

# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok XIX.

1 Maja 1937 r.

Zeszyt 9.

Redaktor inż. WACŁAW PAWŁOWSKI

Warszawa, Królewska 15, tel. 690-23.

## Zamknięte rozdzielcze miejskie sieci kablowe niskiego napięcia

Inż. Wiesław Szwander

### I. Ogólna charakterystyka zagadnień, związanych z budową i eksploatacją miejskich sieci rozdzielczych.

W olbrzymim rozwoju spożycia energii elektrycznej w ostatnich dziesiątkach lat szczególnie ważną rolę odegrały i odgrywają miasta, a przede wszystkim wielkie miasta. Powierzchnowe nawet przejrzanie statystyk elektrycznych różnych państw wskazuje, że po wyeliminowaniu zakładów elektrycznych obsługujących wyłącznie lub przeważnie wielki przemysł — w pozostałych cyfrach produkcji energii elektrycznej czy też mocy instalowanej jednostek prądotwórczych dominują wyraźnie elektrownie obsługujące miasta.

Zjawisko powyższe zupełnie zresztą zrozumiałe spowodowane jest zarówno przez większe skupienie ludności w miastach, jak przez wyższą stopę życiową mieszkańców miast umożliwiającą im większe spożycie energii elektrycznej oraz przez usadawianie się w miastach lub w ich pobliżu wszelkiego rodzaju zakładów przemysłowych nie mówiąc już o zakładach użyteczności publicznej i urządzeniach komunikacyjnych związanych bezpośrednio ze skupieniami ludności. W krajach słabo zelektryfikowanych, którymi są z reguły kraje mało uprzemysłowione z przewagą ludności wiejskiej, supremacja miast na polu elektryfikacji uwydatniona jest przez powolny bardzo rozwój elektryfikacji okręgowej; w krajach o daleko zaawansowanej elektryfikacji przewaga miast wynika ze stosunkowo większej liczby ludności miejskiej i większego ogólnego stopnia uprzemysłowienia. Jaskrawym przykładem są takie państwa, jak Niemcy, Anglia i Francja, gdzie już same stolice ich grają bardzo poważną rolę w całkowitym bilansie elektrycznym.

Początki elektryfikacji w ogóle miały miejsce właśnie w miastach, które dzięki dostatecznemu skupieniu ludności przedstawiały teren sprzyjający rozwojowi gospodarczemu tej nowej gałęzi techniki. Charakterystycznym jest, że ten sam czynnik w miarę rozwoju stworzył z czasem tak wielkie zagęszczenia terytorialne odbiorców energii elektrycznej, iż obecnie wymaga dla jej obsłużenia stosowania specjalnych środków, które, jeśli nie utrudniają, to jednak poważnie komplikują całokształt zasilania wielkich miast.

Omówione wyżej czynniki powodują, że wymagania stawiane zakładom elektrycznym obsługującym miasta są bez porównania większe, niż to ma miejsce w wypadku elektryfikacji okręgowej. Energia elektryczna stała się dla normalnego trybu życia miasta czynnikiem tak niezbędnym, że najkrótsze przerwy w jej dopływie są niedopuszczalne — stąd na pierwsze miejsce wysuwa się postulat absolutnej niemal pewności i niezawodności zasilania. Następnie warunki budowy i eksploatacji urządzeń elektrycznych, przede wszystkim sieci, są w mia-

stach znacznie trudniejsze, niż w terenach rzadziej zabudowanych (brak miejsca, wysokie ceny placów, kolizje z urządzeniami technicznymi innych przedsiębiorstw użyteczności publicznej, przeszkody z powodu ruchu ulicznego w czasie robót itd.). Wreszcie nacisk w kierunku obniżania taryf sprzedażnych jest w miastach na ogół większy skutkiem zużywania wielkich ilości energii elektrycznej.

Nic więc dziwnego, że wszelkie postępy techniki wytwarzania, przesyłania i rozdziału energii elektrycznej w pierwszym rzędzie znajdują zastosowanie w zakładach elektrycznych obsługujących miasta; co więcej, w tych właśnie zakładach w wyniku ustawicznej dążności do doskonalenia i usprawniania eksploatacji wreszcie praca w niemalym stopniu przyczyniająca się do dalszych postępów.

Omówione wyżej zwiększone wymagania stawiane zakładom elektrycznym, obsługującym miasta, odnoszą się zarówno do zakładów wytwórczych, jak i do sieci, o ile jednak elektrownia miejska mało się różni od elektrowni np. okręgowej tej samej wielkości, tak pod względem urządzeń technicznych, jak i stopnia niezawodności ruchu, który zapewnia — to sieć miejska niemal w niczym nie jest podobna do sieci okręgowej, a podstawową przyczyną tej różnorodności jest bez porównania większe skupienie mocy odbiorów (gęstość powierzchniowa kW/km<sup>2</sup>) w obszarach miejskich.

Dla poszczególnych elementów systemu dostarczającego energię elektryczną wymagana pewność ruchu na ogół maleje w miarę oddalania się od źródła energii, czyli w miarę jak maleje moc przenoszona przez poszczególne elementy; to zmniejszenie wymagań pewności ruchu, jest jednak w mieście znacznie powolniejsze, niż w elektryfikacji okręgowej, bo główną rolę odgrywają tu nie tyle względy gospodarcze, co czynniki bezpieczeństwa. Tak więc końcowe elementy sieci rozdzielczej w mieście muszą pracować z większą znacznie pewnością ruchu, niż ma to miejsce w terenach wiejskich lub małomiasteczkowych: powoduje to konieczność odpowiedniego zaprojektowania sieci niskiego napięcia.

Jeszcze jeden czynnik zasługuje na podkreślenie: miejska sieć rozdzielcza jest urządzeniem bardzo kosztownym — w całokształcie kosztów zakładu elektrycznego obsługującego miasto około dwóch trzecich tych kosztów przypada na sieć, a tylko jedna trzecia na elektrownię. Chcąc więc obniżyć cenę energii elektrycznej drogą obniżenia kosztów własnych należy między innymi dążyć usilnie do potaniaenia eksploatacji sieci. Tak więc obok wymagań natury technicznej określonych koniecznością zapewnienia maksymalnej pewności ruchu sieci wysuwają się jak zwykle sprzeczne z nimi postulaty gospodarcze, aby roczne koszty sieci były jak najniż-

sze (koszty stałe zależne od zainwestowanego kapitału łącznie z kosztami powodowanymi przez straty w sieci). Jakkolwiek w miejskiej sieci rozdzielczej względy bezpieczeństwa ruchu muszą być bezwzględnie wysunięte na pierwszy plan, chociażby za cenę podrożenia sieci, to jednak nie zmniejsza to bynajmniej znaczenia postulatu obniżenia w miarę możliwości kosztów sieci, któremu to postulatowi w ostatnich czasach poświęca się wiele uwagi.

Wreszcie pamiętać należy, że rozwój sieci w myśli powyższych wytycznych, to znaczy, zapewniającej maksimum bezpieczeństwa ruchu przy minimum kosztów — jest możliwy tylko przy zachowaniu wielkiej planowości, przezorności i konsekwencji w projektowaniu i rozbudowie sieci oraz przy stałym uświadamianiu sobie, że wszelkie zmiany raz przyjętego systemu sieci są bardzo trudne do przeprowadzenia i kosztowne, gdyż sieć jest inwestycją będącą do pewnego stopnia w permanencji, w której skutkiem ciągłej rozbudowy nigdy nie następuje moment, w którym większa część urządzeń byłaby już zużyta i zamortyzowana, a więc nadająca się do zamiany.

Miejska sieć rozdzielcza niskiego napięcia, którą w szczególności mamy się tu zająć, jest w całokształcie elementów składowych systemu zaopatrującego mieszkańców miasta w energię elektryczną elementem ostatnim, lecz bynajmniej nie najmniej ważnym: wystarczy uprzytomnić sobie, jak wielkie moce są ogółem w tej sieci na terenie całego miasta przesyłane i rozdzielane przy niskim jej napięciu, aby pojąć, iż koszt jej stanowi pokąźną część kosztów całej sieci. Celem pracy niniejszej nie jest oczywiście opisywanie znanych powszechnie szczegółów technicznych normalnych sieci, lecz przedstawienie panujących obecnie tendencji w budowie i eksploatacji miejskich sieci niskiego napięcia oraz wytycznych ustalania ich zasadniczych charakterystycznych wielkości.

## II. Rodzaj prądu i wysokość napięcia w sieciach niskiego napięcia.

Rozpatrując miejskie sieci rozdzielcze niskiego napięcia ograniczymy się oczywiście tylko do sieci kablowych, one bowiem jedynie wchodzą w grę w większych miastach. Poza tym uwzględnimy jedynie sieci prądu zmiennego w zasadzie trójfazowego pięćdziesięciookresowego. Sieci prądu stałego, jakkolwiek bardzo jeszcze po dziś dzień w miastach rozpowszechnione (np. w Paryżu lub Berlinie moce rzędu setek tysięcy kilowatów rozdzielane są prądem stałym) stanowią jednak obecnie przeżytek, datujący się z doby początków elektryfikacji, dalsza ich rozbudowa jest wstrzymana i zastępowane są stopniowo nakładanymi na nie sieciami prądu zmiennego; zginą całkowicie dopiero z chwilą zupełnego zużycia zainstalowanych w nich elementów. W każdym razie obecnie nie do pomyslenia jest projektowanie miejskiej sieci rozdzielczej na prąd stały. Prąd zmienny stosowany jest w Europie z reguły niemal jako pięćdziesięciookresowy (liczba wyjątków od tej zasady stale maleje i przeważa dążność do ujednostajnienia częstotliwości), oraz w układzie trójfazowym (wyjątkiem jest np. Paryż z sieciami dwu- i jednofazowymi).

Wspomnieć jeszcze należy o czynionych w swoim czasie próbach stosowania systemu dostarczającego energię elektryczną z zupełnym pominięciem sieci niskiego napięcia a polegającego na zasilaniu każdego odbiorcy czy też każdego domu w mieście ze specjalnego transformatora ustawionego w miejscu odbioru i zasilanego

z sieci niezbyt wysokiego napięcia (np. 3 kV). System ten na ogół nie przyjął się w większym stopniu, głównie wskutek niewielkiej pewności ruchu i dużych strat w wielkiej liczbie małych transformatorów pogarszających również w znacznym stopniu współczynnik mocy. Tak więc w chwili obecnej można uważać, że sieć rozdzielcza niskiego napięcia jest nieodzownym elementem składowym całego systemu rozdzielczego miasta.

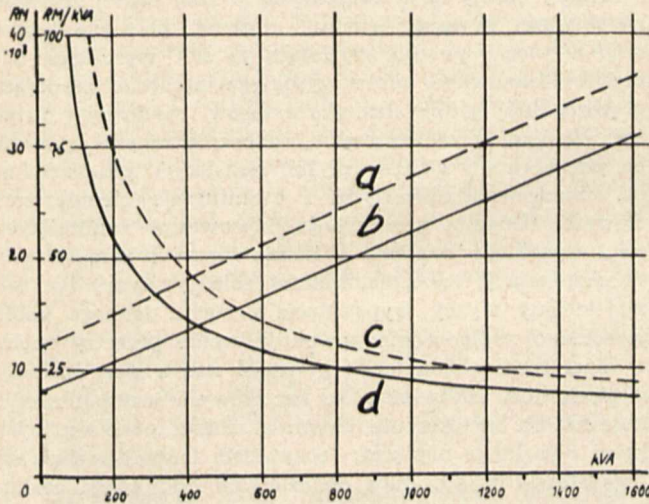
W trójfazowej sieci niskiego napięcia mogą być stosowane trzy wielkości napięcia:  $110 \div 127$  V, 220 V albo 380 V. Najniższe napięcie jest napięciem najdawniej stosowanym; z czasem przejawia się dążność do podwyższenia tego napięcia i obecnie ma największą zwolenników i jest najbardziej stosowane w nowych projektach i wykonaniach napięcie 380 V. Wynika to w pierwszym rzędzie z ogólnego wzrostu spożycia energii elektrycznej spowodowanego głównie rozpowszechnieniem się grzejnictwa elektrycznego, którego rozwój przy napięciu 120 V jest wręcz niemożliwy ze względu na konieczność stosowania olbrzymich przekrojów przewodów. Przy wyższym napięciu maleje wrażliwość sieci na spadki napięcia (przy przesyłaniu tej samej mocy przekroje przewodów, procentowe spadki napięcia i procentowe straty mocy maleją w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do wzrostu napięcia), możliwe jest więc np. bezpośrednio przyłączanie do sieci stosunkowo większych silników zwartych.

Wreszcie względy gospodarcze przemawiają za stosowaniem w sieci napięcia 380 V i to nie tylko ze względu na zmniejszenie koniecznych przekrojów przewodów dla przesyłania tych samych mocy, co przy niższych napięciach, ale również ze względu na oszczędności na stacjach transformacyjnych. Według obliczeń Burgera [6] liczba stacji koniecznych dla obsługi 1 km<sup>2</sup> terytorium miejskiego w założeniu jednakowego obciążenia i tych samych dopuszczalnych spadków napięć (5%) przy stosowaniu napięć 380, 220 i 120 V pozostaje w stosunku, jak 1:3:12 — przy tym układ, przekroje, a więc i koszt kabli pozostają praktycznie bez zmiany (jak również i sumaryczna moc wszystkich transformatorów zależna tylko od stopnia obciążenia danego terytorium). Tłumaczy się to tym, że przy wyższym napięciu z jednej strony mniejsze spadki napięć pozwalają rozstawić stacje transformacyjne w większych odstępach, z drugiej zaś strony większa przelotność kabli przy wyższym napięciu umożliwia przepływ przez kable wychodzące ze stacji większych mocy, przeznaczonych dla zasilania większych odcinków sieci, niż to ma miejsce przy znaczniejszym zageszczeniu stacji. Przekroje kabli w sieci stosuje się przeważnie jednostajnie dla zachowania rezerwy przy zmienionym rozplywie energii w wypadku awarii poszczególnych stacji zasilających sieć.

Oszczędność więc, jaką daje stosowanie wyższego napięcia, polega na zastąpieniu większej liczby małych stacji transformacyjnych mniejszą liczbą stacji dużej mocy przy tej samej mocy sumarycznej (patrz rys. 1) i wynosi np. około 50% przy zwiększeniu mocy jednostkowej transformatorów z 200 do 600 kVA. Bardzo duże oszczędności osiąga się przez stosowanie wyższego napięcia w instalacjach domowych.

Warto jeszcze zauważyć, że w sieciach już istniejących podniesienie napięcia jest bardzo prostym i stosunkowo tanim sposobem zwiększenia ich zdolności przesyłowych. O ile przy tym nie powstają zbyt duże koszty związane z wymianą odbiorników u abonentów, to taka zmiana napięcia z reguły kalkuluje się taniej, niż rozbudowa sieci, konieczna dla osiągnięcia tej samej przelotności bez zmiany napięcia.

Ostatecznie zatrzymujemy się na stwierdzeniu, że napięciem najbardziej wskazanym dla sieci niskiego napięcia, jak też ze względów bezpieczeństwa najwyższym dopuszczalnym — jest napięcie 380 V (tj.  $3 \times 380/220$  w układzie czteroprzewodowym z uziemionym przewodem zerowym, z zastosowaniem dla silników napięcia  $3 \times 380$  V, a dla światła i gospodarstwa domowego  $3 \times 220$  V lub 220 V). Wszelkie dalsze rozważania dotyczące będą sieci 380 V; dla niższych napięć jakościowa strona rozważań nie ulegnie oczywiście żadnej zmianie, zmiany dotyczące stosunków ilościowych nie trudno będzie sobie za każdym razem uprzytomnić. Napięcie 380 V jest już obecnie powszechnie stosowane, a autorzy zajmujący się gospodarnością sieci niskiego napięcia przeważnie ograniczają się w swych rozważaniach do tego właśnie napięcia.



Rys. 1.

Koszty budowy stacji transformacyjnych: całkowite (a, b) i jednostkowe (c, d) w zależności od wielkości stacji. Ceny berlińskie z 1935 roku. Transformatory 10/0,4 kV; wyposażenie stacji: wyłącznik wysokiego napięcia i automat sieciowy. Dla krzywych b, d — jeden transformator w stacji, zaś dla krzywych a, c — dwa (wg. K. Menny).

### III. Układ sieci: nowoczesne sieci zamknięte niskiego napięcia.

Po skutecznieniu wyboru rodzaju prądu i wysokości napięcia w sieci rozdzielczej możemy przystąpić do zagadnienia najważniejszego: do ustalenia, jaki jest najbardziej celowy układ tej sieci. W zasadzie idzie o decyzję, czy sieć ma być otwarta czy zamknięta. Zasadniczymi, dawno znanymi zaletami sieci zamkniętej w porównaniu z otwartą są następujące jej właściwości:

1) dwustronne zasilanie każdego dołączonego do niej odbiorcy i skutkiem tego przy szybko i selektywnie działającym odłączaniu wszelkich awarii — bardzo wysoki stopień pewności ruchu samej sieci niskiego napięcia.

2) najkorzystniejszy, samorzutnie ustalający się rozptył prądów — stąd minimum możliwe strat mocy w sieci i spadków napięć; te ostatnie są stosunkowo najmniejsze zarówno w czasie, jak i w przestrzeni, tj. napięcie ulega najmniejszym wahaniom tak w poszczególnych punktach sieci, jak i w tych samych punktach przy przejściu od minimum do maksimum obciążeń.

W rezultacie w zamkniętej sieci kable mogą być stosunkowo lepiej wykorzystane (w porównaniu z siecią otwartą i w założeniu, że sieć zamknięta nie ma połączeń służących li tylko do jej zamknięcia), łatwiej jest

przyłączać większe skupione odbiory, czemu sprzyja też zwiększona pewność ruchu, oraz można dopuścić bezpośrednio przyłączanie stosunkowo większych silników zwartych bez obniżenia tym stałości napięcia.

Sieci zamknięte stosowane już w początkach rozwoju elektryfikacji nie spełniły wtenczas pokładanych w nich nadziei wskutek błędnego stosowania i niedoskonałości bezpieczników topikowych. Bezpieczniki te przystosowane w pierwszym rzędzie do zabezpieczania od przeciążeń często się przepalały, w rezultacie następowało przeciążanie sąsiednich transformatorów i kabli, kolejne przepalenie się bezpieczników rozchodziło się lawinowo i przerwa ruchu obejmowała bardzo duże przestrzenie; co gorsze — wznowienie ruchu nastęczało trudności, gdyż pierwszy włączany bezpiecznik nie wytrzymał zwiększonego skutkiem awarii prądu. Podobne wypadki notuje też np. i kronika sieci warszawskiej. Rezultatem powyższego był odwrót od sieci zamkniętych ku sieciom otwartym. Następowo to bądź drogą podziału dawnej sieci zamkniętej na drobne niezależne odcinki o charakterze częściowo zamkniętym, otwartym lub mieszanym, bądź też drogą projektowania z góry nowych sieci o układzie otwartym. Również wobec stosunkowo małej odporności na zwarcia stosowanych w owym czasie wyłączników i innych części wyposażenia elektrycznego sieci układ sieci otwartej, jako dający mniejsze wielkości prądów zwarcia, wydawał się być korzystniejszy.

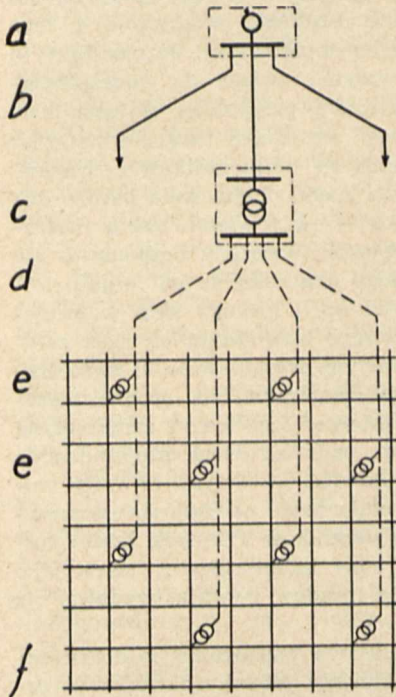
Rosnące stale w miastach wymagania co do zwiększenia pewności ruchu musiały jednak spowodować powrót do sieci zamkniętych bezkonkurencyjnych pod tym względem. Nastąpiło to dopiero po dokonaniu szeregu ulepszeń technicznych dotyczących bezpieczników o dużej bezwładności, tzw. automatów sieciowych (patrz niżej), jak i zagadnienia odłączania zwarć w sieci niskiego napięcia drogą wypalania się kabli. Główne prace w tym kierunku dokonane były w Ameryce, obecnie jednak i w Europie wielkie miasta budują swe najnowsze sieci jako sieci zamknięte (Berlin, Moskwa, Paryż).

Przed omówieniem dalszych jeszcze właściwości sieci zamkniętych dających im wybitne pierwszeństwo przed otwartymi musimy przedstawić w głównych zarysach, jak wygląda współczesna wielkomiejska sieć zamknięta niskiego napięcia (Maschennetz, reseau maille). Kable niskiego napięcia, od których odchodzą odgałęzienia do poszczególnych domów czy odbiorców, ułożone są w zasadzie po obu stronach ulic (przeważnie pod chodnikami); w dzielnicach słabiej obciążonych, np. zabudowanych willowo, wystarcza czasem jeden kabel na ulicy — rośnie wtedy nieco koszt przyłączeń domowych, bo część zasilających je kabli musi przechodzić przez tzw. przekopy pod jezdnią.

Wszystkie kable uliczne (nie przyłączeniowe) schodzące się na każdym rogu ulic łączą się ze sobą w węzeł w skrzynce kablowej pod — lub nadziemnej (np. przy skrzyżowaniu dwóch ulic — w węźle schodzi się 8 kabli). Przy bardzo dużych odstępach między skrzyżowaniami ulic może być również celowe i konieczne instalowanie skrzynek kablowych na połowie tych odstępów — będą się w nich wtenczas schodziły po cztery kable (rys. 2).

W skrzynkach kablowych każdy kabel jest zabezpieczony bezpiecznikami o dużej bezwładności, o ile nie jest stosowana zasada odłączania zwarć przez wypalanie się uszkodzeń w kablach — w tym ostatnim wypadku kable w węzłach łączą się bezpośrednio. Przyjęty system zabezpieczenia sieci (o czym niżej) nie ma zresztą wpływu na sam jej układ. Sieć zamknięta obejmuje w zasadzie cały obsługiwany obszar miasta, nie będąc po-

dzielona na mniejsze części. Sieć jest zasilana przez transformatory w swoich węzłach. Transformatory rozdzielone są w sieci na ogół symetrycznie, jednak z uwzględnieniem lokalnych skupień odbiorców energii. Węzeł sieci zasilany przez transformator znajduje się za-



Rys. 2.

Schematyczny układ sieci zamkniętej niskiego napięcia wraz z jej zasilaniem:

a — elektrownia, b — sieć kablowa najwyższego napięcia, c — podstacja obniżająca napięcie z najwyższego na średnie, d — kable zasilające średniego napięcia, e — transformacyjne stacje sieciowe zasilające sieć niskiego napięcia, f — sieć zamknięta niskiego napięcia 380/220 V (kable ułożone po obu stronach ulic).

posażenie wszystkich transformatorów w wyłączniki zwrotne niskiego napięcia, które z chwilą zaniku napięcia po stronie pierwotnej transformatora odłączają go od sieci niskiego napięcia nie dopuszczając do zasilania przez transformatory z sieci niskiego napięcia ewentualnych zwarć w kablach wysokiego napięcia.

Powyższe wyłączniki zwrotne niskiego napięcia zwane automatami sieciowymi pozwalają przez odłączenie kabla wysokiego napięcia w elektrowni lub podstacji odłączyć od sieci niskiego napięcia szereg przyłączonych do tego kabla transformatorów, co ma znaczenie tak dla zmniejszenia strat w sieci (w godzinach małego obciążenia), jak też stanowi ułatwienie przy wszelkich robotach na sieci. Ponowne włączenie kabla wysokiego napięcia może powodować samoczynne połączenie się transformatorów z siecią niskiego napięcia, jeśli ich automaty sieciowe będą wyposażone w dość czułe przekaźniki reagujące na różnicę między napięciem transformatora przy biegu luzem i niższym od niego napięciem obciążonej sieci. Automaty sieciowe wyłączają też zwykle pod wpływem działania przekaźników Buchholza i cieplnych, którymi chronione są transformatory od wewnętrznych uszkodzeń i od przeciążeń; dla zabezpieczenia transformatora przed bardzo silnymi prądami zwarć występujących w bezpośrednim jego pobliżu włą-

czone są zwykle w szereg z automatem sieciowym bardzo mocne bezpieczniki topikowe będące w stanie odłączyć prąd rzędu kilkunastu tysięcy amperów przy napięciach 220 ÷ 380 V.

Sam automat sieciowy nie jest przeznaczony do wyłączenia wielkich prądów zwarć, ale też ze względu na niezmienny kierunek przepływu energii nie reaguje on na zwarcia (nie ma organów nadmiarowych); z drugiej jednak strony musi wytrzymać załączenie na zwarcie bez następującego po tym odłączenia. Ochronę przeciwzwarciową dopełnia jeszcze w poszczególnych wypadkach stosowanie w stacjach transformacyjnych dławików ograniczających prądy zwarcia [7].

Jeśli sieć niskiego napięcia zbudowana wg. powyższych wytycznych zawiera pewne elementy dość kosztowne, niespotykane w zwykłych sieciach otwartych, to z drugiej strony obok osiągnięcia w niej samej znacznie zwiększonej pewności ruchu możemy poważnie uprościć, a więc i potanić zasilającą ją sieć wysokiego napięcia. Mianowicie kable wysokiego napięcia, zasilające poszczególne grupy transformatorów sieciowych mogą być kablami promieniowymi, zabezpieczonymi jedynie na początku (w elektrowni lub podstacji) przekazywanymi czasowo-nadmiarowymi i ewentualnie ziemnozwarciowymi. Odpada konieczność stosowania zamkniętych sieci wysokiego napięcia z kosztownymi i kłopotliwymi w eksploatacji zabezpieczeniami selektywnymi, bo, jak widzieliśmy wyżej, wypadnięcie z ruchu jednego kabla wysokiego napięcia nie powoduje wcale przerwy ruchu w sieci niskiego napięcia; pewność ruchu sieci niskiego napięcia jest tak wielka, że bezcelowym jest ponoszenie kosztów na zwiększenie pewności ruchu poszczególnych kabli wysokiego napięcia; (oczywiście inaczej sprawa się przedstawia w stosunku do wielkich odbiorców, zasilanych wprost z sieci wysokiego napięcia, którym należy zapewnić dostawę energii dwoma różnymi kablami wysokiego napięcia). Wreszcie powiedziane wyżej dotyczy tylko sieci wysokiego napięcia, zasilającej bezpośrednio sieć niskiego napięcia, a nie sieci najwyższego napięcia w systemie trzynapięciowym.

W stacjach transformacyjnych na ogół można nie stosować po stronie wysokiego napięcia wyłącznika przed transformatorem — wystarczy odłącznik, zdolny do przerywania prądu biegu jałowego transformatora. Sam transformator jest dostatecznie zabezpieczony po stronie niskiego napięcia, w razie zaś zwarcia czy w transformatorze czy w wysokonapięciowej części stacji — odłączy wyłącznik na początku kabla wysokiego napięcia, nie powodując tym zakłóceń w sieci niskiego napięcia.

Do wymienionych poprzednio zalet sieci zamkniętych możemy obecnie, po bliższym zaznajomieniu się z ich współczesnym układem, doliczyć ich dalsze, nie mniej ważne korzystne właściwości. Najważniejsza jest idealna wprost zdolność przystosowywania się ich do rosnących obciążeń. W sieci otwartej przekroje kabli są zazwyczaj stopniowane tak, iż przy wzroście obciążeń, który wszak jest stałym i normalnym zjawiskiem we wszelkim zasilanym obszarze — zwiększenie liczby stacji transformacyjnych pociąga za sobą konieczność zupełnego przekształcania sieci, kładzenia nowych kabli i nie raz wyjmowania z ziemi starych kabli, co, jak wiadomo, ze względu na wysychanie papierowej izolacji, powoduje zwykle skrócenie czasu ich używalności. Pozostaje więc droga zwiększania mocy czynnych stacji transformacyjnych i równoczesnego znacznego zwykle powiększania przekrojów kabli. W sieci zamkniętej wszystkie przekroje kabli są na ogół jednakowe, a dla zwiększenia prze-

lotności sieci wystarczy zagęszczenie liczby stacji transformacyjnych bez zmiany przekrojów kabli (oczywiście przy bardzo wielkim wzroście obciążeń, np. kilkakrotnym, o ile przekroje kabli nie były od początku zaprojektowane z odpowiednim zapasem, zażądzie i w zamkniętej sieci konieczność powiększenia ich, bo samo zagęszczanie stacji transformacyjnych doprowadziłoby do nieekonomicznej, nadmiernej ich ilości).

Wobec silnego rozwoju grzejnictwa elektrycznego w gospodarstwach domowych i związanego z tym znacznego wzrostu mocy poszczególnych przyłączanych do sieci odbiorników, bardzo cenna jest właściwość sieci zamkniętych znacznego wyrównywania poszczególnych obciążeń, czyli rozkładania ich na większą ilość równoległe zasilających sieć transformatorów; z tym wiąże się też oczywiście odpowiednie zmniejszenie spadków napięć.

W eksploatacji sieć zamknięta jest bardzo wygodna dzięki możliwości każdorazowego wyłączenia dowolnej stacji transformacyjnej lub kabla wysokiego napięcia bez konieczności dokonywania uprzednio żadnych przełączeń i bez powodowania tym przerw dostawy energii w sieci. Powyższe ułatwia wszelkie roboty związane z konserwacją, renowacją czy też naprawą sieci. Pewną niedogodnością jest może trudność (zwłaszcza w sieci niezabezpieczonej) pozbawienia napięcia tej sieci — na ogół roboty w niej muszą być dokonywane pod napięciem.

Ze względu na możliwość niestosowania w stacjach transformacyjnych wyłącznika wysokiego napięcia, znacznie łatwiej może być do zasilania sieci zamkniętych użyte wyższe napięcie (15 ÷ 35 kV), bez podrażania tym całej sieci.

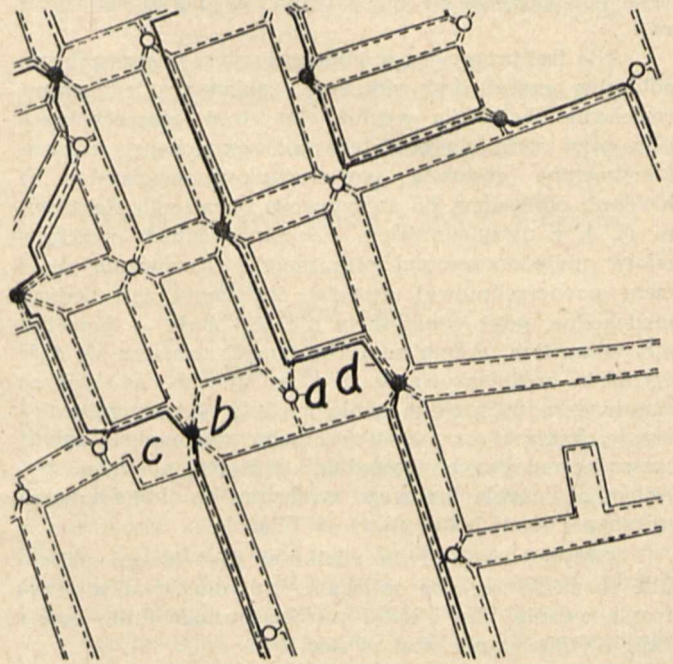
#### IV. Wyznaczenie mocy transformatorów, przekrojów kabli i ilości stacji transformacyjnych w sieci zamkniętej.

Po dokonaniu wyboru układu sieci niskiego napięcia, który to wybór w myśl powyższych rozważań powinien być obecnie stanowczo rozstrzygnięty na rzecz sieci zamkniętej, kolejnym etapem projektowania miejskiej sieci rozdzielczej niskiego napięcia będzie ustalenie charakterystycznych wielkości elementów składowych tej sieci. Tymi wielkościami w odniesieniu do opisanej wyżej sieci są: wielkość transformatorów sieciowych ( $N_{t,max}$ ), gęstość ich rozstawienia, wyrażająca się liczbą transformatorów na 1 km<sup>2</sup> obsługiwanego terytorium ( $n$ ), wreszcie przekroje kabli ulicznych ( $q$ ). Wielkości te są powiązane między sobą pewnymi zależnościami.

Iloczyn mocy jednostkowej transformatora przez liczbę transformatorów na 1 km<sup>2</sup> pozostaje w pewnym ściśle określonym związku z wielkością obciążenia obsługiwanego obszaru, zależnym jedynie od stopnia rezerwy, jaki pragniemy zachować. Dane zadanie możemy więc rozwiązać różnymi sposobami: bądź stosując większą liczbę małych transformatorów, bądź mniejszą liczbę większych, bądź wreszcie drogą pośrednią — byleby iloczyn tych wielkości pozostawał w odpowiednim stosunku do gęstości obciążenia zasilanego obszaru.

Przekroje kabli ulicznych również zależą od mocy poszczególnych transformatorów i ich rozstawienia; przy danej bowiem przez układ ulic (zwykle w nieznacznym zakresie się wahającej) liczbie kabli, schodzących się w węzle (w stacji transformacyjnej), suma zdolności przesyłowych wszystkich kabli musi być dostosowana do mocy transformatora, z ewentualnym uwzględnieniem pewnej nierównoczesności obciążeń i zachowaniem pew-

nych rezerw. Nieodpowiednie wzajemne ustosunkowanie tych wielkości będzie powodowało albo złe wyzyskanie kabli, albo też nadmierne ich obciążenie i równocześnie złe wyzyskanie transformatora. Również duże odległości wzajemne poszczególnych transformatorów mogą wywierać wpływ na wielkości koniecznych przekrojów kabli, jeśli wzgląd na dopuszczalne spadki napięć stanie się decydującym przy wyborze przekroju.



Rys. 3.

Fragment miejskiej sieci zamkniętej:  
a — węzłowa skrzynka kablowa niskiego napięcia, b — stacja transformacyjna, c — kable rozdzielcze niskiego napięcia, d — kable zasilające wysokiego napięcia.

Charakterystyczne wielkości sieci zamkniętej niezależnie od powyższych wzajemnych zależności muszą przede wszystkim czynić zadość wielkości obciążenia obsługiwanego przez sieć obszaru i dostosować się do geometrycznego rozplanowania ulic. Zaprojektowanie sieci, tj. przekrojów kabli, rozmieszczenia punktów zasilania itd. sposobem klasycznym czyli na podstawie wyliczenia rozplywu prądów, analizy spadków napięć itp. — jest w wypadku sieci miejskiej właściwie niewykonalnym i niecelowym. Przede wszystkim wyliczenie takie wskutek olbrzymiej liczby odbiorców energii (choćby samych domów), jak też i ilości ok sieci zamkniętej, byłoby związane z nadmiernym nakładem pracy. Ustalenie wielkości i miejsc poszczególnych odbiorców energii już w czasie obliczenia nastęrczałoby nieraz trudności. Ponieważ zaś odbiory te zmieniają się z czasem, więc już w czasie, jaki upłynie od obliczenia do wykonania sieci — mogłyby zajść zmiany, przekreślające wartość dokonanych wyliczeń.

Dalej trzeba uwzględnić fakt, że sieć nie może być projektowana indywidualnie dla każdego odcinka: ze względu na ułatwienie eksploatacji konieczne jest jak najdalej idące ujednostajnienie stosowanych przekrojów kabli, mocy transformatorów i t. d. — tym bardziej więc bezcelowe byłoby gubienie się w drobiazgowych wyliczeniach, których rezultaty przekreślone zostaną przez zaokrąglenie otrzymanych wyników do wielkości znormalizowanych.

Wreszcie najważniejszym i najtrudniejszym może czynnikiem jest stały, w miastach naogół bardzo szybki

wzrost obciążenia. Stanowi to jeszcze jeden argument, iż szczegółowe obliczenie sieci w pewnym momencie jest bezcelową stratą czasu, bo po kilku latach obraz obciążeń będzie niepodobny do tego, który może być podstawą takiego obliczenia. Stokroć ważniejszym będzie tak zaprojektować sieć, aby z góry przewidziane były sposoby stałego, stopniowego przystosowywania jej do rosnących bezustannie obciążeń i to nawet w wypadku kilkakrotnego powiększenia się mocy odbiorów energii elektrycznej.

Nie traktując więc w obliczeniu sieci poszczególnych odbiorów energii indywidualnie, zakładamy jednostajne rozłożenie obciążenia wzdłuż obu stron poszczególnych ulic, przy czym wielkość tego obciążenia będzie scharakteryzowana gęstością powierzchniową obciążenia w  $\text{kW/km}^2$ , odniesioną do szczytowego obciążenia elektrowni (t. j. z uwzględnieniem już odpowiednich współczynników niejednoczesności obciążenia). Operowanie pojęciem powierzchniowej gęstości obciążenia jest jednak niedogodne, gdyż wielkość ta nie jest stała — przeciwnie, w każdym terenie miejskim naogół zaznacza się dość wyraźnie zróżniczkowanie ulic na główne, na których skupione są największe odbiory (duże magazyny, restauracje, miejsca rozrywkowe) i poboczne, o obciążeniach znacznie mniejszych. Wygodniej więc jest operować pojęciem obciążenia liniowego na jednostkę długości kabla ulicznego (czyli boku ulicy) w  $\text{W/m}$  b.

Oczywiście te dwie wielkości dla danego układu ulic są ściśle ze sobą związane, np. dla kwadratowego rozplanowania ulic i kabli po obu stronach ulic będzie (bez uwzględniania strat w sieci):

$$w = J_F \cdot \frac{a}{4g} \cdot 10^{-3} \text{ W/m b.} \quad (1)$$

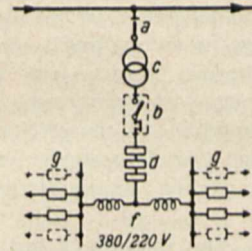
gdzie:

- $J_F$  — gęstość powierzchniowa w  $\text{kW/km}^2$  odniesiona do szczytu,
- $a$  — rozstęp ulic w metrach,
- $g$  — współczynnik równoczesności obciążenia t. j. stosunek szczytowego obciążenia w elektrowni do sumy szczytowych obciążeń wszystkich kabli rozdzielczych niskiego napięcia.

Wielkości obciążeń skupionych, które mogą być przyłączone do sieci niskiego napięcia, zależą od wysokości napięcia, od przekrojów kabli, od dopuszczalnego spadku napięcia i t. d. W każdym wypadku jest pewna maksymalna dopuszczalna wielkość obciążeń skupionych. Większe od nich obciążenia muszą być zasilane wprost z sieci wysokiego napięcia. Z zachowaniem tych zastrzeżeń, spadki napięć w sieci niskiego napięcia można obliczać, jak dla obciążeń jednostajnie rozłożonych wzdłuż kabla, oczywiście z wyjątkiem wypadków anormalnego skupienia odbiorów w jednym miejscu.

Czynnikiem, decydującym o wyborze charakterystycznych wielkości sieci, powinny być względy gospodarcze. Z pośród wielu możliwych wielkości mocy transformatorów, ich ilości na  $1 \text{ km}^2$  i przekrojów kabli, należy wybrać te, które, czyniąc zadość zarówno omówionym wyżej wzajemnym zależnościom, jak też wielkości obciążenia i konfiguracji ulic, powodować będą jednocześnie minimum rocznych kosztów eksploatacji sieci. Te ostatnie składają się z kosztów stałych, czyli kosztów opłacenia i amortyzacji kapitału wyłożonego na budowę sieci, jak też kosztów utrzymania urządzeń w stanie używalności, oraz z kosztów zmiennych, powodowanych przez straty w urządzeniach. Koszty stałe są zależne od zainstalowanej mocy, zmienne zaś od ilości przesyłanej energii. Warunek zachowania minimum całkowitych ko-

szków może oczywiście czasem nie być zachowany, np. w wypadku, gdy szczególnie zależy na ograniczeniu wielkości kapitału zainwestowanego, choćby kosztem zwiększenia strat w sieci, a nawet całkowitych rocznych kosztów. Naogół jednak koszty strat w sieci stanowią nieznaczną część kosztów kapitału zainwestowanego, toteż we wszelkim obliczeniu przybliżonym te ostatnie odgrywają rolę decydującą.



Rys. 4.

Podstawowy schemat stacji transformacyjnej zasilającej sieć zamkniętą:

a — odłącznik wysokiego napięcia, b — automat sieciowy wraz z bezpiecznikami topikowymi o dużej bezwładności, c — transformator, d — dławiki bezuzwojeniowe zwiększające reaktancję transformatora, f — dławik ograniczający prąd zwarcia z zaczepek po środku uzwojenia, g — bezpieczniki sieciowe (specjalne).

Sposób przeprowadzenia obliczenia dla otrzymania tego „optimum gospodarczego” odpowiada naogół znanym obliczeniom najkorzystniejszego gospodarstwa przekroju, napięcia przesyłowego i t. p. Różni autorzy [1, 2, 4] dochodzą do zbliżonych wyników różnymi nieco drogami. Dla przykładu przedstawimy tu w najogólniejszych zarysach bieg obliczenia wg. K. M e n n y [4], którego metoda zasługuje szczególnie na polecenie ze względu na przejrzystość i dokładność w uwzględnianiu różnorodnych czynników.

Obliczenie dotyczy idealnego układu sieci o bokach kwadratowych długości „ $a$ ” metrów z kablami po obu stronach ulic i z węzłami, w których schodzi się po 8 kabli na każdym przecięciu ulic. Transformatory są rozstawione symetrycznie w węzłach. Ilość ok sieci (pół szachownicy) przypadająca na jeden transformator (w każdej stacji transformacyjnej stoi jeden transformator) wyraża się współczynnikiem „ $m$ ”. Stąd liczba transformatorów na jednostkę powierzchni sieci będzie:

$$n = \left(\frac{1000}{a}\right)^2 \cdot \frac{1}{m} \text{ km}^{-2} \quad (2)$$

Przekroje kabli zależą od wielkości „ $a$ ”, „ $m$ ” i od obciążenia na jednostkę długości kabla „ $w$ ”  $\text{W/m}$  b. Dla obliczenia tych przekrojów miarodajne są dopuszczalne spadki napięć (2 ÷ 3%), oraz nagrzewanie się kabli; przy tym ostatnim uwzględnia się dodatkowe obciążenie kabli niskiego napięcia w wypadku awarii kabla wysokiego napięcia, zasilającego rząd stacji, następnie dopuszczalną przeciążalność kabli (20% w ciągu dwóch godzin) i zmniejszenie dopuszczalnego obciążenia kabli skutkiem nagromadzenia kilku kabli w jednym wykopie (do 80%). Wreszcie jako minimalny przekrój ze względu na rezerwę na przyszłość przyjęto  $35 \text{ mm}^2$ .

Wszystkie powyższe warunki uwzględnione są przez wzór empiryczny dla przekroju kabli (dla napięcia  $3 \times 380/220 \text{ V}$ ):

$$q = 30 + (\alpha + \beta m^2) \cdot \left(\frac{wa}{200}\right)^2 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2 \quad (3)$$

gdzie: dla  $\cos \varphi = 1$  :  $\alpha = 0,27$ ,  $\beta = 1,15$   
 dla  $\cos \varphi = 0,9$  :  $\alpha = 0,35$ ,  $\beta = 1,4$   
 dla  $\cos \varphi = 0,8$  :  $\alpha = 0,47$ ,  $\beta = 1,65$ .

Moc transformatora dla powyższych warunków wyraża się wzorem:

$$N_{t,max} = \frac{4 g_n \cdot a \cdot m \cdot w \cdot z_t}{\dot{u}_t \cdot \cos \varphi} \cdot 10^{-3} \text{ kVA} \dots (4)$$

gdzie:

$g_n$  — jest współczynnikiem jednoczesności obciążenia kabli, rozchodzących się z jednego transformatora (zwykle  $g_n = 1$  do 0,75),

$z_t$  — jest współczynnikiem, uwzględniającym dodatkowe obciążenia transformatora wskutek awarii sąsiednich transformatorów (zwykle  $z_t = 1,35$ ),

$\dot{u}_t$  — jest współczynnikiem, uwzględniającym przeciążalność transformatora (zwykle  $\dot{u}_t = 1,2$ ).

Przy tym normalne obciążenie transformatora, bez przeciążenia, będzie:

$$N_t = N_{t,max} \cdot \frac{\dot{u}_t}{z_t} \text{ kVA} \cong 0,89 \cdot N_{t,max} \text{ kVA} \dots (5)$$

Z powyższych wzorów wynikają też bezpośrednio omówione wyżej zależności wzajemne wielkości „ $n$ ” i „ $N_{t,max}$ ” oraz „ $q$ ” i „ $N_{t,max}$ ” a mianowicie z (2) otrzymamy:

$$m = \left( \frac{1000}{a} \right)^2 \cdot \frac{1}{n}$$

a po podstawieniu w (4):

$$N_{t,max} = \frac{4 \cdot g_n \cdot w \cdot z_t \cdot 10^3}{\dot{u}_t \cdot a \cdot \cos \varphi} \cdot \frac{1}{n} \text{ kVA} \dots (6)$$

zaś z (4):

$$w = N_{t,max} \cdot \frac{\dot{u}_t}{z_t} \cdot \frac{\cos \varphi}{4 \cdot g_n \cdot a \cdot m} \cdot 10^3$$

i po podstawieniu w (3):

$$q = 30 + \left( \frac{\alpha}{m^2} + \beta \right) \cdot \left( 1,25 \cdot \frac{N_{t,max} \cdot \dot{u}_t \cdot \cos \varphi}{g_n \cdot z_t} \right)^2 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2 (7)$$

Dla spełnienia warunku optimum gospodarczego zestawia się w odniesieniu do jednostki powierzchni równania rocznych kosztów stałych i zmiennych dla sieci niskiego napięcia, dla stacji transformacyjnych i dla kabli zasilających wysokiego napięcia. Poszczególne koszty zależne będą od danych technicznych urządzeń, od jednostkowych cen różnych elementów składowych i od wielkości „ $n$ ”, „ $N_{t,max}$ ” i „ $q$ ”.

Suma tych wszystkich kosztów dla określonych wartości wielkości „ $a$ ” i „ $w$ ” będzie zależała od jednej tylko zmiennej „ $m$ ”. Można więc drogą odpowiednich przeróbek matematycznych otrzymać wielkość „ $m$ ”, dla której wszystkie koszty dla całej sieci będą stanowiły minimum; z tak wyliczonych wielkości „ $m$ ” otrzymamy wg. wzorów (2), (3) i (4) szukane charakterystyczne wielkości sieci „ $N_{t,max}$ ”, „ $n$ ” i „ $q$ ”.

Powyższy przebieg obliczenia może być dość znacznie uproszczony, gdy idzie o otrzymanie wyników przybliżonych, orientacyjnych. Mianowicie przez pominięcie w zestawieniu kosztów rocznych sieci, niewielką rolę grających kosztów zmiennych, oraz wogóle kosztów kabli wysokiego napięcia, mało zależnych od „ $m$ ”, otrzymuje się po zróżniczkowaniu wzór przybliżony na najkorzystniejszą gospodarczo wartość „ $m$ ”:

$$m = \frac{1}{a^2} \cdot \sqrt[3]{\frac{0,8 \cdot a \cdot (p_t \cdot A_t - p_n \cdot A_k) \cdot g^2}{p_n \cdot B_n \cdot \beta \cdot J_F^2}} \cdot 10^6 \dots (8)$$

gdzie:

$p_n$  i  $p_t$  — są wyrażonymi w liczbach bezwzględnych stopami oprocentowania zainwestowanego kapitału, łącznie z amortyzacją, renowacją i utrzymaniem — odpowiednio dla sieci kablowej niskie-

go napięcia ( $p_n$ ) i dla stacji transformacyjnych ( $p_t$ ),

$B_n$  — jest częścią kosztu zakładowego dla sieci niskiego napięcia, zależną od przekroju i wyrażoną na jednostkę długości (km) i jednostkę przekroju ( $\text{mm}^2$ ),

$A_k$  — jest kosztem skrzynki kablowej na skrzyżowaniu ulic,

$A_t$  — jest kosztem jednej stacji transformacyjnej, niezależnym od mocy,

$\beta$  — jest współczynnikiem z równania (3),

$J_F$  — jest gęstością powierzchniową obciążenia w  $\text{kW/km}^2$ ,

$g$  — jest współczynnikiem jednoczesności obciążenia (średnio = 0,75).

(Wg. przeciętnych danych z 1935 r. z Berlina:

$$p_n = 0,11$$

$$p_t = 0,16$$

$$B_n = 86 \text{ RM/km i mm}^2$$

$$A_k = 2000 \text{ RM}$$

$$A_t = 8000 \text{ RM}$$

Dla każdego poszczególnego wypadku należy zastosować odpowiednie wielkości liczbowe powyższych współczynników. Poprzestając na pewnym przybliżeniu, można stosować wyżej podane wielkości, jako pochodzące z warunków, zbliżonych do naszych w czasie i w przestrzeni, zwłaszcza wobec tego, że do wzoru wchodzi stosunki tych wielkości, które przy zmianie poszczególnych wielkości, ulegają znacznie mniejszym zmianom.

Podstawiając wartość „ $m$ ” z wzoru (8), oraz posiłkując się podanymi wyżej wielkościami współczynników liczbowych, otrzymamy z wzorów (2), (3) i (4) dla  $\cos \varphi = 0,9$ :

$$n = 0,303 \sqrt[3]{\frac{J_F^2}{a}} = 63 \cdot \frac{\sqrt[3]{w^2}}{a} \dots (9)$$

$$N_{t,max} = 4,83 \cdot \sqrt[3]{a \cdot J_F} = 69,7 \cdot \sqrt[3]{w} \text{ kVA} \dots (10)$$

$$q = 30 + 0,973 \cdot 10^{-16} \cdot J_F^2 \cdot a^4 + 0,424 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt[3]{J_F^2 \cdot a^2} = 30 + 8,75 \cdot 10^{-10} \cdot w^2 \cdot a^2 + 0,883 \cdot \sqrt[3]{w^2} \text{ mm}^2 \dots (11)$$

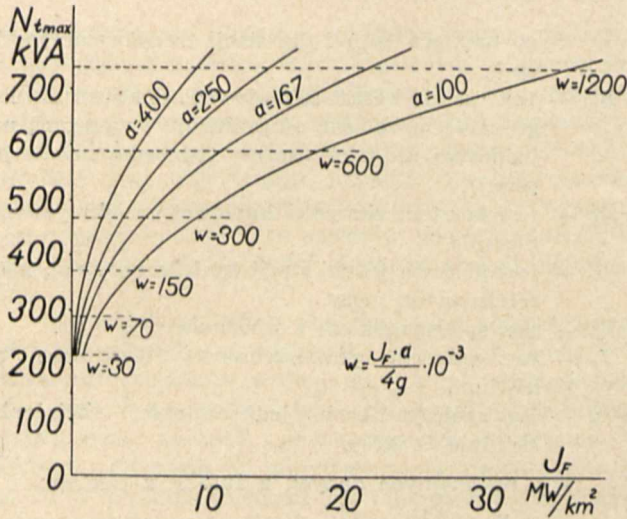
Z powyższych wzorów przybliżonych widoczne jest, w jaki sposób wielkości charakterystyczne sieci, zaprojektowanej dla minimum kosztów rocznych, zależą od konfiguracji sieci ( $a$ ) i od wielkości obciążenia ( $w, J$ ). Te same zależności przedstawione są na rysunkach 5, 6 i 7, gdzie najkorzystniejsze gospodarczo wielkości „ $n$ ”, „ $N_{t,max}$ ” i „ $q$ ” podane są w funkcji „ $J_F$ ” dla różnych wartości „ $a$ ”. Jednocześnie linie przerywane, łączące punkty różnych krzywych, odpowiadające tym samym wartościom „ $w$ ” — przedstawiają zależność od gęstości liniowej „ $w$ ” (przy tym „ $w$ ”, „ $a$ ” i „ $J_F$ ” związane są zależnością (1)).

Z rozważań tych wynikają ogólne prawidła, które muszą być przestrzegane dla racjonalnego zaprojektowania sieci zamkniętej, a mianowicie:

W sieci spełniającej warunek minimum kosztów rocznych —

1) moc transformatorów ( $N_{t,max}$ ) zależy tylko od gęstości liniowej obciążenia i rośnie z nią (wzór 10), a nie zależy od odstępów ulic ( $a$ ), więc do pewnego stopnia w ogóle od konfiguracji sieci; wobec tego  $N_{t,max}$  rośnie też ze wzrostem powierzchniowej gęstości obciążenia  $J_F$  przy danym „ $a$ ”;

2) ilość transformatorów na 1  $\text{km}^2$  ( $n$ ) rośnie ze wzrostem obciążenia liniowego ( $w$ ) lub powierzchni-



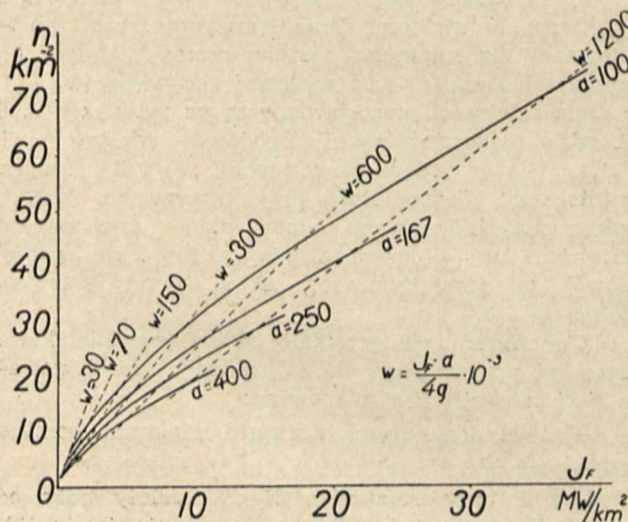
Rys. 5.

Najkorzystniejsza gospodarczo wielkość transformatorów sieciowych ( $N_{t,max}$ ) w funkcji powierzchniowej gęstości obciążenia ( $J_F$ ) w zależności od rozstępu ulic ( $a$ ) i liniowego obciążenia kabli ( $w$ ); (sieć idealna kwadratowa, napięcie 380 V, ceny jednostkowe z 1935 r. z Berlina).

wego ( $J_F$ ), zaś dla danego „ $w$ ” — maleje ze wzrostem „ $a$ ” (wzór 9);

3) przekroje kabli ( $q$ ) rosną zarówno wskutek wzrostu „ $w$ ” lub „ $J_F$ ”, jak też wskutek wzrostu „ $a$ ” (wzór 11).

We wszelkim konkretnym przypadku czy to projektowania nowej sieci, czy też modernizowania sieci już istniejącej, na ogół, przynajmniej w miastach europejskich, nie spotyka się idealnego kwadratowego układu ulic, który stanowi podstawę wszelkich rozważań i wyliczeń teoretycznych. Nie stanowi to przeszkody w stosowaniu opisanej sieci zamkniętej, jedynie wyniki obliczeń, oparte na układzie teoretycznym dla wartości „ $w$ ”, odpowiadającej wielkościom rzeczywistym, i wartości „ $a$ ”, będącej średnią wielkością rzeczywiście występujących odstępów ulic — należy nieco dostosować indywidualnie do rzeczywistego układu ulic, stosując np. różne wielkości transformatorów zależne od liczby ulic, schodzących się na poszczególnych rogach, różniczkując też



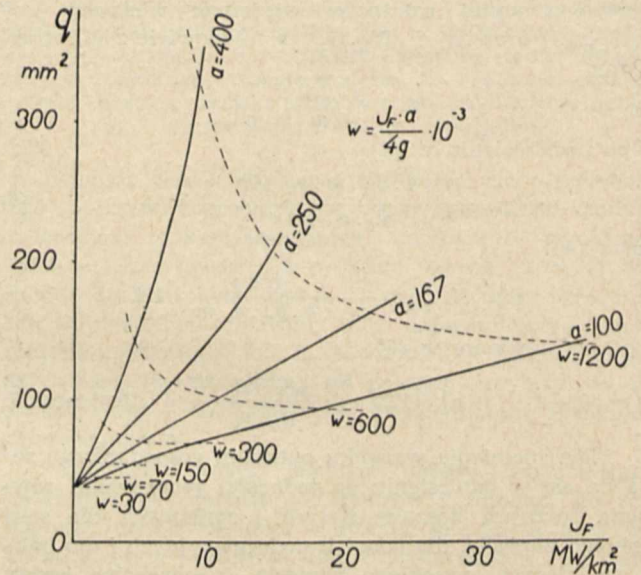
Rys. 6.

Najkorzystniejsze gospodarczo liczby stacji transformacyjnych na kilometr kwadratowy sieci ( $n$ ) w funkcji powierzchniowej gęstości obciążenia ( $J_F$ ) w zależności od rozstępu ulic ( $a$ ) i liniowego obciążenia kabli ( $w$ ); (sieć idealna kwadratowa, napięcie 380 V, ceny jednostkowe z 1935 r. z Berlina).

ewentualnie przekroje kabli na poszczególnych ulicach itp. W wypadku bardzo długich odcinków ulic między węzłami, przy dużym równocześnie obciążeniu liniowym, koniecznym bywa czasem ustawienie transformatorów na połowie długości ulic.

Drugim powodem, dla którego sieć rzeczywista będzie odbiegała od układu idealnego, jest różna wielkość obciążeń na ulicach głównych i bocznych. Rozwiązanie należy sobie wyobrazić, jako złożone z dwóch układów idealnych dla dwóch różnych wielkości „ $w$ ”.

Wreszcie wielkość obciążenia liniowego „ $w$ ” jest różna nie tylko dla poszczególnych części danej sieci, ale też wzrasta w miarę rozwoju spożycia energii elektrycznej. Aby zaprojektowane wielkości charakterystyczne sieci ( $n$ ,  $N_{t,max}$ ,  $q$ ) mogły być łatwo dostosowane do tego zwiększonego z czasem obciążenia, należy już w chwili pierwszego ich wyznaczenia wykonać obliczenia nie tylko dla najmniejszej i największej wartości „ $w$ ”, występującej w danym czasie, ale też i dla największej wartości „ $w$ ” jakiej należy się w dalszej przyszłości spodziewać.



Rys. 7.

Najkorzystniejsze gospodarczo przekroje kabli ( $q$ ) sieci zamkniętej w funkcji powierzchniowej gęstości obciążenia ( $J_F$ ) w zależności od rozstępu ulic ( $a$ ) i liniowego obciążenia kabli ( $w$ ); (sieć idealna kwadratowa, napięcie 380 V, ceny jednostkowe z 1935 r. z Berlina).

Dla rosnącego w sposób ciągły obciążenia „ $w$ ” z obliczenia gospodarczego wypadną również zmienne w sposób ciągły wielkości „ $n$ ”, „ $N_{t,max}$ ” i „ $q$ ”; ponieważ praktycznie ta ciągłość zmienności tych wielkości nie może być zachowana, więc jak zwykle w podobnych wypadkach trzeba odstąpić od warunków optimum gospodarczego celem otrzymania dobrych warunków eksploatacji (minimum różnych wielkości transformatorów, przekrojów kabli i t. d.) oraz łatwego przystosowywania się sieci do rosnących wymagań. W tym celu najsluszniej będzie zachować pewną ciągłość wzrostu liczby stacji na  $\text{km}^2$  ( $n$ ), a wzrost mocy transformatorów ( $N_{t,max}$ ) i przekrojów kabli ( $q$ ) przewidzieć skokami w dwóch lub trzech etapach; (więc np. mniejsze jednostki transformatorowe z czasem w śródmieściu zostaną zastąpione przez większe, a same zużyte będą w obszarach o mniejszym obciążeniu; również kable w śródmieściu lub tylko na głównych ulicach będą z czasem wzmocnione, np. przez ułożenie równoległych kabli i t. p.).

Wybór tych kilku stopniowanych wielkości „ $N_{t,max}$ ” i „ $q$ ” winien nastąpić tak, aby jak najmniej oddalać się



od warunków optimum gospodarczego, co może być dokonane jedynie po dość dokładnym zanalizowaniu zmienności tych wielkości w funkcji obciążenia. Przy każdej zmianie wielkości otrzymanych z rozważań teoretycznych, należy również pamiętać o konieczności zachowania wzajemnych zależności wg. wzorów (6) i (7).

W dalszym ciągu omówimy kilka szczegółów technicznych wykonania sieci zamkniętych, różniących się od rozwiązań, spotykanych w sieciach dawnego typu.

#### V. Zabezpieczenie zamkniętej sieci niskiego napięcia.

Jest to zagadnienie, od którego pomyślnego rozwiązania zależy w ogóle powodzenie stosowania sieci zamkniętych. Przede wszystkim trzeba zauważyć, że kable w sieci zamkniętej z reguły nie mają zabezpieczenia przeciw przeciążeniom. W rzeczywistości, wobec istnienia na ogół ścisłej kontroli przyłączanych do sieci odbiorników, nieoczekiwane większe przeciążenia występują w sieci miejskiej b. rzadko. Dla kontroli stopnia obciążenia sieci wystarczają naogół okresowe, systematycznie przeprowadzane pomiary na kablach. Chwilowe przeciążenia kabli, spowodowane wypadnięciem z ruchu części transformatorów są na ogół krótkotrwałe, zresztą sieć zgóry jest zaprojektowana tak, by móc je znosić bez szkody dla siebie. Jedynymi organami, reagującymi na przeciążenia mogą być normalne bezpieczniki topikowe na odgałęzieniach od sieci do poszczególnych domów (w przyłączach domowych), oraz przekaźniki termiczne na transformatorach sieciowych, odłączające je w razie długotrwałych przeciążeń, zagrażających ich całości.

Podstawowe znaczenie ma zabezpieczenie sieci od zwarć, które jakkolwiek w starannie ułożonych sieciach występują stosunkowo b. rzadko (głównie skutkiem mechanicznych uszkodzeń kabli) — muszą jednak być odłączane szybko i selektywnie, o ile eksploatacja sieci nie ma być narażona na niepożądane przerwy prawidłowego ruchu. Stosowane są dwa sposoby ochrony przeciwzwarciowej: przerywanie zwarć drogą wypalania się samych kabli niskiego napięcia, oraz stosowanie specjalnych bezpieczników topikowych o dużej bezwładności.

Pierwszy sposób oparty jest na zjawisku samorzutnego gaśnięcia łuku zwarciowego w kablu. Metaliczne zwarcie zostaje przede wszystkim przez odpowiednio wielki prąd zwarcia wytopione, poczyn następuje zapłon łuku, który znów, stapiając elektrody, między którymi płonie, wydłuża się i dzięki chłodzeniu przez otoczenie, gaśnie. Dla pomyślnego przebiegu zjawiska musi być spełniony szereg warunków. Przede wszystkim sam prąd zwarcia musi być dość duży (rzędu  $3 \div 5$  kA, zależnie od przekroju kabla), aby szybko wytopić zwarcie; z drugiej strony przy zbyt dużym prądzie — łuk może nie zgasnąć samorzutnie. Podstawową rolę odgrywa też wysokość napięcia roboczego, którego zwiększenie utrudnia gaśnięcie łuku. Dla zbadania powyższych zjawisk przeprowadzono w Ameryce, w Niemczech i w Rosji szereg doświadczeń.

Praktyka amerykańska, gdzie kilkadziesiąt miast stosuje już w swych sieciach zamkniętych wypalanie zwarć w kablach jako ochronę sieci, wykazuje zupełnie zadawalające rezultaty; uwzględnić tu jednak należy, że napięcie nie przekracza tam nigdzie 220 V. W Europie po raz pierwszy dokonano próby zastosowania powyższego systemu w Berlinie, przy czym wobec wyższego napięcia (380/220 V), w wyniku szeregu prób okazało się, że w kablach czterożyłowych następuje przy tym napięciu samorzutne gaśnięcie łuku, o ile wyliczony w danym miejscu prąd zwarcia nie przekracza pewnej wielkości,

(rzędu  $15 \div 18$  kA). Wobec tego zaś, że prądy zwarć w sieci zamkniętej przy wielostronnym zasilaniu zwarć z kilku transformatorów są większe, niż w sieciach otwartych i dochodzą do  $30 \div 35$  kA — dla prawidłowego gaśnięcia łuku w miejscu zwarć koniecznym jest ograniczenie wielkości prądu zwarcia przez wbudowanie odpowiednich dławików w stacjach transformacyjnych.

Sam proces gaśnięcia łuku w kablu jest też zależny od konstrukcji kabla i od właściwości materiałów, użytych do jego wyrobu. Stosowanie specjalnych konstrukcji kabli umożliwia pewne podniesienie granicy prądu, poniżej której niezawodnie następuje samorzutne gaśnięcie łuku; tą drogą można czasem uniknąć stosowania dławików. (Te specjalne kable mają zarówno przewody fazowe, jak i zerowy obolowiony, przy czym wszystkie płaszcze olowane są uziemione — wykorzystane jest tu spostrzeżenie, że łuk między żyłą i płaszczem olowanym prędzej gaśnie; konstrukcja ta zapobiega również przerzucaniu się uszkodzenia na zdrowe fazy).

Odłączenie zwarć przez wypalenie się go w kablu jest idealnie selektywne: po zgaśnięciu łuku w kablu, oba końce przepalonego kabla wykazują zupełnie dostateczną izolację żył, a wobec dwustronnego zasilania kabla, ani jeden odbiorca nie jest pozbawiony dopływu energii. O fakcie przepalenia kabla przeważnie nikt nie wie i ujawni się on zazwyczaj dopiero przez stwierdzenie anormalnego rozplywu prądów w czasie pomiarów obciążeń, albo wskutek powtórnego przepalenia kabla w sąsiedztwie, które już całkowicie odetnie odcinek kabla, zasilany tylko jednostronnie od czasu pierwszego wypadku.

Przy powyższym sposobie zabezpieczenia ani w stacjach transformacyjnych ani w węzłach nie stosuje się już oczywiście na kablach bezpieczników. Czas odłączenia zwarć, t. j. czas wypalenia miejsca zwarć w kablu, łącznie z czasem zgaśnięcia łuku, jest tak krótki, że wielkie prądy zwarć w kablach nie powodują ich szkodliwego nagrzewania się.

Doświadczenia z praktyki wypalania się zwarć w kablach sieci 380 V są naogół jeszcze zbyt skąpe i na przestrzeni zbyt krótkiego czasu zebrane, aby system ten móc uważać za zupełnie pewny i wypróbowany; po pewnym czasie jednak i przy większej liczbie sieci, które go zastosują, wyjaśnią się zapewne wszystkie istniejące dziś jeszcze wątpliwości, jak np. obawa uzewnętrzniania się łuku w kablu nad powierzchnią ziemi i t. p.

Drugim sposobem zabezpieczenia sieci od zwarć jest stosowanie specjalnych bezpieczników topikowych o dużej bezwładności. Normalny, stosowany dawniej typ bezpiecznika paskowego (ewentualnie w formie paska, umieszczonego w odpowiednim uchwycie, patronie) w żaden sposób nie mógł i nie może sprostać wymaganiom stawianym w sieci zamkniętej: przede wszystkim w normalnym wykonaniu nie jest on w stanie dość szybko i pewnie przerywać prądy zwarć, przekraczające 6 do 10 kA (przy  $380 \div 500$  V), podczas gdy w miejskich sieciach zamkniętych, jak mówiliśmy, występują prądy zwarć większe niż w sieciach otwartych, dochodzące w poszczególnych wypadkach do 30 i więcej kA.

Jakkolwiek przy specjalnym wykonaniu z magnetycznym wydmuchem łuku można zbliżyć granicę skutecznego działania tych bezpieczników do powyższego rzędu wielkości prądów — nie rozwiązuje to jednak trudności, bo działanie takiego bezpiecznika połączone jest z wielkim uzewnętrznieniem się łuku, połączonym z wydzielaniem się gorących gazów i par metali, co powodować może powtarzane przeskoki, oraz uszkodzenia pozostałych części urządzeń, zainstalowanych zwykle w ciasnych

pomieszczeniach, jak również stanowi niebezpieczeństwo dla personelu obsługującego.

Następnie bezpieczniki paskowe mają nieodpowiedni przebieg charakterystyki prądowo-czasowej: skutkiem zbyt niskiego prądu granicznego przepalają się po pewnym czasie przy stosunkowo niezbyt wielkich przeciążeniach, co koliduje z zasadą nieodłączania kabli przeciążonych w sieciach zamkniętych; przy zwarciaach zaś przepalają się one tak szybko, iż nie mogą spełnić warunku selektywności, określonego praktyką sieci zamkniętych w ten sposób, że przy przepływie prądów zwarciovych rzędu kiloamperów z dwóch identycznych bezpieczników obciążonych w stosunku 1:2 — bezpiecznik więcej obciążony winien przepalać się tak szybko, żeby drugi bezpiecznik pozostał nienaruszony.

W rozwoju chronologicznym — pierwsze sieci zamknięte powstały w czasie, gdy przemysł nie tylko nie wyrabiał bezpieczników czyniących zadość warunkom pracy w tych sieciach, ale w ogóle kwestionowano możliwość skonstruowania tego rodzaju bezpieczników. Skutkiem powyższego powstało i rozpowszechniło się zabezpieczanie sieci zamkniętych przez wypalanie się kabli. Obecnie odpowiednie konstrukcje bezpieczników opracowane i wyrabiane przez większe fabryki zagraniczne spełniają zupełnie dobrze stawiane im wymagania. Ciekawym przyczynkiem historycznej natury może być fakt, że elektrownie berlińskie (BEWAG) przed kilku laty wskutek braku odpowiedniego materiału na rynku same opracowały i wyrabiały z powodzeniem typ bezwładnego bezpiecznika dla swoich sieci zamkniętych.

Nie wdając się zbytnio w różne w poszczególnych wykonaniach szczegóły konstrukcyjne bezpieczników dużej mocy o wielkiej bezwładności, ograniczymy się do podania zasady ich konstrukcji. Czas od chwili zaistnienia zwarcia do przerwania obwodu skutkiem działania bezpiecznika dzieli się na dwa okresy: czas topienia się topika do chwili powstania łuku i czas gaszenia łuku. Jednocześnie z powyższym prąd zwarcia ma znany przebieg wzrostu do największej amplitudy prądu udarowego z następującym potem stopniowym zanikiem składowej stałej i zmniejszeniem się prądu do wielkości ustalonego prądu zwarcia.

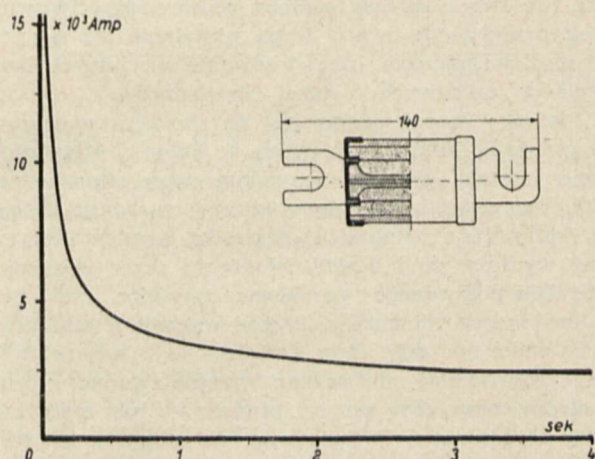
W bezpiecznikach paskowych normalnego typu proces stopienia się paska następuje tak prędko, że prąd zwarcia niema czasu osiągnąć przed tym swą maksymalną amplitudę, powstający zaś potem łuk o szybko rosnącej długości, a więc i oporze, znacznie ogranicza możliwą w ogóle w obwodzie wielkość prądu zwarcia. Skutkiem powyższego w punkcie sieci, gdzie wyliczona wielkość prądu zwarcia wynosi np. 20 000 amp. — przy przepaleniu się paskowego bezpiecznika 10-amperowego, rzeczywiście występujący prąd nie przekroczy np. 1200 amp. Opisane zjawisko, b. korzystne np. przy odłączaniu zwarć w torach otwartych, jest też czynnikiem znakomicie ułatwiającym pracę zwykłym bezpiecznikom drogą zmniejszenia ilości ciepła, wytwarzanego przy przepaleniu bezpiecznika.

W bezpiecznikach o zwiększonej bezwładności zjawisko to nie może być wyzyskane, bo dla osiągnięcia dostatecznej selektywności — czasy działania tych bezpieczników są znacznie dłuższe, tak że prąd zwarcia może osiągnąć swą największą amplitudę, i w rezultacie gaszenie łuku w bezpieczniku jest związane z koniecznością odprowadzenia znacznie większej ilości ciepła (bezpiecznik musi odłączyć większą, rzeczywiście występującą moc zwarcia), z czego wynika, że bezpieczniki o dużej bezwładności muszą być też bezpiecznikami o dużej mocy odłączalnej. Rys. 8 daje porównanie charakterystyk

prądowo-czasowych normalnych bezpieczników paskowych i bezpieczników o dużej bezwładności.

Dla osiągnięcia dużej selektywności koniecznym jest przedłużyć czas topienia się topików bezpiecznika w stosunku do czasu gaszenia łuku, gdyż ten czas topienia się, odwrotnie proporcjonalny do kwadratu prądu, jest czynnikiem, który może być wyzyskany dla uzależnienia czasów działania bezpieczników od prądów. Przedłużenie czasu topienia się osiągnięte zostaje drogą zwiększenia przekroju topików; skrócenie czasu gaszenia łuku i jednocześnie dostosowanie warunków gaszenia do zwiększonych wymagań przerywania większego prądu w łuku — otrzymuje się przez nadanie topikowi dużej powierzchni (poszczególne druczki topika są rozstawione na powierzchni cylindrycznej) i przez otoczenie topika odpowiednią substancją (szamot i t. p.).

Zewnętrznie (rys. 9) bezpiecznik jest obudowany szczelnie osłoną, zdolną przeciwstawić się wielkiemu wzrostowi ciśnienia wewnętrznego w chwili odłączania zwarcia, tak że zgaszenie łuku następuje bez żadnego ujawnienia się łuku lub jego produktów nazewnątrz.



Rys. 9.

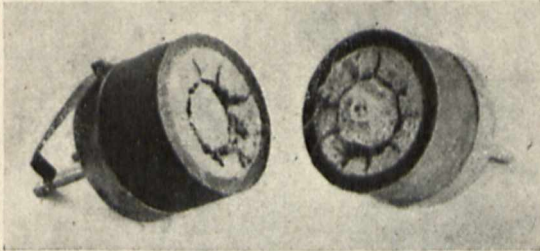
Sieciowy bezpiecznik topikowy o dużej bezwładności, wykonywany przez BEWAG (przekrój i charakterystyka prądowo-czasowa).

Substancja wypełniająca bezpiecznik przyczynia się do zgaszenia łuku albo przez chemiczne związanie gazów, wydzielanych przez łuk, przy równoczesnym stopieniu się jej na szklistą, szlakowatą masę, albo też drogą absorpcji i intensywnego ochłodzenia tych gazów w licznych pęknięciach jej, powstających skutkiem wewnętrznego nadciśnienia w chwili zapłonu łuku (rys. 10).

Bezpieczniki dla sieci zamkniętych są wyrabiane dla prądów nominalnych 100 ÷ 600 amp.; przy napięciach 380 i 500 V wyłączają one niezawodnie prądy zwarcia

do 40 kA (skutecznych), bez żadnych towarzyszących temu procesowi objawów zewnętrznych.

Ponieważ z samego układu sieci zamkniętej wielokrotnie zasilanej wynika, że w każdym węźle schodzi się po kilka kabli (od 3 wzwyż), oczywistą więc jest rzeczą, że przy zwarciu w kablu prąd dopływający do tego miejsca zwarcia rozdziela się w każdym węźle na szereg mniejszych składowych. Np. w sieci idealnie równomiernej o układzie kwadratowym, przy prądzie zwarcia wy-



Rys. 10.

noszącym 24 kA, w kablu uszkodzonym po środku między dwoma węzłami do miejsca zwarcia płynie po 12 kA z obu węzłów na krańcach tego kabla, zaś w każdym z tych dwóch węzłów, pomijając prądy obciążenia, każdym z 3 zdrowych kabli dopływa po 4 kA; dzięki odpowiedniemu nachyleniu charakterystyk czasowych bezpieczników — przepalają się bezpieczniki na kablu uszkodzonym (obciążone prądem 12 kA), a na pozostałych kablach bezpieczniki pozostaną nienaruszone.

W praktyce sieci zamkniętych (BEWAG) ustalono, że dla spełnienia warunku dostatecznej selektywności bezpieczniki (jednakowe) muszą wykazywać conajmniej następujące różnice czasów przepalania się dla odpowiednich par prądów:

0,12 sek dla 15 000 amp. i 7 500 amp.
0,49 sek dla 6 700 amp. i 4 500 amp.
2,5 sek dla 4 500 amp. i 2 500 amp.

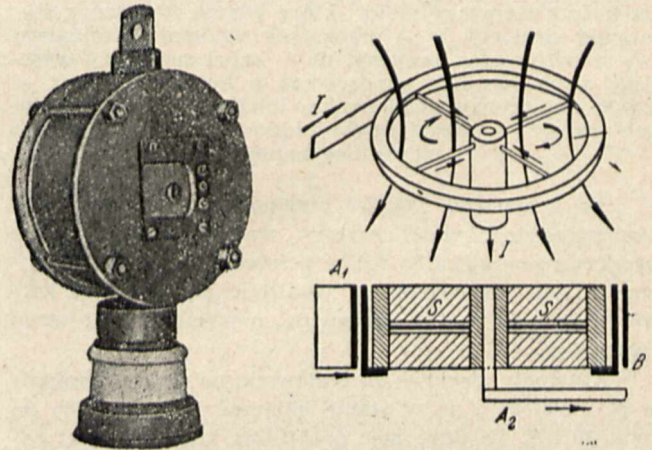
Trzeba wyraźnie podkreślić, że selektywne zabezpieczenie sieci bezpiecznikami topikowymi nie polega tu na uszeregowaniu za sobą bezpieczników na różne nominalne prądy, lecz na selektywnym działaniu jednakowych bezpieczników wskutek zróżniczkowania prądów, schodzących się w węzłach.

Bezpieczniki o dużej bezwładności są jeszcze zwykle wbudowywane w stacjach transformacyjnych w szereg z automatem sieciowym. Są to bezpieczniki na większe prądy nominalne i przeważnie o jeszcze większej bezwładności, niż bezpieczniki sieciowe. Zadaniem ich jest ochrona transformatora (czego, jak mówiliśmy już, nie spełnia automat sieciowy) w wypadku silnych zwarć w bezpośredniej bliskości transformatora, zwłaszcza w wypadku, gdy zawodzi normalnie przewidziany organ odłączający zwarcie (np. uszkodzenie bezpiecznika sieciowego, lub nie dość szybkie zgaśnięcie łuku w przepalonym kablu). W miejscu zwarcia po odłączeniu najbliższego transformatora płynąć już będzie znacznie mniejszy prąd, który łatwiej już będzie przerwać. Rys. 11 przedstawia odpowiednią konstrukcję takiego bezpiecznika firmy Siemens; właściwe topiki (dość grube) umieszczone, jak szprychy w kole, w chwili zwarcia przetapiają się przy zewnętrznym okręgu i pod wpływem silnego pola magnetycznego wywołanego przepływem prądu zwarcia przez kilka zwojów przewodu doprowadzającego

prąd — wyginają się i okręcają dookoła środkowego bolca odprowadzającego prąd, dzięki czemu łuk zostaje silnie wydłużony i zgaszony.

Różne konstrukcje bezpieczników topikowych o dużej bezwładności znalazły też zastosowanie do zabezpieczenia motorów od zwarć, w szereg ze stosunkowo słabymi wyłącznikami, których zadanie ograniczone zostaje jedynie do ochrony przeciwprzeciążeniowej i do normalnego roboczego włączania i wyłączania. W tych wypadkach duża bezwładność bezpieczników konieczna jest dla uniknięcia reagowania ich na duże prądy rozruchu motorów.

Na pytanie, jaki system zabezpieczenia zamkniętej sieci niskiego napięcia jest bardziej wskazany, t. j. stosowanie bezpieczników bezwładnych, czy też wypalanie kabli — narazie trudno jest dać odpowiedź, gdyż oba systemy mają swe plusy i minusy. Należałoby właściwie w każdym poszczególnym przypadku zagadnienie to w zastosowaniu do indywidualnych warunków przeanalizować. Nie jest pozbawiona słuszności metoda stosowana częściowo w Berlinie, polegająca na instalowaniu bezpieczników w stacjach transformacyjnych i na pozostawieniu rozgałęzień kabli w skrzynkach ulicznych bez zabezpieczenia; sposób ten powstał w wyniku spostrzeżenia, że w wypadku nie bardzo dużych prądów zwarcia kable przepalają się i łuk w nich gaśnie zanim zareagują bezwładne bezpieczniki. Ponieważ zaś prądy zwarcia są mniejsze właśnie w odcinkach kabli dalej położonych od zasilających transformatorów, słusznym więc jest pozostawić tam rolę zabezpieczenia przeciwzwarciovego samym kablom. Praktycznie metoda powyższa zmniejsza ilość przepalonych bezpieczników w sieci i wiążącą się z tym ilość przerw w dopływie energii do abonentów.



Rys. 11.

Bezpiecznik topikowy firmy Siemens o dużej mocy i dużej bezwładności (przeznaczony do wbudowania w szereg z automatem sieciowym)  $A_1$  — dopływ prądu,  $A_2$  — odpływ prądu,  $S$  — topiki,  $B$  — kilka zwojów przez które przepływa prąd, wytwarzając silne pole magnetyczne w kierunku strzałek.

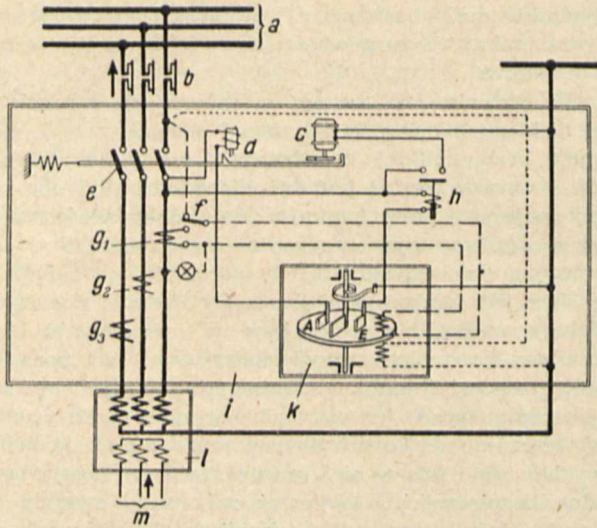
Na bliższe omówienie zasługuje też automat sieciowy, jako aparat specjalnie przystosowany do specyficznych zadań nałożonych nań przez nowoczesne sieci zamknięte. Rys. 12 przedstawia podstawowy układ automatu sieciowego Siemens; wyposażony jest on w trzy jedno-fazowe przekaźniki ( $k$ ). Automat sieciowy musi czynić zadość następującym wymaganiom:

1) powinien włączać, gdy załączony zostanie kabel wysokiego napięcia i transformator ma po stronie sieci napięcie biegu luzem wyższe od napięcia sieci, tak że po załączeniu transformatora kierunek przepływu energii będzie właściwy;

2) powinien wyłączać pod wpływem przepływu prądu biegu luzem z sieci niskiego napięcia z chwilą pozabawienia napięcia kabla wysokiego napięcia;

3) powinien wyłączać pod wpływem przepływu energii z sieci niskiego napięcia w wypadku zwarcia w transformatorze lub w sieci wysokiego napięcia;

4) nie powinien reagować na zwarcia ani przeciążenia w sieci niskiego napięcia.



Rys. 12.

Układ połączeń automatu sieciowego Siemens:

a — sieć zamknięta niskiego napięcia, b — bezpieczniki o dużej bezwładności, c — motorowy napęd wyłącznika, d — wyzwalacz na prąd roboczy, e — wyłącznik samoczynny, f — przełącznik sprzężony mechanicznie z wyłącznikiem, g<sub>1</sub>, g<sub>2</sub>, g<sub>3</sub> — transformatoriki prądowe, h — przekaźnik sterujący motor, który włącza wyłącznik, i — automat sieciowy, k — przekaźnik automatu sieciowego, l — transformator sieciowy, m — kabel zasilający wysokiego napięcia, linia przerywana z krótkich kreskach — obwód napięciowy przekaźnika, linia przerywana z długich kreskach — obwód cewki prądowej, wzgl. reagującej na różnicę napięć.

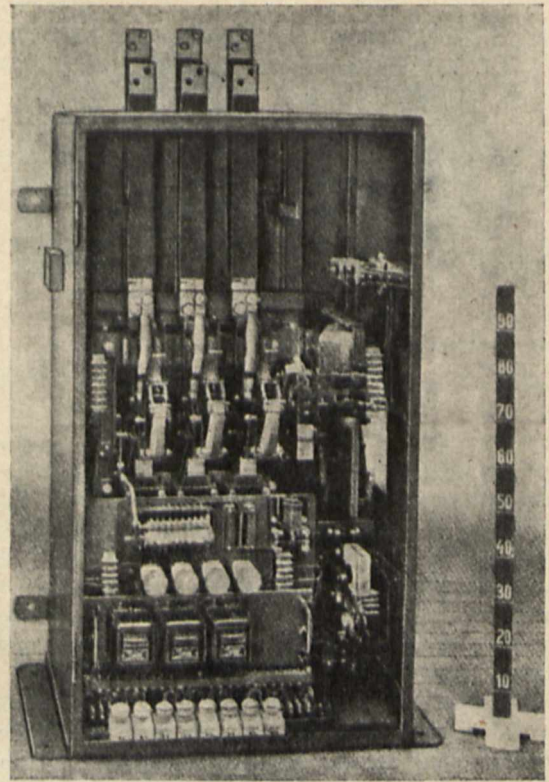
Na schemacie rys. 12 przekaźnik „k” działa albo jako przekaźnik watomierzowy, wrażliwy na kierunek przepływu energii, albo też w położeniu wyłączonym automatu, gdy przełącznik „f” znajduje się w swym górnym położeniu — porównywuje napięcia z obu stron wyłącznika.

Automaty sieciowe są budowane na prądy nominalne do 1500 A i są w stanie odłączać przy prądach do rzędu 30 kA. Ta duża moc odłączalna konieczna jest zarówno przy odłączaniu zwarć w sieci wysokiego napięcia, jak też przy wypadkowym odłączeniu kabla wysokiego napięcia i spowodowanym tym działaniu automatu w chwili istnienia zwarcia w sieci niskiego napięcia. Przy konstrukcji automatów sieciowych był szereg trudności do przewyżnienia, jak możliwość załączania ich na największe zwarcia bez następującego, potem wyłączenia, konieczność bezbłędnego działania wyzwalaczy na prąd roboczy oraz motorów włączających przy napięciu sieci bardzo obniżonym skutkiem zwarcia, zapobieżenie tak zwanemu pompowaniu t. j. ciągłemu włączaniu i wyłączaniu przy pewnych stanach napięcia w sieci i t. p.

Rys. 13 przedstawia automat sieciowy firmy Siemens na 1000 A umieszczony w szczelnej szafie żelaznej (przednia pokrywa usunięta).

Aby omówić wszystkie szczegóły odróżniające stację transformacyjną zasilającą sieć zamkniętą od zwykłej stacji w sieci otwartej, trzeba jeszcze wspomnieć o dławikach ograniczających prądy zwarcia i o bezuzwojenio-

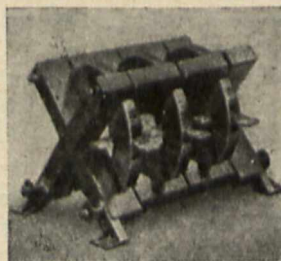
wych reaktancjach służących do wyrównywania obciążeń równoległe pracujących transformatorów. Ograniczenie wielkości prądów zwarcia może być, jak widzieliśmy, konieczne w sieci o b. dużym prądzie zwarcia, gdy przy napięciu 380 V chcemy stosować zabezpieczenia polegające na wypalaniu się kabli, przy czym nie stosujemy kabli specjalnego typu ułatwiających gaśnięcie łuku. Odpowiedni dławik (rys. 14) składa się z trzech uzwojeń



Rys. 13.

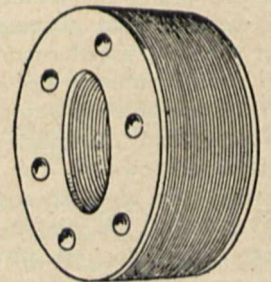
Wnętrze automatu sieciowego firmy Siemens na prąd nominalny 1000 amp.

szeregowych bez żelaza z zaczeplami po środku, do których dołącza się dopływ energii od transformatora; do obu końców uzwojeń przyłączone są w równych ilościach kable odchodzące. W ten sposób prąd roboczy rozdziela się na dwie równe mniej więcej części, przepływające przez obie połowy uzwojenia w przeciwnych kierunkach, skutkiem czego działanie indukcyjności własnej i wzajemnej znosi się prawie całkowicie (stosunek indukcyjności własnej do wzajemnej wynosi około 1,053) —



Rys. 14.

Dławik ograniczający prądy zwarcia stosowany w sieci zamkniętej niskiego napięcia w Berlinie (380 V, 2 × 400 amp., 0,015 mH w każdej gałęzi).



Rys. 15.

Bezuzwojeniowa reaktancja przeznaczona do zwiększania reaktancji transformatorów sieciowych.

dławik w normalnym ruchu nie powoduje prawie żadnej straty napięcia. Przy zwarciu w jednym kablu, prąd zwarcia bez porównania większy od normalnego prądu roboczego przepływa tylko przez jedną połowę dławika, równowaga zostaje zakłócona i indukcyjność połowy uzwojenia ogranicza wielkość prądu zwarcia. Stosując zabezpieczenie sieci bezpiecznikami o dużej bezwładności możemy oczywiście uniknąć instalowania dławików.

Transformatory zasilające sieć pracują równolegle. Nieraz obciążenia rozkładają się na nie b. nierównomiernie. Spowodowane to może być przez nierównomierność obciążeń w sieci niskiego napięcia, przez określoną, związaną z układem ulic, konfigurację sieci, przez różnice w danych konstrukcyjnych transformatorów oraz przez nierówne napięcia kabli wysokiego napięcia, prowadzących zwykle z różnych podstacji. Dla oddziaływania w eksploatacji na te nierównomierności stosuje się drogę zwiększania reaktancji transformatorów, które chcemy odciążać: w tym celu na jednofazowe odprowadzenia niskiego napięcia od transformatorów nakłada się t. zw. bezuzwojenowe reaktory (rys. 15), czyli pierścienie z pakietów blach żelaznych. Sposób ten tani i prosty przynosi dość dobre rezultaty; zależnie oczywiście od wzajemnego stosunku impedancji transformatorów i kabli między nimi, możliwe są zmiany obciążeń transformatorów do 20%.

## VI. Wyniki eksploatacji, zakres stosowalności.

Wyniki eksploatacyjne i gospodarcze czynnych już sieci zamkniętych są tak korzystne, że w Stanach Zjednoczonych np. stosowanie sieci zamkniętych w większych miastach jest już obecnie obowiązującą regułą. W Berlinie celem wypróbowania nowego systemu rozpoczęto wprowadzanie sieci zamkniętej narazie w kilku niezależnych odcinkach sieci. Wobec jaknajlepszych wyników tych prób zamierzone jest stopniowe coraz dalsze przekształcanie sieci na zamkniętą. W lipcu 1936 roku 47% trójfazowej sieci berlińskiej nadającej się do zamknięcia było już w ruchu w postaci sieci zamkniętej w 10 niezależnych odcinkach obejmujących łącznie około 70 000 kVA mocy zainstalowanej w transformatorach sieciowych w dwustukilkudziesięciu stacjach. Ostatnie sieci zamknięte w Berlinie są już z reguły zabezpieczane przez wypalanie się kabli a nie bezpiecznikami. Z doświadczeń berlińskich warto tu przytoczyć, że w trakcie zamykania otwartych dotychczas sieci obciążenia istniejących kabli i transformatorów naogół uległy stosunkowo nieznacznym zmianom, zato napięcie z reguły się polepszyło, tak, że w kilku przypadkach można było zaniechać instalowania nowych, już projektowanych stacji transformacyjnych.

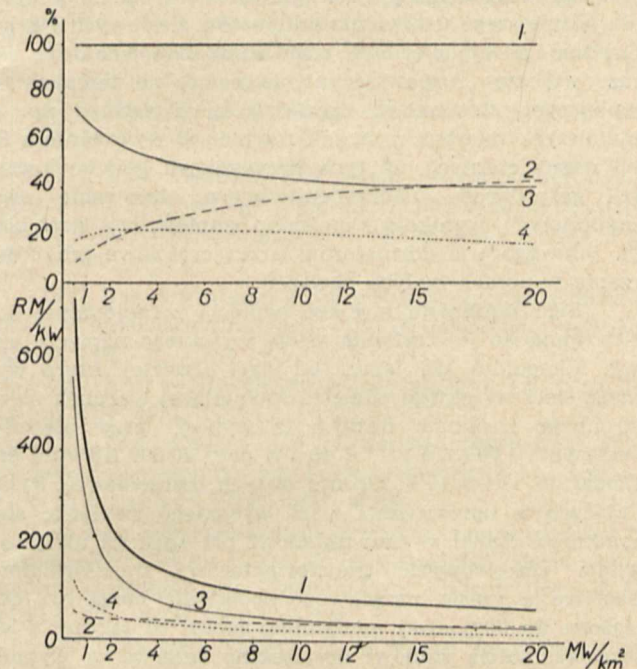
W Berlinie przeprowadzono również szereg prób [9] zwarc w nowych zamkniętych sieciach, które potwierdziły wszystkie założenia teoretyczne i wykazały zupełnie prawidłowe działanie poszczególnych organów. Okazało się też przy tym np., że w chwili zwarcia, t. j. przed jego odłączeniem przez zabezpieczenia, tylko w stosunkowo niewielkim promieniu (kilkaset metrów) dokoła punktu zwarcia napięcie załamuje się w sposób uniemożliwiający normalne funkcjonowanie odbiorników (t. j. poniżej 90% normalnego napięcia). Ponieważ zaś czas odłączenia zwarcia jest rzędu ułamków sekund — awaria nie będzie niemal odczuta przez odbiorców.

Również stwierdzono w czasie tych prób, że rzeczywiście występujące wielkości prądów zwarcia (mierzone oscylograficznie) naogół są znacznie mniejsze od wielkości wyliczonych. Jedną z przyczyn powyższego jest opor-

ność wszelkich styków w obwodzie zwarcia, nie uwzględniana w obliczeniu, a grająca dużą rolę przy niskim napięciu sieci. (Oporność automatu sieciowego 0,3 ÷ 0,4 miliomów, doprowadzeń do dławika 0,6 miliomów, bezpieczników sieciowych 0,5 miliomów i t. p.). W dalszym ciągu sprawdzono w czasie prób, że stosunkowo duże nawet obciążenia skupione nie powodują w sieci zamkniętej niedozwolonego wzrostu spadków napięć.

Przy projektowaniu wykonania sieci zamkniętych czy to nowych, czy też powstających drogą przeróbek istniejących sieci otwartych, ogromnie pomocne może być odzworowanie sieci na modelu [23]; umożliwia ono zarówno sprawdzenie rozpliwów prądów i spadków napięć w normalnym ruchu, jak też sprawdzenie zachowania się sieci przy zwarciach i wszelkich anormalnych obciążeniach i częściowych awariach. Niestety budowa dostatecznie dokładnego modelu sieci jest b. kosztowna.

Na osobne omówienie zasługuje zakres stosowalności sieci zamkniętych, oraz porównanie ich kosztów z kosztem sieci otwartej. Koszt jednostkowy sieci rozdzielczej, odniesiony do 1 kW mocy szczytowej jest w silnym b. stopniu zależny od powierzchniowej gęstości obciążenia, z wzrostem której szybko maleje (rys. 16). Biorąc pod



Rys. 16.

Zależność kosztu sieci, odniesionego do 1 kW szczytowego obciążenia w elektrowni, od powierzchniowej gęstości obciążenia, w założeniu gospodarczo najkorzystniejszych rozwiązań. Ceny z 1935 r. z Berlina. Koszt dla sieci dwunapięciowej, bez kosztu przyłączy domowych.

1 — koszt całkowity sieci, 2 — koszt stacji transformacyjnych, 3 — koszt sieci niskiego napięcia, 4 — koszt kabli wysokiego napięcia.

(Dodatkowy koszt przyłączy domowych wynosi ok. 50 RM/kW, a w przypadku sieci trzynapięciowej koszt podstacji 65 RM/kW i koszt sieci najwyższego napięcia 45 RM/kW).

uwagę tylko obliczenie gospodarcze naogół nie opłaca się budować drogiej w samej swej istocie sieci kablowej na terenach o małej gęstości obciążenia, poniżej 1.000 kW/km<sup>2</sup>. Jednak w przypadku rozbudowy sieci miejskiej, z jednej strony szereg znanych względów sprzeciwia się stosowaniu linii napowietrznych, nawet wbrew opłacalności gospodarczej, z drugiej zaś strony liczyć się trzeba z szybkim wzrostem zapotrzebowania energii, który spowoduje niebawem przekroczenie owej granicy

1 000 kW/km<sup>2</sup> tak, iż sieć kablowa, wybudowana spoczątku w warunkach nie usprawiedliwiających gospodarczo jej egzystencji, z czasem okaże się zupełnie na miejscu.

Te same uwagi dotyczą również zamkniętej sieci niskiego napięcia: korzyści jej stosowania, tak gospodarcze jak eksploatacyjne w całej pełni ujawniają się dopiero przy dużych gęstościach obciążenia; jeśli jednak zastosujemy ją w śródmieściu, to zarówno ze względu na jednolitość sieci, jak ze względu na szybki dalszy wzrost obciążenia celowym będzie zbudować sieć zamkniętą również na peryferiach miasta, gdzie sama wielkość obciążenia jeszczeby nie usprawiedliwiała może zastosowania tego bądź co bądź bardziej skomplikowanego systemu.

Zauważyć należy, że powyższe nie dotyczy oczywiście terenów zabudowanych fragmentarycznie, gdzie o obciążeniu rozłożonym powierzchniowo, ani liniowo w ogóle mowy być nie może. W tym ostatnim przypadku, t. j. w nowopowstających dzielnicach miasta sieć może być budowana narazie jako otwarta z tym, że poszczególne jej elementy zgóry będą zaprojektowane z możliwością przystosowania ich z czasem do pracy w sieci zamkniętej (kable będą o przekrojach jednostajnych, nie malejących w miarę oddalania się od transformatorów, w stacjach transformacyjnych przewidziane będzie miejsce dla późniejszego ustawienia automatów sieciowych i t. p.). Ostatnio niskonapięciowe sieci zamknięte znajdują coraz większe rozpowszechnienie nawet na terenach o mniejszych stosunkowo gęstościach obciążenia np. w mniejszych miasteczkach, jak również w wykonaniu z linii napowietrznych. W tych przypadkach główne korzyści gospodarcze, usprawiedliwiające stosowanie sieci zamkniętych, wynikają z możliwości zmniejszenia strat biegu jałowego transformatorów przez częściowe ich odłączanie w porach małych obciążeń.

Sieć zamknięta niskiego napięcia z racjonalnie dostosowaną do jej zasilania siecią wysokiego napięcia jest wg. Mangoldta [2] tańsza od sieci otwartej, która wymaga sieci wysokiego napięcia spełniającej warunek dwustronnego zasilania. Różnica ta wynosi przy gęstości obciążenia 1 000 kW/km<sup>2</sup> 4 do 7% przy 20 000 kW/km<sup>2</sup> dochodzi do 11 ÷ 15%. Oprócz dużych oszczędności, wynikających z uproszczenia sieci wysokiego napięcia, sieć zamknięta dzięki swemu układowi nie wymaga utrzymywania rezerwowych transformatorów; transformatory sieciowe w czasie szczytowego obciążenia mogą być obciążone do 90% swej nominalnej mocy, co łącznie z ich przeciążalnością stanowi dostateczną rezerwę w wypadkach częściowych awarii w sieci. Względne podrożenie samej sieci niskiego napięcia wynika ze stosowania automatów sieciowych i kosztownych bezpieczników o dużej bezwładności, oraz ze zwiększenia wagi miedzi w kablach skutkiem istnienia pewnych torów zamykających sieć, skutkiem nie stosowania stopniowania przekrojów kabli oraz skutkiem konieczności zachowania rezerw w przełotności kabli na wypadek awarii; te ostatnie czynniki grają tym mniejszą rolę im większa jest powierzchniowa gęstość obciążenia i im więcej jest ulic na danej powierzchni; zresztą ta nadwyżka miedzi w sieci nie leży bezużytecznie, stanowiąc rezerwę wykorzystywaną w czasie zakłóceń normalnego ruchu.

Ogólnie trzeba jeszcze zaznaczyć, że dotychczasowe rozważania dotyczą sieci zamkniętych, obejmujących większe obszary; na krawędziach takich obszarów, lub w niewielkich obszarach o bardzo wydłużonym kształcie warunki pracy sieci zamkniętej mogą dość znacznie odbiegać od przedstawionego idealnego obrazu; przede wszystkim wzajemne zapewnianie sobie rezerwy przez poszczególne elementy sieci będzie utrudnione, wynikiem czego

będzie zmniejszenie opisanych korzyści sieci zamkniętych i nieraz konieczność pewnych modyfikacji układu. Praktyczny wniosek z powyższego jest taki, że trzeba dążyć do stworzenia wielkiego obszaru jednolitej sieci zamkniętej, a wszelki podział jej na części jest szkodliwy.

Zasilanie sieci niskiego napięcia, czyli sieć wysokiego napięcia, zależy jak widzieliśmy od przyjętego systemu sieci niskiego napięcia i odgrywa skutkiem tego poważną rolę przy porównywaniu poszczególnych systemów pod względem gospodarczym. Wobec tego wskazanym będzie poświęcić kilka słów porównaniu sieci dwu- i trzy-napięciowych. Sieci dwunapięciowe, w których transformatory sieciowe są zasilane kablami wysokiego napięcia, idącymi wprost z elektrowni są chronologicznie starsze. Wysokie napięcie nie przekracza w nich naogół 6 ÷ 10 kV. Z chwilą, gdy napięcie to okazywało się w poszczególnych przypadkach zbyt niskim ze względu na wielkość przenoszonych mocy i rozległość zasilanego terenu, ewolucja sieci szła zwykle drogą nakładania t. zw. trzeciego napięcia rzędu 15 ÷ 60 kV, zasilającego dotychczasową sieć „średniego” wysokiego napięcia — tak powstała sieć trzynapięciowa.

Rozpowszechnienie zamkniętych sieci niskiego napięcia przyczyniło się w znacznym stopniu do częściowego nawrotu do układów dwunapięciowych, które przez zachowanie w sieci zasilającej napięcia o wysokości stosowanej dotąd dla sieci „najwyższego napięcia” w sieciach trzynapięciowych, posiadają obecnie nie mniejszą zdolność przesyłową i zasięg niż sieci trzynapięciowe, a przez odpadnięcie całej dotychczasowej sieci „średniego” wysokiego napięcia oraz kosztownych podstacji transformacyjnych (np. 30/6 kV) są oczywiście znacznie tańsze. W sieci zamkniętej niskiego napięcia oplaca się i jest możliwym wprowadzenie do sieciowych stacji transformacyjnych kabli stosunkowo wysokiego napięcia przede wszystkim dzięki możliwości pominięcia wyłącznika przed transformatorem; również duża stosunkowo moc transformatorów (400 ÷ 800 kVA) usprawiedliwia przyłączenie ich do kabli wyższych napięć. Warunkiem jednak, żeby sieć dwunapięciowa lepiej się opłacała od sieci trzynapięciowej, przy tej samej wysokości najwyższego napięcia — jest dostateczna gęstość obciążenia; przy małych obciążeniach, dla których gospodarcze wielkości transformatorów wypadają mniejsze (200 ÷ 300 kVA) i przy dużej równocześnie rozległości sieci, lepsze wyniki daje stosowanie układu trzynapięciowego. W myśl powyższych wytycznych w Berlinie całe śródmieście ma być z czasem zasilane siecią dwunapięciową 30,0,38 kV (pewna ilość takich stacji już funkcjonuje), zaś peryferie miasta zachowają sieć trzynapięciową 30,6,0,38 kV.

Niektórzy autorzy silnie podkreślają niecelowość stosowania sieci trzynapięciowych dla znacznych kosztów przez nie powodowanych. Obok jednak przytoczonych warunków przy małych obciążeniach, do stosowania układu trzynapięciowego może też skłaniać obecność silnie rozwiniętej sieci „średniego” wysokiego napięcia: w tym przypadku lepiej może się opłacić nałożenie sieci trzeciego napięcia niż zastąpienie sieci np. 6 kV siecią np. 30 kV z zachowaniem układu dwunapięciowego.

Wreszcie w przypadku znacznego oddalenia elektrowni od środka ciężkości obciążenia miasta lub przy istnieniu kilku źródeł energii w odległych od siebie punktach sieć najwyższego (trzeciego) napięcia nabiera częstokroć charakteru sieci raczej przesyłowej, dosyłającej energię do miasta, niż rozdzielającej ją w mieście, oraz łączącej między sobą poszczególne elektrownie. Zasilanie miasta będzie w tym wypadku oparte na kilku głównych podstacjach, dołączonych do tych linii najwyższego na-

pięcia, a sama sieć rozdzielcza będzie miała charakter pośredni między dwu- i trój-napięciową (t. j. sieć najwyższego napięcia, konieczna w pierwszym rzędzie dla powiązania elektrowni i dla dostania energii do miasta, będzie też wykorzystana dla poboru z niej energii w punktach najdogodniej położonych dla dwunapięciowej sieci rozdzielczej, zasilanej w tym wypadku nie z jednego, lecz z kilku źródeł — podstacji).

Wpływ odległości elektrowni od środka ciężkości obciążenia miasta ocenia Mangoldt w ten sposób, że np. przy gęstości obciążenia 20 000 kW/km<sup>2</sup> przy wzroście tej odległości z 2 do 8 km, nadwyżka kosztu sieci trój-napięciowej nad dwunapięciową spada z 60% do 20% (w pewnych warunkach mogą się oczywiście stosunki zmienić nawet na niekorzyść sieci dwunapięciowej). Praktyka amerykańska stosuje w większości wypadków sieci dwunapięciowe; gdy dany obszar jest zasilany z kilku źródeł energii, stosuje się pracę równoległą poszczególnych elektrowni poprzez sieć zamkniętą niskiego napięcia, bez odrębnego łączenia tych elektrowni liniami wysokiego napięcia (synchronized at the load) — powyższe następcza oczywiście ze swej strony pewne trudności utrzymania pracy równoległej w czasie zakłóceń sieciowych.

Opisane sieci zamknięte niskiego napięcia stanowią jak widzieliśmy typ sieci rozdzielczej najlepiej przystosowany do zasilania energią elektryczną miast o dużych skupieniach terytorialnych obciążenia. Wobec przewidywanego w niedalekiej przyszłości znacznego wzrostu spożycia energii wskazanym jest przystosowywać zaawansowane istniejące sieci miejskie do stopniowego przekształcenia na sieci zamknięte. Wszelka rozbudowa starych sieci, idąca po linii utrzymania dawnego ich otwartego charakteru, osłabi korzyści gospodarcze spóźnionego przejścia na system sieci zamkniętych, równocześnie nie zapobiegając bynajmniej, lecz odwlekając jedynie moment tej zasadniczej przeróbki. Sieci zamknięte niskiego napięcia są niewątpliwie sieciami rozdzielczymi miast przyszłości.

#### LITERATURA.

- [1] Wirtschaftliche Energieverteilung in Drehstromkabelnetzen. — Dr.-Ing. Willy Speidel — Oldenbourg 1932.
- [2] Die wirtschaftliche Ausgestaltung städtischer Drehstromnetze. — Dr.-Ing. W. v. Mangoldt. — Springer 1933.
- [3] Gorodskije zamknytyje elektrosieti. — P. G. Sedow. — 1935.
- [4] Die wirtschaftliche Bemessung städtischer Drehstrom — Niederspannungsmaschennetze. — K. Menny. — Dissert. Hannover 1935.
- [5] Wytyczne budowy i eksploatacji miejskich sieci rozdzielczych ze szczególnym uwzględnieniem zagadnienia pewności ruchu. — W. Szwander. — P. El. 1936, Nr. 1, str. 15.
- [6] Stromverteilung in Grosstädten durch Hoch — und Niederspannungsnetze. — O. Burger. — ETZ. 1929.

[7] Ograniczanie prądów zwarcia. — W. Szwander. — P. El. 1936, Nr. 9, str. 263.

[8] Neuerungen für den Betrieb von Drehstrom — Niederspannungs — Maschennetzen. — H. Besold, O. Müller. — ETZ. 1930.

[9] Betriebs und Versuchsergebnisse mit den neuen Niederspannungs-Maschennetzen der Berliner Städtische Elektrizitätswerke AG (BEWAG.) — E. Krohne. — ETZ. 1932, str. 645, 720, 731.

[10] Die Elektrizitätsversorgung von Städten durch vielfachgespeiste vermaschte Drehstrom — Niederspannungs — Kabelnetzen durch Ausbrennen der Fehlerstellen. — S. Z. 1931, s. 433, 498.

[11] Selbstsicherung von vermaschten Niederspannungs — Kabelnetzen durch Ausbrennen der Fehlerstellen. — H. Freiberger. — E. W. 1930 s. 282.

[12] Niederspannungs - Maschennetze mit Vielfachspeisung für die Energieverteilung in Städten. — R. Meistermann. — VDE 1931, s. 78.

[13] — Drehstrom - Niederspannungs - Maschennetze in Gebieten grosser Verbrauchsdichte. — Schleicher, Reinartz — AEG — Mitt 1931, s. 594.

[14] Hochleistungs-Niederspannungssicherungen. — H. Besold. — VDE 1931, s. 149.

[15] Maschennetztsicherungen. — H. Freiberger. — E W 1931, s. 561.

[16] Neue Wege im Sicherungsbau. — C. Wehrle. — ETZ 1933, s. 87.

[17] Tedi Patronen, die neuen Schmelzsicherungen mit grosser Trägheit, geringer Erwärmung, sicherer und grosser Kurzschlussfestigkeit. — W. Klement. — SZ 1931, s. 229.

[18] Das Abschalten grosser Kurzschlussstromstärken durch Schmelzsicherungen. — W. Klement. — VDE 1931, s. 145.

[19] Netz — Hochleistungssicherungen. — E. Grünwald. VDE 1931, s. 153.

[20] Der Ausbau von Niederspannungsnetzen unter dem Gesichtspunkt des gesteigerten Stromabsatzes. — W. v. Mangoldt. VDE 1935, s. 49.

[21] La superposition d'un réseau complémentaire à courant alternatif au réseau à courant continu de la Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité — L. Astier. — RGE 1932 I p. 123.

[22] Les sous-stations et le réseau de distribution de la Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité — L. Astier, J. Cottereau — RGE 1932/I p. 13, 53, 93.

[23] Netznachbildungen zur versuchsmässigen Lösung schwiriger Netzberechnungsaufgaben. — H. Grünwald. — ETZ 1936, N 46 s. 1327.

Uwaga: Obszerna literatura amerykańska ze wzg. na brak miejsca została pominięta; jest ona podana w [2], [3] i [4].

# Urządzenia elektryczne w pociągach podmiejskich zelektryfikowanego Węzła Kolejowego Warszawskiego \*)

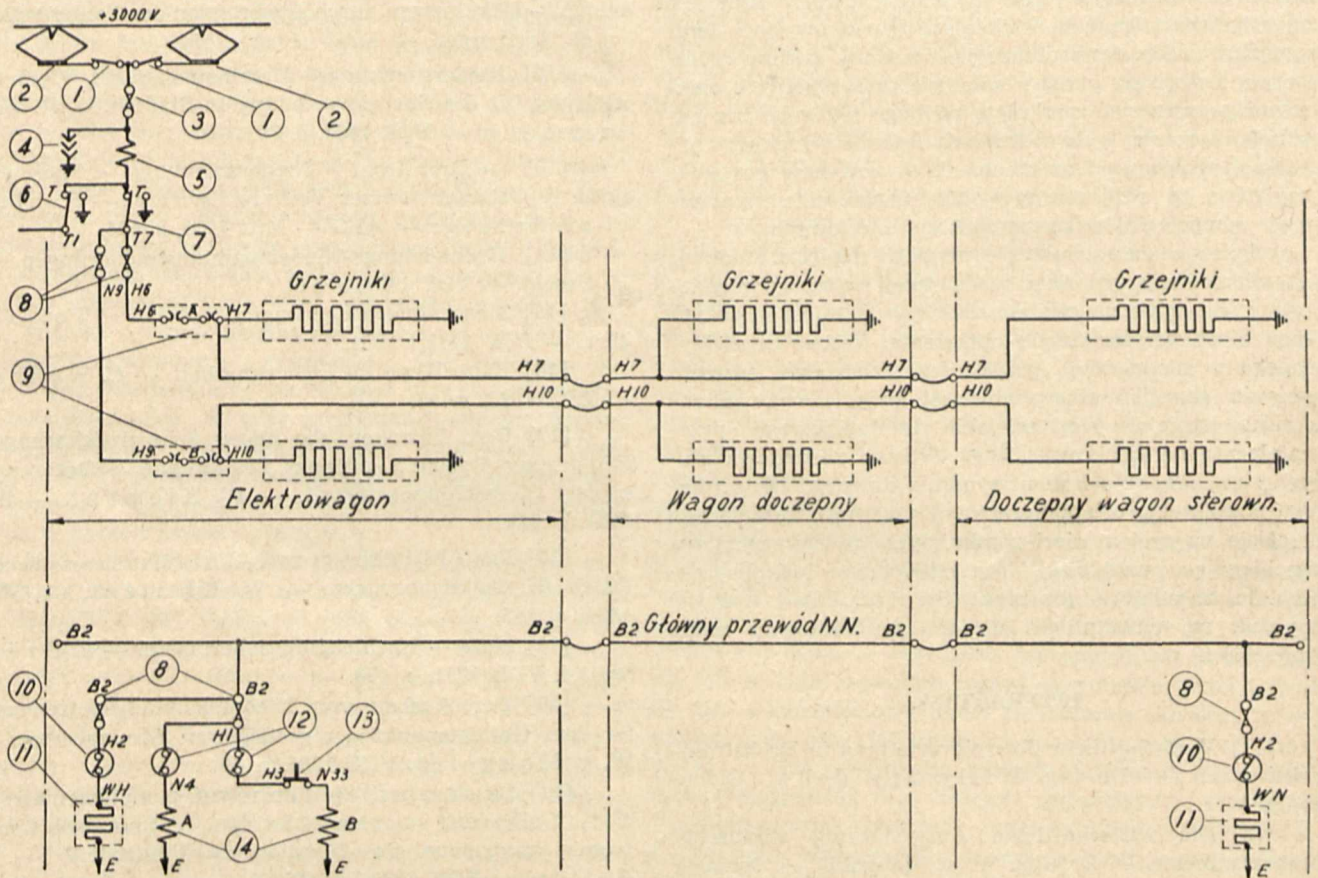
Inż. St. Plewako

Obwody ogrzewania elektrycznego (rys. 18).

c) *Obwód ogrzewania ogólnego.* Grzejniki w całym pociągu są zasilane prądem trakcyjnym o napięciu 3 000 V przez pomocniczy odłącznik, bezpieczniki wysokiego napięcia i 2 kontaktry dodatkowe. Kontaktry są umieszczone w pomocniczym przedziale wysokiego napięcia. Grzejniki są zasilane przez przewody zasilające wysokie-

nych jak również wyklucza przedostanie się do wnętrza wody przy myciu wagonów. Osłony zewnętrzne są uzziemione, zaś elementy grzejne posiadają podwójną izolację względem ziemi. Ogólna moc grzejników wynosi ok 20 kW (rys. 20).

d) *Obwód grzejników szyb.* Na oknach, na przeciwko stanowiska motorniczego, w elektrowagonach oraz ste-



Rys. 18.

Obwód ogrzewania elektrycznego.

- |                                 |                               |                                   |   |
|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1) Odłącznik zbieraczy prądu.   | 4) Odgromnik kondensatorowy.  | 7) Odłącznik obwodu pomocniczego. | 11) Grzejnik szyby w kabine sterowniczej. |
| 2) Zbieracz prądu.              | 5) Cewka dławikowa.           | 8) Bezpieczniki.                  | 12) Wylaczniki ogrzewania.                |
| 3) Bezpiecznik główny topikowy. | 6) Odłącznik obwodu głównego. | 9) Kontaktry ogrzewania.          | 13) Termostat.                            |
|                                 |                               | 10) Wylacznik.                    | 14) Cewki kontaktora ogrzewania.          |

go napięcia H 7 i H 10. Grzejniki są włączone pomiędzy przewody zasilające i ziemię w 2 obwodach, przy czym każdy obwód włączony jest z kabiny motorniczego przez kontaktor (rys. 19), tak że w miarę potrzeby mogą być zastosowane 2 stopnie ogrzewania. Jednocześnie w obwód grzejników włączony jest termostat, który dodatkowo reguluje temperaturę wewnątrz pociągu.

Typ grzejnika jest całkowicie zamknięty, przy czym elementem grzejnym jest rurka systemu Backera po raz pierwszy zastosowana w Polsce do tych grzejników. Łączone są one po 4 w szereg na pełne napięcie sieci. Kompletnie szczelna osłona zapewnia bezpieczeństwo podróży-

rowniczych wagonach doczepnych umieszczone są grzejniki szyb zasilane napięciem niskim od przewodów głównych B 2 przez bezpiecznik i wylacznik, który jest umieszczony na tablicy pomocniczej w kabine motorniczego.

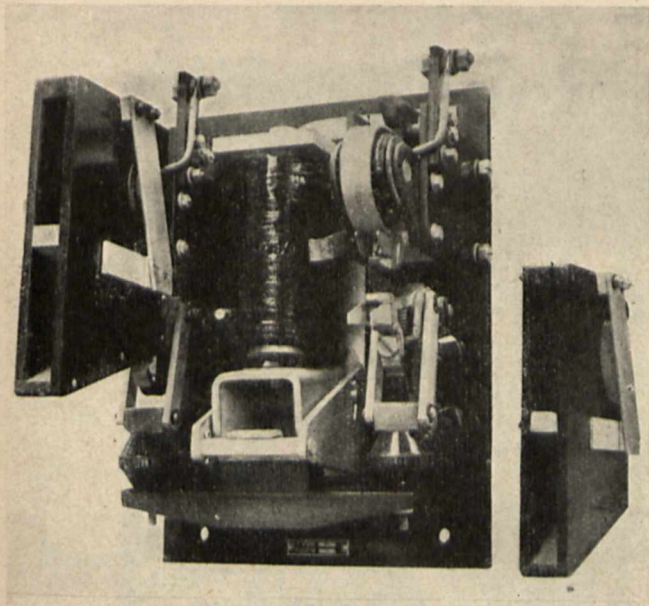
## 6. Uzależnienia mechaniczne.

1) — Korba nastawnika nie może być uruchomiona zanim rączka kierunkowa nie jest przestawiona w położenie jazdy. Rączka ta może być zdjęta tylko w położeniu zerowym korby nastawnika.

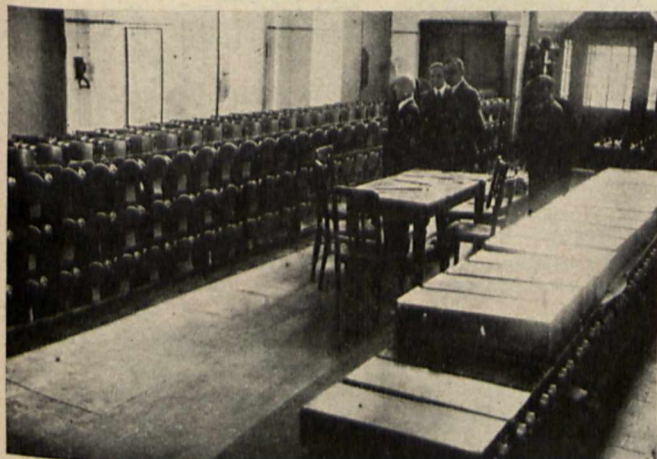
2) — Rączka kierunkowa może być przestawiona do innego położenia tylko przy korbie nastawnika w położeniu zerowym.

\*) Ciąg dalszy artykułu do str. 444 „P. E.” Nr. 7 r. b.

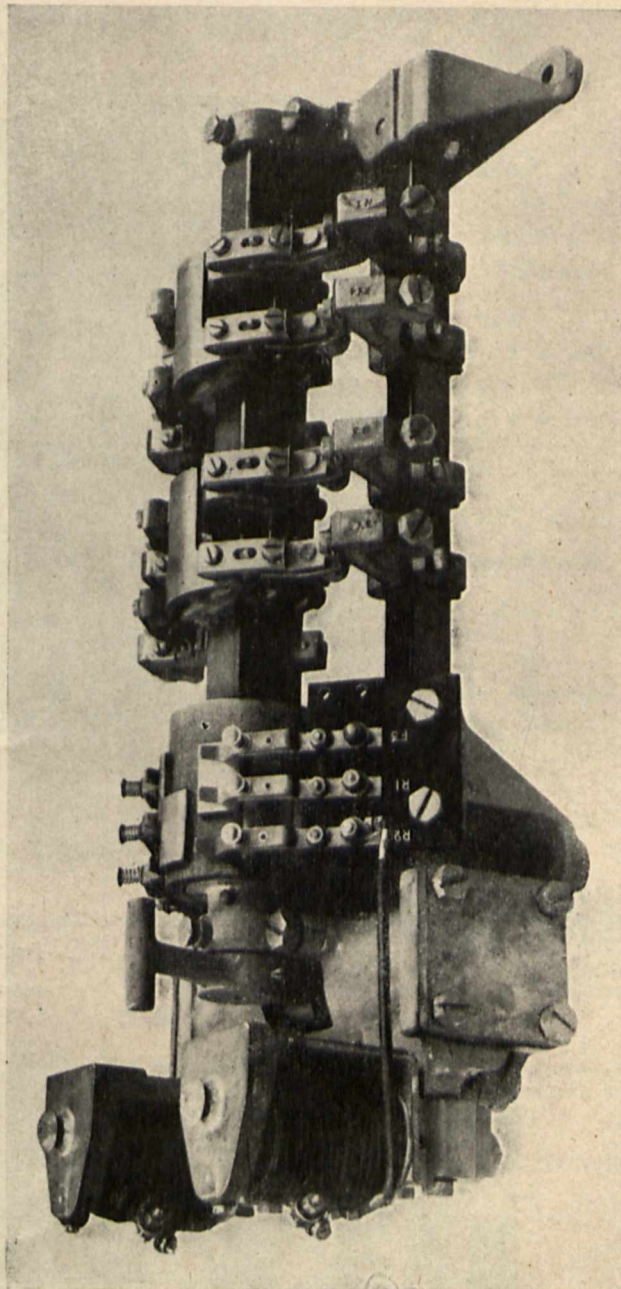




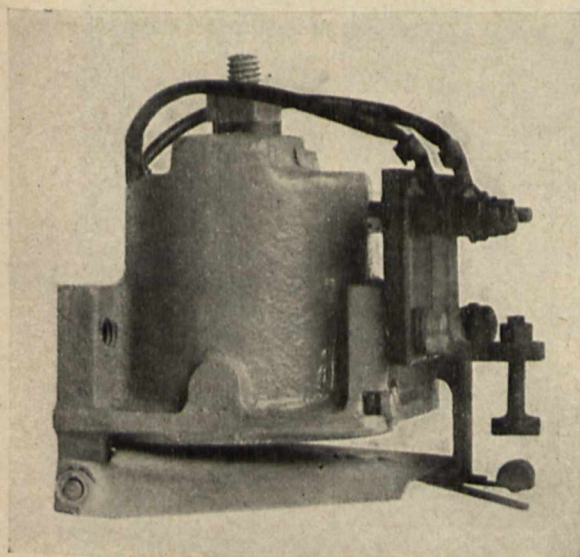
Rys. 19.  
Kontaktor ogrzewania.



Rys. 20.  
Partia grzejników elektrycznych.



Rys. 21.  
Nawrotnik elektropneumatyczny.



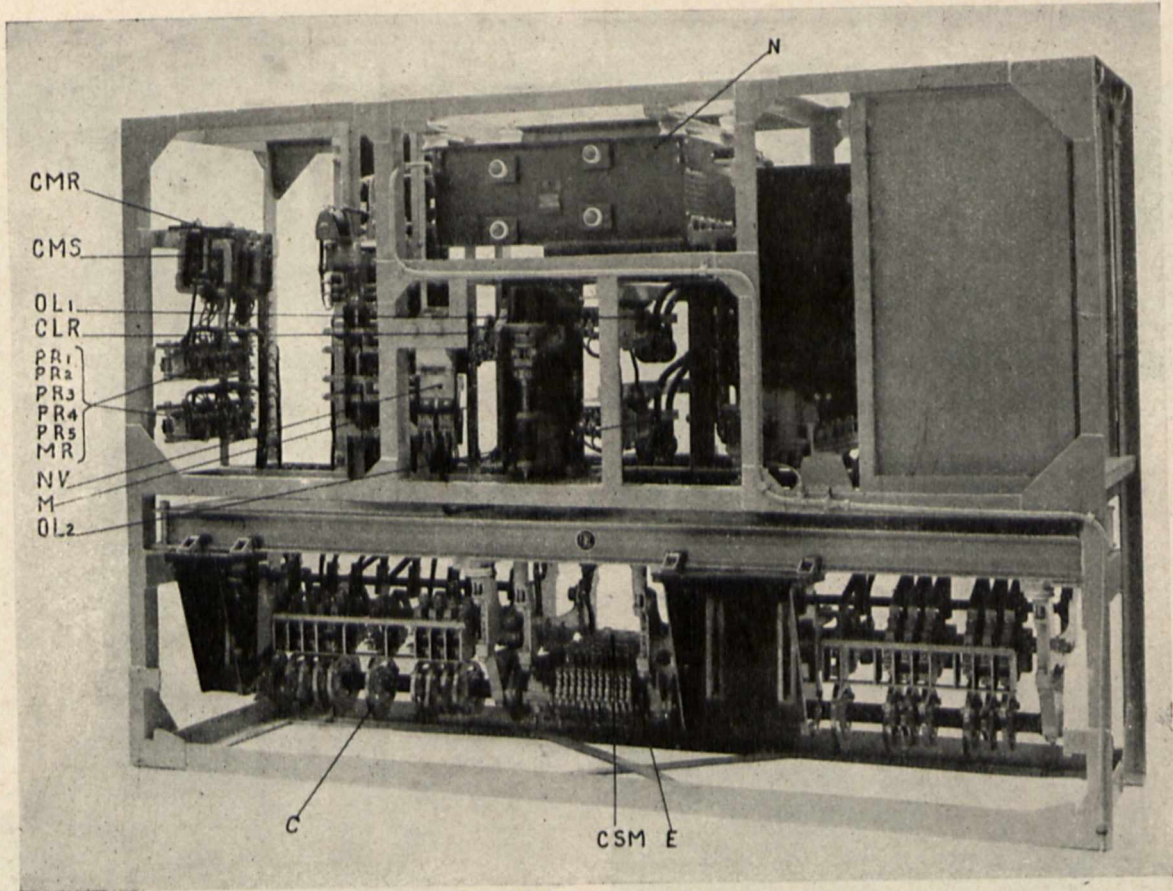
Rys. 22.  
Przekaznik pozycji.

3) — Dostarczenie tylko jednej rączki kierunkowej każdemu motorniczemu zapewnia, że w tym samym czasie w całym pociągu tylko jeden nastawnik może być uruchomiony.

4) — Odłącznik sterowania jest uruchamiany rączką nastawnika tak, że korba nastawnika musi być w położeniu zerowym, zanim odłącznik zostanie otwarty.

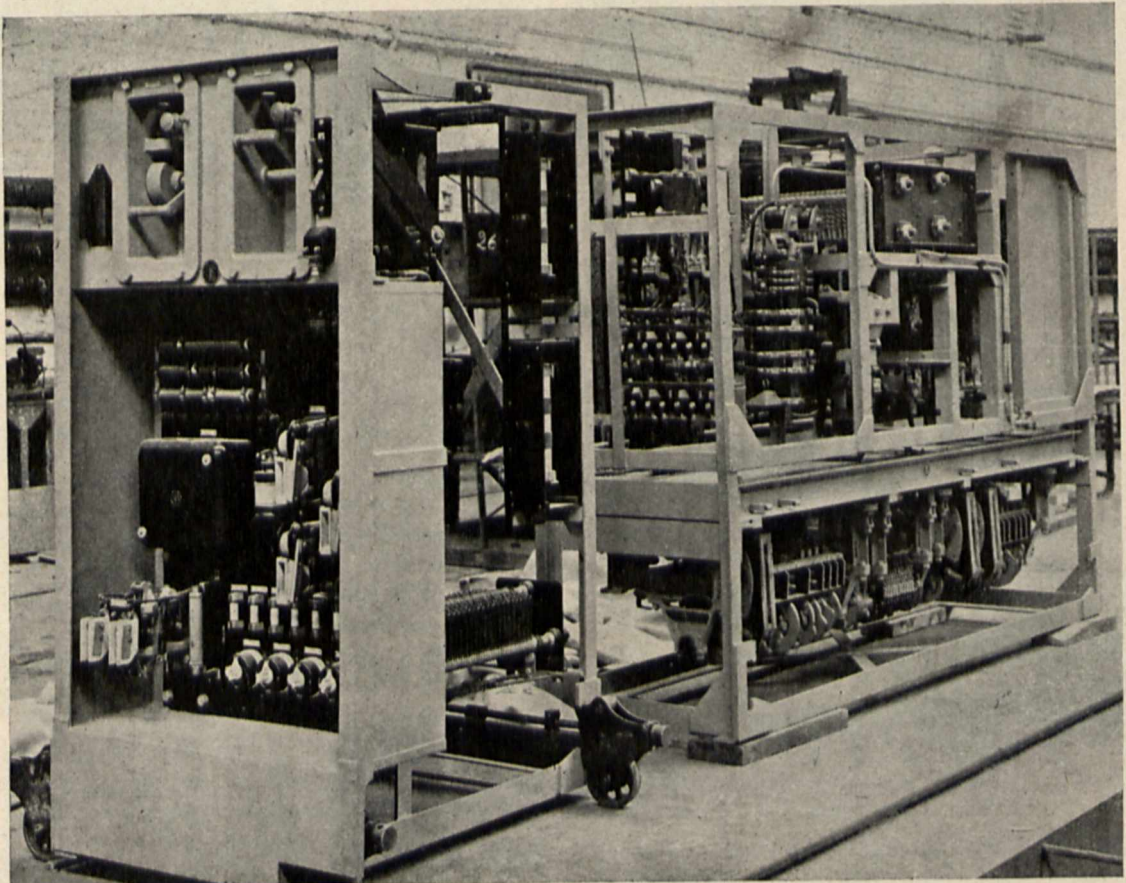
5) — Odłącznik główny jest uzależniony z drzwiami przedziału głównego wysokiego napięcia tak, że drzwi nie mogą być otwarte przy zamkniętym odłączniku głównym, przeto wejście jest uniemożliwione do urządzeń pod napięciem sieci.

6) — Odłącznik dodatkowy jest uzależniony z drzwiami do kabiny pomocniczej wysokiego napięcia oraz z przewodami powietrznymi pantografu. Drzwi nie mogą być otwarte, jeżeli odłącznik jest zamknięty. Otwierając odłącznik powoduje się opuszczenie pantografu. Wejście przeto do urządzeń pod napięciem jest niemożliwe.

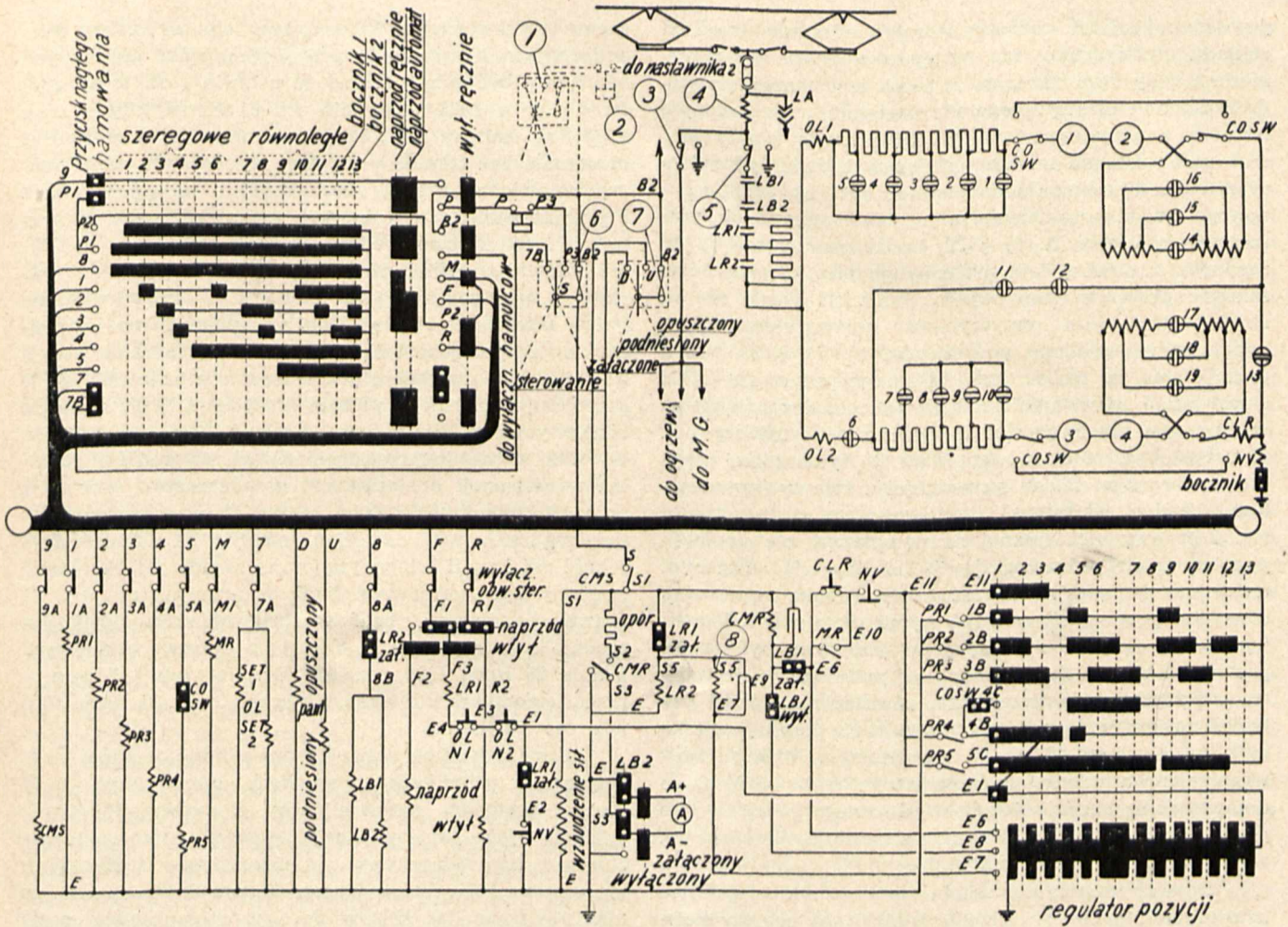


Rys. 23. Rama główna z aparaturą rozrządczą.

CMR — Przełącznik zasilania rozrządnika. CMS — Przełącznik silnika rozrządnika. PR 1, 2, 3, 4, 5 — Przełączniki pozycji. MR — Przełącznik ręcznego rozruchu. OL 1, 2 — Przełączniki nadmiarowe. CLR — Przełącznik samoczynnego rozruchu. NV — Przełącznik zanikowy. CSM — Przełącznik silnika rozrządnika. C — Wałek kulakowy. E — Wałek regulatora pozycji. N — oporniki wyłączników oporowych.



Rys. 24. Zmontowane ramy (główka i pomocnicza) z aparaturą rozrządczą.



Rys. 25.

Schemat obwodu sterującego.

- 1) Wyłącznik główny sterowania (wagon doczepny).
- 2) Wyłącznik sterowania powietrzem.
- 3) Wyłącznik pomocniczy
- 4) Cewka dławikowa.
- 5) Wyłącznik główny.
- 6) Wyłącznik główny sterowania (wagon motorowy).
- 7) Wyłącznik sterowniczy pantografu.
- 8) Cewka ograniczająca prąd.

- C. M. R. — Przekaznik silnika rozrządnika.
- C. M. S. — zasilania.
- P. R. 1. ÷ P. R. 5. — „ pozycji.
- M. R. — „ ręcznego rozruchu.
- L. B. 1. — L. B. 2. — Wyłączniki liniowe.
- L. R. 1. — L. R. 2. — „ oporowe.

- N. V. — przekaznik zanikowy.
- C. L. R. — „ samoczynnego rozruchu.
- C. L. 1 i 2. — „ nadmiarowe.
- C. O. S. W. — Odłączniki silnikowe.
- L. A. — Odgromnik.

7. Opis działania obwodu sterującego (rys. 25).

Uruchamianie silników trakcyjnych jest uskuteczniane za pomocą kontaktorów zamykanych przez sterowniczy wał kułakowy rozrządnika, przy współdziałaniu wyłączników liniowych i nastawnika. Wał kułakowy jest obracany przez sprzężony z nim mały silniczek elektrycz-

ny. Regulator pozycji zmontowany na rozrządniku zapewnia współczesność obrotów wału kułakowego z przedstawieniem korby nastawnika, przy czym rozrządnik raz uruchomiony może zatrzymać się tylko wtedy, gdy odpowiedni kontaktor zostanie całkowicie zamknięty.

(C. d. n.)

## Konieczność rewizji wzoru uprawnienia rządowego

W Monitorze Polskim z dnia 10 sierpnia 1928 Nr. 183 poz. 399 ogłoszony został urzędowy wzór uprawnienia rządowego dla zakładów elektrycznych. Wspomniany wzór uprawnienia obejmuje obok właściwych warunków koncesyjnych i warunków wykupu zakładu elektrycznego przez Państwo również inne kwestie, jakoto: unieważnienie uprawnienia, koszty nadzoru, opłatę na rzecz Państwa, kaucję, kary, reklamacje. Niektóre z tych ostatnich postanowień wzoru uprawnienia wymagają rewizji, albowiem — moim zdaniem — bądź budzą zastrzeżenia pod względem zgodności z przepisami ustawowymi, bądź wydają się anachronizmem na tle obowiązującego obec-

nie ustawodawstwa administracyjnego, bądź są zbyt techniczne.

I.

Za prawnie nieuzasadnione uważam postanowienia: o unieważnieniu uprawnienia z przyczyn nieprzewidzianych w ustawie elektrycznej (§ 23 lit. d, e, f wzoru), o kosztach nadzoru (§ 25 ust. 2 wzoru), o procentowej opłacie na rzecz Skarbu Państwa (§ 82 ust. 2 wzoru), o kaucji (§ 92 wzoru), o karach (§ 93 wzoru), o zakazie kwestionowania kar (§ 95 ust. 2 wzoru). To moje zapatrywanie znajduje uzasadnienie w ustawie elektrycznej i w rozporządzeniach na jej podstawie wydanych w związku z ustawą konstytucyjną, a mianowicie z następujących przyczyn.

Unieważnienie uprawnienia przewiduje ustawa elektryczna (art. 3 ustawy elektrycznej) jedynie z dwóch

powodów: 1) jeżeli rozpoczęcie robót odnośnie urządzeń zakładu elektrycznego nie nastąpiło w oznaczonym terminie z winy uprawnionego, 2) jeżeli uruchomienie urządzeń zakładu elektrycznego nie nastąpiło w oznaczonym terminie z winy uprawnionego. W zakresie tych powodów unieważnienia mieszczą się niewątpliwie tylko dwa przypadki, wyszczególnione pod lit. a) i b) § 23 urzędowego wzoru uprawnienia, a już trzeci przypadek, wyszczególniony pod lit. c) § 23, budzi zastrzeżenia co do zgodności z ustawą, lecz możnaby go jeszcze zmieścić w zakresie przyczyn ustawowych. Natomiast wcale nie są objęte ustawowymi przyczynami unieważnienia przypadki wyszczególnione pod lit. d), e), f) § 23 wzoru uprawnienia, a wobec tego takich przyczyn nie może wprowadzać uprawnienie. Skoro bowiem rozporządzenia wykonawcze nie mogą stać w sprzeczności z ustawą (art. 27 ust. 2 Konstytucji z roku 1935), to tymbardziej orzeczenia nie mogą stać w sprzeczności z ustawą (argumentum a maiori ad minus). Nadto uważam postanowienia art. 3 ustawy elektrycznej za wyjątkowe, nie podlegające interpretacji rozszerzającej. Jeżeliby więc zamiarem ustawodawcy była możliwość unieważnienia uprawnień również z przyczyn innych niż wymienione w art. 3 ustawy elektrycznej, to musiałyby te przyczyny być objęte postanowieniami ustawy. Nawiasem nadmieniam, że ustawa elektryczna nie przewiduje również możliwości cofnięcia uprawnienia, o co prawdopodobnie chodzi w punktach d), e), f) § 23 wzoru uprawnienia. Między unieważnieniem a cofnięciem aktu zachodzi ta różnica, że unieważnienie anuluje dany akt od samego początku jego powstania (ex tunc), cofnięcie zaś anuluje dany akt od chwili cofnięcia go (ex nunc).

O nadzorze nad zakładami elektrycznymi wspomina ustawa elektryczna w art. 17, jednak ani ustawa elektryczna ani wydane na jej podstawie rozporządzenia wykonawcze nie normują wysokości kosztów nadzoru. Nie normuje jej też urzędowy wzór uprawnienia, pozostawiając oznaczenie wysokości kosztów nadzoru całkowicie swobodnej ocenie Ministra Przemysłu i Handlu (§ 25 ust. 2 wzoru). Ustawa elektryczna, mówiąc o nadzorze, w ogóle nie wspomina o kosztach nadzoru ani o tym, że te koszty winien ponosić uprawniony, podobnie jak to przewiduje np. ustawa wodna z dnia 19 września 1922 w art. 47 ust. 2 p. 3 (poz. 574 Dz. U. z roku 1928). Jeżeliby koszty nadzoru można podciągnąć pod opłaty za czynności urzędowe, przewidziane w art. 18 ustawy elektrycznej, to wysokość tych opłat, a przynajmniej zasady ich ustalania, powinnyby być unormowane w rozporządzeniu wykonawczym wydanym na podstawie art. 18 ustawy elektrycznej. Jednakże odnośnie rozporządzenie z dnia 31 października 1934 (Dz. U. Nr. 100 poz. 907) nie zawiera żadnej wzmianki o kosztach nadzoru tj. nie nakłada tych kosztów na uprawnionego i nie określa ich wysokości ani nawet nie podaje zasad, według jakich władza powinna określać wysokość kosztów nadzoru. Kwestie te powinny być uregulowane conajmniej w rozporządzeniu wykonawczym, opartym na ustawie i ogłoszonym w Dzienniku Ustaw (art. 27 ust. 2 Konstytucji z roku 1935), a nie pozostawione swobodnej ocenie władzy.

Opłata procentowa od wpływów brutto zakładu elektrycznego na rzecz Skarbu Państwa (§ 82 ust. 2 wzoru) nie jest przewidziana ani w ustawie elektrycznej ani w wydanych na jej podstawie rozporządzeniach i tym samym jest pozbawiona podstawy prawnej. Wspomniana opłata nie podpada w żadnym razie pod pojęcie opłat za czynności urzędowe (art. 18 ustawy elektrycznej), nie mogłaby więc być unormowana w odnośnym rozporządzeniu wykonawczym.

Wspomniana opłata bowiem jako podpadająca niewątpliwie pod pojęcie opłat publicznych musiałaby być przewidziana w ustawie (art. 6 Konstytucji z roku 1921 względnie art. 51 Konstytucji z roku 1935), w żadnym więc razie nie może jej wprowadzać orzeczenie bez oparcia o ustawę. W obecnym stanie rzeczy omawiana opłata, bez względu na jej wysokość i przeznaczenie, jest pobierana nielegalnie jako utajony podatek od zakładów elektrycznych.

Również pobieranie kaucji na zabezpieczenie warunków uprawnienia (§ 92 wzoru) nie jest przewidziane ani w ustawie elektrycznej ani w wydanych na jej podstawie rozporządzeniach. Możliwość pobierania kaucji powinna być zasadniczo przewidziana w ustawie, jak to przewiduje np. rozporządzenie Prezydenta R. P. o prawie bankowym (art. 21) z dnia 17 marca 1928 (poz. 321 Dz. U.) albo dekret o przedsiębiorstwach zbierania i udzielania informacji o stosunkach gospodarczych (art. 4) z dnia 14 stycznia 1936 (poz. 16 Dz. U.), a conajmniej w rozporządzeniu wykonawczym, opartym na ustawie. Wysokość zaś kaucji lub przynajmniej zasady jej określania powinny być normowane bądź w ustawie (np. art. 21 prawa bankowego) bądź w rozporządzeniu wydanym zgodnie z ustawą (np. § 6 rozp. o domach składowych z dnia 25 lipca 1936 poz. 434 Dz. Ust. lub § 5 rozp. o przedsiębiorstwach informacyjnych z dnia 25 lipca 1936 poz. 441 Dz. U.).

Kary nakładane przez władzę administracyjną (nadzorczą) za uchybienie warunkom uprawnienia (§ 93 wzoru) posiadają wszelkie cechy grzywien administracyjnych i jako takie pozostają w sprzeczności z obowiązującym ustawodawstwem, w szczególności z Konstytucją z roku 1935, która w art. 68 ust. 4 postanawia, że nikt nie może być karany za czyn niezabroniony przez prawo czyli że tylko wtedy można wymierzyć karę, gdy dany czyn jest w ustawie przewidziany jako przestępstwo, karalne bądź sądownie bądź administracyjnie (nullum crimen sine lege). Analogiczne postanowienia zawierała Konstytucja z roku 1921 (art. 98). Nadto rozporządzenie Prezydenta R. P. o postępowaniu karno-administracyjnym z dnia 22 marca 1928 (poz. 365 Dz. U.) postanawia w art. 1 ust. 1, że wykroczenia ulegają ukaraniu przez władze administracyjne, jeżeli ustawa dane wykroczenie wyraźnie przekazuje orzecznictwu władz administracyjnych. Ustawa elektryczna — poza unieważnieniem uprawnienia (art. 3) — nie zawiera sankcyj na wypadek niewypełnienia lub nienależytego wypełnienia warunków uprawnienia, w szczególności nie przewiduje żadnych kar. Wobec tego niedopuszczalne jest nakładanie w orzeczeniu (uprawnieniu) kar administracyjnych, bez oparcia o ustawę, chociażby nawet za zgodą uprawnionego. W razie niewykonania lub nienależytego wykonania warunków uprawnienia — w obecnym stanie ustawodawstwa — władze administracyjne mają do dyspozycji środki egzekucyjne, przewidziane w rozporządzeniu Prezydenta R. P. o postępowaniu przymusowym w administracji z dnia 22 marca 1928 (poz. 342 Dz. U.). Gdyby kary z § 93 urzędowego wzoru uprawnienia traktować jako kary umowne, wówczas mogłyby one zabezpieczać tylko warunki wykupu zakładu elektrycznego przez Państwo, nie zaś warunki właściwej koncesji, ponieważ kara umowna jest instytucją prawa cywilnego (art. 82 i nast. kodeksu zobowiązań z roku 1933 poz. 598 Dz. U.), nieznaną prawu publicznemu. Gdyby zaś wspomniane kary traktować jako odszkodowanie dla odbiorców energii elektrycznej, wówczas tego odszkodowania mógłby się domagać tylko poszkodowany na zasadach prawa cywilnego (art. 134 i nast. kodeksu zobowiązań).

i to — w razie sporu — w drodze sądowej, z wyłączeniem drogi administracyjnej (art. 2 kodeksu postępowania cywilnego poz. 112 Dz. U. z roku 1932).

Zrzeczenie się przez uprawnionego prawa żądania obniżenia kar (§ 95 ust. 2 wzoru) jest bez prawnego znaczenia. Konstytucja z roku 1935 zastrzega, że żadna ustawa nie może zamykać obywatelowi drogi sądowej dla dochodzenia krzywdy lub szkody i że sprawy, w których karę orzekła władza administracyjna, będą na żądanie strony przekazane na drogę postępowania sądowego (art. 68 ust. 1 i 6 Konstytucji). Analogiczne postanowienia zawierała Konstytucja z roku 1921 (art. 72, 98 ust. 2). Zrzeczenie się praw konstytucyjnych jest bezskuteczne, podobnie jak bezskuteczne byłoby zrzeczenie się obowiązków konstytucyjnych. Wobec tego ukarany, pomimo zastrzeżenia zawartego w § 95 ust. 2 urzędowego wzoru uprawnienia, może zakwestionować zarówno należność (zasadność) kary jakoteż jej wysokość w trybie ustalonym przez kodeks postępowania karnego z roku 1932 (art. 640 i nast. k. p. k.).

## II.

Za anachronizm na tle obowiązującego obecnie ustawodawstwa administracyjnego uważam postanowienia: o odwoływaniu się osób interesowanych od uprawnionego do władzy nadzorczej (§§ 25 ust. 1, 50 ust. 2, 56 ust. 1 wzoru) tudzież o reklamacjach od wymierzonych kar (§ 95 ust. 1 wzoru).

Uprawniony nie jest władzą administracyjną w rozumieniu rozporządzenia Prezydenta R. P. o postępowaniu administracyjnym, któraby mogła wydawać decyzje i od której możnaby się odwoływać do wyższej instancji. Uprawniony jest w stosunku do władzy administracyjnej osobą interesowaną (stroną) w rozumieniu postępowania administracyjnego (art. 9 post. admin.), zaś w stosunku do odbiorców energii elektrycznej jest kontrahentem (stroną) w rozumieniu prawa cywilnego (art. 50 kodeksu zobowiązań). Jeżeli więc koncesjonariusz nie wypełnia warunków koncesji lub wypełnia je nienależycie, może odbiorca energii elektrycznej wnieść z tego powodu skargę (zażalenie) do właściwej władzy administracyjnej (nadzorczej), która powinna sprawę rozstrzygnąć na zasadach rozporządzenia o postępowaniu administracyjnym, wydając decyzję w granicach swojej kompetencji. W tym tylko znaczeniu możnaby mówić o „odwołaniu

się” do władzy nadzorczej (§§ 25 i 50 wzoru). Jednak obok tego lub niezależnie od tego odbiorca energii elektrycznej może zwrócić się na drogę sądową przeciwko koncesjonariuszowi jako dostawcy energii elektrycznej, ilekroć chodzi o roszczenia prywatno-prawne, zwłaszcza odszkodowawcze, i tej drogi ani ustawa ani tymbardziej orzeczenie nie może nikomu zamykać (art. 68 ust. 1 Konstytucji z roku 1935). Pokrzywdzony odbiorca energii elektrycznej nie jest też obowiązany poddać się rozjemstwu władzy administracyjnej (§ 56 wzoru), zwłaszcza że nie bierze udziału w nadaniu koncesji i niema wpływu na jej treść.

Reklamacje (odwołania) w sprawie kar do władzy administracyjnej wyższej instancji nie są przewidziane w obowiązującym obecnie ustawodawstwie. O ile chodzi o kary administracyjne bądź w rozumieniu rozporządzenia Prezydenta R. P. o postępowaniu karno-administracyjnym (poz. 365 Dz. U. z roku 1928) bądź w rozumieniu prawa o wykroczeniach i przepisów wprowadzających kodeks karny i prawo o wykroczeniach (poz. 572 i 573 Dz. U. z roku 1932), ukaranemu nie przysługuje prawo wniesienia odwołania („reklamacji”) do władz administracyjnych wyższej instancji; po wydaniu orzeczenia karno-administracyjnego w pierwszej (i jedynej) instancji administracyjnej przysługuje ukaranemu prawo żądania, aby sprawę przekazano właściwemu sądowi w myśl art. 640 i nast. kodeksu postępowania karnego oraz zgodnie z art. 68 ust. 6 Konstytucji z roku 1935. O ileby natomiast chodziło o kary umowne w rozumieniu prawa cywilnego, spory na tym tle należałyby wyłącznie do kompetencji sądu w myśl art. 2 kodeksu postępowania cywilnego. Tych postanowień ustawowych orzeczenie (uprawnienie) nie może zmienić ani uchylić, chociażby nawet za zgodą uprawnionego.

## III.

Za zbyt liczne uważam postanowienia o korzystaniu z dróg, ulic i placów publicznych przez zakłady elektryczne nie działające na podstawie uprawnienia (§ 6 wzoru) i o przeniesieniu uprawnienia na inną osobę (§ 21 wzoru). Obie te kwestie normuje sama ustawa elektryczna (art. 2, 5, 8 ust. 2 ustawy elektrycznej), wiążąca władze i strony bez potrzeby powtarzania jej przepisów w uprawnieniu.

**Dr. Zygmunt Rolnicki, adwokat.**

## Podział Polski na okręgi elektryfikacyjne

(o rozporządzeniu Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 18 marca 1937 roku o ustaleniu okręgów elektryfikacyjnych (Dz. U. R. P. Nr. 24, poz. 156).

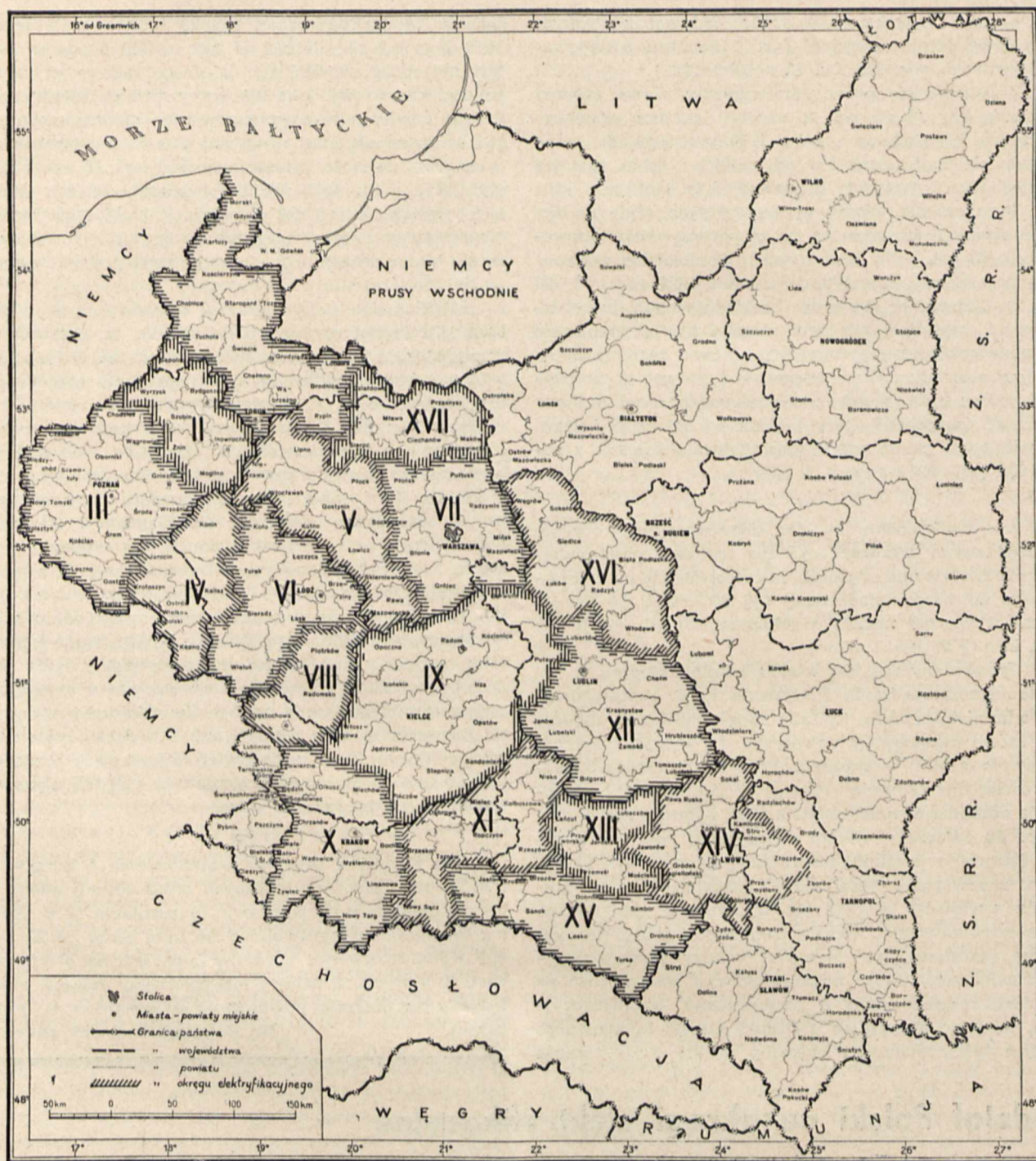
Rozporządzenie o podziale Państwa na okręgi elektryfikacyjne jest wykonaniem p. 5 art. 1 rozporządzenia Prezydenta Rzeczypospolitej z dnia 27 października 1933 roku (Dz. U. R. P. Nr. 85 33 poz. 633) o popieraniu elektryfikacji. Przy podziale Państwa na okręgi elektryfikacyjne brano pod uwagę względy gospodarcze, techniczne i obrony Państwa, a między innymi możliwość zelektryfikowania całego okręgu w pierwszym okresie elektryfikacji napięciem 30 000 V, ciążenie gospodarcze pewnych obszarów do określonych ośrodków, naturalne dążności rozwojowe istniejących zakładów elektrycznych, zainteresowanie kapitałów już zaangażowanych w poszczególne przedsiębiorstwach elektryfikacyjnych, możliwość łatwego dołączenia okręgów do przyszłej sieci ogólnopolskiej i rozmieszczenie naturalnych źródeł energii.

W myśl wspomnianego rozporządzenia Prezydenta przy udzielaniu ulg na obszarach województw Wileńskie-

go, Nowogródzkiego, Poleskiego, Wołyńskiego, Tarnopolskiego i Stanisławowskiego postawione są łagodniejsze warunki; ta część Państwa nie wymaga podziału na okręgi elektryfikacyjne.

Pozostała część Państwa podzielona została na okręgi z wyjątkiem województwa Białostockiego, jako niedojrzałego obecnie do elektryfikacji okręgowej.

Rozporządzenie Ministra Przemysłu i Handlu o podziale na okręgi elektryfikacyjne stanowi obecnie podstawę do bardziej planowej i racjonalnej gospodarki w zakresie elektryfikacji okręgowej, podstawę do zakręglania i komasacji nadanych uprawnień i orientację dla uprawnień nowych oraz pozwala nareszcie na wprowadzenie w życie ulg podatkowych, przewidzianych w wymienionym na wstępie rozporządzeniu Prezydenta Rzeczypospolitej.



### Ś. P. PAUL JANET

Umarł Paul Janet.

Świat nauki, a przede wszystkim elektrycy całego świata oplakują dziś jednego z tych, którzy przyczynili się w wielkiej mierze do rozwoju elektrotechniki.

Ś. p. Paul Janet, urodzony w Paryżu w marcu 1863 r., ukończył szkołę „École normale supérieure” w Paryżu. Był pierwszym profesorem elektrotechniki na Wydziale nauk ścisłych Uniwersytetu w Grenoble, a następnie profesorem na takiej samej katedrze Uniwersytetu w Paryżu.

Jednak głównym Jego dziełem było stworzenie Szkoły „École supérieure d'Électricité” (Wyższa Szkoła Elektryczności) w Paryżu, której był przez 42 lata dyrektorem i profesorem.

Przez ten okres czasu, współpracując z Radą udoskonalenia Szkoły, stworzył jedną z pierwszych wyższych

szkół elektryczności na świecie, kształcąc wybitnych inżynierów - elektryków francuskich i innych narodowości.

Ś. p. Paul Janet był również dyrektorem Centralnego Laboratorium Elektrotechnicznego w Paryżu.

W ten sposób ś. p. Paul Janet przyczynił się do rozwoju współczesnego przemysłu i nadal mu bezcenny rozmach.

Ś. p. Zmarły był członkiem Instytutu „Membre de l'Institut”, członkiem Akademii nauk ścisłych (Membre de l'Académie des Sciences) i został odznaczony komandorią Legii Honorowej.

Książka ś. p. Zmarłego pod tytułem „Wykłady elektrotechniki ogólnej” w Wyższej Szkole elektryczności została nagrodzona przez Akademię nauk ścisłych. — Inne Jego prace z zakresu elektrotechniki mają sławę wszechświatową.

# B I B L I O G R A F I A

**Kurzschlussströme in Drehstromnetzen. Berechnung und Begrenzung.** v. Dr. Ing. M. Walter str. 146, fig. 101 format 24 × 17 cm, rok 1935.

Książka zawiera następujące rozdziały: A. Niebezpieczeństwo zwarć. B. Rodzaje zwarć. C. Wielkości wchodzące do obliczeń. D. Obliczenie ustalonych i udarowych prądów zwarć. E. Skutki powstawania prądów zwarć. F. Ograniczenie wielkości prądów zwarciowych i uszkodzeń przez nie wywołanych. G. Wyznaczenie wielkości wyłączników. H. Przykłady obliczeń z praktyki. I. Prądy

przy zwarciach w sieciach złożonych, zasilanych z kilku elektrowni.

Treść wyłożona praktycznie, wzory podane bez wyrowadzenia, lecz ze wskazaniem literatury, gdzie wyrowadzeń i szczegółowych uzasadnień należy szukać.

Rozumowania, obliczenia i przytoczone urządzenia są współczesne, wobec czego książkę można polecić tak studentowi jak inżynierowi praktykowi, mającemu do czynienia z projektami i ruchem w urządzeniach zasilanych prądem trójfazowym.

M. P.

# R Ó Ź N E

## Pierwszy Polski Kongres Inżynierów.

Kongres ten, zwołany z inicjatywy Naczelnej Organizacji Inżynierów R. P. (N. O. I.), odbędzie się pod hasłem „Mobilizacji twórczej energii dla gospodarczego uniezależnienia Polski” i obradować będzie we Lwowie w dniach od 12 do 16 września b. r. z okazji 60-letniego jubileuszu istnienia Polskiego Towarzystwa Politechnicznego, najstarszej w Polsce organizacji inżynierskiej. Kongres ten zgrupuje nie tylko inżynierów zrzeszonych w N. O. I., lecz wszystkich inżynierów, zamieszkałych zarówno w kraju, jak i zagranicą.

Rola inżynierów w życiu społeczno-gospodarczym kraju jako kierowników przemysłu, komunikacji, energetyki — wydaje się tak oczywista, iż bliższego uzasadnienia nie potrzebuje — mimo to jednak życia gospodarczego nie przenika myśl inżynierska.

Inżynierowie, którzy wchodzą na szeroki teren gospodarczych i społecznych działań, nie wnoszą swojego własnego typu myślenia i tych wartości, jakie potencjalnie tkwią w technicznej konstrukcji psychicznej. Po za swoje własne środowisko inżynierowie wychodzą niechętnie, a jeszcze bardziej niechętnie w środowisku tym przybierają czynną postawę. A wśród inżynierów, którzy wchodzą na obce tereny, większość zatracą swoje własne oblicze i jak gdyby asymiluje się z otaczającym środowiskiem. Do dnia dzisiejszego na terenie życia gospodarczego, a zwłaszcza w przemyśle i w wielkim handlu przeważa typ myślenia spekulatywnego, na układzie czysto pieniężnym w przeważnej mierze oparty, za główny motor działania uznający omal że wyłącznie rentowność. Najdoskonalsze wykorzystanie nieruchomości majątku i urządzeń w imię ogólnego dobra, maksymalnie oszczędna gospodarka skromnymi krajowymi запасami surowców, dalekowzroczna, mądra i humanitarna gospodarka człowiekiem, planowe i konsekwentne dążenie chociażby kosztem wielkich ofiar do maksymalnego potencjału obronnego państwa w wielu kołach potentatów gospodarczych brzmią jako puste frazesy.

Prawdziwa polska myśl inżynierska dotąd na życie gospodarcze nie wywiera głębszego wpływu. To trzeba sobie jasno i otwarcie powiedzieć. Pomimo stanowisk, pomimo posad, które zajmują inżynierowie. Gdyż te jednostki, które prawdziwie dobrze myślą, są tylko jednostkami w olbrzymiej biernej masie.

Tak piękna i naprawdę doniosła mogłaby być rola gospodarza inżynierów. Tak wielkie i niewyzyskane możliwości tkwią jeszcze w organizmie gospodarczym Polski, w możliwych do wyzyskania surowcach i narzędziach, w olbrzymiej liczbie rąk do pracy i w zdolnych polskich mózgach. Dziś wielka część tych potencjalnych sił twórczych pozostaje bierna.

Gdyby martwe siły organizmu gospodarczego Polski udało się w całej pełni ruszyć, możnaby dodatkowo wydobyć nie setki milionów, ale miliardy, a może nawet dziesiątki miliardów na wzmoczenie obronności Państwa, na przyspieszony rozwój kraju, na wzrost dobrobytu Narodu.

Stanie się to wtedy, gdy myśl inżynierska, ukształtowana na podstawach wykształcenia technicznego, wzbogaci się zasadniczymi elementami zmysłu organizacyjnego i zmysłu pracy zespołowej, gdy myśl ta przejmie się zrozumieniem istoty i mechaniki organizmu gospodarczego i zbliży się do człowieka fizycznej pracy, jako wykonawcy i konsumenta dóbr i usług — inżynierowie będą gotowi do spełnienia tej roli, do jakiej powołują ich potrzeby życia gospodarczego.

Na tle podobnych rozważań powstała myśl zwołania Pierwszego Polskiego Kongresu Inżynierów, który przyczyni się niewątpliwie do przyspieszenia rozwoju gospodarczego kraju, do likwidacji gnębiącego nas marazmu i wzmoczenia ogólnego dobrobytu.

Uczestnicy zostaną zaznajomieni na Kongresie przede wszystkim z planowo ujętymi i zgrupowanymi referatami, obrazującymi całokształt aktualnego stanu gospodarczego tych dziedzin gospodarki narodowej, w których są czynni inżynierowie, ze specjalnym podkreśleniem niedomagań, potrzeb i możliwości rozwojowych.

Referaty, ujęte w formę zwięzłą i treściwą, łączą się we wspólną całość według następujących działów:

- (1) Podstawowe urządzenia gospodarcze (komunikacja, energetyka, urządzenia wodne, urządzenia obrotu towarowego, urbanistyka, budownictwo).
- (2) Ciężki przemysł (górnictwo i metalurgia).
- (3) Przemysł konstrukcyjny (metalowy, elektro-techniczny, drzewny).
- (4) Przemysł chemiczny i pokrewne.
- (5) Przemysły konsumpcyjne (spożywczy, włókienniczy, garbarski i papierniczy).

Komitet Organizacyjny Kongresu korzysta ze współpracy wszystkich fachowych Związków Inżynierskich oraz zrzeszonych w nich specjalistów poszczególnych działów technicznych, a przeto ma wszelkie dane do możliwie wyczerpującego opracowania zagadnień i należytego przedstawienia obrazu życia gospodarczego Polski na Kongresie i nie wątpi, że praca ta będzie twórczą i owocną.

Inż. Tadeusz Skrzywan.

### KONKURS

nieograniczony z działu wyposażenia Marynarki

Wojennej.

Kierownictwo Marynarki Wojennej ogłasza konkurs nieograniczony na:

1. Tłumik dla silników okrętowych:

2. Przyrząd sygnalizujący grzanie się czopa korbowego.

Za najlepiej wykonane prace będą przyznane nagrody.

Wysokość nagród na konkursach na rok 1937 ustalił Pan II Wiceminister Spraw Wojskowych w kwotach:

I — 3 000 zł. II — 2 000 zł. III — 1 000 zł. IV — 500 zł.

ponadto przewidziane są jako nagrody dyplomy honorowe.

#### Warunki konkursu.

Prawo udziału w Konkursie jest nieograniczone.

Praca konkursowa powinna być wykonana zgodnie z wymaganiami technicznymi podanymi niżej. Rozwiązania konstrukcyjne tematów muszą być nowe, nigdzie niepublikowane i niezgłaszane do patentowania.

Prace konkursowe należy przesłać do Kierownictwa Marynarki Wojennej, Warszawa, ul. Wawelska Nr. 7.

Otwarcie i ocena prac konkursowych przez Sąd Konkursowy nastąpi najpóźniej w 20 dni po upływie terminu nadsyłania prac konkursowych i odbędzie się według regulaminu Sądów Konkursowych dla prac wynalazczych, zatwierdzonego przez Pana II Wiceministra.

Prace zakwalifikowane do nagród pieniężnych przechodzą na własność Kier. Mar. Woj. włącznie z prawem do opatentowania.

Prace wyróżnione dyplomami honorowymi i nienagrodzone zostają własnością autorów, jednak mogą być zakupione przez Kier. Mar. Woj.

#### Wymagania techniczne.

*Tłumik dla silników okrętowych.*

1. Waga na 1 KM i wymiary muszą być równe lub mniejsze od odnośnych tłumików przy silnikach syst. „Glenifferra”, używanych na Flotyli Rzecznej.

2. Konstrukcja prosta dająca się łatwo demontować i oczyszczać lub gwarantująca minimalną, a praktycznie dostateczną ilość godzin niezawodnej służby tłumika, który to czas musi być możliwie wielki.

3. Tłumik musi nadawać się do wmontowania na statki i motorówki mar. woj. do istniejących silników.

4. Straty w tłumiku nie mogą przekraczać strat w istniejących na flotyli rzecznej tłumikach przy silnikach syst. „Glenifferra”.

5. Wydmuch musi być bezbarwny, ażeby nie zdradzać obecności statku lub motorówki kolorem spalin lub wydostającą się parą wodną.

6. Zupełna bezszumność przy  $\frac{3}{4}$  obciążenia silnika w odległości powyżej 20 metrów.

7. Materiały użyte do produkcji powinny być pochodzenia krajowego.

*Przyrząd sygnalizujący grzanie się czopa korbowego.*

1. Przyrząd ma alarmować obsługę silnika sposobem dźwiękowym i świetlnym, w chwili przekroczenia w panewce łożyska zadanej temperatury.

2. Należy przewidzieć możliwość łatwego ustawiania przyrządu na żadaną temperaturę w granicach do 40 do 100°.

3. Przyrząd winien działać niezawodnie i bez zwłoki przy przekroczeniu ustalonej temperatury o 5°.

4. Konstrukcja przyrządu powinna być prosta, lekka, dająca się zastosować do posiadanych łożysk silników, tak parowych jak i spalinowych.

5. Części przyrządu łatwowymienne, wykonanie tanie z materiałów krajowych.

#### Muzeum Techniki i Przemysłu.

W dniu 20 b. m. Pan Prezydent R. P., prof. I. Mościcki w otoczeniu Domu Cywilnego i Wojskowego zwiedził zbiory Muzeum Techniki i Przemysłu, mieszczące się w gmachu przy ul. Tamka 1.

Z przedstawicieli Rządu przybyli pp. Ministrowie: Prof. W. Świątosławski — Min. W. R. i O. P., Zast. Min. Spraw Wojsk. Gen. B. Regulski, Wicemin. P. i H. Dr. A. Rose, Min. Dr. R. Górecki, Wiceprezydent m. Warszawy Inż. J. Pohoski, Prezes P. K. O. Dr. H. Gruber, Wicekomisarz Rządu m. Warszawy K. Jurgielewicz, Nacz. Dyr. Elektrowni Warsz. Min. A. Kühn, a poza tym liczni przedstawiciele świata nauki, techniki i przemysłu w charakterze członków Komitetu Budowy.

Dostojnych gości powitali: Prezes Rady Muzeum Wicemin. Inż. A. Bobkowski, Prezes Zarządu Inż. Piotr Drzewiecki, Prezes Komitetu Budowy b. Min. Inż. Cz. Klarner oraz Dyrektor Muzeum Inż. K. Jackowski.

Pan Prezydent jako Najwyższy Protaktor Muzeum raczył stwierdzić, że od ostatniej swej bytności, t. j. w okresie 3-letnia zbiory i zakres działalności Muzeum tak się rozrósł, że sprawa budowy gmachu staje się sprawą specjalnie palącą. Poza zbiorami dostojni goście zwiedzali pracownię Muzeum, w której są wykańczane dioramy i tablice dla Pawilonu Polskiego na Wystawę Międzynarodową w Paryżu. Całość pokazu zrobiła nader dobre wrażenie i wywołała słowa uznania dla organizatorów tej najmłodszej a tak żywiołowo rozwijającej się placówki kulturalno-społecznej, niezmiernie doniosłej dla pogłębiania kultury technicznej naszego kraju.

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 „Przeгляд Elektrotechniczny”, Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością.

S. A. Z. G. „Drukarnia Polska”, Warszawa, Szpitalna 12. Tel. 5.87-98 w dzierzawie Spółki Wydawniczej Czasopism Sp. z o. o.

