, a inny w bardziej skomplikowanych — radiotechnicznych. W związku z tym w radiotechnice nie przewiduje się w ogóle radiomonterów, a typ pracownika rozpocznie się od radiomechanika.

W dziedzinie tele- i radiotechniki ustalić się więc muszą 4 kategorie pracowników, a mianowicie:

1. Tele- i radio-inżynierzy,
2. Tele- i radio-technicy,
3. Tele- i radio-mechanicy,
4. Telemonterzy.

Przy ustalaniu powyżej wymienionych typów pracowników przyjęte są używane obecnie nazwy inżynier, technik, mechanik i monter. Nazwy te utarte życiowo nie są może całkowicie trafne, szczególnie nazwa mechanika, który w specjalności ściśle mechanicznej ma inne znaczenie. Jednak kwestia nazwy nie jest oczywiście zasadniczą i możnaby tu podać cały szereg projektów innych nazw. Jeżeli byłoby wskazane zaniechanie nazwy radio- i telemechanika, a zastąpienie jej przez nazwę telelub radiomontera, wówczas najniższy stopień teletechnika można, rzecz prosta, nazwać inaczej.

Przy wyżej omówionych stosunkach radio- i teletechnicznych w Polsce roczne zapotrzebowanie zawodowe w tele- i radiotechnice oraz jej stan obecny wyglądałyby w przybliżeniu jak następuje:

		potrzeba rocznie	co stanowi	
Tele- i radio-inżynierów	jest	810	60	7,5%
„ „ techników	„	1 540	150	9,8%
„ „ mechaników	„	2 260	250	11 %
Telemonterów	„	2 590	300	11,6%

W powyższej tabelce zwracać może uwagę nie zupełnie odpowiedni stosunek ilościowy pomiędzy poszczególnymi grupami. Zazwyczaj w każdym organizmie technicznym ilościową podstawę stanowią pracownicy o niższym stopniu kwalifikacyjnym, w miarę wzrostu kwalifikacji stosunek ten szybko zwraca się ku górze. Inaczej wygląda całość naszej teletechniki. Wynika to stąd, że jak wspomniano wyżej, łączą się tu dwie dziedziny: teletechnika drutowa i radiotechnika, a przy tym przy obliczeniu potrzeb rynku pracy a więc i szkolnictwa brane są pod uwagę dwa odłamy tele- i radiotechniki — eksploatacyjny i wytwórczy.

Obecne szkolnictwo tele- i radiotechniczne nie jest w stanie obsłużyć i zaspokoić potrzeb życia. To też nie wszyscy pracownicy otrzymali odpowiednie wykszolenie. Nawet z pośród tele-inżynierów nie wszyscy są t. zw. słabo-prądowcy. W wielu wypadkach praktyka i studia samodzielne zastępować muszą przygotowanie naukowe specjalne. Nasze Politechniki nie posiadają dotąd wydziału teletechnicznego — istnieją tylko poszczególne katedry teletechniki i radiotechniki.

Oprócz Politechnik pewną specjalizację w kierunku teletechnicznym dawały — Państwowe Szkoły Budowy Maszyn i Elektrotechniki w Warszawie i Poznaniu oraz Szkoły Techniczne w Łodzi i Wilnie. Państwowa Szkoła Teletechniczna, jedyna szkoła o zdecydowanej specjalizacji teletechnicznej, istniejąca przy Ministerstwie Poczty i Telegrafów, wypuszcza corocznie 30 do 40 techników. 2-letnie Kursy Radiomechaników w Warszawie oraz 1-o roczne Kursy Radiotechniczne w Warszawie, Wilnie i Lwowie dają łącznie około 150 absolwentów radiomechaników. Są jeszcze w poszczególnych szkołach technicznych lub przemysłowych oddzielne wykłady bądź z tele- bądź z radiotechniki, lecz nie wywiera to poważniejszego wpływu na specjalizację teletechniczną. Wreszcie Kursy Monterskie przy Dyrekcjach Poczty i Telegrafów dawniej 6-cio, potem 4-omiesięczne, przeszkalają rocznie około 80 do 100 telemonterów.

Jak widzimy, nasze szkolnictwo nie tylko pod względem ilościowym nie zapewnia odpowiedniego dopływu pracowników, lecz również pod względem sprecyzowania odpowiednich poziomów nie spełnia swego zadania.

Dopiero reforma szkolna stawia sprawę kształcenia zawodowców na zupełnie innej platformie. Stwarza warunki usuwające w znacznym stopniu moment przypadkowości przy wyborze zawodu. Można jej zarzucić, że wybór zawodu następować musi nazbyt wcześnie, bo już w 14-tym roku życia. Dzięki jednak możliwości zamknięcia cyklu szkolenia na różnych szczeblach daje szybko zakończoną całość, tak że można zostać fachowcem mając lat 17-cie po skończeniu gimnazjum zawodowego, mając lat 19-cie — liceum zawodowego, mając lat 23 ÷ 24 po skończeniu wyższej uczelni.

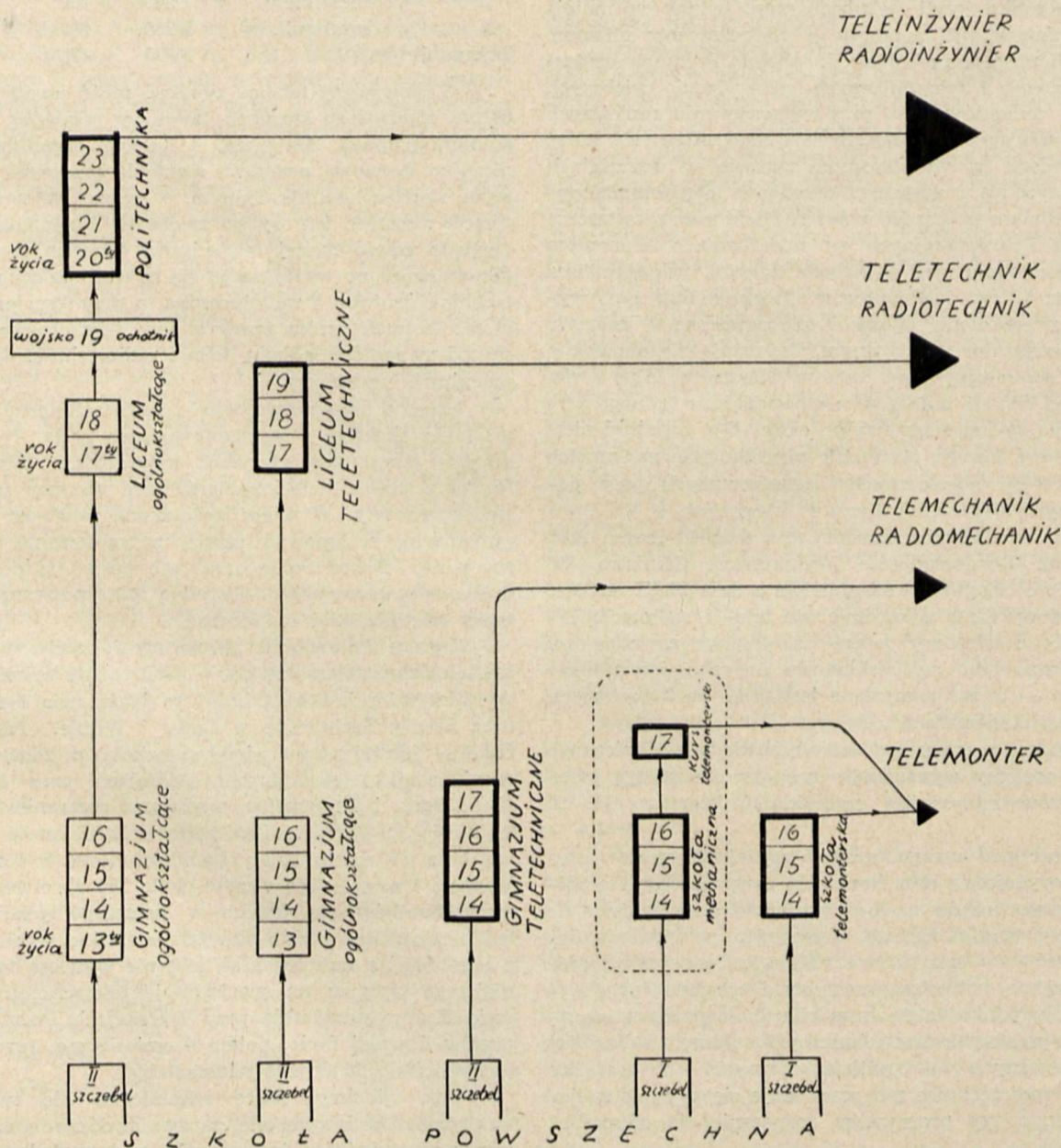
W konkretnym naszym wypadku szkolenia 4-ch poziomów tele- i radiotechników przebieg studiów da się ująć graficznie w sposób przedstawiony na załączonym schemacie ustroju szkolnictwa teletechnicznego (rys. 1).

Na schemacie tym czarnymi trójkątami oznaczone są zakończone etapy kształcenia zawodowego. Widzimy z tego schematu, że tele- lub radio-inżynier wykształcenie zawodowe otrzymuje w Politechnice, tele- i radiotechnik w liceum teletechnicznym, tele- lub radiomechanik w gimnazjum elektrycznym lub teletechnicznym.

Gdzie kształci się telemonter?

W tym miejscu w programie zreformowanego szkolnictwa znajduje się miejsce puste, a właściwie w sprawie tej ścierają się dwa poglądy. Jeden wyraża się w przekonaniu, że gimnazjum teletechniczne lub elektryczne z wydziałem teletechnicznym będzie odpowiednią szkołą dla montera, drugi zaś, że gimnazjum elektryczne ma zbyt wysoki poziom dla montera, gdyż jest szkołą typu średniego. Gimnazjum daje poważną ilość przedmiotów technicznych ogólnokształcących na dość wysokim poziomie. Poza tym w gimnazjum tym 8½ godzin tygodniowo przeznaczonych jest na przedmioty nie związane z zawodem, 5½ godzin na przedmioty ogólne związane z zawodem. Kształcenie montera natomiast ograniczyć możnaby do poziomu analogicznego do niższej szkoły mechanicznej. Należy podkreślić, że dałoby się ono pomieścić całkowicie w schemacie szkolnym, o ile tylko dla szkół teletechnicznych zastosowane będą 4 stopnie kształcenia.

W ten sposób droga kształcenia telemontera miałyby przebieg następujący: Po ukończeniu pierwszego szczebla



Rys. 1.
Schemat ustroju szkolnictwa tele- i radiotechnicznego.

programowego szkoły powszechnej kandydat na telemontera kończyłby 3-letnią szkołę telemontera, która dotąd nie jest przewidziana w planie szkół zawodowych.

Gdyby z jakichkolwiek przyczyn zorganizowanie niższych szkół teletechnicznych dla telemonterów natrafiało na specjalne trudności, kształcenie telemontera można by prowadzić po przez 3-letnią szkołę mechaniczną, która przewidziana jest już w obecnych planach szkolnictwa zawodowego, a następnie, specjalizować go na rocznym kursie telemontera. Nie byłby to jednak sposób oszczędny, gdyż telemonter uczyłby się musiał przedmiotów dla niego zbędnych i na przygotowanie do zawodu potrzebowałby o jeden rok czasu więcej. Na założonym schemacie droga ta uwidoczniła jest w kropkowanej obwódce.

Przy rocznym zapotrzebowaniu około 300 telemonterów, niższych, trzyletnich szkół telemontera musiałyby powstać przynajmniej 6. Miejscem ich zorganizowania mogłyby być miasta, w których znajdują się Dyrekcje pocztowe lub kolejowe, ewentualnie jedne i drugie. Powstanie tego rodzaju szkół, oprócz korzyści otrzymania wykwalifikowanych pracowników teletechnicznych najniższego stopnia, wpłynęłoby korzystnie na ożywienie życia teletechnicznego na prowincji. Znajdujący się tam inżynierzy i technicy byłiby siłą rzeczy zmuszeni do wzięcia czynnego udziału w pracach szkolnych, jako wykładowcy i kierownicy warsztatów i pracowni, co niezawodnie przyczyniłoby się do utrzymywania ich w stałej aktualności technicznej.

Kształcenie tele- i radiomechanika, jak to wskazuje schemat, miałoby przebieg następujący: po osiągnięciu drugiego szczebla programowego szkoły powszechnej kandydat wstępowałby do 4-letniego gimnazjum elektrycznego z wydziałem teletechnicznym lub do gimnazjum teletechnicznego. Po skończeniu tegoż mając lat 17 ÷ 18 rozpoczynałby pracę zawodową na długo przed terminem odbywania służby wojskowej. Ma to duże znaczenie, wiąże bowiem pracę zawodową bezpośrednio ze studiami. Unika się w tym wypadku przerwy, która niejednokrotnie wpływa na zapomnienie wiadomości względnie na porzucenie lub zmianę zawodu. Również z punktu widzenia wojskowego jest to pożądane, gdyż taki radio- czy telemechanik, przepracowawszy już w swym zawodzie 3 ÷ 4 lata jest poważną siłą fachową, która może być odpowiednio wykorzystana przez wojskową służbę łączności.

Z wyżej podanych obliczeń wynika, że roczny dopływ tele- i radiomechaników powinien wynieść 250 ludzi. Aby to osiągnąć należałoby zorganizować przynajmniej 5 gimnazjów. Mogłoby to być jedno gimnazjum wyłącznie teletechniczne, jedno radiotechniczne, trzy wreszcie o typie mieszanym. Mniej pożądane i celowe byłoby kierowanie kandydatów na telemechaników do gimnazjów elektrycznych z wydziałem teletechnicznym. Odrębność techniki prądów słabych oraz konieczność zużycia większej ilości czasu na opanowanie teorii prądów słabych stwarzałyby duże trudności w ustalaniu i korelacji programu obu działów elektrotechniki.

Szkolenie tele- i radiotechnika, według załączonego schematu przebiegałoby drogą następującą: Drugi szczebel programowy szkoły powszechnej, 4-letnie gimnazjum ogólnokształcące i wreszcie 3-letnie liceum zawodowe tele- lub radiotechniczne. Tele- i radiotechnik kończy liceum mając lat 19 ÷ 20, a więc i w tym wypadku zdąży jeszcze związać studia z zawodem przed wstąpieniem do wojska. Podczas służby wojskowej kierowany będzie niewątpliwie do Szkoły Podchorążych Łączności, gdzie wiadomości swoje pogłębi i poszerzy.

Ponieważ według naszych obliczeń roczne zapotrzebowanie tele- i radiotechników wynosi co najmniej 150 ludzi, liceów tele- i radiotechnicznych należałoby zorganizować co najmniej 3, z tego 1 radiotechniczne, 1 teletechniczne w Warszawie oraz 1 o typie mieszanym w większym ośrodku przemysłowym, np. w Katowicach.

Przebieg kształcenia tele- i radioinżyniera, w myśl załączonego schematu, przebiega po przez II-gi szczebel programowy szkoły powszechnej, 4-letnie gimnazjum ogólnokształcące i 2-letnie liceum ogólnokształcące do Politechniki. Byłoby pożądane odbycie służby wojskowej po ukończeniu liceum w charakterze ochotnika przed rozpoczęciem studiów wyższych, aby po ukończeniu Politechniki przejść bezpośrednio do pracy zawodowej.

Przewidziany roczny dopływ tele- i radioinżynierów obliczony na 60 ludzi stwarza konieczność rozszerzenia ram studiów tele- i radiotechnicznych na obu naszych Politechnikach, otwarcia nowych katedr i powiększenia laboratoriów.

Przy omawianiu charakteru reformy szkolnej wspomniane już było, iż dodatnią jej stroną stanowi fakt całkowitego wykluczenia zatrzymania się na którymkolwiek poziomie t. zw. wykształcenia ogólnego.

W ramach reformy szkolnej przewiduje się doprowadzenie każdej jednostki w Polsce do zdobycia przez nią zawodu. Jednak w całym tym konsekwentnie przeprowadzonym planie zastanawia pewna cecha, polegająca na uniemożliwieniu względnie dużym utrudnieniu przechodzenia z jednego poziomu wykształcenia zawodowego na drugi wyższy, a więc np. wyjątkowo zdolny monter, czy też mechanik po osiągnięciu swego stopnia wykształcenia pozornie ma zamkniętą drogę do dalszego pogłębiania i poszerzania wiadomości fachowych, gdyż nie przeszedłszy ani gimnazjum ani liceum ogólnokształcącego nie może dostać się do liceum zawodowego względnie na Politechnikę.

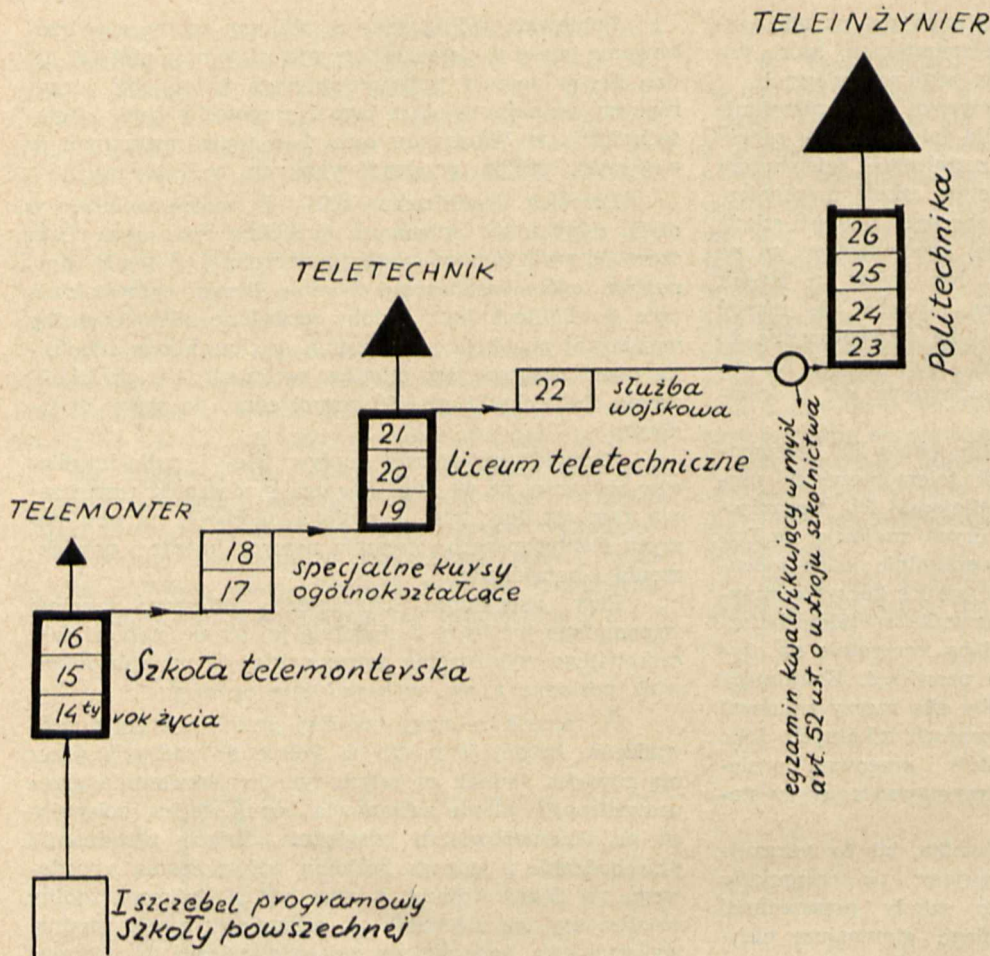
Przy zasadzie oszczędnej gospodarki materiałem ludzkim niedopuszczalne byłoby zamknięcie drogi rozwoju przed jednostkami, które pragną kształcić się wyżej. W każdej ze szkół, na każdym poziomie nauczania jednostki takie niewątpliwie będą się zdarzały. Byłoby niesłuszne lekceważenie tego zjawiska i stosowanie do tych jednostek zasady przebijającej się w programie szkolnictwa, że na poznanie fachu wystarcza 3 ÷ 4 lata studiów specjalnych, np. niższa szkoła zawodowa mechaniczna trwa 3 lata, gimnazjum zawodowe 4 lata, liceum zawodowe 3 lata, studia w szkole wyższej 4 lata.

Dążność przechodzenia z poziomu niższego wykształcenia zawodowego na wyższy przejawiać się będzie wśród jednostek wybitnie zdolnych i ambitnych, a więc bardzo wartościowych. Dążenia te muszą być poważnie brane w rachubę.

Sprawę tę analizuje w wyczerpującym artykule pod tytułem „Przechodzenie uczniów ze szkół przemysłowych stopnia niższego do wyższego i do szkół akademickich” — inż. Gustaw Hensel*). W artykule tym autor stwierdza, że przechodzenie takie będzie możliwe, dzięki stworzeniu pośrednich ogniw dokształcających.

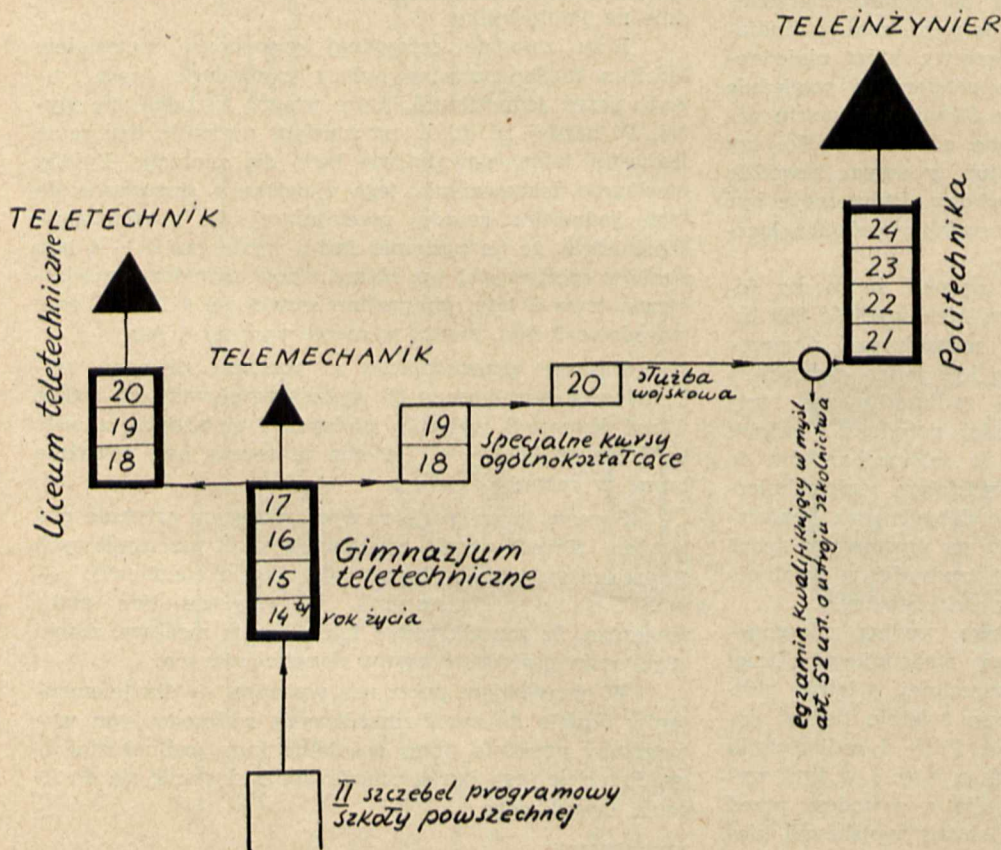
W omawianym przez nas wypadku — dla telemonterów dojście do szkół zawodowych wyższego typu wymagałoby przejścia przez specjalny kurs ogólnokształcący. Przejście tego kursu umożliwiłoby dostanie się do liceum zawodowego

*) „Oświata i wychowanie”, zes. 8 z roku 1936, str. 654.



Rys. 2.

Droga uzyskania średniego lub wyższego wykształcenia dla telemontera.



Rys. 3.

Drogi uzyskania średniego lub wyższego wykształcenia dla tele- i radiomechanika.

Tele- i radiomechanicy przechodziliby do Politechniki również po przez specjalny ogólnokształcący kurs dwuletni.

Tele- czy radiotechnicy, chcąc wstąpić do Politechniki, musieliby po liceum teletechnicznym zdawać egzamin kwalifikacyjny z pewnych przedmiotów ogólnokształcących, jak to jest przewidziane w art. 52 ustawy o ustroju szkolnictwa.

Takie ogniwa łączące poszczególne poziomy szkół zawodowych obliczone są, rzecz prosta, nie na masowe przechodzenie absolwentów z niższych szkół zawodowych do wyższych, lecz tylko dla jednostek zdolniejszych.

Nie będzie to bowiem droga prosta, ani łatwa, jak to wyraźnie widać z załączonych schematów (rys. 2 i 3).

Niesłuchanie ważnym zagadnieniem w związku z realizowaniem reformy szkolnej jest przetrwanie okresu przejściowego. Uruchomienie, a szczególnie wyposażenie nowych szkół tele- i radiotechnicznych typu średniego i niższego, realizowane być może jedynie stopniowo ze względów nie tylko materialnych, lecz również organizacyjnych, jak brak wykładowców, podręczników i t. d.

Laboratoria, pracownie i warsztaty tele- i radiotechniczne wymagają bardzo kosztownych urządzeń. To też trudno sobie wyobrazić, aby organizacja wymagająca tak poważnego nakładu materialnego i moralnego mogła ruszyć z miejsca już na jesieni 1937/38 roku. Wprawdzie początek jest już zrobiony. Państwowa Szkoła Budowy Maszyn ma być przekształcona w liceum elektryczne, Państwowa Szkoła Teletechniczna—w liceum teletechniczne, w Wilnie powstało gimnazjum elektryczne. Zanim jednak pierwsze szeregi absolwentów opuszczą mury świeżo zorganizowanych szkół, nie może przerwać się dopływ coroczny pracowników tele- i radiotechnicznych różnych stopni. Przy obecnym tempie rozwoju, o którym pisaliśmy wyżej, groziłoby to koniecznością zatrudnienia w przemyśle

albo sił przypadkowych, albo niewykwalifikowanych, co spowodować by mogło osłabienie przemysłu.

Na ten to okres przejściowy należy więc zwrócić bardzo pilną uwagę, aby nie likwidować zbyt wcześniej żadnej z istniejących szkół, ani kursów, przeciwnie — nawet otoczyć je opieką i poparciem.

Do tego czasu poza Ministerstwem W. R. i O. P. tylko Politechnika i Ministerstwo P. i T. wkładało poważną pracę w organizację szkolnictwa teletechnicznego. Wydaje mi się jednak słuszne i wskazane, aby dziś cała teletechnika polska przyłożyła pomocną rękę do budowy zrębów nowego gmachu zreformowanego szkolnictwa. Za-

równy przemysł tele- i radiotechniczny, jak i takie potężne instytucje, jak Kolej, Polskie Radio i P. A. S. T., wreszcie zawodowe organizacje teletechników i radiotechników współdziałać powinny w rozwiązaniu tej sprawy. Organizacja szkół, wyposażenie laboratoriów i warsztatów, przygotowanie pomocy szkolnych i podręczników, wzbogacenie prasy zawodowej, zasilenie kadr wykładowców — to wszystko zadania, które szczególnie w okresie przejściowym stoją przed zespołem tele- i radiotechników polskich.

Kilka uwag o metodach nauczania fizyki w liceach

Dr. Majewski Witold,
Warszawa

Streszczenie. Wobec zmian w poglądach naukowych współczesnej fizyki oraz ze względu na ścisły związek, jaki obecnie daje się zauważyć pomiędzy rozwojem i wydajnością pewnych dziedzin techniki a najnowszymi poszukiwaniami czysto naukowymi, należałoby zwrócić specjalną uwagę na odpowiednie przystosowanie programów i metod nauczania fizyki w liceach zawodowych do wymagań doby obecnej. Nie wchodząc w szczegóły autor omawia rolę samodzielnych ćwiczeń uczniowskich w nauczaniu fizyki. Zdaniem autora ćwiczenia te powinny być uzupełnieniem pracy nauczyciela z uczniami w klasie. Oparcie nauczania fizyki przede wszystkim na laboratoryjnej pracy uczniów wydaje się autorowi niezgodne z obecnie panującymi poglądami naukowymi na rolę doświadczenia w nauce.

Sledząc w dzisiejszych czasach rozwój techniki obserwujemy rzucające się w oczy zjawisko: technika w coraz szybszym tempie korzysta z najnowszych zdobyczy czystej fizyki. Wiele poglądów, idei naukowych, które zdawałoby się interesować mogą tylko szczupłe grono fizyków-specjalistów, znajduje zastosowanie praktyczne ukazując technice nowe rozległe perspektywy dalszego jej rozwoju. W związku z tym coraz częściej powstają za granicą przy wielkich firmach przemysłowych specjalne instytuty badawcze, w których prowadzone są badania mające często charakter czysto naukowy.*) Dzięki temu powstaje coraz ściślejszy związek pomiędzy naukowymi poszukiwaniami fizyki, a wydajnością prac techniki. Według słów J. Zennecka „fizyka dnia dzisiejszego jest techniką jutra”. Ten stan rzeczy wymaga zwrócenia specjalnej uwagi na nauczanie fizyki w liceach zawodowych, jeżeli mają one kształcić nie rzemieślników, a twórczych w przyszłości pracowników na polu technicznym.

Fizyka jest jednym z tych przedmiotów, którego nauczanie w szkołach (liceum i gimnazjum) związane jest z dużymi trudnościami, o ile nauczyciel chce konsekwentnie i zgodnie z prawdą naukową zaznaczyć swych uczniów choćby w głównych zarysach z podstawami tej rozległej i nad wyraz ciekawej dziedziny nauk przyrodniczych. Trudności te potęguje jeszcze to, że metody nauczania fizyki mogą ulegać zmianom w znacznie większym stopniu, niż to ma miejsce w przypadku innych przedmiotów. Mamy tu pole do eksperymentowania wszelkich

pomysłów dydaktycznych — niespotykane w innych dziedzinach nauczania. I tu tkwi ogromne niebezpieczeństwo, aby szukając jak najlepszych metod nauczania nie dać przypadkiem uczniom fałszywego wyobrażenia o metodach pracy naukowej, błędnego pojęcia wartości i znaczenia praw i teorii fizycznych, co mogłoby spowodować wytworzenie błędnego obrazu otaczającej nas rzeczywistości. Należy tu pamiętać o tym, że jak mówią francuzi: „le mieux est l'ennemi du bien”.

Nie wchodząc w szczegóły bardzo poważnego i rozległego zagadnienia, dotyczącego metod nauczania fizyki w liceum, chciałbym poruszyć tu pewną drobną sprawę z tej dziedziny, która jednak ma, moim zdaniem, zasadnicze znaczenie. Mianowicie w kołach pedagogów do niedawna był bardzo rozpowszechniony pogląd, iż przy nauczaniu fizyki należy przede wszystkim położyć nacisk na samodzielną pracę doświadczalną uczniów, którzy na zasadzie otrzymanych przez siebie wyników sami dochodzą do sformułowania praw rządzących otaczającymi nas zjawiskami. W ten sposób wykład nauczyciela powinien być całkowicie usunięty lub bardzo znacznie ograniczony. Carvallo, honorowy dyrektor nauk Szkoły Politechnicznej w Paryżu, idzie jeszcze dalej uważając, że z nauczania nauk przyrodniczych powinny być usunięte wszelkie definicje i postulaty, które nie wynikają bezpośrednio z doświadczenia.¹⁾

Pomijam już pytanie, czy możliwe jest w ogóle konsekwentne przeprowadzenie nauczania fizyki tą metodą, nawet w tym przypadku, gdyby każda szkoła mogła rozporządzać pracownikami szkolnymi tak wyposażonymi, jak pracownie dla studentów I-go roku na Uniwersytetach czy Politechnikach. Ważniejszą bowiem wydaje mi się tu sprawa, czy taka metoda nie jest przypadkiem sprzeczna z metodami pracy naukowej, czy nie przyzwyczajają uczniów do błędnych metod rozumowania.

Przy prowadzeniu nauczania fizyki metodą wyłączanie laboratoryjną uczniowie na zasadzie otrzymanych przez siebie wyników formułują (przy „dyskretnej” pomocy nauczyciela) ogólne wnioski. A więc od faktów jednostkowych przechodzą do praw ogólnych. I to moim zdaniem jest zasadniczo błędne, gdyż jak pisze prof. Łukasiewicz: „Każde doświadczenie może dowodzić tylko jednego zdania jednostkowego. Na podstawie pewnej skończonej liczby zdań jednostkowych nie można udowodnić zdania ogólnego. Rozumowanie indukcyjne nie ma wartości naukowej ani zastosowania w

*) W artykule „O konieczności zorganizowania w Polsce Badawczego Instytutu Fizyko-Technicznego” (Nauka Polska t. XXI. 1936 r.) doc. dr. A. Jabłoński omawia istniejącą za granicą współpracę pomiędzy fizykami a technnikami, podając szereg ciekawych szczegółów. Mimocho- dem zaznaczę, iż końcowe wnioski autora w sprawie organizacji Instytutu Badawczego u nas nasuwają szereg obiekcji.

¹⁾ por. moją recenzję broszury Carvallo w Przeglądzie Elektrotechnicznym z d. 15 września 1935 r., str. 573.

naukach przyrodniczych."²⁾ Co prawda, praca naukowa polega na doboraniu praw ogólnych (hipotez) do znanych faktów jednostkowych. Jednakże należy tu zaznaczyć zupełnie wyraźnie, że poszukiwanie tych praw ogólnych na podstawie oddzielnych faktów doświadczalnych nie odbywa się w myśl zasad rozumowania indukcyjnego. Postępowanie to nie podlega żadnym ścisłym kryteriom naukowym, a wyłącznie i jedynie intuicji twórczej badacza. Poszukiwanie ogólnych praw przyrody dałoby się według słów prof. Łukasiewicza²⁾ porównać do odczytywania szyfrowanej depechy, gdy nie znamy klucza szyfru. Czyż możemy więc od młodocianych umysłów nieposiadających jeszcze dostatecznych wiadomości z całokształtu fizyki żądać intuicji twórczej? W przeciwnym bowiem razie uogólnianie wniosków, wyciąganych z przetwarzanych przez uczniów doświadczeń, nie ma żadnych podstaw logicznych, niczym nie jest uzasadnione. Musimy zdać sobie sprawę, iż—odwrotnie—z prawa ogólnego muszą konsekwentnie wynikać zdania jednostkowe zgodne z doświadczeniem. O ile to nie zachodzi, to należy wnioskować, iż przyjęta hipoteza jest błędna. Nie mogą więc od uczniów żądać aktu twórczego potrzebnego do przejścia od poszczególnych faktów do prawa ogólnego musimy się przy nauczaniu fizyki ograniczyć wyłącznie do *doświadczalnego sprawdzania* wniosków, wynikających z *praw ogólnych* podanych na lekcji przez nauczyciela i stąd wnioskować o prawdziwości podanego prawa. Jest to według mnie *jedyna* metoda nauczania, która bez wszelkiej *ekwilibrystyki logicznej* pozwala nauczycielowi być w zgodzie z rzeczywistymi metodami pracy naukowej oraz pozwoli mu uniknąć szeregu kłopotliwych sytuacji. Na przykład założmy, iż większość uzyskanych przez uczniów wyników doświadczalnych znacznie odbiega od tego, co powinno być uzyskane zgodnie z prawem, które uczniowie mają sformułować na zasadzie przerobionych doświadczeń. W jaki sposób nauczyciel ma przekonać uczniów, iż otrzymane przez nich wyniki są fałszywe? Czy na tej podstawie, że nie zgadzają się z prawem, którego uczniowie *nie znają* jeszcze, lecz mają dopiero ustalić? Ależ to nie wytrzymuje żadnej krytyki! Nauczyciel nie posiada wobec tego żadnego kryterium logicznie uzasadnionego pozwalającego mu eliminować błędne wyniki pomiarów uczniowskich.

Ilość możliwych do wykonania doświadczeń jest nieograniczenie wielka. W pracy fizyka doświadczalnego zasadniczą rolę odgrywa nie *ilość* poznanych faktów, lecz odpowiedni ich wybór i idea przewodnia, którą się badacz kieruje. Tego zaś zdobyć nie można bez solidnego oparcia się na teoretycznych podstawach oraz bez uwzględnienia *całokształtu* obrazu otaczającej nas rzeczywistości. Wynika stąd, że przy nauczaniu fizyki musimy również uwzględniać i jej stronę teoretyczną, naturalnie w formie możliwie najprzystępniejszej. Musimy w młodzieży wzbudzić zainteresowanie ujmowania zjawisk na szerszych podstawach, przyczyniając ją do poszukiwania syntezy obserwowanych zjawisk. Nie należy bowiem w liceum sprowadzać fizyki do roli rzemiosła.

Poza tym należy wziąć pod uwagę i to, iż kładąc *wyłączny nacisk* przy nauczaniu fizyki na pracę laboratoryjną ucznia wytwarza się błędne pojęcie o roli doświadczenia w nauce. Pogląd, który często słyszy się w kołach młodych eksperymentatorów, że w naukach przyrodniczych wartość naukową posiada tylko fakt doświadczalny, nie jest słuszny. Choć bowiem doświadczenie czy też

obserwacja stanowią jedyny rozporządzalny materiał, z którego buduje się gmach nauk ścisłych, to jednak sam fakt doświadczalny czy też wynik jakiegokolwiek pomiaru w oderwaniu od *całokształtu* naszych poglądów nie ma żadnej wartości naukowej. Czyż mało mamy przykładów w historii nauk ścisłych, że wiele zjawisk, którym początkowo nie przypisywano żadnej doniosłości, okazały swój przemożny wpływ na rozwój nauki dopiero znacznie później! Wspomnę o jednym z wielu, mającym dziś posmak dramatyczny, o eksperymencie dyfrakcyjnym Grimaldi'ego (1613 — 1663). Doświadczenie to było uważane przez półtora wieku (do czasów Younga i Fresnela) za ciekawostkę nie posiadającą większej wartości naukowej, gdy tymczasem później okazało się, że „zjawisko to odgrywa zasadniczą rolę nie tylko w teorii rozchodzenia się światła, ale również w całokształcie fizycznego obrazu świata”. Mówiąc bowiem dzisiejszym językiem „Grimaldi miał przed sobą pierwszy przykład tak zwanej w teorii kwantów *zasady niepewności* sformułowanej w r. 1927 przez Heisenberga (ostre boczne ograniczenie światła przez drut wywołuje nieostrość kierunku, w którym się ono w dalszym ciągu rozchodzi).”³⁾

Przy nauczaniu fizyki pamiętać należy, iż celem, do którego dąży fizyka, nie jest katalogowanie dokładnych i sumiennych opisów stwierdzanych zjawisk. Nie jest prawdą, że stwierdzane przez nas zależności liczbowe w najmniejszym choćby stopniu interesują nas *samę przez się*. Interesują nas one ze względu na koncepcje, jakie nam nasuwają czy to w formie jasno zbudowanych teorii, czy to w postaci przeczuwanych z trudem formułowanych intuicji w głowach genialnych eksperymentatorów.⁴⁾

Przerabianie samodzielnych ćwiczeń przez uczniów w liceum jest nie tylko pożądane, ale i *konieczne*. Celem tych ćwiczeń powinno być jednak: a) *jakościowe zapoznanie się uczniów ze zjawiskami omawianymi uprzednio na lekcjach*, b) *ilościowe sprawdzenie wniosków wynikających z praw ogólnych poznanych na lekcji*, c) *zaznajomienie się z metodami techniki pomiarowej oraz przyrządami fizycznymi*. Ćwiczenia uczniowskie powinny być *uzupełnieniem* pracy nauczyciela z uczniami w klasie, a nie na odwrót.

Sprawy nauczania fizyki były dość szeroko omawiane na Zjeździe Fizyków Polskich we Lwowie w roku ubiegłym. W gruntownym referacie Dr. Witold Kessel wykładający dydaktykę fizyki na Uniwersytecie J. P. w Warszawie poddał krytyce metodę laboratoryjnego nauczania fizyki w szkole. Prelegent opierając się na szeregu prac z dydaktyki fizyki oraz na swych obserwacjach wskazywał na ujemne strony tej metody.⁴⁾ Prof. Politechniki Warsz. Dr. M. Wolfke oraz Prof. Uniwersytetu J. K. Dr. S. Loria podczas dyskusji wyrazili *obawy* co do wyników, jakie może dać skrajne stosowanie metody laboratoryjnej w szkołach średnich. Prof. Wolfke zaznaczył przy tym, iż o *wynikach nauczania fizyki decyduje przede wszystkim indywidualność i gruntowna wiedza samego nauczyciela*. W uwadze tej wybitny uczyony poruszył jedną z *najważniejszych spraw nauczania w ogóle*. Najlepsze programy, opracowane przy biurkach ministerialnych, nie dadzą żadnych pozytywnych rezultatów, o ile będą zbyt rygorystycznie narzucać nauczycielstwu metody nauczania krępujące ich indywidualność. Program

³⁾ por. E. Schrödinger. Środowisko a nauki przyrodnicze (Zagadnienia współczesnej nauki — nakładem Mathesis Polskiej, Warszawa 1933).

⁴⁾ Prelegent wychodził z założeń odmiennych nieco od przyjętych w obecnym artykule.

²⁾ Elementy logiki matematycznej — skrypt wykładów Uniwersyteckich. Warszawa 1929, str. 195.

powinien określać *minimum* (a nie *maximum*) wiadomości, które powinien nabyć *każdy* uczeń, pozostawiając w dużych granicach wolną rękę nauczycielom w wyborze metod nauczania. Naturalnie zakładamy jednocześnie, iż nauczyciele posiadają gruntowną wiedzę,⁵⁾ nie potrzebują więc podlegać ciągłym przeszkoleniom i kontroli. O wyniku ich pracy dają świadectwo wiadomości posiadane przez ich uczniów po ukończeniu szkoły.

Na zakończenie nasuwa się jeszcze jedna uwaga, dotycząca specjalnie liceów zawodowych. Należałoby tu przy

⁵⁾ Mamy obecnie w Polsce kilka zakładów fizycznych przy Uniwersytetach (wcale nie gorzej wyposażonych, niż odpowiednie zakłady zagraniczne), które powinny zapewnić coroczny wystarczający dopływ młodych sił fachowych do szkolnictwa. Poza tym koniecznym jest większy kontakt nauczycielstwa z naukowymi ośrodkami na Uniwersytetach i Politechnikach polskich.

nauczaniu fizyki podkreślić specjalnie związek, istniejący pomiędzy *naukowymi poszukiwaniami doby współczesnej a wydajnością i rozwojem prac techniki*, oraz rozwinąć wśród uczniów zamiłowanie do ujmowania zagadnień technicznych na szerszych podstawach naukowych, wkraczając w ten sposób w dziedzinę fizyki technicznej, stanowiącej pomost między fizyką a techniką.⁶⁾

⁶⁾ Projektowane programy fizyki w liceach elektrycznych muszą z tego punktu widzenia budzić pewne zastrzeżenia. Nauczanie fizyki tylko w 1-ej klasie liceum, przeniesienie wielu zagadnień z kursu fizyki do kursu przedmiotów zawodowych nie wydaje się pomysłem szczególnie słabym. W związku z ilością godzin, przeznaczonych na fizykę, program wydaje się zbyt obszerny. Projektowana dalsza specjalizacja liceów elektrycznych na wydziały prądów silnych i telekomunikacyjne, mam wrażenie, nie jest pożądana.

Szkolnictwo elektrotechniczne a potrzeby wojska mjr. Mrazek Stanisław, Warszawa

Streszczenie. Rozwój broni technicznych, a specjalnie wojsk łączności, spowodował ogromny wzrost ilości elektryków w wojsku. Nieodpowiedni element rekruciki i krótki czas obowiązkowej służby wojskowej uniemożliwiają należyte wykształcenie takiej masy elektryków. Jedyną drogą do usunięcia tego zła jest reforma cywilnego szkolnictwa elektrotechnicznego przez odpowiednie uzupełnienie programów wszystkich szkół od szkół powszechnych począwszy i popularyzacja wiedzy elektrotechnicznej w całym społeczeństwie. Akcja ta wiąże się ściśle z pracami nad podniesieniem obrony narodowej.

Obserwując rozwój i stopniową reorganizację wszystkich armii widzimy wszędzie gwałtowną wprost rozbudowę broni technicznych. Bez broni technicznych postawionych na wysokim poziomie nie można dzisiaj nawet marzyć o zwycięstwie w rozgrywce wojennej, do której musimy być stale przygotowani.

Wśród broni technicznych na jedno z pierwszych miejsc wybijają się wojska łączności, gdyż łączność jest tym czynnikiem, który umożliwia naczelnym władzom kierowanie wszystkimi oddziałami wojska rozrzuconymi zarówno w głębi kraju, jak i na froncie ciągnącym się nie raz tysiące kilometrów. Łączność można więc porównać ze systemem nerwowym organizmu ludzkiego, bez którego jego naczelną władza — mózg nie może kierować ruchami członków.

Za pośrednictwem oddziałów łączności dociera więc rozkaz dowódcy do podległego mu oddziału, jak również oddziały przesyłają tą drogą meldunki swemu dowódcy.

Zharmonizowanie ruchów wszystkich oddziałów armii jest więc możliwe tylko przy sprawnie działającej łączności, natomiast unieruchomienie łączności, to paraliż armii i klęska mimo największej ofiarności żołnierza walczącego z karabinem w rękę.

Łączność składa się z trzech czynników: z organizacji łączności, z ludzi i ze sprzętu, a sprawne działanie tego organizmu zależy w jednakowym stopniu od każdego z tych czynników. I tak przy złej organizacji zawiedzie najlepiej wyszkolona obsługa z najlepszym sprzętem, jak również najlepszy sprzęt nie spełni swego zadania w rękach nie wyszkolonej obsługi i dobra obsługa nie wiele zdziała operując sprzętem stale zawodzącym, niedostosowanym do ciężkich warunków polowych.

Tematem mego referatu jest sprawa przygotowania obsługi pod względem technicznym, a w związku z tym zagadnienie szkolnictwa elektrotechnicznego z punktu

widzenia potrzeb wojska. Ścisły związek szkolnictwa elektrotechnicznego z wykształceniem wojsk łączności pochodzi stąd, że większość środków łączności to środki elektryczne, mianowicie: telefon, telegraf i radio.

Na wstępie rozpatrzmy sprawę ilościowego zapotrzebowania w wojsku na personel elektrotechniczny. Ze zrozumiałych względów nie mogę tutaj podawać szczegółowych cyfr odnoszących się do etatów w naszej armii, ale orientujemy się ogólnie co do rzędu wielkości tej cyfry, gdy uprzytomnimy sobie, że nie ma prawie oddziału wojskowego nie połączonego przynajmniej telefonicznie z przełożonymi władzami lub sąsiednimi oddziałami. Gdzie tylko pojawiają się oddziały wojskowe, tam zjawia się momentalnie pajęczyna przewodów telefonicznych, tam zjawiają się coraz częściej maszty antenowe. Każde dowództwo to zarazem centrala telefoniczna, do której zbiega się kilka lub kilkanaście linii telefonicznych, to jedna, a nawet kilka radiostacji. W latającym arsenale, jakim jest nowoczesny samolot bojowy, czy też w stalowym czołgu i na okręcie, znajdziemy radiostację stanowiącą ich jedyny niemal środek łączności, podobnie jak i oddziałów kawalerii lub grup pancerno-motorowych operujących na tyłach nieprzyjaciela.

Każda najmniejsza placówka łączności, każdy jej nerw, to nie tylko sprzęt, lecz i obsługa, w dodatku liczna obsługa ze względu na ciężką, odpowiedzialną i nieprzerwaną pracę zarówno w czasie wojny, jak i pokoju.

Jeżeli ten sposób naświetlenia sprawy jest za mało jasny, to przytoczę kilka cyfr odnoszących się do stanów liczebnych wojsk łączności armii niemieckiej z okresu wielkiej wojny. W chwili wybuchu wojny światowej Niemcy powołały pod broń około 2 100 000 żołnierza, a z tego wojska łączności liczyły 25 800 ludzi, nie uwzględniając w tej liczbie żołnierzy wchodzących w skład drobnych oddziałów łączności pułków broni. W roku 1918 armia niemiecka walcząca na froncie liczyła już około 8 000 000 ludzi, a w tym około 100 000 to wojska łączności. Jeżeli do tej sumy 100 000 dodamy jeszcze kilkaset tysięcy żołnierzy należących do oddziałów łączności pułków piechoty, kawalerii, artylerii i innych rodzajów broni, to otrzymamy cyfrę znacznie przewyższającą stan całej naszej armii na stopie pokojowej.

Jeżeli zważymy, że w przytoczonych cyfrach znaczna większość łącznościowców — to elektrycy oraz że obecnie coraz szersze zastosowanie radia w wojsku powoduje

znaczne zwiększanie kadr radiotechników, to musimy stwierdzić, że wojska łączności są wielką szkołą elektrotechniczną, wychowującą rokrocznie tysiące specjalistów elektryków oficerów, podoficerów i szeregowców.

Rzecz jasna, poziom wiedzy i jej zakres przy szkoleniu tych trzech grup musi być różny i tak: oficerowie powinni otrzymać wykształcenie techniczne na poziomie co najmniej licealnym, podoficerowie—na poziomie gimnazjum elektrotechnicznego, a szeregowiec powinien na tyle opanować elektrotechnikę, aby mógł ze zrozumieniem obsługiwać aparat telefoniczny, łącznicę, radiostację i t. p. oraz budować linie telefoniczne, konserwować sprzęt i usuwać drobne uszkodzenia w aparatach i urządzeniach tele- i radiotechnicznych.

Na specjalne podkreślenie w tym miejscu zasługuje sprawa konserwacji i remontu sprzętu łączności w warunkach polowych. Mianowicie, w nowoczesnej walce musimy się liczyć z wykonywaniem szybkich przesunięć nawet większymi jednostkami armii, powstawaniem pewnego rodzaju wysp obronnych odciętych czasowo od tyłów armii. Taki system walki wymaga oddziałów ruchliwych, o możliwie jak najdalej posuniętej samowystarczalności pod każdym względem. Wykluczone jest więc opieranie się wyłącznie o warsztaty reparacyjne tylowe i magazyny, jak również obciążanie oddziałów dużą ilością sprzętu zapasowego, częściami zamiennymi i t. p. W tej sytuacji ograniczenie wykształcenia technicznego personelu łączności tylko do bezmyślnego wykonywania pewnych ściśle określonych czynności, związanych z obsługą np. centrali, radiostacji, ładowni akumulatorów i t. p., może spowodować ogołocenie oddziałów ze sprzętu łączności i to w krótkim stosunkowo czasie. Przyczyną tego zjawiska będą nie tyle poważne uszkodzenia sprzętu, lecz właśnie bardzo liczne drobne niedomagania, gdyż nie ma tak doskonałego sprzętu łącznościowego, któryby działał niezawodnie, bez najmniejszych uszkodzeń w ciężkich warunkach polowych. Aby usunąć te drobne uszkodzenia, których może wystąpić całe mnóstwo nawet w tak prostym aparacie, jak aparat telefoniczny, a cóż dopiero w radiostacji, nie można operować gotowymi receptami na stawianie diagnozy i usuwanie błędów, gdyż ilość tych recept sięgałaby cyfry dziesiątków tysięcy. Żołnierz poza tym nie byłby w stanie opanować nawet w części tak ogromnego materiału. Jedynym uniwersalnym kluczem do rozwiązywania tak licznych, różnorodnych i nieprzewidywanych zagadek może być tylko znajomość zasad elektrotechniki i oswojenie się ze sprzętem.

Każdy więc niemal żołnierz w wojskach łączności musi być w pierwszym rzędzie elektrykiem, tak jak żołnierz w kawalerii musi być przede wszystkim jeźdźcem.

Zobaczmy teraz, jaki materiał ludzki otrzymują wojska łączności oraz ile czasu mogą poświęcić na techniczne wykształcenie napływającego rekruta.

Ludność miejska stanowiąca, jak wiemy, około 20% ludności kraju to materiał zasadniczo najodpowiedniejszy dla wojsk łączności, jeżeli chodzi o przygotowanie techniczne i ogólne wykształcenie. Element ten zasila niestety tylko częściowo wojska łączności, gdyż zostaje on pochłonięty przez wszystkie rodzaje broni, a specjalnie inne bronie techniczne, administrację i przemysł wojenny, w którym pozostaje również w czasie wojny. Głównym więc rezerwuarem rekruta wojsk łączności jest pozostałe 80% ludności, a więc ludność wiejska czyli element zupełnie nieprzygotowany pod względem technicznym.

Czas trwania obowiązkowej służby wojskowej wynosi dla zwykłego żołnierza niespełna dwa lata, a dla żoł-

nierza z cenzusem rok. W tym czasie żołnierz otrzymuje nie tylko wykształcenie techniczne, lecz także wykształcenie czysto wojskowe, a więc: regulaminy, musztrę, jazdę konną, strzelanie, służbę wartowniczą, zaprawę polową, gimnastykę i t. p. Poza tym sporo czasu poświęca się dzisiaj na obywatelskie wychowanie żołnierza i oświatę, na sport, a niejednokrotnie na naukę czytania i pisanie.

Ten krótki okres służby obowiązkowej (jak na służbę w oddziałach technicznych) mija, żołnierze wracają do cywila jako rezerwiści, a więc ci, którzy stanowią gros armii na wypadek wojny. Rezerwiści pojawiają się wprawdzie jeszcze szereg razy w wojsku, co kilka lat, dla odbycia krótkich ćwiczeń, lecz zadaniem tych ćwiczeń jest głównie odświeżenie poprzednio nabytych wiadomości i ćwiczenia w większych zespołach wojskowych.

Widzimy więc, że tylko skromna część okresu niespełna dwuletniej, względnie jednorocznej, służby czynnej może być poświęcona na przyswojenie żołnierzowi zasad elektrotechniki i specjalizację w obsłudze oraz konserwacji sprzętu i urządzeń teletechnicznych względnie radiotechnicznych. Nie zapominajmy poza tym, że rekrut wstępujący do wojska to pełnoletni mężczyzna, którego umysł zaprzątnięty jest silnie różnymi zainteresowaniami, a przede wszystkim zagadnieniem walki o byt.

Dla każdego elektryka musi być teraz jasne, że bez udziału cywilnego szkolnictwa elektrotechnicznego wojsko nie może w 100% spełnić swego zadania, jeżeli chodzi o techniczne wykształcenie żołnierza, mimo całego wysiłku i ofiarności personelu szkolącego.

Czy w obecnej sytuacji cywilne szkolnictwo jest w stanie zaspokoić potrzeby wojska, to znaczy przygotować technicznie masy rekrutów napływające rokrocznie do wojsk łączności? Niestety, nie. Wprawdzie otwierane obecnie licea i gimnazja elektryczne dostarczają pewną ilość kandydatów na oficerów oraz podoficerów wojsk łączności, ale w stosunku do szeregowców sytuacja nie ulegnie przez to poprawie. Radykalną zmianę na lepsze może przynieść jedynie podniesienie poziomu kultury technicznej całego społeczeństwa. Szkolnictwo elektrotechniczne w najszerszym pojęciu tego słowa powinno ogarnąć całe społeczeństwo. Elektrotechnika, chociażby w najskromniejszym zarysie, powinna się znaleźć w programach wszystkich szkół, od szkół powszechnych począwszy.

Elementarne zasady elektrotechniki można z łatwością przyswoić uczniom w każdej szkole, bez względu na jej charakter, lecz przy umiejętnym przepracowaniu programu i przy odpowiedniej metodzie szkolenia. Nauczanie może się odbywać jedynie praktycznie na sprężenie spotykanym w życiu codziennym, a nie przez pokazywanie efektownych zjawisk, jak np. iskrowych rozładowań butelki lejdejskiej, efektów świetlnych w rurkach Geislera i t. p. Należy przy tym wzbogacić literaturę elektrotechniczną popularnymi broszurami, dostępnymi dla poziomu umysłowego laika.

Przy nauczaniu podstawowych działań arytmetycznych w szkole powszechnej można z powodzeniem zastąpić dodawanie jabłek, czy też dzielenie gruszek, częściowo przykładami związanymi z teletechniką lub radiotechniką, a więc obliczaniem ilości izolatorów czy też słupów telefonicznych, ilości godzin dyżuru przy radiostacji, obliczanie godzin ładowania akumulatorów i t. p. W ten sposób przyswoimy uczniom cały szereg terminów technicznych, skierujemy ich uwagę i zainteresowanie na te przedmioty, oraz wpojmy im z łatwością pojęcia niektórych wartości z elektrotechniki. Wrażliwy i chłonny umysł dziecka utrwali sobie w pamięci bardzo silnie powoli nabywane w tym okresie wiadomości, tak że nie

zdoła ich przyćmić nawet silniejsze zainteresowanie innymi sprawami w okresie późniejszym.

Na specjalne podkreślenie zasługuje nauczanie praktyczne zasad elektrotechniki, gdyż chłopiec w szkole ludowej, który własnoręcznie połączył przewodnikami żarówkę lub dzwonek elektryczny z ogniwem i stwierdził, że żarówka świeci, a dzwonek dzwoni, przekroczył pewien Rubikon. Chłopiec ten przestał uważać elektrotechnikę za czarną magię, gdyż stwierdził, że zestawienie układu elektrycznego jest bardzo proste i bynajmniej nie ponad jego siły. W wypadku uszkodzenia np. instalacji dzwonekowej w jego mieszkaniu sam zacznie poszukiwanie błędu. W ten sposób obudzone zainteresowanie u szerokiego mas uczniów będzie narastać w szybkim tempie i zmuszać ich bez specjalnego nacisku z zewnątrz do pogłębiania swych początkowo skromnych wiadomości. Obudzone zainteresowanie elektrotechniką i systematyczne pogłębianie tej wiedzy jeszcze w okresie szkolnym zadecyduje u wielu chłopców o wyborze zawodu. W rezultacie otrzymamy tak pożądany ruch ludności wiejskiej do miast i zwiększenie kadr polskich rzemieślników.

Zrozumienie zasad elektrotechniki, a tym samym działania i wartości urządzeń elektrycznych, obudzi w społeczeństwie pożądanie posiadania i korzystania ze zdobytych nowoczesnej elektrotechniki. Dalszą konsekwencją wzmożenia się zainteresowania w społeczeństwie elektrotechniką będzie automatyczny wzrost spożycia energii elektrycznej, wzrost przemysłu elektrotechnicznego i handlu artykułami elektrotechnicznymi.

Wracając do tematu, a więc roli szkolnictwa elektrotechnicznego w odniesieniu do potrzeb wojska widzimy, że w ten sposób rozumiane i w czyn wprowadzone rozwinięcie szkolnictwa da wojsku rekruta przygotowanego do pracy w wojskach łączności. Rekrut po wstąpieniu do wojska będzie się już tylko specjalizował i doskonalił, a nie szkolił od podstaw, jak to ma miejsce obecnie.

Żołnierz musi znać elementarne zasady elektrotechniki wstępując do wojska, bo cóż będzie, gdy rozpęta się zawierucha wojenna i całkowite wyszkolenie żołnierza odbywać się będzie nawet w kilka tygodni? Jaki rezultat daje takie skrócone szkolenie, wiemy przecież z czasów wojny polsko-bolszewickiej; np. nie rzadkim był wypadek, że telefonista zakładał uziemienie w doniczce z kwiatami lub w kubie z wodą postawionym na podłodze w izbie, a na porządku dziennym spotkać można było ślepy węzeł na linii telefonicznej wskutek związania zerwanego kabla razem z izolacją, albo uruchamiano przetwornicę

radiostacji prądem z baterii akumulatorów anodowych o pojemności zaledwie $1\frac{1}{2}$ Ah, podłączano akumulatory dla naładowania bezpośrednio do sieci prądu zmiennego i t. p. Tego rodzaju liczne błędy popełniali niestety nawet absolwenci szkół średnich. Każdy z takich wypadków poza stroną humorystyczną miał oczywiście i stronę smutną, a niejednokrotnie tragiczną. Pomijając materialną stratę kosztownego sprzętu, trudnego do uzyskania w czasie wojny, tego rodzaju wypadki powodują przecież zrywanie się łączności między oddziałami, niedocieranie rozkazów i meldunków. Ileż to krwi przelało się niepotrzebnie tylko dlatego, że oddział nie wycofał się na czas z zagrożonej pozycji lub nie nadeszła w porę wzywana pomoc!

Omawiając potrzeby wojska odnośnie przygotowania materiału ludzkiego pod względem technicznym podkreśliłem specjalnie bólczki wojsk łączności, jako broni wykazującej największe zapotrzebowanie na elektryków. Wszystkie jednak oddziały wojska odczuwają brak tego elementu. Każdy przecież kierowca samochodu, każdy kierowca czołga, każdy pilot samolotu obsługuje instalację elektryczną swej maszyny. Specjalne oddziały saperskie zakładają instalacje elektryczne siły i światła, instalacje elektryczne minerskie, obsługują różnego kalibru reflektory polowe i t. p., poza tym oddziały pomiarowe artylerii posługują się skomplikowanymi aparatami elektrycznymi. Nie możemy tutaj zapominać o naszej marynarce wojennej, która posługuje się bardzo poważnymi instalacjami elektrycznymi tak, że wewnątrz nowoczesnego okrętu wojennego przypomina raczej elektrownię, niż pływający arsenał.

Z tego krótkiego zestawienia widzimy, że nie ma prawie zakątka w wojsku, gdzie wiedza elektrotechniczna byłaby zbędną. Wnioskując logicznie musimy przyjść do przekonania, że wartość armii pod względem technicznym zależy w ogromnej mierze od poziomu naszego szkolnictwa elektrotechnicznego nie tylko wojskowego, ale przede wszystkim cywilnego.

Jak najszerszy rozwój szkolnictwa elektrotechnicznego to hasło nierozłączne z naczelnym hasłem doby dzisiejszej, mianowicie z hasłem obrony narodowej.

Uwaga: Referaty Sekcji Telekomunikacyjnej, zostały zamieszczone w „Przeglądzie Radiotechnicznym” Nr. 9—10.

Z DZIEDZINY ELEKTRYFIKACJI

Obrót energii elektrycznej w lutym

W lutym wytworzono 248 milionów kilowatogodzin, przy czym przyrost w odniesieniu do lutego roku ubiegłego wyniósł + 11%. Ponieważ miesiąc ten, jako okres czasu, znacznie odbiega od $\frac{1}{12}$ okresu rocznego, przy tym posiada mniejszą ilość dni w roku bieżącym, niż w roku ubiegłym, przeto dla dokładniejszego zobrazowania rozwoju wytwórczości energii elektrycznej obliczona została przeciętna wytwórczość na dzień kalendarzowy. Jak podaje tablica 1, obliczona w ten sposób wytwórczość nie ustępuje wytwórczości zanotowanej w styczniu r. bież. i wynosi w lutym 8,86 milionów kilowatogodzin na dzień

Tablica 1. Wytwórczość energii elektrycznej.

Miesiąc i rok	Ilość dni w mies.	Wytworzona energia elektryczna		Przyrost na dzień kal. (okres 1937 r. do takiegoż okresu 1936 r.)	
		w ciągu miesiąca	przeciętnie na dzień kalendarzowy	miliony kilowatogodzin	
					%
styczeń 1937	31	270	8,71	1,19	+ 15,7
„ 1936	31	233	7,52	—	—
luty 1937	28	248	8,86	1,20	+ 15,5
„ 1936	29	222	7,66	—	—

kalendarzowy. W odniesieniu do wytwórczości na dzień kalendarzowy w lutym r. ub. przyrost wynosi + 15,7%.

Przechodząc niezależnie od powyższych uwag do rozpatrzenia rozwoju wytwórczości w lutym, jako w okresie miesięcznym należy zauważyć, że przedstawia się ona korzystniej, niż w lutym roku ubiegłego. Wprawdzie w porównaniu do miesiąca poprzedniego przyrost wytwórczości jest mniejszy, przewyższa on jednak średni przyrost za cały rok 1936, który wyniósł + 10%. Dla zorientowania się w rozwoju wytwórczości elektrowni zawodowych i niezawodowych, zestawione zostały w tablicy 2-jej przyrosty wytwórczości.

Gdy przyrost wytwórczości rocznej elektrowni zawodowych wyniósł w r. 1936 (względem r. 1935) + 9%, niezawodowych + 10,5%, to w lutym r. b. odwrotnie, elektrownie zawodowe osiągnęły przyrost + 12,5%, przemysłowe + 9,5%. Większy przyrost dały elektrownie okręgowe, + 14,5%, mniejszy el. lokalne + 9,5%.

Wśród elektrowni w zakładach przemysłowych, przyrost większy od ogólnego za luty dały elektrownie w hutach + 24% i w fabrykach chemicznych + 12,5%. Natomiast elektrownie w kopalniach węgla wykazały mniejszy przyrost wytwórczości + 8,5%, który jednak przewyższa średni przyrost, jaki el. w kop. węgla osiągnęły za cały rok 1936 (+ 5,5%).

Tab. 2. Rozwój wytwórczości elektrowni zawodowych i niezawodowych.

Nr.	Okresy czasu	Przyrost wytwórczości energii elektrycznej							
		Razem el. zawodowe i niezawodowe	Elektrownie zawodowe			Elektrownie niezawodowe			
			ogółem	okręgowe	lokalne	ogółem	w kopalni węgla	w hutach	w fabr. chem.
1	Cały rok 1936	10	9	8,5	10,5	10,5	5,5	11,5	21,5
2	(W nawiasach podana wytwórczość za cały rok 1936 w mio kWh)	(2867)	(1120)	(697)	(423)	(1747)	(798)	(213)	(312)
3	Styczeń 1937	15,5	16	18	13	15	15,5	22	23,5
4	Luty 1937 (28 dni)	11	12,5	14,5	9,5	9,5	8,5	24	12,5
5	Luty 1936 (29 dni)	11,5	12	9,5	16	11,5	8,5	zmniejszenie —5	18,5
6	(W nawiasach podana wytwórczość za luty 1936 r. w mio kWh)	(222)	(91)	(56)	(35)	(131)	(63)	(15)	(25)

Inż. St. Rylke.

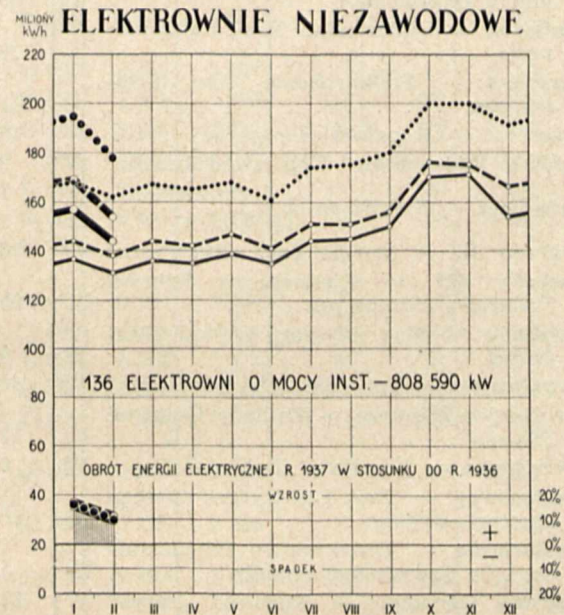
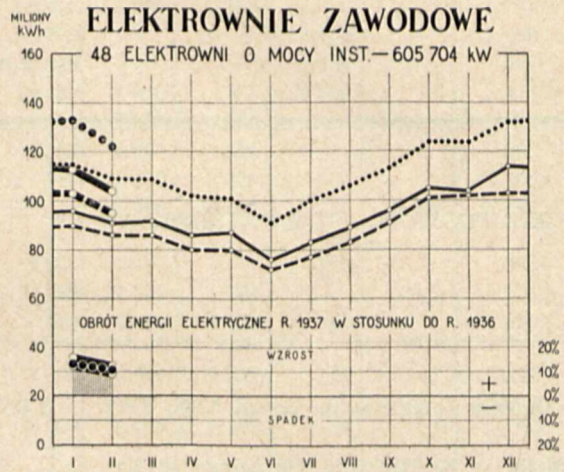
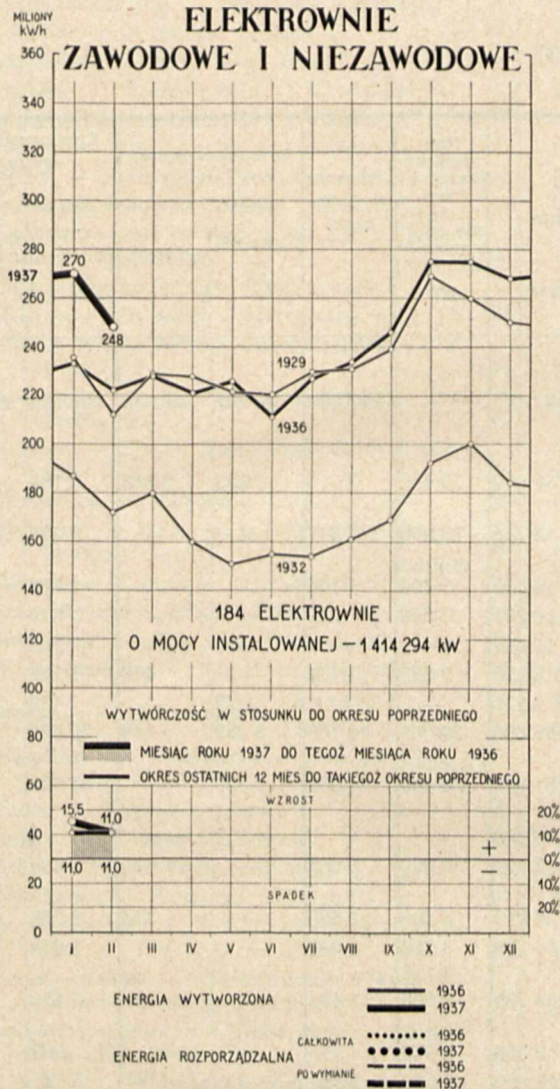
MINISTERSTWO PRZEMYSŁU I HANDLU
BIURO ELEKTRYFIKACJI
STATYSTYKA ELEKTRYCZNA

Rok VIII

MIESIĘCZNY OBRÓT ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Luty 1937

Elektrownie (184) o mocy instalowanej ponad 1 000 kW (ok. 93% wytwórczości).



ELEKTROWNIE o mocy instalowanej ponad 1000 kW	Liczba zakładów	Moc instalo- wana kW	Własna wytwórczość		Wymiana energii z innymi elektrowniami		Rozporządzalna energia			
			1000 kWh	przyrost %	otrzyma- no 1 000 kWh	oddano 1 000 kWh	całkowita rb. (4 + 5)	przyrost %	po oddaniu innym elektrowniom rb. (4 + 5 - 6)	przyrost %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I + II	184	1 414 294	247 739	+ 11,0	52 629	51 534	300 368	+ 10,5	248 834	+ 10,5
I Zawodowe	48	605 704	103 761	+ 12,5	18 010	27 149	121 771	+ 11,0	94 622	+ 9,0
1) Okręgowe	O 23	361 670	65 047	+ 14,5	14 095	24 598	79 142	+ 11,5	54 544	+ 9,0
2) Lokalne	L 25	244 034	38 714	+ 9,5	3 915	42 629	42 629	+ 9,5	40 078	+ 9,5
II Niezawodowe	136	808 590	143 978	+ 9,5	34 619	24 385	178 597	+ 10,0	154 212	+ 11,5
1) Kopalnie węgla	W 39	379 095	68 720	+ 8,5	12 312	22 880	81 032	+ 7,0	58 152	+ 9,0
2) Huty	H 13	94 103	18 851	+ 24,0	12 193	1 505	31 044	+ 12,5	29 539	+ 12,0
3) Fabryki chemiczne	Ch 15	116 128	27 941	+ 12,5	6 751	—	34 692	+ 22,5	34 692	+ 23,5
4) Fabryki włókiennicze	Wł 16	44 136	8 703	- 7,5	839	—	9 542	- 5,5	9 542	- 5,5
5) Cukrownie	Ck 21	54 428	150	+ 21,0	13	—	163	+ 20,0	163	+ 20,0
6) Papiernie	P 6	45 170	12 832	+ 5,0	862	—	13 694	+ 8,5	13 694	+ 8,5
7) Cementownie	Cm 8	33 011	767	+ 68,0	45	—	812	+ 65,5	812	+ 65,5
8) Pozostałe zakłady przem.	R 16	28 939	3 712	0,0	378	—	4 090	+ 4,5	4 090	+ 4,5
9) Trakcyjne	T 2	13 580	2 302	+ 4,5	1 226	—	3 528	+ 4,5	3 528	+ 4,5

MIESIĘCZNY OBRÓT ENERGII ELEKTRYCZNEJ

ELEKTROWNIE (72) O MOCY INSTALOWANEJ PONAD 5 000 kW

(ok. 80% wytwórczości)

Luty 1937

Nr	MIEJSCOWOŚĆ — NAZWA ZAKŁADU	Moc instalowana		Największe (szczytowe) obciążenie (czas trwania 15 min.) kW	Własna wytwórczość	Wymiana energii z innymi elektrowniami		Rozporządzalna energia			
		kW	kVA			otrzymano	oddano	całkowita rb. (5+6) (1 000) kWh	po oddaniu innym elektrowniom rb. (5+6-7)		
										t y s i ą c e	
1	2	3		4	5	6	7	8	9		
	Ogółem (elektrownie ponad 5 000 kW)	1 181 893	1 527 471	—	217 599	32 907	49 895	250 506	200 611		
1	Będzin — Elektrownia Okręgowa w Zagłębiu Dąbrowskim	O	23 500	33 050	10 440	3 816	1 953	2 395	5 769	3 374	
2	Białystok — Białostockie Tow. Elektryczności	L	10 700	13 780	3 900	1 317	—	—	1 317	1 317	
3	Borysław — Podkarpackie Tow. Elektryczne	O	11 200	14 000	(5 min.) 3 400	1 106	—	—	1 106	1 106	
4	Brzeszcze — Kopalnia „Brzeszcze”	W	10 000	12 935	1 550	810	—	—	810	810	
5	Buchacz-Radzionków—Kop. „Radzionków”	W	9 375	11 650	—	—	585	—	585	585	
6	Bydgoszcz — Elektrownie	I (nowa)	L	7 050	8 750	2 800	1 188	—	472	1 188	716
		II (stara)	L	1 910	2 230	—	—	472	—	472	472
7	Chorzów III — Śląskie Zakł. Elektryczne	O	76 000	95 000	26 000	10 709	9 829	5 180	20 538	15 358	
8	Chorzów III — Zjednoczone Fabryki Związków Azotowych	Ch	55 200	81 300	(chwilowe) 24 000	14 963	6 338	—	21 301	21 301	
9	Chrzanów — Kop. błyszczu ołowiu „Matylda”	R	5 200	6 500	—	—	2	—	2	2	
10	Chwałowice — Kopalnia „Donnersmarck”	W	10 760	13 450	6 600	3 085	—	1 816	3 085	1 269	
11	Czechowice-Zębracze — Zakłady Górnicze „Silesia”	O	17 150	26 910	6 800	2 559	—	1 223	2 559	1 336	
12	Czerwionka — Kopalnia „Dębieńsko”	W	8 400	10 500	3 300	1 841	—	—	1 841	1 841	
13	Częstochowa — Tow. Elektryczne Okręgu Częstochowskiego	O	16 300	24 735	5 600	2 453	—	190	2 453	2 263	
14	Częstochowa — Towarzystwo Przędzalnicze „La Czenstochovienne”	Wł	5 100	6 350	2 079	553	—	—	553	553	
15	Dąbrowa Górnicza — Kopalnia „Paryż”	W	13 550	16 850	4 500	2 125	—	197	2 125	1 928	
16	Dąbrowa Górnicza — Huta Bankowa	H	7 096	8 696	3 700	1 966	46	392	2 012	1 620	
17	Gdynia — Pom. Elektr. Kraj. „Gródek”	O	7 500	10 000	7 920	1 496	—	47	1 496	1 449	
18	Goleszów — Golez. Fabr. Portland-Cementu	Cm	6 056	7 580	—	—	43	—	43	43	
19	Grodziec — Kopalnia „Grodziec II”	W	10 975	13 700	5 200	2 110	—	30	2 110	2 080	
20	Grudziądz — Miejskie Tramwaje, Elektrownia i Wodociągi	O	6 800	8 380	2 100	500	345	14	845	831	
21	Janów — Elektrownia św. Jerzego	W	29 820	34 780	18 600	10 185	—	6 762	10 185	3 423	
22	Jaworzno — Kopalnia „J. Piłsudski”	W	19 120	23 925	13 800	7 065	1	3 985	7 066	3 081	
23	Jaworzno — Fabryka elektrochemiczna „Azot”	Ch	6 250	12 500	—	—	409	—	409	409	
24	Jeziorna — Mirkowska Fabryka Papieru	P	6 000	7 250	3 320	1 584	8	—	1 592	1 592	
25	Kalety — Fabr. celulozy i papieru „Natronag”	P	4 910	6 140	3 180	1 742	—	—	1 742	1 742	
26	Kalisz-Piwnice — Okręgowy Zakład Elektryczny „Ozemia”	O	4 200	5 250	1 400	494	—	—	494	494	
27	Kamień — Kopalnia „Andaluzja”	W	8 320	9 320	2 000	1 115	140	1	1 255	1 254	
28	Katowice — Kopalnia „Katowice”	W	11 225	14 025	2 400	1 050	—	—	1 050	1 050	
29	Katowice-Brynow — Kopalnia „Wujek”	W	12 400	15 500	4 300	2 028	—	729	2 028	1 299	

Nr	MIEJSCOWOŚĆ — NAZWA ZAKŁADU	Moc instalowana		Największe (szczytowe) obciążenie (czas trwania 15 min.) kW	Własna wytwórczość	Wymiana energii z innymi elektrowniami		Rozporządzalna energia	
		kW	kVA			otrzymano	oddano	całkowita rb. (5+6) (1000) kWh	po oddaniu innym elektrowniom rb. (5+6-7)
1	2	3		4	5	6 7		8	9
					t y s i a c e				
30	Katowice-Załęże — Kopalnia „Kleofas” . W	8 940	10 815	1 800	763	2	—	765	765
31	Knurów — Kopalnia „Knurów” W	7 500	9 375	—	—	2 489	—	2 489	2 489
32	Kostuchna — Kopalnia „Boer” W	7 243	9 043	—	—	1 537	—	1 537	1 537
33	Kraków — Elektrownia w Krakowie . . L	15 700	19 880	4 300	751	2 722	6	3 473	3 467
34	Libiąż Mały — Kopalnia „Janina” . . . W	6 620	8 115	1 095	527	—	—	527	527
35	Lublin — Elektrownia w Lublinie . . . L	5 800	7 250	2 000	692	—	—	692	692
36	Lwów — Miejskie Zakłady Elektryczne O	25 900	31 380	10 300	3 400	—	—	3 400	3 400
37	Łaziska Górne — Zakłady „Elektro” . . O	87 100	110 125	45 600	26 519	80	13 876	26 599	12 723
38	Łaziska Średnie — Kopalnia „Zjedn. Aleksander-Książątko” W	5 300	6 625	—	—	688	—	688	688
39	Łódź — Łódzkie Tow. Elektryczne . . . L	70 750	93 890	34 200	12 784	—	1 619	12 784	11 165
40	Łódź — Widzewska Manufaktura, S. A. Wł	6 240	7 800	6 068	1 586	104	—	1 690	1 690
41	Łódź — Fabr. Wyrob. Bawełnianych „I. K. Poznański” Wł	6 000	7 500	5 050	1 814	28	—	1 842	1 842
42	Modrzejów — Górnicza elektr. na kop. „Modrzejów” W	14 240	18 050	4 200	2 153	26	6	2 179	2 173
43	Mościce — Zjedn. Fabr. Związków Azotowych Ch	24 900	31 125	9 750	4 622	—	—	4 622	4 622
44	Mysłowice — Kopalnia „Mysłowice” . . W	13 472	16 222	3 700	1 684	—	—	1 684	1 684
45	Myszków — Fabryka papieru „Steinhagen i Saenger” P	18 950	23 690	8 300	5 087	—	—	5 087	5 087
46	Niemce — Kopalnia „Juliusz” W	9 500	11 875	4 600	2 019	515	462	2 534	2 072
47	Nowy Bytom — Huta „Pokój” H	12 230	18 480	5 400	2 991	2 282	213	5 273	5 060
48	Ostrowiec — Zakłady Ostrowieckie . . H	5 070	7 590	3 500	793	5	—	798	798
49	Piaski-Czeladź — Kopalnia „Czeladź” . . W	13 960	17 435	6 000	2 851	—	1 038	2 851	1 813
50	Poznań — Elektrownie { I (nowa) . . . L II (stara) . . . L	20 000 10 000	25 000 13 005	8 400 —	2 886 —	56 —	88 —	2 942 —	2 854 —
51	Pruszków — Elektrownia Okręgu Warszawskiego O	31 500	43 450	16 250	4 789	—	87	4 789	4 702
52	Pszów — Kopalnia „Anna” W	24 800	31 000	10 000	4 488	55	1 107	4 543	3 436
53	Radlin — Kopalnia „Emma” W	14 300	17 875	4 100	2 077	36	40	2 113	2 073
54	Ruda — Elektrownia „Mikołaj” W	16 800	21 000	11 400	4 529	—	1 749	4 529	2 780
55	Rydułtowy — Kopalnia „Charlotte” . . . W	11 360	14 200	5 000	1 573	1 071	1 865	2 644	779
56	Siemianowice — Elektrownia „Siemianowice” W	19 760	25 900	10 000	4 414	1	1 147	4 415	3 268
57	Siersza-Wodna — Elektrownia Okręgowa w Zagłębiu Krakowskim O	22 500	32 140	5 275	2 236	—	2	2 236	2 234
58	Sosnowiec-Sielce — Elektrownia Gwarectwa „Hr. Renard” W	9 200	11 000	4 500	1 399	392	46	1 791	1 745
59	Szczakowa — Fabryka Portland-Cementu „Szczakowa” Cm	7 000	8 750	400	169	—	—	169	169
60	Świętochłowice — Kopalnia „Niemcy” . . W	8 750	10 445	5 500	2 039	—	210	2 039	1 829
61	Świętochłowice — Huta „Florian” . . . H	51 000	64 660	21 000	10 363	60	900	10 423	9 523
62	Tomaszów-Wilanów — Tomaszowska Fabryka Sztucznego Jedwabiu Ch	8 115	9 895	5 200	2 830	—	—	2 830	2 830
63	Warszawa — Elektrownia w Warszawie . L	57 900	79 000	37 600	12 581	—	366	12 581	12 215
64	Warszawa — Elektrownia Tramwajów Miejskich T	12 900	12 900	7 200	2 302	366	—	2 668	2 668
65	Wilno — Elektrownia w Wilnie L	8 500	10 500	3 450	1 028	—	—	1 028	1 028
66	Witaszyce — Cukrownia „Witaszyce” . . Ck	5 250	6 550	48	19	—	—	19	19
67	Włocławek — Kujawska Elektrownia Okręgowa O	5 800	7 250	2 600	951	—	—	951	951
68	Włocławek — Fabryka papieru „Steinhagen i Saenger” P	9 000	11 250	4 600	2 521	—	—	2 521	2 521
69	Wojkowie Komorne — Kopalnia „Jowisz” W	17 100	21 380	8 600	3 468	—	1 181	3 468	2 287
70	Wysoka — Fabryka „Portland-Cementu „Wysoka” Cm	7 500	9 375	131	43	—	—	43	43
71	Zgierz — Elektrownia Zgierska L	7 176	10 845	3 300	1 073	50	—	1 123	1 123
72	Zur — Zakład wodno-elektryczny w Zurze O	8 200	8 800	5 200	925	171	454	1 096	642

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH

PORZĄDEK DZIENNY

IX WALNEGO ZGROMADZENIA S. E. P.

Niedziela, 23 maja, godz. 11.

Otwarcie IX Walnego Zgromadzenia Stowarzyszenia Elektryków Polskich w gmachu Stowarzyszenia Techników Polskich w Warszawie.

1. Zagajenie i wybór dwu asesorów Walnego Zgromadzenia.

2. Przemówienie powitalne Prezesa Stowarzyszenia Elektryków Polskich prof. dr. Janusza Groszkowskiego.

3. Przemówienia powitalne przedstawicieli władz.

4. Deklaracja w sprawie Obrony Narodowej.

5. Referat Prezesa SEP prof. dr. Janusza Groszkowskiego p. t. „Radiotechnika w Polsce”.

6. Referaty:

a) Wacław Günther: „Najbliższe zamierzenia elektryfikacyjne”.

b) prof. Kazimierz Drewnowski: „Stan widoki rozwoju elektrycznych pracowni badawczych i probierczych w Polsce”.

c) inż. Kazimierz Szpotański: „Widoki rozwoju polskiego przemysłu elektrotechnicznego”.

d) inż. Józef Podoski: „Rozwój prac Stowarzyszenia Elektryków Polskich w ostatnim dziesięcioleciu”.

Wtorek, 25 maja, godz. 18.30.

Posiedzenie dla załatwienia spraw formalnych w gmachu Stowarzyszenia Techników Polskich.

1. Nadanie godności członka honorowego Stowarzyszenia Elektryków Polskich.

2. Rozpatrzenie i zatwierdzenie sprawozdania Zarządu Głównego z działalności S.E.P. w roku 1936/7 (sprawozdanie wydrukowane w n-rze 10 „Przeгляdu Elektrotechnicznego” z dnia 15 maja 1937 roku).

3. Rozpatrzenie i zatwierdzenie sprawozdania Komisji Rewizyjnej.

4. Uchwalenie preliminarza budżetowego na rok 1937 i upoważnienie Zarządu Głównego do wydatkowania sum stosownie do wpływów (preliminarz wydrukowany w n-rze 10 „Przeгляdu Elektrotechnicznego”).

5. Zatwierdzenie następujących przepisów i norm elektrotechnicznych (PNE) stosownie do § 26 p. c Statutu S.E.P.:

PNE/5 — Przepisy na przewody miedziane prądu silnego.

Nowelizacja przepisów z 1932 roku.

Zawiadomienie o wydrukowaniu 1-go projektu ogłoszono w „P. E.”, nr. 1, 1937 r.

PNE/6 — Przepisy na kable obrotowe prądu silnego.

Nowelizacja przepisów z 1932 roku.

Projekt 1-szy ogłoszono w „P. E.”, n-ry 16 i 17 z 1936 roku.

Przepisy wydano drukiem.

PNE/8 — Przepisy na izolatory wysokiego napięcia.

Nowelizacja przepisów z 1931 roku.

Projekt 1-szy ogłoszono w „P. E.”, n-ry 2 i 3 z 1937 roku.

PNE/17 — Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego w kopalniach.

Nowelizacja przepisów z 1930 roku.

Projekt 1-szy wydrukowano w postaci oddzielnej broszury w styczniu 1936 r. Projekt 2-gi został rozpatrzony i zatwierdzony przez C. K. N. E.

PNE/19 — Symbole graficzne telekomunikacji.

Nowelizacja przepisów z 1929 roku.

Po opracowaniu tłumaczenia symboli, wydanych przez CEI, tekst został zatwierdzony przez C. K. N. E. i wydany drukiem.

PNE/41 — Przepisy na oleje izolacyjne.

Zawiadomienie o wydrukowaniu projektu 1-go ogłoszono w „P. E.”, nr. 22 z 1936 r.

PNE/50 — Przepisy na grzejniki. (Przepisy ogólne oraz przepisy na kuchnie, piekarniki, Kuchenki i żelazka).

Projekt 1-szy ogłoszono w „P. E.”, n-ry 18 i 19 z 1936 roku.

Przepisy wydano drukiem.

PNE/55 — Przepisy na świeczniki.

Projekt 1-szy ogłoszono w „P. E.”, nr. 8 z 1937 roku.

PNE 58 — Wskazówki usuwania zakłóceń w odbiorze radiowym, pochodzących od różnych urządzeń elektrycznych.

Projekt 1-szy ogłoszono w „P. E.”, n-ry 14, 15 i 16 z 1936 roku.

Wskazówki wydano drukiem.

PNE/60 — Sprzęt kablowy.

Projekt 1-szy ogłoszono w „P. E.”, n-ry 7, 8 i 12 z 1936 roku.

PNE/61 — Wskazówki montażowe sprzętu kablowego.

Projekt 1-szy ogłoszono w „P. E.”, nr. 13 z 1936 roku.

PNE/62 — Wskazówki współpracy architekta i elektryka przy wykonywaniu urządzeń elektrycznych w budynkach.

Projekt 1-szy ogłoszono w „Komunikacie” — organie Stowarzyszenia Architektów R. P., n-ry 2, 3 i 4.

Zawiadomienie o wydrukowaniu powyższego projektu ogłoszono w „P. E.”, nr. 4 z 1937 roku.

PNE/64 — Przepisy na elektryczne przewody samochodowe.

Projekt 1-szy ogłoszono w P. E., nr. 8 z 1937 roku.

6. Wnioski o zmianę statutu S.E.P.

7. Ogłoszenie wyników referendum w sprawie wyborów Prezesa i członków Zarządu Głównego S.E.P.

8. Wybór członków Komisji Rewizyjnej.

9. Wybór miejsca przyszłego Walnego Zgromadzenia.

UDZIAŁ PANA PREZYDENTA R. P.

W IX WALNYM ZGROMADZENIU S. E. P.

W piątek, dnia 9 kwietnia r. b. Pan Prezydent Rzeczypospolitej Polskiej prof. dr Ignacy Mościcki przyjął na audiencji delegację Zarządu Głównego Stowarzyszenia Elektryków Polskich w osobach Prezesa S. E. P. prof. dr Janusza Groszkowskiego, pierwszego wiceprezesa inż. Alfonsa Kühna i Sekretarza Generalnego inż. Józefa Podoskiego. Delegacja zaprosiła Pana Prezydenta na IX Walne

Zgromadzenie S. E. P., którego otwarcie odbędzie się w niedzielę dnia 23 maja r. b. o godz. 11-iej w gmachu Stowarzyszenia Techników Polskich.

Pan Prezydent zainteresował się bliżej Zjazdem i laskawie obiecał wziąć udział w otwarciu, o ile nic Mu nie stanie na przeszkodzie, po czym w blisko godzinnej rozmowie informował się o rozwoju elektryfikacji i przemysłu elektrotechnicznego oraz o działalności naukowej, wydawniczej i organizacyjnej Stowarzyszenia. Delegacja wręczyła Panu Prezydentowi oprawne w skórę dwa tomy dzieła ś. p. ppułkownika inż. K. Krulisza p. t. „Zasady Radiotechniki”, wydane przez Sekcję Radiotechniczną S. E. P.

ZARZĄD GŁÓWNY

a) Konferencja z przedstawicielami Oddziałów S. E. P.

W sobotę, dnia 17 kwietnia r. b. odbyło się posiedzenie Zarządu Głównego S.E.P. z udziałem prezesów Oddziałów, przewodniczących Sekcji, Komisji Centralnych, Komitetów i Komisji przy Zarządzie Głównym. Zebrania te, zainicjowane w ubiegłym roku, mają na celu uzgadnianie wewnętrznych prac w Stowarzyszeniu i zacieśnianie współpracy Oddziałów z Centralą.

Porządek dzienny posiedzenia, w którym wzięło udział 30 osób, obejmował omówienie wniosków o zmianę statutu S.E.P. oraz bieżących prac wszystkich organów Stowarzyszenia i poszczególnych Oddziałów.

W sprawie zgłoszonych na Walne Zgromadzenie wniosków o zmianę statutu S.E.P. postanowiono wyjaśnić, ze względu na mogące powstać nieporozumienia, że wnioski, które zostały nadesłane do Stowarzyszenia, jak również opracowane przez Zarząd Główny, będą poddane głosowaniu na Walnym Zgromadzeniu S.E.P. w normalnym trybie, a referendum, które zostało zarządzone przez Zarząd Główny S.E.P. na podstawie § 29 i 31 statutu, służyć ma jedynie dla zebrania opinii ogółu członków Stowarzyszenia o proponowanych zmianach statutu. Wyjaśniono, że wyniki referendum nie muszą nosić charakteru uchwał, bowiem Zarząd Główny może zawsze ograniczyć się w swoich prawach i zrobić referendum opiniodawcze, tak jak to zostało dokonane obecnie. Jednomyślnie stwierdzono duże znaczenie zebranej tą drogą opinii, która będzie ilustrowała nastroje panujące w powyższych sprawach wśród ogółu członków S.E.P.

Zarząd Główny rozesłał w tej sprawie list do ogółu członków Stowarzyszenia, przypominając im o potrzebie głosowania i jednocześnie wzywając do jak największego udziału w Walnym Zgromadzeniu.

Po dłuższej dyskusji zebranie postanowiło zgłosić z ramienia Zarządu Głównego na Zjazd dwie propozycje, z których jedna dotyczyć będzie modyfikacji wniosku Zarządu rozesłanego referendum w tym sensie, aby wprowadzić wymagania wprowadzenia balotowania bez wprowadzania słów, że mogą być przyjmowane tylko osoby narodowości polskiej, drugi zaś będzie dotyczył zmiany § 7 statutu, iż członkami zwyczajnymi Stowarzyszenia będą mogli być inżynierowie elektrycy, mający odpowiednie kwalifikacje etyczne i posiadający dyplom szkoły akademickiej oraz osoby innych specjalności, odpowiadające powyższym wymaganiom i pracujące na polu elektrotechniki. Osoby nie posiadające dyplomu szkoły akademickiej będą mogły być w drodze wyjątku przyjmowane na członków S.E.P. tylko przez Zarząd Główny na wniosek Zarządów odpowiednich Oddziałów.

Po załatwieniu tych spraw obszernie przedyskutowano całość działalności Stowarzyszenia, stwierdzając stały postęp w poszczególnych dziedzinach pracy, przy czym

Oddziały zgłosiły pod adresem poszczególnych organów Stowarzyszenia szereg dezyderatów, zmierzających do większego zacieśnienia prac Oddziałów z Centralą.

b) Komunikat.

Prezes Stowarzyszenia Elektryków Polskich prof. dr. Janusz Groszkowski przeprowadził z przedstawicielami Stowarzyszenia Teletechników Polskich i Związku Polskich Inżynierów Elektryków nieoficjalne rozmowy, mające na celu zorientowanie się co do możliwości wzajemnej współpracy, a nawet zjednoczenia wspólnych wysiłków wymienionych organizacji w pracy nad rozwojem elektrotechniki polskiej.

Prof. dr. Janusz Groszkowski przedstawił Zarządowi Głównemu S.E.P. wniosek treści następującej:

„Zarządy Stowarzyszenia Elektryków Polskich, Związku Inżynierów Elektryków Polskich i Stowarzyszenia Teletechników Polskich stwierdzając, że dla przeprowadzenia zadań i osiągnięcia celów, stojących przed elektrotechniką polską, konieczne jest zespolenie wysiłków i poczynań inżynierów elektryków polskich, zgrupowanych w trzech organizacjach, a mianowicie S.E.P., Z.P.I.E. i S.T.P., uważa za niezbędne osiągnięcie przez te organizacje porozumienia, które miałyby na celu przede wszystkim:

wzajemne zapoznanie się w atmosferze całkowitego zaufania z celami, dążeniami i zamierzeniami poszczególnych organizacji w celu uniknięcia wszelkich działań przeciwnych i dwutorowości w pracach oraz w celu wytworzenia warunków sprzyjających wzajemnej współpracy,

umożliwienie inżynierom elektrykom zgrupowanym w różnych organizacjach korzystania z urządzeń i dorobku innych organizacji

i wreszcie zbadanie możliwości zgrupowania wszystkich polskich inżynierów elektryków w jednej wspólnej organizacji dla osiągnięcia pełnego wyzyskania ich możliwości w pracy nad podciągnięciem Polski wzwyż.

Dla opracowania zasad takiego porozumienia Zarządy S.E.P., Z.P.I.E. i S.T.P. delegują po dwóch swych przedstawicieli do utworzonej w tym celu Komisji Porozumowawczej.

Wyniki prac tej Komisji po ostatecznym zaakceptowaniu przez poszczególne Zarządy Główne staną się obowiązujące dla wymienionych organizacji”.

Zarząd Główny zapoznał się z powyższym wnioskiem i uchwalił upoważnić Prezesa dr. Janusza Groszkowskiego i Sekretarza Generalnego inż. Józefa Podoskiego do prowadzenia rozmów z przedstawicielami S.T.P. i Z.P.I.E. na podstawie powyższego wniosku.

FUNDUSZ POMOCY KOLEŻENSKIEJ.

1. Sprawozdanie finansowe za czas od dnia 1.I.1937 r. do dnia 31.III.1937 r.

Saldo pożyczek na 1. I. 1937 r. . .	Zł. 4.185.—	
Saldo gotówkowe na 1. I. 1937 r. . .	„ 2.918.96	Zł. 7.103,96
Wpływy ze składek na Fundusz Pomocy Koleżeńskiej za czas od dnia 1.I.1937r. do 31.III.1937 r.		„ 2.583.50
Razem . . .		<u>Zł. 9.687.46</u>
Wydatki za czas od dnia 1. I. 1937 r. do 31. III. 1937 r.		„ 2.346.34
Saldo gotówkowe na dzień 1. IV. 1937 r. wynosi	Zł. 3.391.12	
Saldo pożyczek na dzień 1. IV. 1937 r. wynosi	„ 3.950.—	
Saldo na 1.IV.37 r.		<u>Zł. 7.341.12</u>

Ogólna suma zadeklarowanych miesięcznych składek na 1. IV. 1937r. po uwzględnieniu zmniejszonych składek, wynosi obecnie	<u>Zł. 863.50</u>
Zaległe składki członkowskie za rok 1936 do dnia 1. IV. 1937 r. wynoszą	Zł. 379.—
Zaległe składki członkowskie za r. 1937 na dzień 1. IV. 1937 r. wynoszą:	
za m-c styczeń sumę . . .	Zł. 210.—
„ „ luty „ . . .	„ 225.—
„ „ marzec „ . . .	<u>„ 364.— „ 799.—</u>
Razem zaległe składki za rok 1936/7 wynoszą	<u>Zł. 1.178.—</u>

Komisja zwraca się do wszystkich Kolegów zalegających z apelem, aby wyrównali zaległości możliwie jak najprędzej.

2. Pośrednictwo pracy. W ciągu kwartału zawiadomiono poszukujących pracy członków S. E. P. zarejestrowanych w Komisji o 14 wakujących posadach, w tem jedno zawiadomienie dotyczyło Ministerstwa Poczty i Telegrafów, gdzie jest do obsadzenia większa ilość posad. Rozesłano o tych posadach 92 zawiadomienia.

SEKCJA SZKOLNICTWA ELEKTROTECHNICZNEGO.

Oddział Łódzki S. E. P. zorganizował Łódzkie Koło Sekcji Szkolnictwa Elektrotechnicznego. Zebranie organizacyjne odbyło się w dniu 18 marca z udziałem 12-tu członków, którzy zgłosili się do współpracy w Sekcji. Przewodniczącym Koła Łódzkiego jest Kol. Zygmunt Rau, wiceprzewodniczącym — Kol. H. Wendt, sekretarzem Kol. E. Chachulski.

ODDZIAŁ BYDGOSKI.

Protokół z Walnego Zebrania Oddziału Bydgoskiego S.E.P.

W dniu 31 marca 1937 r. o godz. 20,30 odbyło się w lokalu Stowarzyszenia Techników Walne Zebranie Oddziału Bydgoskiego S. E. P. z następującym porządkiem obrad:

- 1) Wybór przewodniczącego;
- 2) Odczytanie protokołu z ostatniego Walnego Zebrania;
- 3) Sprawozdanie Zarządu;
- 4) Sprawozdanie Komisji Rewizyjnej;
- 5) Uchwalenie preliminarza budżetowego na r. 1937;
- 6) Projekt zmiany Statutu Stowarzyszenia S. E. P.;
- 7) Wybór nowego Zarządu i Komisji Rewizyjnej;
- 8) Wolne wnioski.

Zebranie w obecności 18 kolegów zajął prezes kol. J. Tymowski, po czym przewodnictwem objął kol. St. Lechowski, a sekretarzem kol. J. Mońka.

Na wniosek Przewodniczącego i za zgodą obecnych protokół z ostatniego Walnego Zebrania nie odczytano, ponieważ członkowie mieli możliwość zapoznać się z jego treścią w „Przeglądzie Elektrotechnicznym”.

Następnie kol. Tymowski złożył szczegółowe sprawozdanie z działalności Oddziału za rok 1936. M. i. wspominał, że Zarząd Oddziału zorganizował 3 zebrania odczytowe:

- 1) z referatem kol. J. Tymowskiego na temat „Gospodarka elektryczna w elektrowniach komunalnych”;
- 2) kol. St. Lechowskiego p. t. „Rozwój izolatorów porcelanowych wysokiego napięcia”;

3) kol. S. Bładowskiego zatyt. „O liceach elektrycznych”.

Zarząd Oddziału odbył w okresie sprawozdawczym 5 posiedzeń.

Z kolei skarbnik kol. F. Malenda odczytał sprawozdanie kasowe za rok 1936 i przedstawił preliminarz budżetowy na rok przyszły.

Kol. Wł. Obtulowicz w imieniu Komisji Rewizyjnej wniósł o udzielenie absolutorium ustępującemu Zarządowi.

Wniosek ten, jak i preliminarz na rok 1937 jednomyślnie uchwalono.

Równocześnie postanowiono zgodnie z wnioskiem kol. Dziurzyńskiego zaprzestać dalszego uiszczania składek na Fundusz Pomocy Koleżeńskiej.

Następnie kol. Tymowski obszernie zreferował sprawę przyjmowania żydów na członków S. E. P., oraz kwestię stosowania ograniczeń zawodowych, przy czym odczytał rezolucje Walnego Zebrania Oddziałów Wybrzeża Morskiego i Toruńskiego, nawołujące do wyłączenia żydów z S. E. P.

Po dłuższej dyskusji zebrani na wniosek kol. Dziurzyńskiego powzięli następującą uchwałę:

„Walne Zebranie Oddziału Bydgoskiego S. E. P., stojąc na stanowisku, że dalsze przyjmowanie żydów do S. E. P. zagrażałoby polskiemu charakterowi Stowarzyszenia, poleca Zarządowi swemu reprezentować ten pogląd w Zarządzie Głównym i poczynić starania celem takiej zmiany Statutu S. E. P., aby żydzi nie mogli być przyjmowani w poczet członków Stowarzyszenia”.

W dalszym ciągu obrad rozpatrywano sprawę ograniczeń zawodowych.

W rezultacie zebrani jednogłośnie wyrazili pogląd, że: „zamierzone ograniczenie jest nieistotne, a nawet szkodliwe dla działalności S. E. P. i wobec tego Walne Zebranie wypowiada się stanowczo za utrzymaniem dotychczasowych kwalifikacji zawodowych, wymaganych przy przyjmowaniu członków zwyczajnych do S. E. P.”

Przechodząc do następnego punktu obrad przewodniczący kol. Lechowski zaproponował, aby ustępujący Zarząd wybrano ponownie na rok przyszły.

Ponieważ jednak niektórzy z kolegów nie zgodzili się wejść ponownie do Zarządu, przystąpiono do głosowania, w wyniku którego wybrano nowy Zarząd w osobach kol. J. Kędziery, I. Pietrzonki, T. Średzińskiego, F. Malendy i S. Jankowskiego.

Skład Komisji Rewizyjnej pozostał niezmienny.

W wolnych głosach podano do wiadomości pismo Zarządu Głównego, dotyczące urządzenia kursu dla monterów elektro- radio- i teletechnicznych, oraz uczczenia 10-lecia Koła.

Sprawy te poruczono nowemu Zarządowi do ostatecznego załatwienia.

Na tym zebranie zamknięto.

Sekretarz: Przewodniczący:
(—) *ing. J. Mońka.* (—) *inż. St. Lechowski.*

W wyniku wyborów Walnego Zebrania, Zarząd Oddziału Bydgoskiego ukonstytuował się następująco: Prezes — kol. Jan Kędziery, wiceprezes — kol. Ireneusz Pietzonka, sekretarz — Sylwester Jankowski, skarbnik — Florian Malenda, referent odczytowy — Lucjan Średziński.

Komisja Rewizyjna: kol. kol. Stefan Ciszewski, Władysław Obtulowicz, Franciszek Siemiradzki.

ODDZIAŁ KRAKOWSKI.**Protokół**

Walnego Zgromadzenia odbytego w dn. 25 lutego 1937 r.

Walne Zgromadzenie otworzył w zastępstwie prezesa kol. L. Zglińskiego, który usprawiedliwił swoją nieobecność, wiceprezes kol. Moskalewski o godz. 19-ej i stwierdził, że powzięte uchwały będą prawomocne zgodnie z § 17 Regulaminu i Okólnikiem Nr. 12 z dn. 10 lutego 1937 r. zawiadamiającym o Walnym Zgromadzeniu.

Obecnych na zebraniu 18-tu członków.

Na przewodniczącego został wybrany przez aklamację kol. wiceprezes Moskalewski. Sekretarzuje kol. J. Schmidt.

Protokół z poprzedniego Walnego Zgromadzenia został przyjęty bez dyskusji do zatwierdzającej wiadomości.

Nad sprawozdaniem zarządu wywiązała się dyskusja, w której zabierali głos koledzy: Z. Francki, L. Lelito, T. Moskalewski, J. Pawlik, M. Porębski, W. Styś i J. Schmidt. Podczas dyskusji została poruszona sprawa biblioteki, względnie sprawa prenumerowania czasopism fachowych, poczym kol. Lelito postawił wniosek o rozpisanie w tej sprawie ankiety między członkami, a rezultatem tej ankiety zajmie się przyszyły Zarząd. Prócz tego kol. Francki wezwał kolegów do oddawania na rzecz przyszyłej biblioteki zbędnych książek i czasopism. Wniosek kol. Lelito uchwalono.

Po sprawozdaniu skarbnika kol. St. Kijasa, w sprawie zaległych wkładek zabierają głos koledzy: W. Cieślowski, T. Moskalewski, St. Kijas, M. Porębski i Al. Zimmels — poczym przekazano załatwienie tej sprawy przyszyłemu Zarządowi.

Następnie na wniosek kol. Pawlika, jako zastępcy przewodniczącego Komisji rewizyjnej kol. Pilkiewicza, który usprawiedliwił swoją nieobecność, uchwalono przez aklamację zatwierdzić zamknięcie rachunkowe za rok 1936 i udzielić absolutorium ustępującemu Zarządowi.

Poczym kol. Kijas przedstawił preliminarz budżetowy na rok 1937, który został uchwalony z tą zmianą, że na cele biblioteki na wniosek kol. Porębskiego wstawiono w wydatkach zł 100.

W dalszym ciągu Komisja - Matka w składzie kolegów: Cieślowskiego, Franckiego i Porębskiego przedstawiła listę kandydatów do przyszłego Zarządu i tak: na prezesa kol. Leonarda Zglińskiego, na wiceprezesa — kol. Tadeusza Moskalewskiego, na dalszych członków Zarządu: kol. Jana Schmidta, kol. Stanisława Kijas i kol. Jana Orskiego.

Po przedstawieniu tej listy, dotychczasowy wiceprezes, przewodniczący kol. Moskalewski zwrócił się do kolegów z zapytaniem, czy nie ma drugiej listy, prócz listy przedstawionej przez Komisję-Matkę i w dłuższym wywodzie proponował i zalecał, ażeby koledzy wybrali odmłodzony Zarząd, a nie przedstawiony przez Komisję-Matkę.

Następnie przystąpiono do tajnych wyborów kartkami.

Na 18-tu obecnych otrzymali:

na prezesa: kol. Leonard Zgliński — 17 głosów, kol. Zygmunt Francki — 1 głos; na wiceprezesa: kol. Tadeusz Moskalewski — 17 głosów, kol. Zygmunt Francki — 1 głos. Na dalszych członków Zarządu otrzymali: kol. kol. Jan Schmidt — 17 głosów, Stanisław Kijas — 16 głosów, Jan Orski — 16 głosów, Jan Pawlik — 2 głosy, Henryk Limanowski — 1 głos, Wiesław Styś — 1 głos, biała kartka — 1 głos.

Zostali więc wybrani: prezes — kol. Leonard Zgliński, wiceprezes — kol. Tadeusz Moskalewski, do Zarządu: kol. kol. Jan Schmidt, Stanisław Kijas i Jan Orski.

W dalszym ciągu na wniosek Komisji - Matki wybrano przez aklamację do Komisji Rewizyjnej kolegów: Izidora Władysława Pilkiewicza, Ludwika Lelito i Aleksandra Zimmelsa.

Po wyborach kol. Cieślowski postawił na piśmie wniosek następującej treści:

Zarząd poczyni starania, ażeby członkowie Krakowskiego Oddziału SEP-u otrzymywali zniżki do teatru i kin za okazaniem legitymacji członkowskiej.

Powyzszą sprawę wyjaśnia kol. Sekretarz. Na wniosek kol. Porębskiego uchwalono: Zarząd w sprawie zniżek poczyni starania wspólnie z Krakowskim Towarzystwem Technicznym — o ile współpraca z Krakowskim Towarzystwem Technicznym w ciągu dwóch miesięcy nie da rezultatów, Zarząd zajmie się sam załatwieniem tej sprawy.

Sekretarz
(—) J. Schmidt

Przewodniczący
(—) T. Moskalewski

ODDZIAŁ LWOWSKI.**a) Protokół**

z Zebrania Zarządu Oddziału Lwowskiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich z dnia 12. IV. 1937.

Posiedzenie rozpoczęto o godz. 12.30 w lokalu Oddziału.

Obecni: pp. Dreszer, Hebenstreit, Knaus, Wąsowski, delegat Polskiego Tow. Politechnicznego dyr. Kozłowski oraz prof. Sokolnicki.

Przewodniczący Inż. K. Knaus, sekretarzuje Inż. Wąsowski.

Porządek dzienny:

1. Odczytanie protokołu z ostatniego Zebrania Zarządu,
2. Prace przepisowe (program prac Sekcji Przepisowej Oddz. Lwowskiego),
3. Zjazd prezesów w Warszawie,
4. Kursy dokształcające monterskie,
5. Pośrednictwo pracy dla bezrobotnych inż. elektryków,
6. Sprawy bieżące.

Ad. 1. Protokół z poprzedniego posiedzenia Zarządu odczytano i zatwierdzono.

Ad. 2. Prof. Sokolnicki zawiadomił, że obejmuje Kierownictwo Sekcji Przepisowej przy Oddz. Lwowskim S. E. P. Sekcja rozpocznie swą działalność z chwilą gdy Prof. Sokolnicki będzie mógł poświęcić jej więcej czasu, absorbowanego obecnie przez analogiczną pracę na terenie S. E. P. w Warszawie. Wówczas wspólnie z Prof. Dr. Krukowskim i z dokooptowanymi członkami zorganizuje systematyczne prace Sekcji. Przewodniczący prosi Prof. Sokolnickiego o reprezentowanie Oddz. Lwowskiego na posiedzeniu poświęconym ustaleniu programu prac przepisowych S. E. P. mającym się odbyć w Warszawie dnia 16 b. m.

Inż. Hebenstreit porusza sprawę konieczności opracowania komentarza wzgl. szczegółowych objaśnień wykonawczych do wydawanych przepisów, które w swej suchej formie są częstokroć dla szerszego ogółu instalatorów nie zrozumiałe, lub rozmaicie przez nich interpretowane.

Ad. 3. W sprawie proponowanych wniosków zmiany Statutu Zarząd upoważnił Przewodniczącego do zajęcia stanowiska na posiedzeniu Zarządu Głównego w Warsza-

wie w dniu 17 bm. a to w sprawie przymusowego balotażu przy przyjmowaniu nowych członków **pozytywnie**, zaś co do pozostałych propozycji **negatywnie**.

Polecono nadto Przewodniczącemu, aby w sprawozdaniu, które ma wygłosić na posiedzeniu Zarządu Głównego uwzględnił pracę „Projekt przepisów na linie elektryczne prądu silnego” wykonaną przez członka Oddz. Lwowskiego p. Inż. Dreszera.

Ad. 4. Na list z dnia 30. III. 1937 r. L. 1081/37/Oddz. w sprawie kursów dokształcających dla elektromonterów postanowiono odpowiedzieć, że kursa takie istnieją na terenie lwowskim, a to przy dwu szkołach dokształcających rzemieślniczych oraz przy szkole technicznej, zaś co do prowincji Zarząd Oddziału Lwowskiego odniesie się do odpowiednich członków S. E. P. w Stanisławowie, Tarnopolu, Drohobyczu, i Borysławiu z prośbą o informacje i uwagi, o wyniku zaś zawiadomi Przewodniczącego Sekcji Szkolnictwa Elektrotechnicznego w Warszawie.

Ad. 5. Uchwalono uprosić Zarząd Główny, by w razie zgłaszania wakujących posad zawiadamiał o tym również Zarząd Oddziałów z prowincji.

Ad. 6. Przewodniczący zawiadomił, że jako prezes Oddziału Lwowskiego S. E. P. otrzymał z Zarządu Głównego Polskiego Tow. Politechnicznego we Lwowie zaproszenie na posiedzenie tegoż Zarządu w charakterze przewodniczącego Sekcji elektr. Polskiego Tow. Politechnicznego i w posiedzeniu tym uczestniczył.

Na tym posiedzenie zakończono.

Sekretarz:

(—) Inż. J. Wąsowski

Prezes:

(—) Inż. K. Knaus

b) Protokół

Walnego Zebrania odbytego dnia 15 lutego 1937 r. w sali Polsk. Tow. Politechnicznego we Lwowie.

Zebranie zagał kol. prezes prof. G. Sokolnicki o g. 18.30 przy udziale 17 członków i zawiadomił, że Walne Zebranie odbywa się prawnie w myśl Statutu i Regulaminu, po czym wezwał zebranych do wyboru przewodniczącego.

Przewodniczącym zebrania obrano kol. Pawła Nowackiego. Protokółuje z urzędu sekretarz kol. T. Sacharuk.

Na postawiony wniosek zrezygnowano z odczytania protokołu z ostatniego Walnego Zebrania.

Sprawozdanie ustępującego Zarządu wygłosił prezes prof. Sokolnicki. Sprawozdanie skarbnika za rok ubiegły odczytał kol. E. Hebenstreit. Preliminarz na rok 1937 przedstawił kol. Hebenstreit.

W dyskusji nad sprawozdaniem zabierał głos kol. A. Glücksman, prosząc by Zarząd organizował w przyszłości więcej odczytów.

Imieniem Komisji Rewizyjnej inż. M. Altenberg postawił wniosek o udzielenie absolutorium ustępującemu Zarządowi, który został uchwalony.

Na wniosek ustępującego Zarządu w miejsce ustępującego prezesa prof. inż. Sokolnickiego oraz trzech członków zarządu w osobach prof. dr. inż. Krukowskiego, inż. Knausa, inż. Sacharuka, obrano w tajnym głosowaniu, 16 głosami na 17 obecnych prezesem inż. K. Knausa, oraz trzech nowych członków w osobach prof. dr. inż. Kazimierza Idaszewskiego, inż. Józefa Wąsowskiego, inż. Jerzego Dreszera, oraz komisję rewizyjną w składzie dotychczasowym tą samą liczbą głosów a to inż. Maurycego Altenberga, inż. Stefana Spire, inż. Leona Buchowieckiego.

Nowo wybrany prezes inż. Konrad Knaus, podziękował za wybór przyrzekając pracować dla dobra Stowarzyszenia i prosząc członków o pomoc i współpracę.

Wolnych wniosków nie było.

Na tym przewodniczący zamknął zebranie, dziękując członkom za obecność.

Sekretarz

(—) T. Sacharuk

Przewodniczący

(—) P. Nowacki

ODDZIAŁ WILEŃSKI.

Protokół

z Walnego Zebrania odbytego w dniu 1 marca 1937 roku.

Obecnych na zebraniu było 11 członków.

Porządek dzienny obejmował:

1. Odczytanie protokołu poprzedniego Zebrania.
2. Omówienie wyborów do Zarządu Głównego.
3. Sprawy bieżące.
4. Elektryczny ubój bydła (pokaz).
5. Zwiedzenie nowych urządzeń Elektrowni.

Zebranie zagał Prezes kol. J. Glatman, zaznaczając, iż w związku z wyjazdem na stałe sekretarza Oddz. Wileńskiego S. E. P. kol. Białkowskiego do Zamościa, wyłania się potrzeba wybrania nowego sekretarza. Zebranie, na wniosek kol. J. Glatmana, wybrało kol. M. Mołozawego.

Kol. J. Glatman przypomniał Zebraniu o zbliżających się wyborach Zarządu Głównego SEP'u, nadmieniając, że obowiązkiem każdego z członków jest wziąć czynny udział w Wyborach. Tryb postępowania wyborczego został wyczerpująco podany w instrukcji SEP'u przysłanej każdemu członkowi. W dalszym ciągu kol. Glatman poinformował Zebranie o sprawach załatwianych na posiedzeniu Zarządu Głównego SEP'u, w dniu 6.II.1937 r. Szczegółowo została omówiona i przedyskutowana sprawa zmiany „Statutu”, a mianowicie punktu traktującego o przyjęciu na członków SEP'u — techników ze średnim wykształceniem technicznym. Zebranie po dyskusji ostatecznie ustaliło swój punkt widzenia w uchwale treści następującej: „jeżeli chodzi o utrzymanie wysokiego poziomu technicznego Stowarzyszenia, jako organizacji inżynierskiej, zalecane jest nieprzyjmowanie w przyszłości na członków SEP'u absolwentów zreformowanej Szkoły im. Wawelberga i Rotwanda”. Współpracy na terenie Stowarzyszenia z inżynierami nienostyfikowanymi, Zebranie nie neguje.

W toku rozmów o budowie Hydroelektrowni w Szyłanach, kol. Glatman poinformował o zapatrywaniach decydujących czynników, na sprawę Szyłan, odczytując również najciekawsze ustępy z referatu inż. M. Altenberga „Siły wodne w Polsce”.

Po zapoznaniu się z nowymi wydawnictwami SEP'u w dziedzinie przepisów, uczestnicy Zebrania oglądali w Elektrowni, nowozakupioną dla Rzeźni Miejskiej aparaturę do uboju bydła i nowoustawiony w Elektrowni Miejskiej turbozespół „ASEA”.

Sekretarz:

(—) M. Mołozawy.

Prezes

(—) J. Glatman.

ODDZIAŁ LWOWSKI.

Zgłoszeni na członków zwyczajnych *):

Arbesbauer Antoni, inż., Lwów, Obertyńska 7/I m. 4.

Barzyński Jan, inż., Lwów, Pełczyńska 15.

Merczyński Józef, Lwów, Św. Teresy 2a.

Rokicki Stanisław, inż., Lwów, Częstochowska 28.

Sieprawski Władysław, Przemyśl, Mickiewicza 53 m. 23.

Świeykowska Zofia, inż., Lwów, Studentek 1.

ODDZIAŁ ŁÓDZKI.

Przyjęty na członka zwyczajnego:

Kopczyński Tadeusz, inż., Łódź, Przędzalniana 68 m. 2.

ODDZIAŁ RADOMSKO-KIELECKI.

Przyjęto na członków zwyczajnych:

Demel Jadwiga, inż., Skarżysko-Kamienna, Żeromskiego 48.

Załuska Hipolit, inż., Radom, Kellers-Krauz 33 m. 2.

ODDZIAŁ WARSZAWSKI.

Zgłoszeni na członków zwyczajnych *):

Bartkiewicz Czesław, inż., Warszawa 26, Washingtona 59 m. 4.

Bogusławski Jan, tchlg, Warszawa, Grochowska 15 m. 8.

Bujnicki Ignacy, inż., Kalisz, A. Piłsudskiej 2.

Gajl Jan, tchlg, Warszawa, Al. Washingtona 118 m. 10.

Głowacki Władysław, inż., Brześć n/B, Elektrownia Kolejowa.

Goerst Władysław, tchlg, Warszawa 4, Nieporęcka 12 m. 14.

Goszyński Leszek, inż., Warszawa, Szopena 12 m. 3.

Horodyski Wiaczesław, tchlg, Warszawa 4, Genewska 25.

Judycki Stanisław, inż., Warszawa, Filtrowa 71 m. 13.

Juszczakowski Jan, inż., Warszawa-Mokotów, Olimpijska 21 m. 2.

Kiliński Antoni, inż., Warszawa, Wyspiańskiego 11 m. 2.

Kodym Karol, inż., Piastów, Mickiewicza 42.

Lebida Czesław, inż., Warszawa, Czerniakowska 208 m. 5.

Maliszewski Paweł, inż., Warszawa - Saska Kępa, Walecznych 17 m. 2.

Nagórski Henryk Józef, tchlg, Warszawa, Nowy Świat 26 m. 7.

Nowicki Henryk, tchlg, Warszawa, Wybrzeże Kościuszkowskie 43.

Ossowiecki Feliks, inż., Warszawa, Al. Szustra 58.

Porczyński Kazimierz, inż., Warszawa - Mokotów, Łowicka 51 m. 20.

Przanowski Karol, inż., Grodzisk Mazowiecki, Szeroka 15.

Przanowski Ryszard, tchlg, Włochy pod W-wą, Rakowska 13 m. 2.

Ryżow Jan, inż., Warszawa, Świętokrzyska 13 m. 16.

Sypniewski-Odrowąż Stanisław, inż., Warszawa, 3-go Maja 5 m. 10.

Szczepański Józef, tchlg, Warszawa 4, Lubelska 23 m. 24.

Wolff Stanisław Tadeusz, inż., Kalisz, Pułaskiego 18 m. 5.

Zejdler Zbigniew, tchlg, Warszawa, Gęsia 49 m. 12.

Znamierowski Janusz, Warszawa, Tamka 34 m. 24.

Życzkowski Henryk, Warszawa, Mińska 7 m. 4.

Przyjęci na członków zwyczajnych:

Bandrowski Jerzy, inż., Warszawa, Smolna 10 m. 36.

Jacobi Czesław, inż., Włochy k. W-wy, ul. Zachodnia 30 m. 7.

Jaworski Mikołaj, inż., Rudniki, p. Piaseczno k. Żydaczowa.

Masiewicz Roman, tchlg, Włochy k. W-wy, ul. Stawy 11.

Pierzchlewski Jerzy, tchlg, Warszawa, ul. Dziennikarska 16.

Pociej Józef, inż., Warszawa, Mochnackiego 4 m. 46.

Rudolff Leonard, Warszawa - Mokotów, Rejtana 4/8.

Wojciechowski Edward, inż., Warszawa, Wybrzeże Kościuszkowskie 43 m. 2.

Żarski Kazimierz, tchlg, Bielsk Podlaski, ul. Traugutta 4.

ODDZIAŁ WILEŃSKI.

Zgłoszony na członka zwyczajnego *):

Druhowino Olgierd, inż., Wilno, Lwowska 13a m. 4.

ODDZIAŁ WOŁYŃSKI.

Zgłoszony na członka zwyczajnego *):

Korol Eugeniusz, Kowel, Spokojna 3.

ODDZIAŁ ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO.

Zgłoszony na członka zwyczajnego *):

Sobolewski Cyrus, inż., Radlin 1, G. Śląsk, kop. Ema.

*) Uwaga: Zgodnie z § 10 Statutu S.E.P. każdy członek Stowarzyszenia ma prawo złożenia właściwemu Zarządowi oddziału w ciągu 4 tygodni od daty niniejszego ogłoszenia umotywowanego protestu przeciwko przyjęciu powyższych kandydatów.

PRZEPISY BUDOWY ŚWIECZNIKÓW**).

Uwaga. Wszystkie prawa przedruku zastrzeżone przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich.

PRZEPISY OGÓLNE.

I. Wstęp.

§ 1. Zakres ważności.

1. Przepisy niniejsze mają zastosowanie ogólne. Odstępstwa od nich są dozwolone z tym zastrzeżeniem, że zarówno wytrzymałość elektryczna, jak i mechaniczna nie ulegną przy tym zmniejszeniu.

2. Przepisy niniejsze odnoszą się do wszystkich świeczników instalowanych w urządzeniach o napięciu nominalnym na zaciskach świecznika nie przekraczającym 250 V, o ile specjalne warunki pracy nie wymagają dodatkowych obostrzeń, podanych poniżej przy niektórych rodzajach świeczników.

§ 2. Określenia.

1. Pod nazwą *świecznik* należy rozumieć zespół oprawki żarówkowej z materiałem łączącym i zewnętrzną obudową, służący do oświetlenia i nazywany potocznie: oprawą, armaturą, lampą, żyrandolem itd.

2. *Świeczniki do oświetlenia zewnętrznego* są to świeczniki służące do oświetlenia ulic, placów, terenów fabrycznych, podwórzy itd.

3. *Świeczniki fabryczne* są to świeczniki, stosowane w zakładach przemysłowych, warsztatach mechanicznych, halach montażowych, magazynach fabrycznych i portowych itd.

4. Nazwa *wnętrze mieszkalne* obejmuje oprócz właściwych mieszkań również biura, sklepy, szkoły, sale odczytowe, kina, teatry itp. lokale.

II. WYMAGANIA OGÓLNE.

§ 3. Rodzaje świeczników i ich zastosowanie.

Świeczniki ze względu na ich przeznaczenie i sposób użycia dzielą się na:

*) Uwagi do niniejszego projektu należy nadsyłać w terminie do dn. 1 czerwca 1937 r. p. a.: Stowarzyszenie Elektryków Polskich. Warszawa, ul. Królewska 15.

**) Opracowane przez Podkomisję Komisji Przepisów Budowy i Ruchu. W pracach brali udział pp.: Jakubowski Gustaw, Kobosko Edward, Konarski Bolesław, Maliszewski Paweł, Nowicki Leon, Obrąpalski Jan, Puciata Wandalin, Sokolnicki Gabriel, Szapiro Bernarda (przewodniczący), Zabłocki Bronisław.

1. Świeczniki *nieruchome* do umocowania na stałe:
 - a) do oświetlenia zewnętrznego,
 - b) do oświetlenia zwykłych lokali fabrycznych,
 - c) do oświetlenia pomieszczeń wilgotnych i o wyziewach żrących,
 - d) do oświetlenia pomieszczeń z materiałami łatwopalnymi,
 - e) do oświetlenia pomieszczeń niebezpiecznych pod względem wybuchowym,
 - f) do oświetlenia wewnątrz mieszkalnych.
2. Świeczniki *nastawne*:
 - a) ściągane lub rozsuwane,
 - b) przegubowe.
3. Świeczniki *przenośne*:
 - a) lampy przenośne stołowe,
 - b) lampy ręczne warsztatowe.
4. Świeczniki *specjalne*:
 - a) do oświetlenia budynków, pomników itp. oraz do celów reklamowych,
 - b) różne inne (kolejowe, okrętowe, samochodowe, lotnicze, prętowe o małej średnicy (dla wnętrza beczek) itd).

Uwaga. Dla lamp wyszczególnionych w punkcie 4 będą wydane oddzielne przepisy.

§ 4. Budowa świeczników.

1. Jako materiał do wyrobu świeczników mogą być użyte metale, szkło, drzewo oraz wszelkie inne materiały.

Zarówno świeczniki wykonane z metalu, jak i wykonane z innych materiałów, muszą być konstrukcji bezwzględnie zapewniającej potrzebną wytrzymałość mechaniczną.

Przewody, oprawki i wtyczki, użyte do świeczników, muszą odpowiadać odnośnym przepisom PNE.

Rurki metalowe, użyte do budowy świeczników, muszą mieć ściankę o grubości równej co najmniej 1 mm.

Średnice wewnętrzne rurek i w ogóle kanałów prowadzących przewody muszą wynosić conajmniej:

6 mm	—	przy 2	przewodach	świecznikowych,
8 mm	—	przy 3	„	„
11 mm	—	przy 4	„	„

Przy większej liczbie przewodów otwory mają być odpowiednio większe.

2. Sposoby przymocowania uchwytów, oprawek, korpusów, wsporników itp. części winny być tego rodzaju, aby zapewniały potrzebną wytrzymałość mechaniczną i uniemożliwiały samoczynne ich odkręcanie się, obluźnienie lub przesunięcie. Części świeczników, przez które przechodzą przewody, muszą być wewnątrz gładkie; wszelkie nierówności i zadry mają być usu-

nięte, a ostre krawędzie zaokrąglone tak, aby wciąganie przewodów dało się skutecznie bez zahamowań i bez uszkodzenia ich izolacji.

3. We wszystkich świecznikach, wykonanych nie całkowicie z metalu, kanały przeznaczone do przeprowadzenia przewodów muszą być bezwzględnie wyłożone metalem. Wymaganie to nie stosuje się, gdy przewody są prowadzone w kanałach o ściankach z niepalnych i mało higroskopijnych materiałów, jak np. szkło, marmur, porcelana itp. lub też, gdy stosuje się wewnątrz świecznika przewody w izolacji co najmniej nie gorszej, niż przewód pojedynczy DG i LG lub sznur So.

4. Świeczniki, w których przewody są umocowane na częściach zewnętrznych, na ramionkach, żeberkach, łańcuchach itp. powinny być tak zbudowane i zmontowane, aby przewody nie podlegały przesuwaniu się oraz uszkodzeniom na zgięciach.

5. Budowa świeczników winna być taka, aby ciepło żarówki nie wpływało ujemnie na przewody oraz użyte do budowy świecznika materiały. (Uzyskuje się to przez dobrą wentylację, odpowiednią konstrukcję itd.).

§ 5. Prowadzenie przewodów.

1. Przewody prowadzone przez zagięcia lub w rurkach wygiętych muszą mieć żyły wielodrutowe (linkę). Przewody, prowadzone w rurkach prostych mogą być jednodrutowe. Końce przewodów wielodrutowych winny być oblutowane.

2. Jeżeli wewnątrz świecznika są odgałęzienia przewodów do kilku punktów świetlnych, np. do ramion żyrandola, to odgałęzienia te muszą być scentralizowane i umieszczone w dostępnych miejscach, a wszystkie łączenia przewodów, o ile nie są wykonane izolowanymi zaciskami, muszą być zlutowane i izolowane starannie paragonem i taśmą lub równowartościową izolacją.

3. Jeżeli przewody są prowadzone w rurkach żelaznych, rurki te muszą być wewnątrz lakierowane lub w inny sposób zabezpieczone przed rdzewieniem.

4. Żadnych odgałęzień ani łączeń wewnątrz rurek robić nie wolno.

5. O ile przewód jest narażony na uszkodzenia mechaniczne, winien posiadać opłot, odporny na działanie mechaniczne (przewody oponowe lub równowartościowe).

§ 6. Urządzenie do zawieszania.

1. Wieszaki świecznikowe muszą być wykonane tak, aby uszkodzenie przewodów przy poruszaniu się świecznika było uniemożliwione.

2. Urządzenie do zawieszania musi być wytrzymałe mechanicznie i znosić bez odkształcenia 4-krotny ciężar świecznika, a najmniej 5 kg.

§ 7. Wytrzymałość elektryczna.

1. Opór izolacji pomiędzy metalem świecznika a jego przewodami oraz między jednym przewodem świecznika a pozostałymi mierzy się induktorem, napięciem 500 V. Opór ten ma wynosić co najmniej 1 megom.

2. Pomiar oporu izolacji może być zastąpiony próbą na przebicie prądem zmiennym o napięciu 1000 V w ciągu 1 minuty.

§ 8. Znak wytwórni.

Świeczniki powinny posiadać znak wytwórni.

B. PRZEPISY SZCZEGÓŁOWE.

I. ŚWIECZNIKI DO OŚWIETLENIA ZEWNĘTRZNEGO.

§ 9. Budowa świeczników.

1. Świeczniki do oświetlenia zewnętrznego powinny być odporne na działanie wpływów atmosferycznych. W tym celu budowa ich powinna być tego rodzaju, aby np. emalia lub lakier, stanowiący powłokę ochronną, nie był narażony na uszkodzenie w normalnych warunkach i przy normalnej obsłudze lamp. Zwłaszcza emalia powinna być chroniona przed uszkodzeniem przy dokręcaniu śrubek (np. za pomocą podkładek fibrowych, gumowych lub tp.). Brzegi reflektorów emaliowanych powinny być w miejscu zawinięcia zalane emalią tak, aby woda nie miała dostępu do blachy niepokrytej emalią. Wszystkie śruby powinny być wykonane z materiałów nierdzewnych lub posiadać trwałą powłokę nierdzewną.

2. Świeczniki z urządzeniem do zawieszania na haku powinny posiadać wbudowane zaciski mosiężne, służące do przyłączania przewodów dosyłowych. Zaciski powinny być tak wbudowane, aby dla przyłączenia przewodów nie trzeba było otwierać świecznika i muszą być chronione od deszczu lub śniegu. Jeżeli przewody mają być wprowadzone do świecznika w sposób szczelny i doprowadzone do oprawki, to wówczas stosuje się wieszaki, które winny posiadać zaciski dławikowe.

3. W świecznikach, posiadających urządzenie do przesuwu żarówki, powinno być ono tak wykonane, aby przewody łączące oprawkę z zaciskami przyłączeniowymi nie były przy przesuwaniu żarówki narażone na uszkodzenie izolacji. Przewody powinny być linkowe.

4. Świeczniki powinny być tak zbudowane, aby śnieg lub deszcz nie dostawały się do wnętrza świecznika.

§ 10. Oprawki.

Ostona i gwint oprawek stosowanych w świecznikach zewnętrznych nie mogą być wykonane z cienkiej blachy mosiężnej, jak oprawki w świecznikach mieszkalnych. Oprawki te bowiem na powietrzu kruszeją. Grubość blachy mosiężnej użytej na osłony i gwinty musi wynosić najmniej 2 mm. Aby za-

bezpieczyć się przed kruszeniem muszą być części mosiężne dobrze wyżarzone, zaś w celu ochrony przed korozją winny być one poniklowane. Jako materiał przewodzący na gwinty stosuje się również miedź. Jako materiał izolacyjny stosuje się: porcelanę, steatyt, bakelit itd.

§ 11. Szkło ochronne.

1. Szkło ochronne powinno być tak osadzone, aby:

- a) nie pękało przy rozgrzaniu się od ciepła największej żarówki, mieszczącej się w świeczniku,
- b) nie doznawało uszkodzenia przy dokręcaniu śrub, przytrzymujących szkło,
- c) łatwa była wymiana żarówek i czyszczenie klosza.

W poprawnie skonstruowanym świeczniku do żarówek od 200 W wzwyż wymiana żarówek i czyszczenie klosza powinno odbywać się w ten sposób, aby klosz szklany nie musiał być całkowicie odejmowany, lecz był umocowany w reflektorze lub w innej części świecznika, np. przez zastosowanie zawiasów lub łańcuszków.

2. Szkła w świecznikach zewnętrznych winny posiadać u dołu otwór, umożliwiający ściekanie wody lub pary skroplonej.

§ 12. Przewody.

Przewody nie mogą mieć izolacji mniej wartościowej niż typu DG lub LG. Stosowanie przewodów świecznikowych w świeczniku zewnętrznym nie jest dozwolone.

II. ŚWIECZNIKI FABRYCZNE ZWYKŁE.

§ 13. Rodzaje świeczników.

Świeczniki fabryczne dzielą się na 2 grupy:

1. świeczniki do oświetlenia ogólnego,
2. świeczniki do oświetlenia miejscowego (poszczególnych miejsc pracy).

§ 14. Budowa.

1. Świeczniki fabryczne do oświetlenia ogólnego nie różnią się w swej budowie zasadniczo od świeczników zewnętrznych. Przy tym w zakładach przemysłowych suchych i zamkniętych mogą być stosowane oprawki mosiężne typu mieszkaniowego, a szkła ochronne mogą nie posiadać otworów ściekowych.

2. W zakładach przemysłowych o dużym zanieczyszczeniu powietrza kurzem, pyłem itp., jak np.: w fabrykach tekstylnych, tartakach, młynach należy stosować świeczniki uszczelnione, do których wnętrza nie może się przedostać kurz i pył z powietrza. Szkła ochronne w tych świecznikach nie mogą mieć oczywiście otworów ściekowych, zaś same świeczniki nie mogą mieć otworów wentylacyjnych. Zaleca się stosowanie szkła o kształtach, utrudniających gromadzenie się kurzu (np.:

szkła o powierzchniach bocznych, leżących pod możliwie małym kątem do pionu oraz o możliwie małej powierzchni górnych płaszczyzn poziomych).

3. Świeczniki w zakładach przemysłowych zawieszane w miejscach, gdzie mogą być narazone na uszkodzenie mechaniczne, winny mieć siatkę ochronną. Siatka powinna możliwie zabezpieczać klosz przed stłuczeniem, a w razie stłuczenia zastrzykiwać większe ułamki szkła.

4. W pomieszczeniach zakładów przemysłowych nie różniących się w zasadzie od pomieszczeń mieszkalnych i biurowych mogą być stosowane świeczniki przewidziane dla wnętrz mieszkalnych.

5. Świeczniki do oświetlenia miejscowego (poszczególnych miejsc pracy) winny albo mieć oprawki z trwałego materiału izolacyjnego, albo też być zaopatrzone w szkła ochronne, uniemożliwiające dotknięcie oprawki. Gdy grozi stłuczenie szkła, należy jeszcze przewidzieć siatkę ochronną.

III. ŚWIECZNIKI DO POMIESZCZEŃ WILGOTNYCH I O WYZIEWACH ŻRĄCYCH.

§ 15. Budowa.

1. Świeczniki do pomieszczeń wilgotnych i o wyziewach żrących powinny być możliwie uszczelnione i nie dopuszczać przenikania wilgoci do wnętrza.

2. Materiał użyty do budowy świeczników powinien być odporny na działania wilgoci lub też odpowiednio od niej chroniony. W tym celu można stosować prócz porcelany, szkła itp., żeliwo, stal i miedź, okadmowane, chromowane, emaliowane lub lakierowane w sposób trwały, zabezpieczający metal od utlenienia.

§ 16. Szkła ochronne.

1. Świeczniki winny posiadać szkło ochronne zamknięte i tak umocowane, aby zabezpieczało oprawkę i żarówkę od bezpośredniego zetknięcia się z wilgotnym powietrzem.

2. Jeżeli świeczniki mają szkło ochronne wkręczone na gwint, muszą one być wkręczone co najmniej na trzy pełne obroty. Požadane jest przy tym zabezpieczenie szkła od odkręcenia się.

3. Szkła ochronne winny być uszczelnione w miejscu umocowania pierścieniem z gumy lub z materiału równowartościowego.

§ 17. Oprawki.

Oprawki użyte do tych świeczników winny być odporne na działanie wilgoci (§ 10 niniejszych przepisów).

§ 18. Przewody.

Miejsca wprowadzenia przewodów do świecznika powinny być uszczelnione.

IV. ŚWIECZNIKI DO OŚWIETLANIA POMIESZCZEN Z MATERIAŁAMI ŁATWOPALNYMI.

§ 19. Określenie.

Świeczniki te służą do oświetlenia pomieszczeń niebezpiecznych pod względem ogniowym, a mianowicie pracowni lub składów materiałów zapalnych, a także takich pracowni, w których z natury pracy wynika powstawanie zapalnych gazów, par, pyłu i włókien, jak np. gumna, składy siana lub słomy, młyny, fabryki waty, fabryki wyrobów papierowych, przędzalnie bawełny, tartaki, stolarnie mechaniczne itd., gdzie jednakże nie ma niebezpieczeństwa wybuchu od iskry elektrycznej, np.: powstałej przy wykręceniu się żarówki z oprawki.

§ 20. Budowa świeczników.

1. Świecznik winien być wykonany z materiałów niepalnych, jak metale, szkło, porcelana, bakelit itd. Niedopuszczalne są: drzewo, celofan, papier przetłuszczony itd.

2. Żarówka winna być zabezpieczona przed uszkodzeniem i spadnięciem przy pomocy siatki ochronnej, przy czym wymiary oczka siatki powinny być takie, aby żarówki nie można było przez oczko wyciągnąć.

3. Oprawki powinny mieć kontakt środkowy sprężynujący lub inne urządzenie, utrudniające samoczynne odkręcanie się żarówki.

4. Tam, gdzie istnieje obawa, że zetknięcie się bezpośrednio materiałów łatwopalnych z świecznikiem może grozić zapaleniem się tych materiałów, należy zastosować świecznik takiej budowy, aby pod wpływem ciepła, wydzielanego przez największą mieszczącą się w świeczniku żarówkę, temperatura części świecznika, mogących się zetknąć z materiałami łatwopalnymi, była niższa od temperatury zapłonu danych materiałów.

V. ŚWIECZNIKI PRZECIWWYBUCHOWE DO POMIESZCZEŃ NIEBEZPIECZNYCH POD WZGLĘDEM WYBUCHOWYM.

§ 21. Określenie.

Świeczniki te służą do oświetlenia pomieszczeń niebezpiecznych pod względem wybuchowym, a mianowicie: kopalni, zawierających metan (gaz ziemny), wszelkich pracowni i składów materiałów wybuchowych, a także takich pomieszczeń, w których stwierdzono gromadzenie się wybuchowych gazów lub par, jak np. prochnownie, fabryki nabożów, fabryki celulozoidu, niektóre działy rafinerii ropy lub spirytusu, gazowni itd.

§ 22. Rodzaje świeczników.

1. Świeczniki do umieszczenia na stałe przyłączane do sieci prądu silnego.

2. Świeczniki (latarki) przenośne, wyłącznie akumulatrowe.

§ 23. Świadectwa ochronne.

Świeczniki przeciwwybuchowe stosowane na kopalniach muszą posiadać świadectwo ochronne Urzędu Górniczego lub kopalni doświadczalnej Barbara w Mikołowie. Poza tym na świeczniku musi być uwidoczniona firma produkująca.

§ 24. Budowa świeczników do umieszczenia na stałe.

1. Świecznik winien być wykonany z odlewu żeliwnego lub żelaza kuto-lanego.

2. Żarówka winna być osłonięta szczelnie kloszem szklanym, którego grubość dla średnic do 200 mm wynosi co najmniej 6 mm, dla średnic od 200 do 250 mm — 7 mm i dla większych średnic — 8 mm.

3. Klosz szklany winien być zabezpieczony przed mechanicznymi uszkodzeniami przy pomocy trwałej siatki żelaznej, uodpornionej na działanie rdzy, np.: przez okadmowanie.

Siatka winna mieć oczko o takich wymiarach, aby w razie stłuczenia klosza, przez oczko nie przeszła żarówka, mieszcząca się w danym świeczniku. Grubość drutu siatki winna wynosić co najmniej 5 mm. Poza tym siatka ma mieć taką konstrukcję, aby jej nie można zdemontować przy zamkniętym świeczniku i bez użycia narzędzi.

4. Temperatura zewnętrznych części świecznika musi przy zastosowaniu największej, mieszczącej się w świeczniku, żarówki być niższa od tej temperatury, przy której może powstać niebezpieczeństwo wybuchu.

5. Budowa świecznika winna być taka, ażeby wnętrze świecznika miało jak najmniejszą objętość. Z dwóch świeczników dla żarówki tej samej wielkości ten będzie lepszy, którego wnętrze będzie miało mniejszą objętość.

6. Szkło winno być osadzone szczelnie w ramce w sposób wykluczający samoczynne obluźnienie się, przy czym sposób umocowania szkła winien wykluczać powstawanie w nim szkodliwych naprężeń. W celu uszczelnienia szkła należy stosować materiały, dające gwarancję trwałości szczeliwa, zaś budowa świecznika powinna zabezpieczać szczeliwa od mechanicznych uszkodzeń.

7. Świecznik powinien być jaknajszczelniejszy. W tym celu ramka ze szkłem i siatką powinna być połączona z korpusem przy pomocy silnych zawiasów i zamykana na klucz. Poza tym muszą być zastosowane uszczelnienia między korpusem a ramką oraz między ramką a zamkiem.

8. W korpuse mogą być wywiercone na wylot tylko te otwory, które są potrzebne do przeprowadzenia przewodów. Otwory te muszą być zaopatrzone w zaciski dławikowe. Żadne inne otwory na wylot wiercone być nie mogą.

9. Do otwierania świecznika służy specjalny klucz, aby osoby niepowołane nie mogły otwierać świecznika.

10. Świecznik ma posiadać śrubę uziemiającą.

§ 25. Oprawki.

W świecznikach przeciwwybuchowych muszą być zastosowane specjalne oprawki przeciwwybuchowe. Bez tej oprawki świecznik nie jest bezpieczny pod względem wybuchowym w sensie niniejszych przepisów.

Zasadniczą cechą oprawek przeciwwybuchowych jest sprężynujący pieńek (kontakt środkowy), który przesuwają się przy wkręcaniu żarówki i zamyka obwód przez zetknięcie się dwóch styków osadzonych w małej, szczelnie zamkniętej komorze dopiero po zupełnym wkręceniu żarówki. Dzięki temu iskra, która powstanie w tej komorze przy wkręcaniu i wykręcaniu żarówki lub jej samoczynnym obluźnieniu się, nie może wywołać wybuchu na zewnątrz oprawki, a tym bardziej na zewnątrz szkła.

Szerokość powierzchni styków, uszczelniających wnętrze oprawki, musi wynosić co najmniej 5 mm. Części, które do siebie nie przylegają szczelnie, nie mogą mieć luzu większego niż 0,25 mm.

Zaciski przyłączeniowe w oprawce muszą mieć możliwie dużą powierzchnię stykową i być zabezpieczone przed obluźnieniem się przez zastosowanie podkładek sprężynujących lub w inny sposób.

§ 26. Wyłączniki.

W celu dalszego zwiększenia bezpieczeństwa zaleca się stosowanie specjalnych wyłączników przeciwwybuchowych. Są to wyłączniki tzw. pakietowe, w których części kontaktujące są szczelnie zamknięte w komorach o możliwie małej objętości, co uniemożliwia przedostanie się iskry na zewnątrz wyłącznika. Wyłączniki te są w ten sposób wbudowane w świecznik, że otwieranie kluczem świecznika powoduje równocześnie obrót wyłącznika i wyłączenie prądu. W ten sposób po otwarciu świecznika oprawka jest wyłączona z pod napięcia. Wyłączniki mogą być wbudowane również w taki sposób, aby dostęp do klucza otwierał się dopiero po wyłączeniu wyłącznika.

Stosowanie w świecznikach innych wyłączników jest nie dopuszczalne.

§ 27. Przyłączenie do sieci.

Przewody w miejscu wprowadzenia do świecznika muszą być uszczelnione.

§ 28. Budowa akumulatorowych świeczników (latarek) przeciwwybuchowych przenośnych.

1. Korpus latarki powinien być wykonany z blachy żelaznej lub stalowej, spawanej w miejscu łączenia.

2. Głowica winna być wykonana z odlewu metalowego lub wytłoczone z blachy odpowiedniej grubości.

3. Połączenie korpusu z głowicą, jak w ogóle cała latarka musi być wykonana jako gazoszczelna i przeciwwybuchowa. Do wyłączenia i zapalania żarówki może służyć urządzenie umieszczone w sposób szczelny wewnątrz latarki. Wyłączniki osadzone zewnątrz latarki nie są dopuszczalne.

4. Oprawka osadzona w głowicy powinna być osłonięta w sposób szczelny kloszem ze szkła o grubości co najmniej 5 mm.

5. Klosz szklany winien być zabezpieczony od mechanicznego uszkodzenia przy pomocy mocnej siatki żelaznej takiej konstrukcji, aby nie można jej było zdemontować przy zamkniętej latarce i bez użycia narzędzi.

6. Zewnętrzne i wewnętrzne części metalowe winny być uodpornione na działanie rdzy i wpływów atmosferycznych, np. przez galwaniczne pokrycie kadmem.

7. O ile to jest możliwe ze względów na warunki ruchu i obsługę, powinna latarka akumulatorowa posiadać zamek elektromagnetyczny tego rodzaju, że robotnik nie może latarki sam otworzyć. W celu naładowania akumulatora, względnie wymiany żarówki odbywa się otwieranie latarki po skończonej pracy w tak zw. lampiarni przy pomocy elektromagnesu. Zamek elektromagnetyczny musi być zastosowany przy latarkach akumulatorowych, używanych w zagazowanych kopalniach węgla.

W zakładach przemysłowych lub innych poza górnictwem oraz tam, gdzie nie ma specjalnego urządzenia do otwierania lamp zamkiem elektromagnetycznym można stosować latarki zaopatrzone w zamek mechaniczny do otwierania ręcznego.

8. Latarka powinna mieć haczyk do zawieszenia, a poza tym być takiej konstrukcji, aby ją można było postawić. Wymaganie to nie dotyczy specjalnych latarek przymocowywanych na czapkach.

9. Jeżeli istnieje niebezpieczeństwo powstania iskry wskutek upadku metalowej latarki na części metalowe lub posadzkę kamienną, wówczas należy przewidzieć specjalne zabezpieczenie utrudniające powstanie iskry.

10. Akumulator powinien mieć taką pojemność, aby żarówka mogła palić się bez przerwy przez czas 1,25 razy dłuższy, niż czas pracy jednej zmiany w danym przedsiębiorstwie.

11. Waga lampy powinna być jak najmniejsza i nie powinna przekraczać 5 kg.

VI. ŚWIECZNIKI STAŁE DO OŚWIETLENIA WNĘTRZ MIESZKALNYCH.

§ 29. Budowa.

1. Budowa i materiał świeczników muszą odpowiadać § 4 niniejszych przepisów.

2. Punkty świetlne świeczników wielopłomiennych zaleca się podzielić na kilka grup, pozwalających na włączanie tylko części żarówek.

W wielkich żyrandolach należy podzielić punkty świetlne na obwody, uwzględniając wymagania Przepisów Budowy i Ruchu PNE/10 § 10, p. 3d co do zabezpieczenia poszczególnych obwodów bezpiecznikami 6 lub 10 A.

3. Umocowanie szkieł winno być tego rodzaju, aby szkło przy przykręcaniu było możliwie zabezpieczone od pęknięcia, a po przykręceniu było możliwie zabezpieczone od wypadnięcia.

4. Części świeczników, jak np. rozety, rurki itp., przylegające do ścian względnie sufitów, mogą być umocowane bezpośrednio na tych ostatnich. Muszą jednak być tak urządzone, aby było dość miejsca dla dogodnego przyłączenia przewodów do sieci i swobodnego umieszczenia przewodów wraz z odpowiednimi zaciskami przyłączowymi.

Pożądaną jest przy lampach wiszących urządzenie rozet przesuwalnych, które pozwalają na łatwe przyłączenie świecznika do sieci przy opuszczonej rozecie, a po podciągnięciu rozety pod sufit zakrywają i chronią od kurzu miejsce przyłączenia.

Izolujące wieszaki świecznikowe oraz podkładki drewniane nie są wymagane.

VII. ŚWIECZNIKI NASTAWNE.

§ 30. Określenie.

Świeczniki nastawne są to świeczniki tak zbudowane, że wzajemne położenie poszczególnych części może być łatwo zmieniane. Są to świeczniki ściągane, rozsuwane, przegubowe itp.

§ 31. Budowa.

1. Przy lampach ściąganych (blokowych) rolki do sznurów zwieszakowych muszą mieć średnicę co najmniej 35 mm. Odpowiednie średnice obrzeży rolek muszą wynosić co najmniej 45 mm.

2. Rurki ze spiralami przy lampach rozsuwanych muszą mieć średnicę co najmniej 14 mm.

3. W lampach przegubowych konstrukcja przegubów powinna być taka, aby przewody nie były narażone na uszkodzenia.

§ 32. Przewody.

Do lamp ściąganych zawieszonych na sznurze wolno stosować tylko sznur zwieszakowy typu SZo. Miejsca przyłączenia przewodów muszą być na obu końcach odciążone z naciągu, aby świecznik wisiał na lince nośnej, zaś żyły miedziane były odciążone. Oplot przewodu ma być pewnie umocowany i zabezpieczony od skręcenia i zesunięcia się.

VIII. LAMPY PRZENOŚNE (BIURKOWE) DO MIESZKAŃ SUCHYCH I CZYSTYCH LOKALI.

§ 33. Budowa.

1. Otwory służące do wprowadzenia przewodów wewnątrz lampy powinny posiadać trwale umocowane tulejki izolacyjne. Tulejki muszą być umocowane bądź na gwint, bądź przy pomocy nakrętki. Średnica otworu tulejki powinna wynosić co najmniej 7 mm.

2. Przewody łączące lampę przenośną z wtyczką muszą być typu nie słabszego niż przewody So i muszą być zarówno w lampie jak i we wtyczce zabezpieczone od naciągu.

Przewody świecznikowe są do tego celu niedopuszczalne.

3. Stosowanie przewodów świecznikowych wewnątrz lamp jest niepożądane. Dopuszczalne są tylko wówczas, gdy brak miejsca nie pozwala na zastosowanie przewodów o większej średnicy zewnętrznej.

Wówczas połączenie przewodu świecznikowego z przewodem łączącym lampę z wtyczką musi być specjalnie starannie wykonane bądź za pomocą zacisków umocowanych do korpusu lampy, bądź też za pomocą wlotowania ich i starannego zaizolowania paragonem i taśmą lub równoważącą izolacją. Miejsce połączenia przewodów musi być bezwzględnie odciążone od naciągu.

IX. LAMPY RĘCZNE.

§ 34. Rodzaje lamp.

Lampy ręczne ze względu na miejsce użycia dzielą się na:

- 1) lampy ręczne używane w suchych warsztatach i innych suchych pomieszczeniach,
- 2) lampy ręczne używane w pomieszczeniach wilgotnych lub przy pracy w kotłach, zbiornikach metalowych, względnie przy pracy w zetknięciu z wielkimi konstrukcjami żelaznymi, albo przy pracy na otwartym powietrzu.

§ 35. Budowa lamp.

1. Korpusy i rękojeści (rączki) lamp ręcznych muszą być zbudowane z materiału izolacyjnego, niepalnego i odpornego na działanie wilgoci.

Materiał ten musi być odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej.

2. Miękką gumą jest jako materiał korpusu i rękojeści dozwolona, nie wolno jej jednak użyć do umocowania części, znajdujących się pod napięciem, i nie powinna ona dotykać tych części.

3. Rękojeść (rączka) winna być wykonana bez żadnych wzmacniających rdzeni lub szkieletów metalowych.

4. Części będące pod napięciem muszą być zabezpieczone przed przypadkowym dotknięciem również przy zdjętym kloszu i siatce ochronnej, nawet przy wkręcaniu i wykręcaniu żarówki.

Lakierowanie lub emaliowanie części metalowych nie jest uważane za izolację chroniącą przed dotykiem.

5. Osłony zabezpieczające części prąd wiodące przed dotykiem powinny być wystarczająco wytrzymałe i pewnie umocowane. Odjęcie tych osłon powinno być możliwe tylko przy pomocy odpowiednich narzędzi.

6. Każda lampa ręczna, nawet używana w pomieszczeniu suchym, musi być zaopatrzona w klosz lub siatkę ochronną.

7. Lampy ręczne używane w pomieszczeniach wilgotnych lub przy pracy w pobliżu konstrukcji żelaznych, wewnątrz kotłów, zbiorników metalowych itp., muszą być zaopatrzone jednocześnie w klosz i siatkę ochronną.

8. Siatka ma być tak zbudowana i umocowana, aby chroniła szkło od stłuczenia nawet w razie opuszczenia lampy na ziemię oraz żeby wytrzymała siłę rozciągającą w kierunku osi lampy co najmniej 10 kg.

9. Umocowanie klosza musi być tego rodzaju, aby przy manipulowaniu lampą, potrząsaniu nią lub uderzeniach klosz nie obluźowywał się.

10. Siatka i inne części zewnętrzne metalowe muszą być umocowane bezpośrednio na korpusie z materiału izolacyjnego.

11. Części lampy ręcznej powinny być ze sobą tak połączone, aby nie dały się od siebie oddzielić bez użycia narzędzi.

Warunek ten nie dotyczy klosza i siatki ochronnej.

12. Lampa ręczna winna być zaopatrzona na widocznym miejscu w znak firmowy. Wytwórnice mogą uzyskać uprawnienie do znakowania wyrabianych przez siebie przyborów znakiem przepisowym SEP, o ile wyroby odpowiadają niniejszym przepisom i normom.

§ 36. Oprawki.

1. Zewnętrzne części oprawki muszą być wykonane z materiału izolacyjnego, o ile cała oprawka nie jest tak umieszczona wewnątrz korpusu lampy, że żadnej metalowej części oprawki nie można dotknąć po przez siatkę.

2. Oprawki stosowane w lampach ręcznych muszą być bez kurka.

Uwaga. W razie potrzeby wolno przy lampie umieścić wyłącznik wbudowany do lampy i wyłącznik ten musi odpowiadać przepisom na wyłączniki puszkowe.

3. Lampy ręczne używane w pomieszczeniach takich, jak wyszczególnione w § 33 p. 3 nie mogą posiadać wyłączników.

§ 37. Przewody i ich prowadzenie.

1. Nie wolno stosować w lampach ręcznych przewodów świecznikowych typu *LS, SZ, So*.

Należy stosować w każdym przypadku, zależnie od stopnia narażenia przewodu na uszkodzenie, odpowiednie przewody warsztatowe, przewód w oponie gumowej lub azbestowej, obszyty skórą, sznur przemysłowy lub gospodarczy.

2. Kanały i otwory, służące do wprowadzenia przewodów do lampy muszą być tej średnicy, aby umożliwiały wprowadzenie powyższych przewodów, bez naruszania ich powłoki przynajmniej aż do urządzenia, zabezpieczającego od ciągnięcia miejsce przyłączenia przewodów.

Otwory te winny być tak wykonane, aby uniemożliwione było uszkodzenie giętkiego przewodu, doprowadzającego prąd do lampy, nawet przy częstym zginaniu.

3. W lampach ręcznych, używanych w pomieszczeniach wilgotnych, otwory do wprowadzania przewodów powinny być zabezpieczone za pomocą odpowiedniego uszczelnienia od przenikania wilgoci do wnętrza lampy.

4. W lampie ma się znajdować urządzenie, zabezpieczające miejsce przyłączenia przewodów od naciągu, a płaszcz ochronny przewodów od obsunięcia się lub przetarcia.

5. Konstrukcja oprawki winna umożliwić przyłączenie przewodów o przekrojach 0,75 do 2,5 mm².

§ 38. Próby typu.

1. Lampę ręczną poddaje się próbom na:

- wytrzymałość mechaniczną,
 - odporność na wilgoć,
 - wytrzymałość elektryczną,
- w wyżej podanej kolejności.

2. Do próby pobiera się 3 lampy, przy czym każdą poddaje się wszystkim próbom.

3. Wynik uważa się za ujemny, o ile więcej niż jedna lampa z wziętych do próby nie odpowiada wymaganiom jednej z prób.

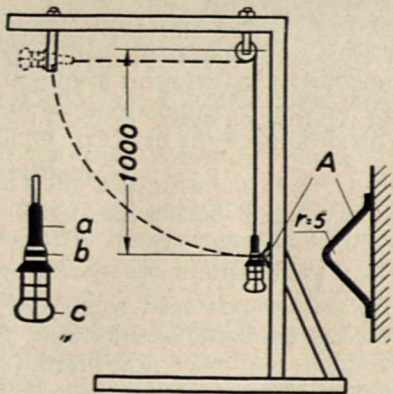
O ile nie odpowiada wymaganiom tylko jedna sztuka, to próbę, przy której wynik był ujemny, należy powtórzyć ze wszystkimi próbami poprzedzającymi na 3-ch nowych sztukach.

Wynik uważa się za dodatni w tym przypadku, o ile wszystkie 3 lampy odpowiadają wymaganiom.

§ 39. Wytrzymałość mechaniczna.

1. Do próby wytrzymałości mechanicznej używa się stojaków wg rys. 1. Metalowy zderzak A znajdujący się na stojaku musi mieć promień krzywizny $r = 5$ mm.

2. Lampę ręczną wraz z normalnie zmontowanym odpowiednim przewodem, umocowuje się na stojaku tak, aby punkt zawieszenia znajdował się w odległości 1 m od zderzaka.



Przyrząd do próby wytrzymałości mechanicznej.

Po podniesieniu lampy do poziomu puszcza się ją tak, aby spadała ruchem swobodnym.

3. Lampę poddaje się próbie w punktach a, b i c po 1 uderzeniu na każdy punkt, po czym lampę obraca się o 90° dookoła osi i próby powtarza się.

4. Badanie urządzenia odciążającego (§ 36 p. 4) wykonywa się wg przepisów PNE/40 § 73.

5. Po wykonaniu prób lampa powinna być zdolna do normalnego użycia. (Wkłęśnięcia nie uważa się za uszkodzenie).

§ 40. Próba odporności na wilgoć.

Lampy ręczne dla pomieszczeń suchych (§ 33 p. 1) poddaje się próbom odporności na wilgoć według stopnia 1-szego „Przepisów budowy przyborów instalacyjnych” — PNE/40, § 18, zaś lampy ręczne dla pomieszczeń wilgotnych itd. (§ 33 p. 2) próbuje się według stopnia 2-giego.

§ 41. Próba izolacji.

Natychmiast po próbie wytrzymałości na wilgoć podług stopnia 1-go lub 2-go bada się opór izolacji prądem stałym o napięciu ok. 500 V. Opór izolacji mierzy się pomiędzy zaciskami lampy, pomiędzy zaciskami a siatką oraz wszystkimi innymi metalowymi częściami zewnętrznymi lampy, pomiędzy zaciskami a okładziną ze staniolu nałożoną na rękojeści.

Po upływie 1 minuty od przyłożenia napięcia opór izolacji ma wynosić nie mniej niż 2 megomy.

§ 42. Próba wytrzymałości dielektrycznej.

Wytrzymałość dielektryczną na przebicie badać należy bezpośrednio po próbie izolacji. Napięcie przykłada się kolejno do tych samych części lampy jak w paragrafie poprzednim.

Lampa musi wytrzymać bez przebicia lub przeskoku napięcie 1500 V prądu zmiennego praktycznie sinusoidalnego w ciągu 1 minuty dla każdej próby.

PRZEPISY NA ELEKTRYCZNE PRZEWODY SAMOCHODOWE**).

Uwaga. Wszelkie prawa przedruku zastrzeżone przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich.

I. WSTĘP.

§ 1. Zakres stosowania.

Przepisy niniejsze stosują się do przewodów, używanych na samochodach, ciągnikach, motocyklach i innych pojazdach mechanicznych.

§ 2. Termin ważności.

Przepisy niniejsze wchodzi w życie z dniem...

§ 3. Określenia.

1. *Oporność właściwa* metalu w postaci drutu o długości l m, jednostajnym przekroju s mm² i oporności R wyraża się w $\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$ jako:

$$\rho = \frac{R \cdot s}{l}$$

2. *Przewodność właściwa* jest to odwrotność oporności właściwej; wyraża się ją w $\frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2}$, jako:

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

3. Jako miedź *wzorową* rozumie się miedź o własnościach, podanych w PNE-4.

4. Jako miedź *przewodową* rozumie się miedź, odpowiadającą warunkom § 9 i stosowaną na przewody elektryczne.

5. *Zyta* jest to metalowa część przewodu, przeznaczona do przewodzenia prądu elektrycznego.

*) Uwagi do niniejszego projektu należy nadsyłać w terminie do dn. 1 czerwca 1937 r. p. a.: Stowarzyszenia Elektryków Polskich, Warszawa, ul. Królewska 15.

**) Opracowane przez Podkomisję Przewodów Izolowanych Komisji IV oraz przez Komisję XXI Urzędzeń Elektrycznych na Samochodach. W pracach brali udział: pp. Bornstein Leopold, Dubicki Bolesław, Giaro Józef, Hac Bolesław, Horsi Stanisław, Jakubowski Gustaw, Kamiński Tadeusz, Kobosko Edward, Kwieciński Jan, Lubodziecki Stanisław, Maciejewski Tadeusz, Majkowski Konstanty, Nowak Eufemiusz, Rubinstein Tobiasz, Sągajłowa Maria, Żarski Antoni, Żemajtys Włodzimierz.

Zyła może być jednolita (drut) lub skręcona z pewnej liczby drutów (linka). Linka może być złożona z kilku skrętek wielodrutowych.

6. Przewód jednożyłowy ma jedną żyłę roboczą, która może być drutem lub linką.

7. Przewód wielożyłowy ma kilka żył roboczych, drutów lub linek izolowanych jedne od drugich, przy czym żył uziemiających, drutów probierczych itp. nie bierze się w rachubę przy oznaczaniu liczby żył.

8. Przekrój rzeczywisty przewodu określa się w mm² jako:

$$s = \frac{m}{\delta l},$$

gdzie m jest to masa w gramach, l — długość w m, a δ — gęstość w g/cm³.

9. Przekrój czynny przewodu jedno lub wielodrutowego jest to przekrój drutu o takiej samej oporności na jednostkę długości, jaką ma dany przewód, lecz posiadający przewodność właściwą, wymaganą dla tego przewodu wg § 9. Przekrój czynny w każdym razie nie może być mniejszy od nominalnego.

10. Przekrój nominalny jest to zaokrąglona wartość, której w zasadzie powinien równać się przekrój rzeczywisty. Jest to stosowana potocznie nazwa przekroju przewodu.

Uwaga. Jako przekrój przewodu, o ile inaczej nie jest zaznaczone, rozumie się jego przekrój czynny.

11. Odzież przewodu służy do ochrony żyły od wpływów zewnętrznych chemicznych lub mechanicznych.

12. Izolacja przewodu (powłoka gumowa) służy do elektrycznego izolowania żyły. Powłoka gumowa stanowi szczelną warstwę gumy.

13. Oplot jest to otoczenie przewodu powłoką siatkową.

14. Opona gumowa jest to szczelna warstwa gumy, otaczająca izolowany przewód, mająca na celu wzmoczenie wytrzymałości mechanicznej przewodu.

15. Napięciem nominalnym nazywa się najwyższe napięcie robocze, dla którego dany przewód jest wykonany.

§ 4. Normalne przekroje nominalne.

Normalne przekroje nominalne żył są następujące: 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 26; 35; 50; 70; 95; 120 mm².

§ 5. Znak przepisowy.

Wytwórcie mogą uzyskać uprawnienie do znakowania wyrabianych przez siebie przewodów Znakiem Przepisowym SEP, o ile wyroby odpowiadają niniejszym przepisom. Znakiem Przepisowym w zastosowaniu do przewodów jest nitka barwy żółtej, umieszczona obok nitki fabrycznej pod odzieżą przewodu.

§§ 6 — 8 — na ewentualne dalsze uzupełnienia.

II. WYMAGANIA OGÓLNE.

§ 9. Miedź przewodowa miękka.

Miedź użyta na przewody ma odpowiadać następującym warunkom:

1) przewodność właściwa przy temperaturze 20° ma wynosić co najmniej —

dla linek skręconych z drutów ocynowanych o średnicy

poniżej 1 mm do 0,3 mm włącznie . . . 55

„ 0,3 mm 54

2) wytrzymałość doraźna na rozciąganie ma wynosić 20 do 27 kg/mm², przy czym górna granica odpowiada drutom cienkim, a dolna — grubszym z tablicy podanej w punkcie 3. Dla drutów, rozplecionych z linek dopuszcza się tolerancję do 10%.

3) wydłużenie próbki zerwanej przy długości pomiarowej 100 mm ma wynosić co najmniej:

Średnica drutu w mm		Wydłużenie w %
ponad	do	
—	0,24	15
0,25	0,4	20
0,4	0,7	25

§ 10. Wykonanie żyły.

Zyła ma być wykonana z ocynowanych w roztopionej cynie drutów z miękkiej miedzi przewodowej o przewodności właściwej wg § 5 pkt. 1.

§ 11. Wytrzymałość doraźna na rozciąganie powłoki gumowej.

Powłoka z gumy wulkanizowanej musi mieć wytrzymałość doraźną przed i po próbie starzenia co najmniej 50 kg/cm², a wydłużenie przy rozerwaniu co najmniej 250%, t. j. przy długości pomiarowej początkowej 2 cm długość przy zerwaniu ma być co najmniej 7 cm.

§ 12. — na ewent. dalsze uzupełnienia.

III. BUDOWA PRZEWODÓW.

§ 13. Przewód wysokiego napięcia (zapłonowy ZS i zapłonowy ekranowany ZSek).

1. Przewód w izolacji gumowej i w oplocie bawełnianym, lakierowanym (ZS), do obwodów zapłonowych.

Budowa. — Żyła miedziana wg §§ 9 i 10, ocynowana, o przekroju 1,5 mm² z drutów o średnicy co najwyżej 0,25 mm,

w powłoce co najmniej czterowarstwowej z gumy wulkanizowanej (§ 11) o grubości nie mniejszej niż 2,1 mm i oplocie bawełnianym lakierowanym (§ 26). Średnica zewnętrzna przewodu powinna wynosić $7 \pm 0,3$ mm. Skok skrętu żyły linkowej powinien wynosić 11 — 14 średnic zewnętrznych linki. Kierunek skrętu w zewnętrznej warstwie ma być taki, aby druty tworzyły linię śrubową, odpowiadającą śrubie lewoskrętnej. Na powłokę zakłada się oplot z nici bawełnianych i powleka go lakierem.

2. Przewód w izolacji gumowej i oplocie bawełnianym lakierowanym, ekranowany (ZSek), do obwodów zapłonowych.

Budowa. — Przewód ekranowany posiada budowę taką samą jak przewód ZS, ale ma nadto na oplocie bawełnianym, lakierowanym oplot z drutów miedzianych, ocynowanych, o przewodności właściwej co najmniej $53 \frac{m}{\Omega \text{ mm}^2}$ o średnicy co najwyżej 0,2 mm. Oplot ten powinien być wykonany co najmniej ze 144 drutów.

§ 14. Przewód niskiego napięcia (LGS), do obwodów oświetleniowych, rozruchowych, sygnalizacyjnych, grzejnych itd.

Budowa. — Żyła miedziana, wg §§ 9 i 10, linkowa, ocynowana, o przekroju od 0,75 do 120 mm² (tablica I), w powłoce co najmniej dwuwarstwowej z gumy wulkanizowanej (§ 11), owiniętej nagumowaną taśmą bawełnianą i w oplocie bawełnianym lakierowanym (§ 26). Skok skrętu żyły linkowej powinien wynosić 11 — 14 średnic zewnętrznych linki. Kierunek

Tablica I.

Budowa przewodów samochodowych niskiego napięcia.

Wymiary w mm

Przekrój nominalny żyły	Najmniejsza liczba drutów żyły	Największa średnica poj. drutu żyły	Najmniejsza grub. powłoki gumowej	Średnica zewn. przewodu	
				Najmniejszy wymiar	Największy wymiar
0,75	24	0,2	0,8	3,80	4,20
1	32	0,2	0,8	4,10	4,50
1,5	30	0,25	0,8	4,30	4,70
2,5	50	0,25	0,9	5,30	5,70
4	56	0,3	1,0	6,00	6,80
6	49	0,4	1,0	6,90	7,70
10	49	0,5	1,2	8,40	9,20
16	56	0,6	1,2	10,00	10,80
25	64	0,7	1,4	12,00	13,00
35	91	0,7	1,4	13,50	14,50
50	129	0,7	1,6	15,40	16,50
70	182	0,7	1,6	17,50	18,50
95	247	0,7	1,8	20,00	21,00
120	312	0,7	1,8	22,50	23,50

skrętu w zewnętrznej warstwie ma być taki, aby druty tworzyły linię śrubową, odpowiadającą śrubie lewoskrętnej. Dla żyły o przekroju 4 mm² i więcej, kierunek skrętu w sąsiednich warstwach (współśrodkowych) powinien być odwrotny. Linki do 2,5 mm² włącznie mogą być skręcone w jednym kierunku, lecz wtedy muszą być oprzędzone materiałem włóknistym.

§§ 15 — 20. Na ewent. dalsze uzupełnienia.

IV. PRÓBY.

§ 21. Próby przewodów samochodowych.

Przewody samochodowe poddaje się następującym próbom:

- 1) sprawdzenie budowy (§ 22),
- 2) pomiar przewodności właściwej i przekroju czynnego żyły (§ 23),
- 3) próba wytrzymałości dielektrycznej (§ 24),
- 4) próba wytrzymałości na rozciąganie i próba starzenia gumy (§ 25),
- 5) próba oplotu lakierowanego (§ 26),
- 6) próba giętkości przewodu (§ 27),
- 7) próba ocynowania żyły (§ 28).

Długość próbki przewodu potrzebna do wykonania wszystkich prób wynosi około 8 m. (Wyjątek p. § 24 p. 1).

§ 22. Sprawdzenie budowy.

Sprawdzenia budowy zaleca się dokonywać z obu końców próbki, na długości około 20 cm z każdego końca. Przy sprawdzaniu grubości powłoki należy zwrócić uwagę, czy żyła zajmuje w niej spółśrodkowe położenie; w razie odchylenia uwzględnić się przy pomiarze najmniejszą grubość.

Dopuszczalna tolerancja w dół dla grubości gumy nie może być większa od 5% wartości nominalnych grubości podanych w § 13.

Sprawdzenie budowy polega na zbadaniu liczby i średnicy drutów, wielkości i kierunku skrętu i na pomiarze przekroju rzeczywistego.

Pomiaru przekroju rzeczywistego dokonywa się przez określenie długości i ciężaru co najmniej metrowego odcinka dobrze wyprostowanego gołego przewodu.

Ciężar właściwy przyjmuje się równy 8,89; w razie wątpliwości co do czystości miedzi badanego przewodu ciężar właściwy należy określić, np. przy pomocy piknometru.

Średnicę zewnętrzną przewodów zapłonowych sprawdza się w sposób następujący: kawałek przewodu, wycięty w dowolnym miejscu, powinien, po zdjęciu oplotu metalowego, dać się przesunąć przez walec o średnicy wewnętrznej 7,5 mm i długo-

ści 50 mm, natomiast nie powinien przejść przez walec o średnicy wewnętrznej 6,7 mm i długości 50 mm.

§ 23. Pomiar przewodności miedzi i przekroju czynnego.

Pomiaru przewodności właściwej miedzi dokonywa się na odcinku przewodu około 1 metra długości (np. przy pomocy metody mostkowej Thomsona), uwzględniając warunki, podane w § 9. Dla linek o większych przekrojach, o ile ze względów technicznych nie można dokonać pomiaru na lince nierozplecionej, sprawdza się mniej więcej $\frac{1}{3}$ z liczby wszystkich drutów lub skrętek, a przynajmniej trzy druty lub skrętki i oblicza się średnią. Przekrój drutów do obliczenia przewodności określa się według § 22.

Przekrój czynny przewodów określa się jako iloraz:

$$s = \frac{1}{\gamma R}$$

gdzie R oznacza zmierzoną oporność rzeczywistą metra bieżącego przewodu, a γ jest przewodnością właściwą w $\frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2}$ wymagana dla danego typu przewodu (§ 9).

§ 24. Próba wytrzymałości dielektrycznej.

1. Przewody wysokiego napięcia (ZS i ZSek):

a) cały przewód, dostarczony do odbioru, po uziemieniu żyły, należy przeciągnąć w stanie suchym przez spiralę metalową o średnicy wewnętrznej około 8 mm, znajdującą się pod napięciem prądu zmiennego 18 kV przy 50 okr/sek. Długość spirali i szybkość przeciągania mają być tak dobrane, aby każdy punkt przewodu znajdował się pod napięciem nie mniej niż w ciągu 2 sek. Izolacja przewodu nie ma być przy tym przebita. Przewód ZSek, zamiast przeciągania przez spiralę, próbuje się przez przyłożenie w stanie suchym pomiędzy żyłę i oplot metalowy napięcia prądu zmiennego 18 kV o 50 okr/sek. na przeciąg 1 minuty, przy czym nie ma nastąpić przebicie.

b) poza tym próbka przewodu (przewód ZSek wraz z oplotem metalowym) o długości około 3 m, po przeleżeniu w wodzie o temperaturze około 20° w ciągu 24 godzin, powinna wytrzymać w ciągu 30 minut napięcie prądu zmiennego 18 kV przy 50 okr/sek, przyłożone pomiędzy żyłę i wodę, przy czym nie ma nastąpić przebicie. Końce próbki powinny wystawać ponad poziom wody co najmniej na 10 cm i nie mogą być w niej zanurzone.

2. Przewody niskiego napięcia (LGS).

Próbka przewodu o długości około 3 m, po przeleżeniu w wodzie o temperaturze około 20° w ciągu 24 godzin, powinna wytrzymać w ciągu 30 minut napięcie prądu zmiennego 2 kV

przy 50 okr/sek, przyłożone pomiędzy żyłę a wodę, przy czym nie ma nastąpić przebicie. Końce próbki powinny wystawać ponad poziom wody co najmniej na 10 cm i nie mogą być w wodzie zanurzone.

§ 25. Próba wytrzymałości doraźnej na rozciąganie i próba starzenia gumy.

Dokonywa się jej na 10-ciu próbkach, każda o długości około 5 cm. Wytrzymałość gumy przed próbą starzenia sprawdza się na 5-ciu próbkach oraz po próbie starzenia gumy na pozostałych 5-ciu próbkach.

1. Próba wytrzymałości gumy.

Próbki rozrywa się na odpowiedniej maszynie probierczej, notując siłę rozrywającą i wydłużenie przy rozerwaniu. Początkowa długość pomiarowa ma wynosić 1 lub 2 cm, i ma być zaznaczona na próbce kreskami. Średnia wytrzymałość przed i po próbie starzenia powłoki gumowej nie powinna być mniejsza niż 50 kg/cm², a wydłużenie nie mniejsze niż 250% długości początkowej.

Zmniejszenie wytrzymałości i wydłużenia gumy po próbie starzenia nie może przekraczać 25% wartości początkowych.

2. Próba starzenia gumy.

Próbki gumy badanej muszą mieć zewnętrzne powierzchnie starannie oczyszczone z odzieży; powyższe próbki gumy razem z żyłami, które otaczają zawieszają się swobodnie w termostacie. Termostat powinien mieć umożliwiony zzewnątrz dopływ i odpływ powietrza; badane próbki gumy przebywają w termostacie w ciągu 7 dni (168 godzin) przy temperaturze $70 \pm 1^\circ$. Próbki po upływie 16 godzin od wyjęcia zostają poddane próbom wytrzymałości na rozerwanie, przy czym wartości otrzymane winny odpowiadać liczbom podanym w pkt. 1.

§ 26. Próba oplotu lakierowanego.

1. Próba cieplna.

a) Oplot z nici bawełnianych, lakierowany, winien być odporny na wpływy atmosferyczne, na działanie wody, smarów, paliwa, zmian temperatury od -20° do $+100^\circ$ oraz na działanie płomienia. Lakier powinien być elastyczny i nieflamliwy; przylegające do siebie zwoje przewodu w krążku nie powinny zlepiać się ze sobą w takim stopniu, aby powodować uszkodzenie powierzchni lakieru przy odwijaniu.

b) W celu sprawdzenia odporności lakieru oraz izolacji na działanie gorąca należy próbkę przewodu o długości pozwalającej uzyskać co najmniej 5 zwojów (przewód ZSek bez oplotu metalowego) poddać działaniu powietrza o temperaturze $+100^\circ$ w ciągu 50 godzin, po czym po ostudzeniu w ciągu 24 godzin do temperatury pokojowej, nawinąć na walec o średnicy równej 5-krotnej nominalnej średnicy zewnętrznej przewodu dla prze-

wodów do 6 mm² włącznie, zaś dla przewodów powyżej 6 mm² — równej 10-krotnej średnicy zewnętrznej przewodu, kładąc zwój przy zwoju, przy czym ani lakier, ani oplot bawełniany nie powinny pękać.

c) W celu zbadania odporności lakieru na działanie zimna należy próbkę przewodu o długości pozwalającej uzyskać co najmniej 5 zwojów (przewód ZSek bez oplotu metalowego) należy nawinąć na walec o średnicy równej 5-krotnej średnicy zewnętrznej przewodu dla przewodów do 6 mm² włącznie, zaś dla przewodów powyżej 6 mm² — równej 10-krotnej średnicy zewnętrznej przewodu, zwój przy zwoju, po czym w tym stanie umieścić próbkę w powietrzu o temperaturze -20° na przeciąg 2 godzin, a następnie rozwinąć ją w temperaturze ok. +20°. Po tej próbie oplot lakierowany nie powinien wykazać żadnych uszkodzeń.

2. Próba odporności na działanie smarów i paliwa.

a) Jedną próbkę przewodu o długości ok. 1 m (przewód ZSek bez oplotu metalowego) należy nawinąć na walec o średnicy równej 5-krotnej średnicy zewnętrznej przewodu, dla przewodów do 6 mm² włącznie, zaś dla przewodów powyżej 6 mm² — równej 10-krotnej średnicy zewnętrznej przewodu i pozostawić przez 48 godzin w którymkolwiek z olejów, używanych jako smar do silników samochodowych. Po upływie wyżej określonego czasu lakier nie powinien wykazać żadnych uszkodzeń, jak pęknięć, bąbli lub obnażeń oplotu.

b) Drugą taką samą próbkę przewodu nawiniętą na walec o średnicy określonej w poprzednim punkcie, należy pozostawić przez 8 godzin w paliwie o składzie objętościowym: 70 % benzyny, 20 % alkoholu etylowego bezwodnego, 10 % benzenu. Po upływie wyżej określonego czasu lakier nie powinien wykazać żadnych uszkodzeń, jak pęknięć, bąbli lub obnażeń oplotu.

Uwaga. Końce próbek przewodów, zanurzanych w czasie prób w płynach, powinny wystawać ponad poziom płynu co najmniej na 10 cm i nie powinny być w płynie zanurzone.

3. Próba palności.

Koniec próbki przewodu o długości ok. 25 cm (przewód ZSek bez oplotu metalowego) wprowadza się poziomo w płomień palnika gazowego. Po zapaleniu się próbki palnik należy odsunąć. Dalsze palenie się próbki, znajdującej się w położeniu poziomym, w spokojnym powietrzu, nie powinno postępować prędzej po powierzchni (oplot lakierowany), niż w środku próbki (powłoka gumowa).

§ 27. Próba giętkości przewodów.

Próbkę przewodu, o długości pozwalającej uzyskać co najmniej 5 zwojów, nawija się w temperaturze otoczenia ok. 20°,

zwój koło zwoju, na walec o średnicy wskazanej w tabeli II. Po upływie 24 godzin pozostawiania przewodu w stanie nawiniętym na walcu lakier ani oplot bawełniany nie powinny wykazać pęknięć. Z przewodu w oplocie metalowym (ZSek) zdejmuje się po próbie oplot metalowy i sprawdza, czy oplot ten podczas próby nie uszkodził powłoki gumowej.

Tablica II.

Przekrój nominalny żyły w mm ²	Średnica walca
0,75 — 4	3-krotna średnica zewnętrzna przewodu
6 — 25	5-krotna średnica zewnętrzna przewodu
35 — 120	8-krotna średnica zewnętrzna przewodu

§ 28. Próba ocynowania żyły.

Dokonywa się jej na 3 kawałkach drutu długości po 20 cm. Odcinek przeznaczony do próby ogołaca się ostrożnie, zwracając szczególną uwagę na nieuszkodzenie powierzchni, myje się starannie w eterze lub acetonie i poddaje następującemu postępowaniu:

- 1) zanurza się go na przeciąg 1 minuty w roztworze kwasu solnego o ciężarze właściwym 1,09 przy 20°,
- 2) płucze się w dużej ilości wody i wyciera do sucha czystą szmatką,
- 3) zanurza się na przeciąg 30 sekund w roztworze wielosiarczku sodowego o ciężarze właściwym 1,14 przy 20°,
- 4) płucze w wodzie i wyciera, po czym powtarza się próbę jeszcze raz.

W wyniku nie powinny powstawać na powierzchni przewodu plamy czarne, stwierdzające obnażenie miedzi z powłoki cynowej; końce drutów na długości 1 cm nie są brane pod uwagę.

W czasie próby części drutów przeznaczonych do zanurzania nie wolno dotykać palcami ani miedzią, pozbawioną ocynowania.

Roztwór wielosiarczku sodowego przygotowuje się w sposób następujący: w wodzie destylowanej rozpuszcza się krystaliczny siarczek sodu aż do nasycenia przy temperaturze około 20°, po czym dodaje się kwiatu siarkowego w ilości 250 g na litr. Roztwór powinien stać przynajmniej 24 godziny. Do próby roztwór rozcieńcza się wodą destylowaną dla uzyskania ciężaru właściwego 1,14 przy 20°.

Roztwór staje się niezdalny do użytku, jeżeli zanurzony do niego kawałek gołej miedzi nie czernieje całkowicie w przeciągu pięciu sekund.

S P I S R Z E C Z Y

SEKCJA ELEKTRYFIKACYJNA.

A. Elektryfikacja okręgowa.

Inż. Bilek Franciszek i inż. Ligeza Adam. Rozwój elektryfikacji Okręgu Warszawskiego	455
Inż. Sawicki Jerzy. Rozwój elektryfikacji Okręgu Radomsko-Kieleckiego	460
Inż. Czerwiński Jan. Elektryfikacja Województwa Lubelskiego	467
Inż. Glatman Juliusz. Zasoby energetyczne Wileńszczyzny	475
Inż-ie Lubera dzki Sławomir, Mossakowski Stanisław, Wasilewski Józef i Winogradów Aleksander. Wstępne obliczenia techniczne i gospodarze do projektu Związku Elektrowni Wołyńskich	479

B. Sieci przesyłowe największych napięć.

Inż. Kaniewski Stanisław. Znaczenie budowanej linii 150 kV Mościce — Starachowice dla elektryfikacji Polski	485
Inż. Szumilin Włodzimierz. Udział przemysłu polskiego przy realizacji budowy linii przesyłowej 150 kV Mościce — Starachowice	486
Inż. Przedpeński Jerzy. Drgania przewodów elektrycznych	493
Inż. Widelec Zygmunt. Słupy stalowe do linii bardzo wysokich napięć	499

C. Zagadnienia ruchu i zaburzeń ruchowych.

Inż. Grabowski Zbigniew. Zasadnicze podstawy równoległej pracy elektrowni	504
Inż. Jung Leon i inż. Gniewiewski Janusz. Burze i przepięcia w polskich napowietrznych sieciach wysokiego napięcia w r. 1936	515
Inż. Fridlender Jerzy. Atmosferyczne wyładowania elektryczne w świetle dotychczasowych badań	524
Inż. Szremowicz Marian. Przyczynę do statystyki zakłóceń ruchowych w sieciach średnich napięć	528

D. Aparaty elektryczne, urządzenia rozdzielcze, różne.

Inż. Szwander Wiesław. Nowa rozdzielnia 35 kV w Elektrowni Miejskiej w Warszawie	530
Inż. Szpor Stanisław. Transformatory prądowe kaskadowe	542
Inż. Żarnecki Tadeusz. Praca transformatorów prądowych przy przetężeniach	546
Inż. Starczakow W. Transformatory prądowe dla przekładników	550
Inż. Mejro Czesław. Kondensatory stałe dla poprawy współczynnika mocy	555
Inż. Eliasz Stefan. Obecny stan techniki impregnacji słupów	560
Inż. Maciejowski St. Obliczenia gęstości obciążenia do projektów sieci Gdynia — Śródmieście	564

SEKCJA PRZEMYSŁOWA.

A. Zagadnienia ogólne.

Nowiński Jerzy. Samowystarczalność polskiego przemysłu elektrotechnicznego z punktu widzenia gospodarczego i obrony kraju	568
Łatkiewicz Leon. Zagadnienie zaopatrywania fabryk elektrotechnicznych w surowce i półfabrykaty zagraniczne	570
Inż. Woycicki Stanisław. Współdziałanie odbiorcy w rozwoju przemysłu wytwórczego	572
Inż. Skowroński Jerzy. Sprawa zastępczych materiałów elektrotechnicznych w Polsce	575

B. Pracownie badawcze w Polsce.

Dr. inż. Krukowski Włodzimierz. Zadania polskich pracowni badawczych w dziedzinie miernictwa elektrotechnicznego w ramach współpracy z przemysłem	578
Inż. Dziewulski Hilary. Laboratoria elektromiernicze w Polsce	581
Inż. Hoser Jerzy. Sprawa badania materiałów przewodzących i izolacyjnych	583
Inż. Skowroński Jerzy. Próby materiałów instalacyjnych i małych odbiorników	584
Dr. inż. Jakubowski Janusz. Laboratorium wysokich napięć o charakterze społecznym	585
Dr. inż. Jakubowski Janusz. O potrzebie laboratorium wielkiej mocy w Polsce	587
Inż. Oleszyński Witold, kpt. Kycia Marcell. Fotometria przemysłowa, stan jej obecny i potrzeby	590

C. Zagadnienia konstrukcyjne.

Tłg. dypl. Brzeziński Zygmunt i inż. Kowalczewski Darosław. Z obserwacji nad zaciskami rozgałęzonymi	591
Inż. Schmidt J. Zależność nagrzania transformatora od współczynnika mocy obciążenia	594

SEKCJA SZKOLNICTWA ELEKTROTECHNICZNEGO.

Prof. Inż. Sokolcow Dymitr. Uwagi ogólne o organizacji szkolnictwa elektrotechnicznego i metodach nauczania	597
Inż. Ziemiński W. Zadania i organizacja liceum telekomunikacyjnego	601
Inż. Kowalski Henryk. Szkolnictwo tele- i radiotechniczne w Polsce	604
Dr. Majewski Witold. Kilka uwag o metodach nauczania fizyki w liceach	609
Inż. mjr. Mrazek St. Szkolnictwo elektrotechniczne a potrzeby wojska	611
Z dziedziny elektryfikacji	614
Statystyka Elektryczna	615
Miesięczny obrót energii elektrycznej	616
Stowarzyszenie Elektryków Polskich	618
Przepisy budowy świeczników	624
Przepisy na elektryczne przewody samochodowe	631

Od Redakcji

Załącza się do niniejszego zeszytu opracowaną przez inż. Stanisława Kruszewskiego i przyjętą Komisję Wę-

głową Polskiego Komitetu Energetycznego instrukcję o długotrwałym składowaniu węgla. Redakcja zwraca się do Czytelników z usilną prośbą o nadsyłanie swych uwag i doświadczeń w zakresie przechowywania węgla.

PRZEDPŁATA:
 kwartalnie zł. 9.—
 rocznie zł. 36.—
 zagranicą + 50%
 za zmianę adresu
 (znaczkami pocztowymi) gr. 50

Biuro Redakcji i Administracji, Warszawa Królewska 15, II piętro
 telefon № 690-23.

Administracja otwarta codz. od godz. 9 do 15 w soboty od 9 do 13

Konto czekowe w P. K. O. Nr. 363

**Ceny ogłoszeń
 podaje administracja
 na zapytanie.**

Wydawca: Wydawnictwo Czasopisma „Przegląd Elektrotechniczny”, Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością.

S. A. Z. G. „Drukarnia Polska”, Warszawa, Szpitalna 12. Tel. 5.87-98 w dzierżawie Spółki Wydawniczej Czasopism Sp. z o. o.

