

# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Rok XX • 21 Czerwca 1938 r. • Zeszyt 12 • CENA zeszytu w prenumeracie: 1 zł. 50 gr. pojedynczego zeszytu Nr. 12: 3 zł. —

Redaktor inż. WŁODZIMIERZ KOTELEWSKI

Warszawa, Królewska 15, tel. 690-23.

## DZIAŁ ELEKTRYFIKACYJNY

### Wytyczne przy projektowaniu centralnego sterowania wyłącznikami sieci rozdzielczej i sieci oświetlenia ulic w miastach średniej wielkości (O.P.L.)

Inż.-żł. Marian Kobylński

**Streszczenie.** Charakterystyczną cechą opisanego systemu sterowania są nieznaczne koszty zainstalowania, w porównaniu z innymi systemami równorzędnej jakości.

Sterowanie odbywa się prądem stałym przy pomocy przekaźników polaryzowanych, sposobem uproszczonym (przez pominięcie przekaźników pośrednich).

Opisane urządzenie zostało zaprojektowane dla najtrudniejszych warunków, tzn. dla sieci bez przewodu zerowego, bez pracy równoległej poszczególnych dzielnic i za pośrednictwem jednego tylko przewodu sterowniczego.

Jednym ze środków obrony przeciwlotniczej jest gąszenie światła w miastach, przy nocnym ataku lotniczym.

Wymagania stawiane zakładom elektrycznym przez obronę przeciwlotniczą są tego rodzaju, że po alarmie lotniczym należy:

- zgasić lampy oświetlenia ulic i
- przerwać dopływ prądu do oświetlenia mieszkań. Należy to wykonać w ten sposób, aby:
- pozostawić światło: w komendach O.P.L., schronach itp., oraz światła orientacyjne i sygnalizacyjne uliczne, a jednocześnie
- nie przerywać dopływu prądu do zakładów przemysłowych (większych i średnich), wykonywujących dostawę dla wojska.

Jasne jest, że istniejące sieci zakładów elektrycznych nie są przystosowane do spełnienia tych warunków.

Uniwersalnego rozwiązania podać tu nie można, inaczej bowiem sprawę tę należałoby rozwiązać w wielkim mieście, a inaczej w miastach małych.

#### A. MIASTA MAŁE.

Wchodzą tu w grę sieci zasilane z jednego punktu (z elektrowni czy podstacji).

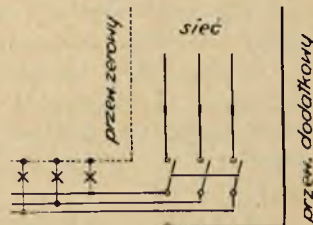
Zadośćuczynienie powyższym wymaganiom jest w tych warunkach niezmiernie proste, gdyż wyłączanie oświetlenia ulic i sieci rozdzielczej odbywa się z jednego miejsca.

Dla pozostawienia światła orientacyjnego ulicznego, w lokalach komend O.P.L. itp. — należy przeprowadzić przewód (wzgl. przewody) dodatkowy, przyłączając na

stałe mniejsze lokale O.P.L. jednofazowo do niewyłączalnego przewodu zerowego oraz nowozalążonego przewodu fazowego.

Jeśli komendy O.P.L. znajdują się w gmachach większych, których na stałe nie możemy przyłączyć jednofazowo — konieczne jest zainstalowanie przełącznika (np. wg rys. 1), który po alarmie lotniczym i wygaszeniu światła przełączany jest „w dół” — ręcznie lub samoczynnie.

Dostawa energii elektrycznej zakładom przemysłowym w czasie alarmu w tych warunkach przeważnie nie wchodzi w rachubę.



Rys. 1. Schemat przełączania instalacji trójfazowej na jednofazowy przewód dodatkowy.

#### B. MIASTA ŚREDNIEJ WIELKOŚCI.

W naszych warunkach są to miasta o liczbie mieszkańców do stu tysięcy i więcej. Mamy tu do czynienia z sieciami rozdzielczymi zasilanymi z kilkunastu podstacji. Sieć kablowa wysokiego napięcia, złożona z paru kabli, zasilą podstacje transformatorowe. W kilku lub we wszystkich podstacjach zasilane są sieci (rejony) oświetlenia ulic. Więksi odbiorcy oraz liczniejsze zgrupowania odbiorców średnich zasilani są wprost, czy też za pośrednictwem transformatorów, — z sieci wysokiego napięcia.

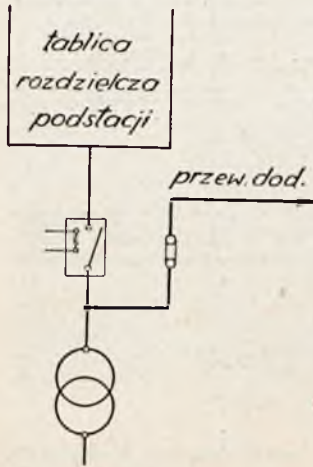
Aby zadośćuczynić wspomnianym wyżej wymaganiom O.P.L. w chwili nadania alarmu lotniczego, najprościej jest wyłączyć po stronie niskiego napięcia wszystkie transformatory pracujące na uliczną sieć rozdzielczą. Zostaną wtedy pozbawieni dopływu prądu wszyscy odbiorcy przyłączeni do sieci rozdzielczej niskiego napięcia, a jednocześnie zostaną zgąszone wszystkie lampy oświetlenia ulic.

Większy odbiorcy, przyłączeni do sieci wysokiego napięcia, nie będą mieli przerwy w dostawie prądu, — co jest bardzo ważne, gdyż przy nagłym odciążeniu siłowni powstają duże trudności ruchu. Do lamp orientacyjnych, komendom O.P.L. itp. energię elektryczną należy dopro-



wadzać z najbliższej podstacji specjalnie założonym dodatkowym przewodem (względnie przewodami), przyłączonym przed wyłącznikiem niskiego napięcia (rys. 2).

Budowanie w całym mieście sieci dla świateł orientacyjnych i sygnalizacyjnych nie jest konieczne, gdyż w miejscach zgrupowania tych lamp można zainstalować wyłączniki, które — z przewodów dodatkowych — włączają samoczynnie światła orientacyjne przy zaniku prądu w sieci rozdzielczej niskiego napięcia. Komendy O.P.L., szpitale itp., których siedziby znajdują się na posesjach fabrycznych, przyłączonych do sieci wysokiego napięcia, nie potrzebują dodatkowego doprowadzenia energii dla światła elektrycznego.



Rys. 2  
Schemat przyłączenia dodatkowego przewodu dla świateł O. P. L.

Cała trudność polega teraz na tym, aby centralne sterowanie wyłącznikami w podstacjach było: możliwie najtańsze, nieskomplikowane, wykonane w kraju z zastosowaniem aparatów znajdujących się na rynku oraz aby uniemożliwiało złośliwe lub też przypadkowe wyłączenie (wzgl. załączenie) sieci rozdzielczej.

Istnieją dwa sposoby przesyłania impulsów sterowniczych, a mianowicie: po specjalnym przewodzie sterowniczym oraz prądami średniej częstotliwości, nałożonymi na sieć prądu normalnej częstotliwości (system „Actadis“).

W miastach, w których sieci rozdzielcze zasilane są z kilkunastu zaledwie podstacji, system „Actadis“ nie kalkuluje się — ze względu na wielkie koszty zainstalowania. W tych warunkach najodpowiedniejsze staje się przesyłanie impulsów przy pomocy specjalnego przewodu sterowniczego. Przewodem tym byłyby przesyłane impulsy tylko w przypadku sterowania wyłącznikami głównymi (rys. 2). Sterowanie to odbywałoby się niezmiernie rzadko — jedynie w czasie prób i alarmu lotniczego. Wskazane jest wykorzystanie przewodu sterowniczego również do przesyłania impulsów do codziennego zapalania i gaszenia lamp oświetlenia ulic.

Zdalne — przewodowe — sterowanie wyłącznikami, w celu obrony przeciwlotniczej, posiada już parę opracowanych systemów, które omówimy w dalszym ciągu.

#### STEROWANIE PRĄDEM ZMIENNYM.

Sterowanie to może się odbywać dwoma sposobami — przy pomocy silnika (a) oraz przy pomocy zmiany faz (b).

a Mały silniczek komutatorowy lub indukcyjny (z tarczą Ferrarisa) biegnie w czasie nadawania impulsu (przewodem sterowniczym), powodując przy pomocy przekładni zębatej kolejne załączenia i wyłączenia — wdg. ustalonej kolejności — a więc np: zapalenie wszystkich lamp wieczorem, zgaszenie lamp północnych, zgaszenie lamp całonocnych rano itp. Czynności te powtarzają się codziennie okresowo, przy czym sposób ten nie daje możliwości wyłączenia sieci rozdzielczej w czasie alarmu lotniczego.

O ile sieć rozdzielcza nie posiada przewodu zerowego, — przy tym systemie sterowania można się posługiwać ziemią, jako przewodem powrotnym.

System (a) posiada tę ujemną stronę, że po kilkudziesięciu wyłączeniach układ „rozszynchronizowuje“ się, na skutek czego może się zdarzyć, że np. w jednej dzielnicy — po nadaniu impulsu — lampy zostały zgaszone, podczas gdy w innych dzielnicach miasta wyłączniki jeszcze nie wyłączyły; przedłużając zaś czas impulsu sygnału — dla wyłączenia wszystkich lamp, zapalimy już lampy w dzielnicy pierwszej itd.

Niektóre firmy wykonywują ten system sterowania z możliwością kontroli synchronicznego jego działania, lecz kontrola ta podnosi koszt obsługi urządzenia.

Drugą ujemną stroną tego systemu sterowania jest stałe cykliczne zapalanie się i gaszenie lamp w okresach 4—8 sekund w wypadku zwarcia przewodu sterowniczego z przewodem fazowym sieci rozdzielczej.

b Sterowanie przy pomocy zmiany faz odbywa się również jednym przewodem sterowniczym. W tym przypadku konieczne jest, aby sieć oświetlenia ulic stanowiła jedną całość, tj. aby poszczególne podstacje, zasilające oświetlenie ulic pracowały przez tę sieć ze sobą równolegle.

Sterowanie odbywa się przez włączenie w przewód sterowniczy prądu zmiennego, po czym — w zależności od tego, która faza została włączona, — reagują odpowiednie przekaźniki (a więc i wyłączniki) na podstacjach.

Ujemną stroną tego systemu jest konieczność połączenia sieci oświetlenia ulic w jedną całość oraz możliwość błędnych włączeń na skutek zwarcia przewodu sterowniczego z przewodami sieci rozdzielczej niskiego napięcia.

#### STEROWANIE PRĄDEM STAŁYM.

Każde sterowanie zdalne odbywa się przy pomocy przekaźników. Dla uruchomienia tych przekaźników najwygodniej jest użyć prądu stałego, gdyż można wówczas wykorzystać jego biegunowość przy użyciu przekaźników polaryzowanych.

Przy pomocy specjalnych wyłączników — w zależności od rodzaju wykonywanej czynności — można będzie w tym przypadku włączać:

- I — biegun dodatni w przewód sterowniczy, biegun ujemny zaś — uziemić;
- II — biegun ujemny w przewód sterowniczy, uziemiając przy tym biegun dodatni.

Przy pomocy czterech specjalnych wyłączników czynności te mogą być wykonywane dla dwóch napięć różnej wysokości. Przełączniki reagujące już przy napięciu niższym przeznaczone są dla codziennego kierowania wyłącznikami sieci oświetlenia ulic. Przełączniki natomiast reagujące na napięcie wyższe kierować będą wyłącznikami głównymi, umieszczonymi za transformatorami — w wypadku alarmu lotniczego.

W każdej podstacji umieszczone są dwa przekaźniki, połączone w szereg. Napięcia prądów sterujących są tak dobrane, że na impuls napięcia niższego reaguje tylko jeden przekaźnik polaryzowany (codzienne sterowanie siecią oświetlenia ulic), zaś na impuls napięcia wyższego reagują oba przekaźniki, powodując załączenie lub wyłączenie zarówno sieci oświetlenia ulic, jak i całej sieci rozdzielczej niskiego napięcia.

Działanie samego tylko przekaźnika sieci rozdzielczej — przy impulsie (w przewodzie sterowniczym) napięcia wyższego — wymagałoby zablokowania drugiego



przełącznika, co skomplikowałoby niepotrzebnie cały układ, podnosząc jednocześnie koszt urządzenia.

Wobec tego, że ten sposób sterowania znaleźć może w naszych warunkach zastosowanie, omówimy oddzielnie poszczególne części składowe urządzenia.

**Wyłączniki.**

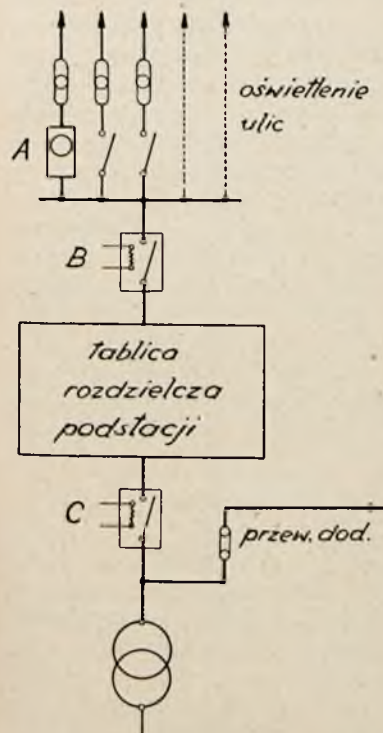
Do przerywania obwodu prądu w sieci oświetlenia ulic oraz w sieci rozdzielczej najdogodniej jest użyć wyłączników sterowanych przy pomocy elektromagnesu. Wyłączniki innej konstrukcji, jak np. motorowe, są droższe i znacznie bardziej skomplikowane.

Wielkość wyłączników wybieramy w zależności od mocy transformatorów oraz przewidywanego maksymalnego obciążenia sieci oświetlenia ulic (ze względu na rezerwę wprowadzanie dużej liczby typów nie jest wskazane).

Wobec tego, że podstacje są kompletnie wyposażone, wyłącznik główny za transformatorem przewidujemy bez zabezpieczeń termicznych i elektromagnetycznych. Wyłącznik sieci do oświetlenia ulic projektujemy również bez zabezpieczeń, gdyż poszczególne linie odchodzące są zabezpieczone, a zastosowanie w omawianych wyłącznikach wyzwalaczy termicznych i elektromagnetycznych byłoby błędne, albowiem uszkodzenie w jednym obwodzie lamp oświetlenia ulic mogłoby przerwać dopływ prądu do lamp całej dzielnicy zasilanej z danej podstacji.

W tych podstacjach, z których zasilane są lampy północne oświetlenia ulic, umieszczamy wyłączniki zegarowe przyłączone za wyłącznikami sieci oświetlenia ulic. Wyłącznik zegarowy (rys. 3) wyłącza o godz. 24 lampy północne i po zgaszeniu lamp całonocnych (wyłącznikiem B — rys. 3) zewrze o dowolnej porze swe kontakty.

Lampy północne włączone zostaną jednocześnie z oświetleniem całonocnym przez wyłącznik B (rys. 3).



Rys. 3.

Sposób umieszczenia wyłączników. A — wyłącznik zegarowy lamp północnych; B — wyłącznik oświetlenia ulic (sterowany elektrycznie); C — wyłącznik transformatora (sterowany elektrycznie).

Wyłączniki główne za transformatorami (C) sterowane będą ewentualnie tylko w czasie wojny; dla oszczędzenia styków zwieramy wyłącznik, łącząc odpowiednio szynami dopływ z odpływem. Wyłącznik ten umieszczamy przy transformatorze, aby przewody z transformatora przyłączyć bezpośrednio do wyłącznika.

Po ogłoszeniu pogotowia lotniczego, zdejmujemy z wyłącznika szyny zwierające. Należy przewidzieć możliwość wykonania tej czynności pod prądem, bez potrzeby wyłączenia transformatora.

Ponieważ do

cewki elektromagne-

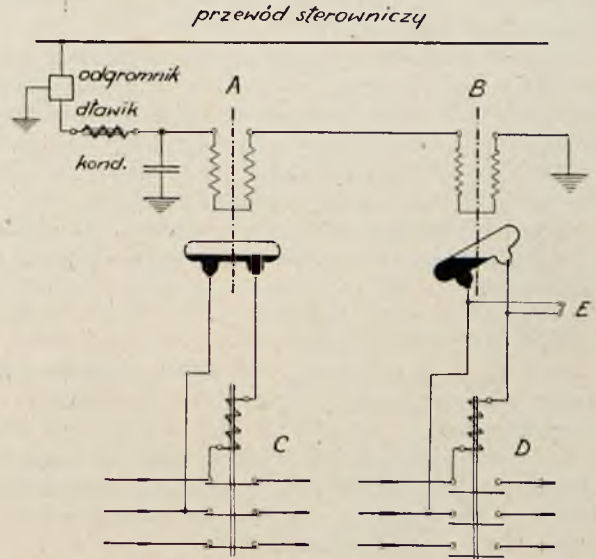
su wyłącznika prąd (zmienny) włączany jest przez styki rtęciowe przełącznika polaryzowanego, — wyłączniki transformatora i oświetlenia ulic nie powinny posiadać urządzeń samotrzymających.

Należy zaznaczyć, że bardziej wskazane tu jest użycie szczelnych wyłączników olejowych, niż powietrznych, gdyż liczyć się musimy z możliwością ustawienia wyłączników w pomieszczeniu wilgotnym.

**Przełączniki polaryzowane.**

Sprawą dużej wagi jest wybór wysokości napięcia prądów sterujących.

Pamiętać należy, że możliwości zwarcia przewodu sterowniczego z przewodami sieci rozdzielczej niskiego napięcia zawsze istnieją. Aby zwarcie to nie wywołało



Rys. 4.

Schemat włączenia przełączników polaryzowanych. A — przełącznik polaryzowany do wyłącznika transformatora; B — przełącznik polaryzowany do wyłącznika oświetlenia ulic; C — wyłącznik transformatora (sterowany elektrycznie); D — wyłącznik oświetlenia ulic (sterowany elektrycznie).

uszkodzeń uzwojeń przełączników polaryzowanych, nie powodowało mylnych włączeń oraz nie uniemożliwiała sterowania wyłącznikami, — oporności cewek przełączników polaryzowanych przedstawiają bardzo duże wartości dla prądu zmiennego. Wybierając wyższe napięcie dla przełączników i instalując dławiki, — otrzymujemy znaczne oporności indukcyjne.

Poto, aby przy pomocy jednego przewodu można było sterować niezależnie dwoma przełącznikami polaryzowanymi, używamy dwóch różnych napięć prądów sterujących. Na napięcie niższe reaguje tylko przełącznik wyłącznika sieci oświetlenia ulic B (rys. 4) na napięcie wyższe reagują natomiast oba przełączniki, lecz wobec tego, iż wyłącznik C za transformatorem włącza względnie załącza całą podstację, — działanie wyłączników lamp ulicznych nie posiada znaczenia. Dla powiększenia oporności (patrz wyżej) cewki przełączników polaryzowanych należy połączyć szeregowo; czynimy to także dla uszeregowania działaniem przełączników w zależności od napięcia nadanego impulsu, tzn. iż przy wysłaniu impulsu o napięciu niższym działać ma tylko przełącznik B (rys. 4).

Dotychczasowe rozwiązania przewidywały pomocnicze przełączniki rtęciowe na prąd zmienny — pomiędzy przełącznikami polaryzowanymi o stykach deli-



katnych a wyłącznikami C i D (rys. 4). Było to konieczne ze względu na duży prąd rzutowy (do kilkunastu amperów) pobierany przez cewkę w chwili włączania wyłączników. Ostatnimi czasy jednej z przodujących fabryk krajowych udało się skonstruować przekaźnik polaryzowany ze stykami rtęciowymi; uprościło to ogromnie cały układ sterowania zdalnego, gdyż przekaźniki polaryzowane włączają wówczas bezpośrednio wyłączniki C i D.

Konstrukcja przekaźnika polaryzowanego jest tego rodzaju, iż do zamknięcia, względnie otwarcia styków rtęciowych potrzebny jest tylko krótki impuls prądu, przy czym naczynie z rtęcią zachowuje nadane mu położenie. Jest to bardzo ważne, gdyż przerwanie przewodu sterowniczego nie zmienia istniejącego stanu wyłączników — w przeciwieństwie do sterowania prądem ciągłym, kiedy przerwa w przewodzie sterowniczym powoduje opadnięcie wyłączników.

W tych podstacjach, gdzie nie ma włączania lamp oświetlenia ulic, umieszczamy tylko przekaźnik polaryzowany A (rys. 4) oraz wyłącznik C; zamiast przekaźnika B włączamy opornik o identycznej oporności. Dla umożliwienia ręcznego włączania lamp oświetlenia ulic instalujemy w każdej podstacji wyłącznik E (rys. 4).

Ręczne włączenie wyłącznika mieć może miejsce przy dziennej kontroli żarówek lub w razie uszkodzenia przekaźnika B.

#### Przewód sterowniczy.

Kwestię przeprowadzenia przewodu sterowniczego omówimy osobno dla sieci napowietrznej, osobno zaś — dla sieci kablowej.

a) *Napowietrzna sieć rozdzielcza niskiego napięcia.* W tym przypadku najdogodniej jest założyć przewód sterowniczy na tych samych słupach, na których przeprowadzona jest sieć rozdzielcza.

Obowiązują nas przy tym te same przepisy, co i dla przewodów prądów silnych. Wobec tego, że przeważnie rozpiętość między słupami sieci rozdzielczej przekracza 35 metrów, należy zastosować przewód o przekroju 10 mm<sup>2</sup>. Wskazane jest umieszczenie przewodu sterowniczego w stosunku do przewodów sieci rozdzielczej w ten sposób, aby przewód ten niczym się nie wyróżniał i znany był tylko personelowi sieci.

W zależności od położenia elektrowni w stosunku do sieci rozdzielczej przewód sterowniczy powinien być wykonany promienisto lub pierścieniowo. Celem utrudnienia ewentualnego sabotażu specjalnie wskazane jest wykonanie pierścieniowe z uziemieniem doprowadzonych do elektrowni zakończeń pierścienia.

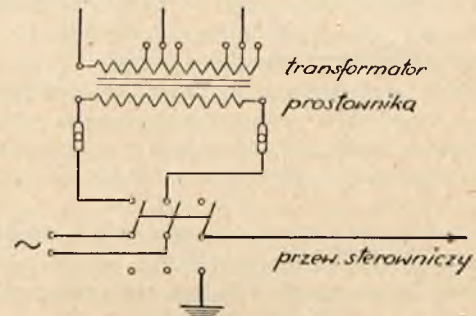
Przewód sterowniczy wykorzystany jest tylko w czasie nadawania impulsów sterowniczych; to też poza tymi chwilami wskazane jest uziemienie przewodu. Przed wysłaniem impulsu należy uziemienie przewodu sterowniczego przerwać, gdyż inaczej nastąpi zwarcie źródła prądu, uziemionego przez drugi biegun. Czynność tę połączyć można w prosty sposób z doprowadzeniem prądu do prostownika przy zastosowaniu zwykłego przełącznika (rys. 5).

Uziemiając przewód sterowniczy, chronimy cały układ od przepięć atmosferycznych, utrudniając jednocześnie ewentualny sabotaż. Ażeby zabezpieczyć od zniszczenia aparaturę połączoną z przewodem sterowniczym (wskutek ewentualnych przepięć w czasie nadawania impulsu), umieszczamy w podstacjach oraz przy tablicy manipulacyjnej specjalne odgromniki.

b) *Kablowa sieć rozdzielcza niskiego napięcia.* Przy budowie nowych sieci rozdzielczych należy instalować

kable z „żyłami probierczymi“, które mogłyby być wykorzystane, jako przewody sterownicze.

Przy istniejących sieciach z kablami bez „żył probierczych“ pozostaje jedynie możliwość korzystania z kablowych przewodów telefonicznych specjalnie do tego celu wynajętych od zarządu telefonów; przewody te nie mogą być wprowadzane wówczas do centrali telefonicznych. Przy użyciu przewodów telefonicznych nie korzystamy z ziemi, jako przewodu powrotnego.



Rys. 5.  
Sposób uziemienia przewodu sterowniczego.

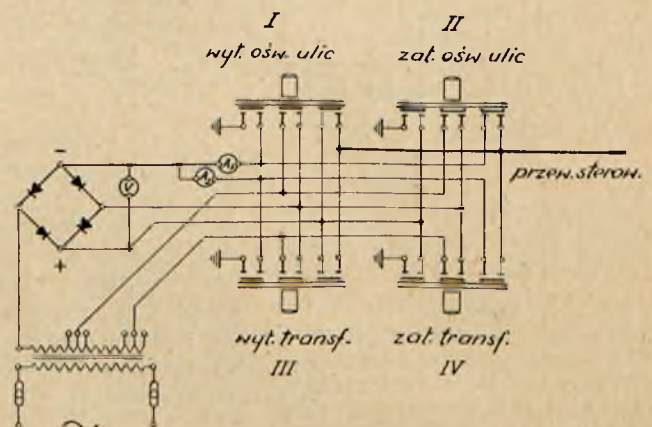
Jest rzeczą zrozumiałą, iż przy dużej liczbie podstacji nie może wystarczyć jedna para przewodów. Należy wówczas podzielić miasto na dzielnice; podstacje położone w jednej dzielnicy będą obsługiwane przez jedną parę przewodów telefonicznych.

Układanie specjalnych kabli jedynie z przewodami do sterowania nie kalkuluje się.

#### Tablica manipulacyjna.

a) *Źródło prądu i wyłączniki.* O ile zakład elektryczny nie posiada baterii akumulatorów o odpowiednim napięciu — należy zainstalować prostownik. Przy normalnej obsłudze sieci oświetlenia ulic czerpać będziemy prąd z prostownika dwa razy dziennie, w okresie kilku zaledwie sekund. Wobec tego wskazane jest włączać prostownik dopiero przed samym nadaniem impulsu. Aby uniknąć nieprzyjemnego w tych wypadkach oczekiwania na rozgrzanie się lampy prostowniczej, instalujemy prostownik stykowy. Moc takiego prostownika jest niewielka i zależy od liczby obsługiwanych przekaźników. Ażeby z prostownika można było otrzymywać (nie jednocześnie) prąd o dwóch różnych napięciach, transformatek prostownika musi posiadać zaczepty po stronie wtórnej.

Wysyłanie impulsów odbywa się przy pomocy czterech trójbiegunowych wyłączników przyciskowych, przy czym zwolnienie przycisku przerywa połączenie (rys. 6).



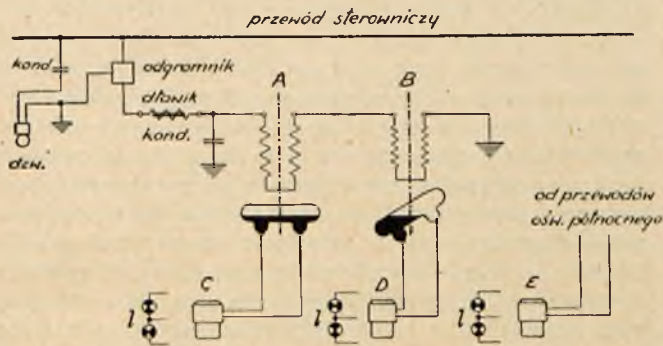
Rys. 6.  
Schemat włączenia źródła prądu oraz wyłączników.



Wskazane jest aby przyciski wyłączników III i IV posiadały specjalne osłony chroniące od przypadkowych włączeń. Dwa precyzyjne amperomierze, dostosowane do wielkości prądu, umożliwiają w czasie nadawania impulsu kontrolę przewodu sterowniczego oraz przekaźników.

Należy zaznaczyć, iż przy tym układzie połączeń nie można jednocześnie naciskać dwóch przycisków, gdyż wówczas następuje zwarcie prostownika i uszkodzenie bezpieczników transformatora. Ograniczenie to można usunąć, lecz skomplikują się wówczas wyłączniki oraz układ połączeń.

Zwarcie przewodu sterowniczego z przewodem prądu zmiennego sygnalizuje nam dzwonek (rys. 7), po wyłączeniu uziemienia przewodu sterowniczego (przez włączenie transformatora prostownika, rys. 5).



Rys. 7.

Schemat włączenia sygnalizacji.

A i C — przekaźnik polaryzowany i wyłącznik sterowany elektrycznie dla sygnalizowania włączenia transformatora; B i D — przekaźnik polaryzowany i wyłącznik sterowany elektrycznie dla sygnalizacji lamp całonocnych; E — wyłącznik sterowany elektrycznie dla sygnalizacji wyłącznika zegarowego lamp północnych.

Do wysyłania impulsów prądu — zamiast czterech wyłączników przyciskowych — użyć można jednego przełącznika. Należy podkreślić, że przy wyłącznikach przyciskowych nadawanie codziennych impulsów powierzać można nawet robotnikowi niewykwalifikowanemu.

b) *Potwierdzenie nadania sygnału.* Dla potwierdzenia nadania sygnału, przy tablicy manipulacyjnej instalujemy urządzenie identyczne, jak na podstacjach (rys. 7). Lampy I przyłączone do kontaktów sygnalizacyjnych wyłączników C, D i E umożliwiają nam orientowanie się o stanie wyłączników w podstacjach (załączone, wyłączone). Zapalenie, względnie zgaszenie lampy, potwierdzi nam nadanie impulsu prądu sterującego.

Wyłącznik D możemy wykorzystać do codziennego zapalania i gaszenia oświetlenia zewnętrznego elektrowni.

c) *Aparaty pomocnicze.* Za wyłącznikiem D zainstalować możemy licznik godzin dla oświetlenia całonocnego oraz identyczny licznik dla oświetlenia północnego, który należy połączyć z przewodami sieci oświetlenia północnego. Licznik ten składa się z mechanizmu zegarowego oraz cewki wyzwalającej, która przy włączeniu doń prądu zwalnia mechanizm zegarowy, uruchamiając zegar.

Zainstalowanie liczników godzin umożliwia nam obliczenie ilości energii, zużytej przez żarówki oświetlenia ulic, dając poza tym możliwość dokładnej kontroli trwałości żarówek, co jest specjalnie ważne przy gwarantowanej ich trwałości.

Dla określenia odpowiedniej chwili na załączenie, względnie wyłączenie oświetlenia ulicznego, instalujemy nazewną fotoogniwo, na tablicy zaś manipulacyjnej —

lampę sygnalizacyjną połączoną ze specjalnym przekaźnikiem (bez urządzeń wzmacniających). Przekaźnik ten, przy pomocy przełącznika, zapala sygnał wieczorem — dla zapalenia lamp oświetlenia ulic — oraz rano — dla zgaszenia tych lamp.

Opisane wyżej wykonanie tablicy manipulacyjnej przewidyuje jedynie ręczne nadawanie impulsów prądu. Zastosowanie komórki fotoelektrycznej — dla bezpośredniego powodowania wysyłania impulsów — nie jest wskazane; przez pośrednictwo ręki ludzkiej wykluczamy bowiem przypadkowe załączanie, jak np. przy silnym zachmurzeniu w czasie dnia, przez przypadkowe zasłonięcie komórki itp. Zastosowanie do tego celu wyłącznika zegarowego z tarczą astronomiczną nie da również dobrych wyników, gdyż wyłączniki te nie uwzględniają stopnia zachmurzenia.

d) *Uwagi.* Opisane urządzenie sterowania zdalnego nie przewiduje samoczynnej kontroli stanu składowych części sieci oświetlenia ulic.

Stan przewodu sterowniczego oraz przekaźników polaryzowanych może być kontrolowany przez personel elektrowni. Np. w porze dziennej wystarczy wysłać impuls na wyłączenie lamp ulicznych, aby — z wychylenia wskazówki amperomierza — móc sądzić o tym, czy w przewodzie sterowniczym oraz w przekaźnikach nie ma uszkodzeń. Zamiast uziemienia przewodu sterowniczego można zainstalować przekaźniki na prąd ciągły (o napięciu kilku woltów), które meldowałyby o zmianach oporności obwodu.

Należy poza tym liczyć się z wypadkami sabotażu. Jeśli przy alarmie lotniczym okaże się, że urządzenie sterowania zdalnego zostało celowo uszkodzone, pozostaje zawsze możliwość wyłączenia — z elektrowni — całej sieci.

### C. MIASTA WIELKIE.

W wielkich miastach zagadnienie centralnego sterowania wyłącznikami oświetlenia ulic musi być połączone z kontrolą stanu sieci oświetlenia ulic — dla zmniejszenia kosztów utrzymania tej sieci. Odpowiednie urządzenie musi przewidywać możliwość przesyłania sygnałów zwrotnych przez podstacje do miejsca sterowania. W tym wypadku połączenie podstacji z centralą główną musi być wykonane przy pomocy przewodów, gdyż urządzenie, wysyłające sygnały zwrotne z podstacji bezprzewodowo, byłoby bardzo skomplikowane i kosztowne.

Jako przykład tego rodzaju urządzenia, może posłużyć półautomatyczny sposób sterowania siecią oświetlenia ulic w Oslo zainstalowany w 1933 roku. Ten sposób sterowania umożliwia:

1. załączanie i wyłączenie z centralnego punktu lamp kolejno poszczególnymi dzielnicami, lub też jednocześnie w całym mieście;

2. odbieranie w centrali sygnałów zwrotnych z podstacji meldujących o stopieniu się jednego z bezpieczników sieci oświetlenia ulic, o przerwie w dopływie prądu oraz o uszkodzeniu przewodów sterowniczych (przerwa, zwarcie, uziemienie);

3. informowanie — na skutek impulsu ze strony centrali — o stanie wyłączników w podstacjach (załączony, wyłączony) oraz o przepaleniu się żarówki w sieci oświetlenia ulic.

Jedną parą przewodów telefonicznych można sterować do dziesięciu podstacji, przy czym przewody te zostają jeszcze wykorzystane do obustronnych rozmów telefonicznych — między centralą a każdą z podstacji.



## Równowaga pracy sieci elektrycznych

Dr. inż. **Samuel Dunikowski**  
Docent Politechniki Warszawskiej

**Streszczenie.** Ze względu na charakter zaburzeń występujących w sieciach, rozpatruje się równowagę pracy sieci statyczną, względnie dynamiczną. Najwrażliwszym punktem sieci, z punktu widzenia równowagi, są pracujące w niej maszyny synchroniczne. Przy analizie sieci rozpatruje się moce, występujące w poszczególnych jej punktach. Największe moce dopuszczalne ze względów statycznych, określa się na zasadzie danych elektrycznych sieci. Przy zaburzeniach dynamicznych wchodzi dodatkowo w rachubę czynniki bezwładności czasowej poszczególnych elementów. Analizę równowagi sieci przeprowadza się początkowo na najprostszymi układach maszyn synchronicznych, następnie zaś przechodzi się do sieci bardziej skomplikowanych. Rozpatrywane są typy zaburzeń najczęściej spotykane w praktyce, jakimi są zwarcia i nagłe obciążenia odbiorów.

### WSTĘP.

W rozplywach energii w sieciach elektrycznych występują w pewnych okolicznościach anormalne zmiany, które określimy ogólnie, jako zaburzenia. W zależności od tego, czy zmiany te występują powolnie, czy też w sposób nagły, — podzielimy je, z praktycznego punktu widzenia, na zaburzenia *statyczne* i *dynamiczne*.

Rzecz oczywista, że trudno mówić o ścisłym rozgraniczeniu tych dwóch rodzajów zaburzeń. Ujmując sprawę w sposób przybliżony, przyjmujemy, że przy zaburzeniach statycznych wszystkie elementy sieci pozostają w stanie równowagi ustalonej w stosunku do każdorazowo przepływających przez nie energii elektrycznych, — natomiast przy zaburzeniach dynamicznych ustalenie się równowagi trwałej tych elementów następuje z pewnym opóźnieniem. Tak więc, przy zaburzeniach statycznych sieć niezwłocznie podąża — w stanie swej ogólnej ustalonej równowagi — za zmianami rozplywu energii, przy zaburzeniach zaś dynamicznych podąża ona za tymi zmianami z pewnym opóźnieniem, z pewną, mówiąc obrazowo, bezwładnością czasową.

Zagadnienie równowagi pracy sieci elektrycznej sprowadza się do analizy odporności sieci elektrycznej względem występujących zaburzeń, jej zdolności do spełnienia przewidzianych dla niej w normalnych warunkach zadań, również i w trakcie samego zaburzenia, a wreszcie jej skłonności do zlikwidowania zaburzenia i do powrotu do stanu normalnego. W związku z powyższym, w zależności od typu zaburzenia, rozróżniać będziemy zagadnienia równowagi dynamicznej i statycznej sieci elektrycznych.

Biorąc pod uwagę ścisłą łączność pracy sieci z zagadnieniem samych zaburzeń, należy, przystępując systematycznie do niniejszego tematu, w pierwszym rzędzie zdać sobie sprawę z podstawowych czynników decydujących o przebiegach zaburzeń. Ogólnie sprawy tej ująć się nie da, gdyż istnieje niezwykle dużo najrozmaitszych sieci, których układ oraz dobór elementów decyduje o tych czy innych charakterystycznych ocenach zaburzeń. Jeśli zatem chcemy dojść do pewnych praktycznych rezultatów, trzeba się ograniczyć do najczęściej spotykanego typu sieci i na tym typie przeanalizować istotę zagadnienia.

W niniejszych rozważaniach bierzemy pod uwagę sieci trójfazowe prądów silnych, których podstawowymi elementami są: maszyny synchroniczne i asynchroniczne, transformatory, odbiorniki statyczne i sam

układ przewodów, czy to napowietrznych, czy też kablowych. W sieciach takich pierwotnymi przyczynami zaburzeń są w większości przypadków bądź zwarcia, bądź też zmiany obciążenia maszyn od strony ich części mechanicznej. Zjawiska te powodują w konsekwencji zmiany rozplywów energii, stanowiące istotę zaburzeń.

Na wstępie należy ustalić, jakie czynniki w sieci elektrycznej warunkują — w ogólnym tego słowa znaczeniu — powstawanie rozplywu energii. Pierwszą przyczyną elektryczną, warunkującą w ogóle jakikolwiek rozplyw prądu, jest istnienie w jakimkolwiek układzie elektrycznym sił elektromotorycznych. W sieciach elektrycznych siły te koncentrują się po większej części w maszynach wirujących, przy czym na plan pierwszy wysuwają się wielkie maszyny synchroniczne. Siły elektromotoryczne tych maszyn posiadają znaczną niezmiennosc w czasie swych wartości skutecznych, poza tym zaś, ze względu na to, że należą do nich generatory o mocy przekraczającej moc sumaryczną wszystkich odbiorników, stanowią one podstawowy czynnik w obrazie energetycznym sieci. Maszyny te charakteryzuje swoboda kątów fazowych ich sił elektromotorycznych, które to kąty są, jak wiadomo, zależne jedynie od położenia geometrycznego wirników w stosunku do pewnego pomyślanego układu odniesienia wirującego z szybkością synchroniczną.

Maszyny asynchroniczne przedstawiają z punktu widzenia teoretycznego, szczególnie przy zaburzeniach dynamicznych, również pewne siły elektromotoryczne, jednak w praktyce możemy je pominąć, raz ze względu na duże trudności związane z ich wyznaczeniem, a poza tym ze względu na szybkie ich zanikanie lub wzrastanie w czasie zaburzenia, a więc małą cechą niezmienności czasowej, będącą podstawową cechą idealnej siły elektromotorycznej. Biorąc pod uwagę, że w zagadnieniu równowagi pracy sieci chodzi nam raczej o jakościowe ujęcie zjawisk, ujęcie zaś ściśle ilościowe jest w praktyce nieosiągalne, — przyjmujemy, że maszyny asynchroniczne mają charakter elektryczny oporności statycznych, stosunkowo mało zmiennych w trakcie trwania zaburzenia. Tego rodzaju punkt widzenia, opierający się na praktycznym podejściu do zagadnienia, spotykać będziemy jeszcze niejednokrotnie w rozważanym temacie i musimy się z nim pogodzić — o ile chcemy sprawę w jakiś możliwie prosty sposób rozwiązać.

Przyjmujemy zatem ostatecznie, że zastępczy schemat sieci elektrycznej składa się z szeregu sił elektromotorycznych, niezmiennych w swych wartościach skutecznych, zaś zmiennych co do swego kąta fazowego, oddziałujących na układ oporności pozornych niezmiennych w czasie. Na tej zasadzie wyznaczamy rozplywy energii podczas zaburzeń i, w razie potrzeby oraz w miarę praktycznych możliwości, będziemy otrzymane rezultaty korygować, starając się możliwie przybliżyć do rzeczywistych warunków pracy sieci.

Jeśli teraz na podstawie poprzednich wywodów określiliśmy pierwotną przyczynę zaburzenia i wyznaczymy spowodowaną przez nią zmianę rozplywu energii, to nasunie się z kolei pytanie, gdzie istnieje będą w sieci te słabe punkty, które mogą spowodować wypadnięcie jej z równowagi elektrycznej. Nie będziemy uwzględniać tych zjawisk, które pracę sieci uniemożliwią skutkiem znisz-



czenia jej poszczególnych elementów, jak np. przepalenie izolacji, uszkodzenia elektrodynamiczne, przebicia lub tym podobne. Chodzi nam bowiem nie o zniszczenie sieci, lecz o wytrącenie jej z równowagi pracy, a więc o takie zaburzenia, w których poszczególne elementy nie zmieniają swych istotnych wartości elektrycznych, lecz jedynie ustosunkują się względem siebie w ten sposób, że uniemożliwiają funkcjonowanie sieci.

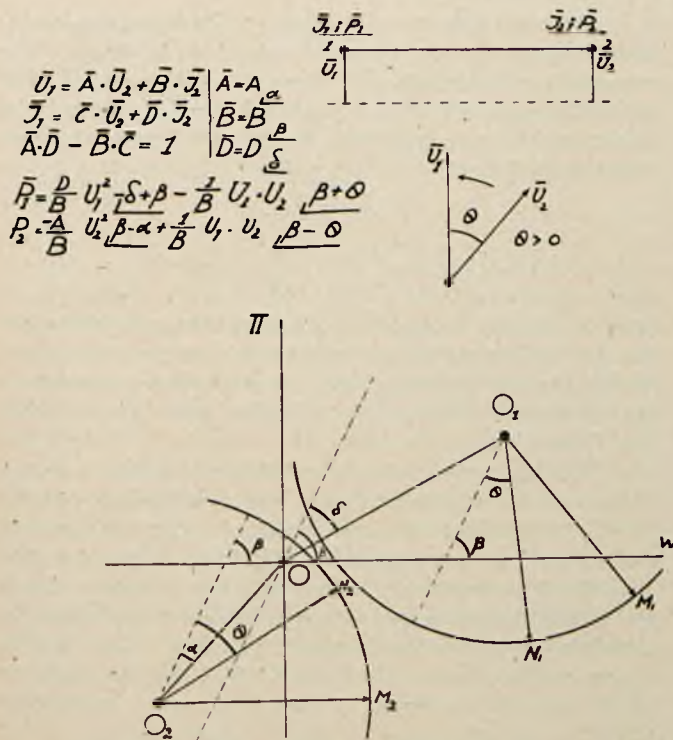
Podchodząc do tego zagadnienia teoretycznie, możemy sobie wyobrazić szereg najrozmaitszych zjawisk powodujących wytrącenie sieci z równowagi. Pewne zjawiska rezonansowe, samowzbudzenia się maszyn synchronicznych i tym podobne, mogą istotnie mieć miejsce. Jednakże, ujmując zagadnienie praktycznie, w olbrzymiej większości przypadków zagadnienie równowagi pracy sieci elektrycznej sprowadzi się do utrzymania synchronizmu biegu generatorów, kompensatorów oraz dużych silników synchronicznych.

Ostatecznie zatem, zagadnienie równowagi pracy sieci elektrycznej wiąże się po większej części z maszynami synchronicznymi, które z jednej strony są siedliskiem sił elektromotorycznych, wywołujących rozpiły energii, z drugiej zaś strony są najwrażliwszym miejscem przy zmianach tych rozpiływów, występujących jako zaburzenia. Tym tłumaczymy dalszą systematykę rozwinięcia poruszanego tematu, opierającego się na przeanalizowaniu szczególnych układów maszyn synchronicznych, a potem dopiero na przejściu do rozważania sieci ogólniejszych.

1. RÓWNOWAGA STATYCZNA W SZCZEGÓLNYCH UKŁADACH SIECI.

Metoda analizy.

Metoda rozważania omawianego tematu opiera się na teorii wykresu kołowego mocy, którego typowy przykład dla linii długiej przedstawia rys. 1. Jeśli na

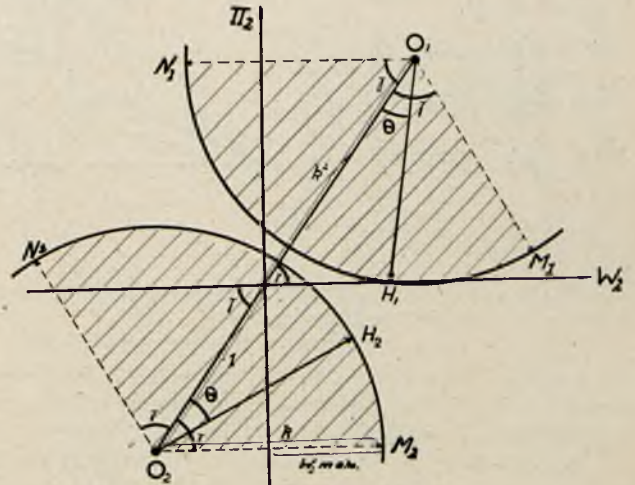


Rys. 1.

Wykres kołowy mocy dla długiej linii przesyłowej.

krańcach linii założyć napięcia  $U_1$  i  $U_2$  niezmiennie w swoich wartościach skutecznych, swobodnie natomiast co do kąta fazowego, to wówczas moc pozorna  $P_1$  i  $P_2$ , odpowiadająca krańcom linii, da się przedstawić, jako wektor, którego początkiem będzie środek układu współrzędnych, końcem zaś — wykres kołowy. Moc występująca w linii będzie jedynie funkcją kąta fazowego  $\theta$ , o jaki będą względem siebie przesunięte wektory napięć na krańcach linii. Otrzymamy dla mocy  $P_1$  i  $P_2$  dwa okręgi zakreślone z punktów odpowiednio  $O_1$  i  $O_2$ .

$$\begin{aligned} \bar{U}_1 &= \tau \cdot \bar{U}_2 + \tau \cdot \bar{Z}_2 \cdot \bar{I}_2 \\ \bar{I}_1 &= \frac{1}{\tau} \cdot \bar{I}_2 \\ \bar{Z}_2 &= Z_{\Sigma} + \frac{U_1}{U_2} = U_2 \cdot k \end{aligned} \quad \begin{aligned} \bar{P}_1 &= \frac{U_1^2}{Z_{\Sigma}} [k^2 - k_{\Sigma} \cdot \theta] \\ \bar{P}_2 &= \frac{U_2^2}{Z_{\Sigma}} [-1 + k_{\Sigma} \cdot \theta] \end{aligned}$$



Rys. 2.

Wykres kołowy mocy dla linii bez upływności.

Z powyższego wykresu widać bezpośrednio, że dla określonej linii oraz dla określonych wartości skutecznych napięć na jej krańcach istnieją pewne granice zarówno dla mocy urojonych, jak i rzeczywistych, jakie mogą występować w poszczególnych jej punktach. Wynika z tego, że przepływ energii w tych warunkach jest również ograniczony, i ze względów czysto elektrycznych nie będzie mógł przekroczyć pewnych wielkości maksymalnych.

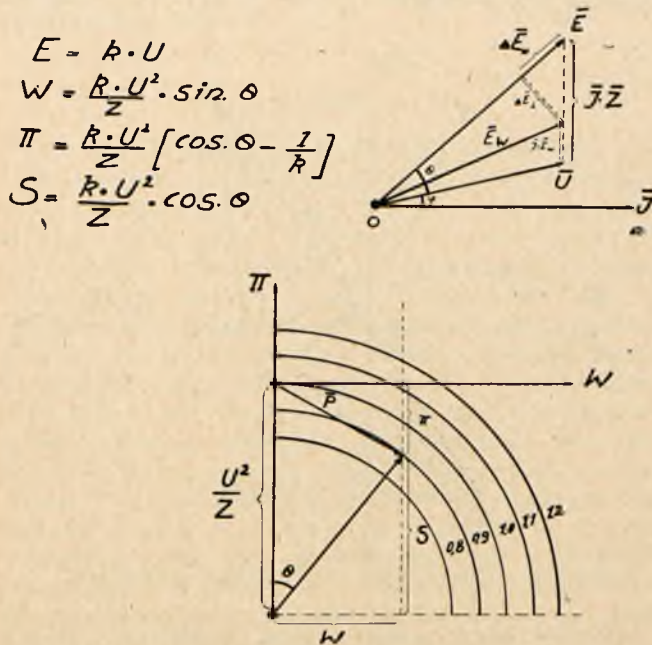
Rys. 2 przedstawia analogiczny wykres kołowy mocy dla linii o upływności pozornej, pomijalnej. Stosunek napięć na krańcach linii podczas jej biegu luzem określamy, jako przekładnię linii  $\tau$ . Traktujemy tę wielkość jako skalarną, gdyż przy biegu luzem takiej linii nie występują wzdłuż niej przesunięcia fazowe napięć, zaś przesunięcia spowodowane przez transformatory dotyczą w równej mierze prądów, jak i napięć, i przy określaniu mocy nie wchodzi w rachubę. Wykres kołowy dla tej linii sporządzamy w założeniu, że stosunek wartości skutecznych napięć na krańcach nie odpowiada przekładni linii, lecz jest inny i daje się określić współczynnikiem nierównomierności  $k$ , obliczonym jako stosunek wartości skutecznych napięć zredukowanych. Jeśli teraz założymy jedno z napięć na krańcach, np. napięcie  $U_2$ , jako stałe w swej wartości skutecznej, to wówczas energia przesyłana przez linię będzie zależała już tylko od wzmiankowanego współczynnika nierównomierności wartości skutecznych napięć  $k$ , oraz od zredukowanego kąta przesunięcia fazowego  $\theta$ , o jaki rozchylą się wektory napięć krań-



cowych<sup>1)</sup>. Maksymalna moc, jaka może wystąpić na krańcach linii, będzie tym większa, im większy będzie współczynnik nierównomierności napięć. Moc rzeczywista odbierana na krańcach linii osiągnie swe maksimum wówczas, gdy kąt  $\theta$  będzie równy kątowi oporności pozornej, jaką przedstawia linia. Jeśli założymy, że wartość skalarnej oporności pozornej różnych linii będzie ta sama, to wówczas maksimum mocy osiągniemy dla linii bez strat, to jest dla linii o oporności rzeczywistej równej zeru.

*Generator synchroniczny, pracujący na szynach o napięciu niezmiennym.*

Rys. 3. przedstawia wykres wektorowy i kołowy generatora synchronicznego pracującego na szynach o napięciu niezmiennym w swej wartości skutecznej. W dużym przybliżeniu można przyjąć zastępczy układ takiego gene-



Rys. 3.

Wykresy wektorowy i kołowy dla generatora synchronicznego.

ratora, jako niezmienną siłę elektromotoryczną sprzężoną przez oporność indukcyjną z szynami. Cały układ sprowadzi się zatem do linii bez strat, na krańcach której istnieją dwa napięcia, niezmiennie w swych wartościach skutecznych. Możemy tu zatem zastosować omawiany poprzednio wykres kołowy, który ze względu na pominięcie oporności rzeczywistej linii, ulegnie znacznemu uproszczeniu. Na rys. 3. przedstawiono ten wykres dla zacisków generatora, przy czym układ współrzędnych odpowiada mocy maszyny oddawanej na szynach zbiorcze. Moc rzeczywista i pozorna oddawana na szynach o napięciu  $U$ , przedstawi się prostymi wzorami:

$$W = \frac{k \cdot U^2}{Z} \cdot \sin \theta$$

$$P = \frac{k \cdot U^2}{Z} \left[ \cos \theta - \frac{1}{k} \right]$$

1) Jeśli na krańcu 1 istnieje napięcie  $U_1$ , to napięciem zredukowanym  $U$ , nazywamy napięcie na krańcu 2, któreby się ustaliło przy biegu luzem linii. Dotyczy to zarówno wartości skutecznej, jak i przesunięcia fazowego. Stosunek napięć zredukowanych, lub przesunięcie fazowe zredukowane, jest stosunkiem lub przesunięciem napięcia istniejącego na dowolnym końcu względem napięcia istniejącego na końcu drugim i zredukowanego do pierwszego krańca linii.

gdzie  $k$  jest w tym przypadku stopniem wzbudzenia maszyny, zaś  $\theta$  przesunięciem pozornej siły elektromotorycznej generatora w stosunku do napięcia na szynach. Kąt  $\theta$  będzie ściśle związany z położeniem wirnika maszyny w stosunku do układu odniesienia, wirującego z szybkością ściśle synchroniczną dla danej liczby biegunów generatora i częstotliwości napięcia na szynach. Geometryczne wychylenia kątowe tego wirnika w stosunku do wzmiankowanego układu odniesienia będą wprost proporcjonalne do kąta elektrycznego  $\theta$  i będą bezpośrednio oddziaływać na moc oddawaną przez generator na szynach.

Na wirnik generatora będą działać dwa momenty obrotowe — jeden pochodzenia mechanicznego od maszyny napędowej i drugi — pochodzenia elektromagnetycznego, wywierany przez magnetyczne pole wirujące. Ponieważ zakładamy, że generator pracuje bez strat, przeto, w stanie równowagi ustalonej, moc rzeczywista oddawana na szynach musi być równa mocy mechanicznej pobieranej od maszyny napędowej. Przyjmując synchroniczny bieg generatora, przy stałej częstotliwości na szynach, moce te będą wprost proporcjonalne do momentów mechanicznego i elektromagnetycznego, oddziaływujących na wirnik. Możemy zatem powiedzieć, że, w pewnej skali, moc rzeczywista dostarczana przez generator równa jest momentowi elektromagnetycznemu, który równoważy moment mechaniczny działający na wirnik generatora.

Jeśli w pewnym momencie maszyna napędzająca generator rozwinię większy moment mechaniczny, wówczas wirnik przyspieszy biegu i, wychylając się z poprzedniego położenia równowagi, powiększy kąt  $\theta$ . Spowoduje to niezwłoczny wzrost mocy rzeczywistej, dostarczanej przez generator, a tym samym wzrost momentu hamującego, elektromagnetycznego. Z chwilą, gdy moment elektromagnetyczny zrównoważy zwiększony moment mechaniczny, wówczas, o ile cały przebieg odbywał się statycznie (tzn. albo bardzo wolno, albo też przy założeniu pomijalnej bezwładności mechanicznej wirnika), nastąpi nowy stan równowagi.

Stosunek wzrostu momentu elektromagnetycznego przy wysuwaniu się napręd wirnika określamy, jako moment synchronizujący  $S$  generatora. W pewnej skali można go przedstawić, jako pochodną mocy rzeczywistej dostarczanej przez generator na szynach, liczoną po przyroście kąta  $\theta$ :

$$S = \frac{k \cdot U^2}{Z} \cdot \cos \theta$$

Dopóki moment ten jest dodatni, — generator pracuje w stanie równowagi statycznej. Gdy jednak spada on do zera, to znaczy, że dla wzrostu momentu mechanicznego nie można już znaleźć zrównoważenia w przyroście momentu elektromagnetycznego, — generator wypadnie z synchronizmu. Nastąpi to wówczas, gdy kąt  $\theta$  będzie bliski  $90^\circ$ .

Wynika z tego zatem, że istnieje zupełnie wyraźna granica równowagi statycznej dla omawianego układu, którą otrzymujemy dla maksymalnej mocy rzeczywistej dostarczanej przez generator i dla kąta  $\theta$  równego  $90^\circ$ .

Granice równowagi statycznej określić łatwo, obserwując moc pozorną wydzielaną przez generator. Moc ta, niezależnie od wzbudzenia maszyny, osiąga wówczas graniczną wartość ujemną, równą  $U^2 \cdot Z$ . Generator pracuje zatem niedowzbudzony, pobierając moc indukcyjną z szyn.

Dla określonej mocy rzeczywistej dostarczanej przez generator stopień jego równowagi statycznej będzie tym



wyższy, im wyższe będzie wzbudzenie  $k$ . Wzbudzając generator silnie, otrzymujemy dużą moc indukcyjną dawaną na szynę, a tym samym duży moment synchronizacyjny.

*Równoległa współpraca dwóch generatorów na szynę o niezmiennym napięciu.*

Przy analizowaniu pojedynczego generatora, pracującego na szynę o niezmiennym napięciu, stwierdziliśmy, że stan równowagi pracy takiego układu będzie tym lepszy, im mniejszy będzie kąt  $\theta$  przesunięcia fazowego pomiędzy umyślną siłą elektromotoryczną generatora a napięciem na szynach. Obecnie stawiamy sobie pytanie, jak należy z punktu widzenia równowagi unormować pracę równoległą dwóch generatorów, w założeniu, że istnieje określona moc pozorna  $P$ , jaką układ ten ma dostarczyć na szynę.

Jeśli zależy nam na tym, aby układ pracował optymalnie pod względem równowagi, to wówczas należy tak podzielić obciążenia pozorne  $P_1$  i  $P_2$  pomiędzy generatory, aby zarówno kąty  $\theta_1$  jak i  $\theta_2$  były możliwie małe. Przy tym, dla całości układu, miarodajny będzie większy z tych dwóch kątów, jako przedstawiający gorszy stan równowagi pracy danego generatora. Ponieważ, przeliczając odpowiednio moce z jednego generatora na drugi, możemy uzyskać powiększenie jednego z kątów  $\theta$  kosztem drugiego, przeto za podstawowy warunek optymalnej równowagi trzeba przyjąć taki stan, w którym większy z tych kątów jest jak najmniejszy, co prowadzi bezpośrednio do wniosku, że kąty te winny być sobie równe.

W przypadku tym mamy zatem dowolny wybór podziału mocy np. rzeczywistych, z którego wyniknie rozdział mocy urojonych. Przeprowadziwszy elementarną analizę matematyczną, otrzymujemy, że w założeniu  $\theta_1$  równego  $\theta_2$ , oba te kąty muszą spełniać zależność:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{W}{\Pi + \left[ \frac{U^2}{Z_1} + \frac{U^2}{Z_2} \right]}$$

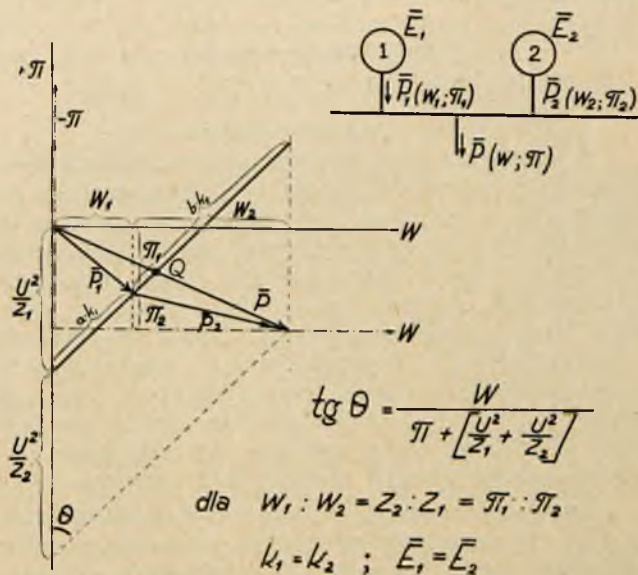
Wynika z tego, że rozdział mocy np. rzeczywistych, taki lub inny, nie powoduje pogorszenia równowagi układu, jeśli tylko spełniony zostanie warunek podany w ostatnim wzorze dla każdego z kątów  $\theta_1$  i  $\theta_2$ . W przypadku tym łatwo wyznaczyć zależność pomiędzy mocami rzeczywistymi a urojonymi, rozłożonymi na generatory, mając na uwadze, że:

$$\operatorname{tg} \theta_1 = \frac{W_1}{\Pi_1 + \frac{U^2}{Z_1}} ; \quad \operatorname{tg} \theta_2 = \frac{W_2}{\Pi_2 + \frac{U^2}{Z_2}}$$

Zależność tę przedstawiono wykreślić na rys. 4. Jeśli mamy dany wektor mocy pozornej odbieranej na szynę  $P$ , to wówczas wektory mocy składowych  $P_1$  i  $P_2$  muszą być tak dobrane, aby punkt ich zetknięcia leżał na prostej, podanej na wykresie. W szczególnym przypadku, gdy moce rzeczywiste rozkładamy proporcjonalnie do mocy znamionowej maszyn (a więc w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalnie do ich oporności urojonych  $Z$ ), — wówczas kierunek wektorów  $P_1$  i  $P_2$  pokrywa się z wektorem  $P$ , na wykresie zaś otrzymujemy punkt charakterystyczny  $Q$ . Wtedy podział mocy rzeczywistych i urojonych dokonuje się w tej samej proporcji, zaś stopień wzbudzenia maszyn, a co za tym idzie ich siły elektromotoryczne, są równe.

Z praktycznego punktu widzenia jest to zazwyczaj również najekonomiczniejszy rozkład obciążeń na generatory. W każdym razie równomiernie z przejmowaniem

mocy rzeczywistej przez generator winno wzrastać jego wzbudzenie  $k$ ; wynika to zresztą bezpośrednio z wykresu optymalnej równowagi, gdzie na linii prostej oznaczone są w pewnej skali [spółczynniki proporcjonalności  $a$  i  $b$ ] wzbudzenia maszyn  $k_1$  i  $k_2$ . Utrzymywanie w pracy



Rys. 4.

Układ dwu generatorów synchronicznych pracujących na szynę o napięciu niezmiennym.

równoległej generatorów, przy których rozkład mocy rzeczywistych i stopni wzbudzenia jest nieskoordynowany, prowadzi w myśl omówionej zasady, w konsekwencji do obniżenia stopnia równowagi pracy całego układu.

*Szeregowa współpraca dwu maszyn synchronicznych.*

Rozważmy teraz układ dwu maszyn synchronicznych — generatora i silnika połączonych między sobą linią elektryczną. Zgodnie z poprzednimi założeniami układ taki da się sprowadzić do dwu sił elektromotorycznych, przypisanych obu maszynom, oraz do pewnej linii łączącej te siły elektromotoryczne. W zależności od tego, czy dana linia posiadać będzie charakter linii długiej, linii bez upływności, lub też linii bez strat, — zastosujemy odpowiedni wykres kołowy mocy, analizowany już poprzednio.

W rezultacie stwierdzimy, że układ takich dwu maszyn może wymienić między sobą, przy określonych wzbudzeniach, tylko pewne określone ilości energii, i że przy przekroczeniu tych granic wypadnie z równowagi. Decydującym momentem dla przekazywanej mocy będzie tu kąt elektryczny  $\theta$  pomiędzy siłami elektromotorycznymi obu maszyn. Kąt ten, zgodnie z rozważaniem linii długiej, nie będzie mógł w żadnym przypadku przekroczyć kąta oporności pozornej, reprezentowanej przez oporność pozorną samej linii łącznie z opornościami indukcyjnymi maszyn. Rys. 5 przedstawia omawiany układ dla linii bez strat. Dla tego przypadku moc rzeczywista przekazywana przez maszyny będzie proporcjonalna do sinusa kąta  $\theta$ . Moc graniczna będzie osiągnięta w przypadku, gdy kąt ten osiągnie  $90^\circ$ .

Jeśli uwzględnić oporność rzeczywistą linii, to wówczas spowoduje to obniżenie kąta fazowego oporności pozornej zastępczej  $Z$ , a tym samym obniży do tej granicy maksymalną, dopuszczalną ze względu na równowagę, wartość kąta  $\theta$ .



Podwyższenie napięcia maszyn, a — co za tym idzie — i linii przesyłowej oraz zmniejszenie oporności pozornej tej ostatniej zwiększa możliwości przekazania energii rzeczywistej pomiędzy maszynami i — w razie, gdy moc ta nie ulega zmianie — polepsza stan równowagi pracy układu.

2. RÓWNOWAGA DYNAMICZNA  
W SZCZEGÓLNYCH UKŁADACH SIECI.

*Dynamiczne własności elementów sieci.*

W dotychczas przeprowadzonych rozważaniach traktowaliśmy rozpatrywane układy, jako dostosowujące się niezwłocznie — w stanach równowagi ustalonej — do zmieniających się przepływów energii pozornej. W zakresie zjawisk czysto elektrycznych, przy prądach zmiennych, warunek ten spełniają oporności rzeczywiste. Natomiast wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z indukcyjnościami i pojemnościami, — występują przy zmianach przepływu energii przejściowe stany tzw. „nieustalone”. Z punktu widzenia praktycznego są one jednakże po większej części pomijalne, gdyż składowe nieustalone prądów i napięć zanikają bardzo szybko.

Sprawa przedstawia się inaczej w przypadku prądów stałych w obwodach, gdzie występują poważne samoindukcje lub pojemności. W przypadkach tych dostosowanie się równowagi układu do nowych warunków elektrycznych następuje wolno i winno być brane pod uwagę. W rozpatrywanym zagadnieniu obwody prądów stałych interesują nas szczególnie w uzwojeniach wirników maszyn synchronicznych, przedstawiających bardzo poważne samoindukcje. W szczególności zależność strumienia magnetycznego, przebiegającego przez wirnik, od niskooporowego obwodu jego uzwojenia wzbudzającego oraz występujących na nim obwodów tłumiących, jest czynnikiem bardzo ważnym, który nadaje temu strumieniowi charakter niezmienności czasowej przy krótkotrwałych zaburzeniach. Zmusza to do wprowadzenia — zamiast poprzednio przyjmowanych oporności maszyn synchronicznych tzw. całkowitych — jedynie ich oporności rozproszenia odniesione do statora. Rzecz oczywista, że w tych przypadkach, jako siłę elektromotoryczną maszyny, przyjmuje się jej siłę elektromotoryczną wewnętrzną, odpowiadającą strumieniowi magnetycznemu przebiegającemu przez wirnik maszyny.

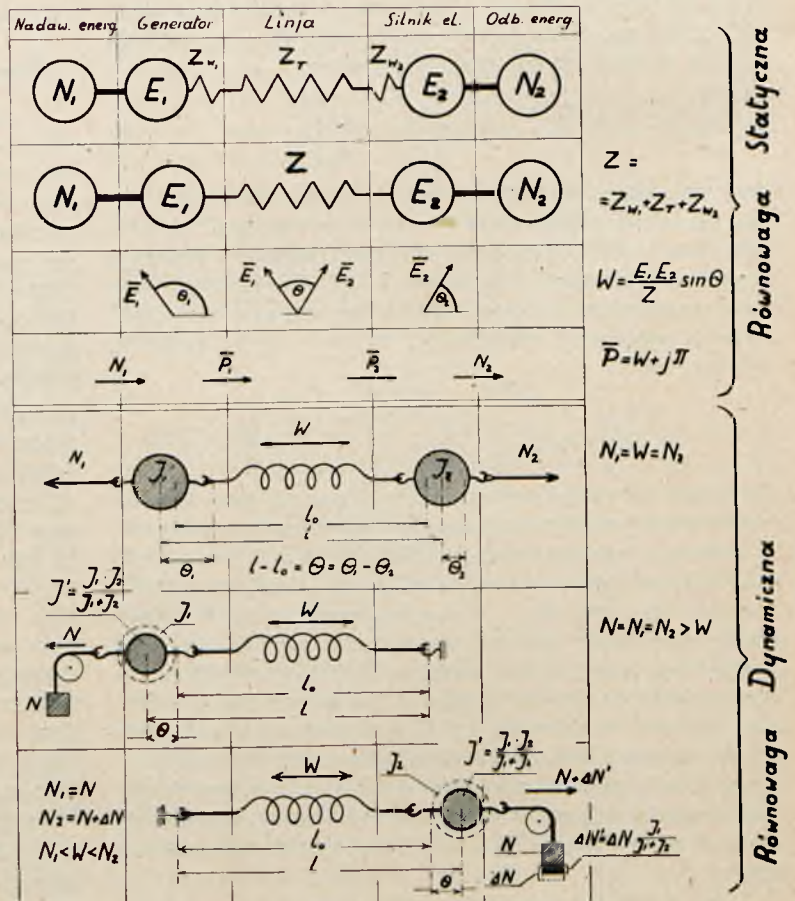
Niezależnie jednak od zagadnień elektrycznych musimy uwzględnić również bezwładność mechaniczną wirujących części maszyn, które, przesuwać się w chwili zaburzenia w stosunku do ściśle synchronicznie wirującego układu współrzędnych, nabierają w tym ruchu pewnej siły żywej i wpadają w oscylacje.

Jeśli rozpatrzmy, zgodnie z rys. 5, układ dwu maszyn synchronicznych sprzężonych linią elektryczną, to wówczas będziemy mogli rozróżnić w takim układzie: nadajnik energii mechanicznej w postaci maszyny napędowej, wywierającej pewien moment mechaniczny na wirnik generatora, sam generator, oddziałujący na swój wirnik momentem elektromagnetycznym hamującym linię przesyłową (dla uproszczenia zagadnienia — bez strat), silnik synchroniczny wywierający na swój wirnik napędzający moment elektromagnetyczny oraz odbiornik energii mechanicznej, oddziałujący na wir-

wirnik silnika momentem mechanicznym hamującym. W stanie równowagi wszystkie momenty mechaniczne generatora  $N_1$ , silnika  $N_2$  oraz elektromagnetyczne  $W$ , są sobie równe i proporcjonalne do mocy rzeczywistej wymienianej między maszynami. Proporcjonalność ta zachodzi dzięki temu, że zakładamy niezmienną częstotliwość sieci, a zatem stałą synchroniczną szybkość obrotową wirników maszyn. Wirniki maszyn przedstawiają pewną bezwładność wyrażoną ich momentem bezwładności  $J_1$  i  $J_2$ . W stanie równowagi momenty te nie odgrywają roli, cały zaś układ — jeśli z obrotowego przetransponować go na liniowy, przedstawiać się będzie, jak dwie kule o masie  $J_1$  i  $J_2$ , sprzęgnięte sprężyną o sile naciągu odpowiadającej momentom elektromagnetycznym, a więc mocy rzeczywistej  $W$  przekazywanej przez linię elektryczną, — na które to kule działają zewnętrzne siły  $N_1$  i  $N_2$ , odpowiadające momentom mechanicznym maszyny napędzającej generator oraz maszyny napędzanej przez silnik.

Jeśli teraz, dla mocy  $W$  równej zero, kąt elektryczny  $\theta$  pomiędzy wirnikami maszyn równy jest zero, to wówczas i dla naciągu zerowego sprężyny istnieje pewna podstawowa jej długość  $l_0$ . Jeśli moc wzrasta, to wówczas wzrasta kąt  $\theta$ , co odpowiada napinaniu się sprężyny i wydłużaniu się jej o długość  $\Delta l$  odpowiadającą przyrostowi kąta  $\theta$ .

Z chwilą, gdy w rozpatrywanym układzie w sposób nagły ulegnie zmianie przekazywana moc  $W$ , a poza tym zewnętrzne momenty mechaniczne  $N_1$  i  $N_2$ , nie ulegną zmianie, — wówczas nastąpi nierównowaga sił działających na wirniki, pod wpływem której nabiorą one pew-



Rys. 5. Współpraca dwu maszyn synchronicznych.



nych przyspieszeń kątowych. Ruch względny tych wirników decydować będzie o zmianie kąta  $\theta$  i o wielkości momentów elektromagnetycznych, on też nas będzie w tym przypadku jedynie interesował. Na ruch ten będą się składały przesunięcia kątowe o znakach przeciwnych obu wirników pod wpływem tych samych momentów wypadkowych  $N-W$ . Przeprowadzając podstawową analizę dynamiczną tego ruchu, otrzymamy przesunięcie względne wirników takie same, jak w tym przypadku, gdyby jednemu z nich przypisać nieskończenie wielki moment bezwładności, drugiemu zaś — moment wypadkowy mniejszy  $J'$  podany na rys. 5. Przy interpretacji liniowej można będzie zatem położyć jedną z kul, symbolizujących wirniki maszyn, uważać za niezmienną, podczas gdy druga — o zmniejszonej masie — będzie się przesuwała pod wpływem wypadkowej siły  $N-W$ , odpowiadającej nierównowadze momentu mechanicznego i elektromagnetycznego działającego na wirniki.

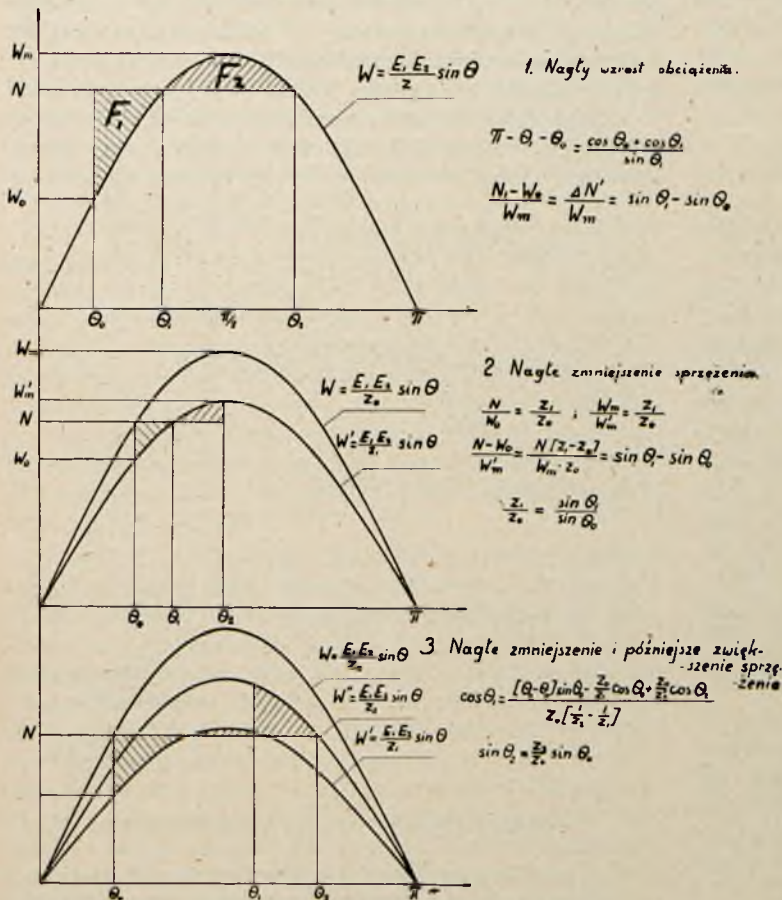
W przypadku, gdy w stanie równowagi rozpatrywanego układu nastąpi pewne zaburzenie w postaci naglej zmiany obciążenia mechanicznego np. silnika, to znaczy, gdy wywierany przez niego moment mechaniczny zmieni się raptownie o  $\Delta N$ , wówczas, przeprowadzając rozumowanie podobne jak poprzednio, przekonamy się, że z punktu widzenia względnych przesunięć wirników względem siebie układ zachowa się tak, jak i poprzednio, — to znaczy, że jednemu z wirników będziemy mogli przypisać moment bezwładności nieskończenie wielki, drugiemu zaś — moment zastępczy  $J'$ . Przy przejściu do tego układu zastępczego będziemy musieli jedynie przeprowadzić korekcję przyrostu obciążenia  $\Delta N$ , która jednakże na istotę przebiegu zjawiska nie wywiera wpływu.

Opierając się na poprzednich rozważaniach, możemy stwierdzić ogólnie, że w przypadku współpracy szeregowej dwu maszyn synchronicznych, sprzęgniętych linią, względne ich zachowanie się możemy, przy zaburzeniach dynamicznych, analizować w założeniu, że wirnik jednej z nich jest nieskończenie bezwładny, wirnik drugiej zaś jest obdarzony pewnym wypadkowym zastępczym momentem bezwładności.

*Nagle przeciążenie układu dwu maszyn synchronicznych.*

Zgodnie z poprzednimi wnioskami, zakładamy generator nieskończenie bezwładny, pracujący przez linię bez strat na silnik synchroniczny. W stanie równowagi, moc rzeczywista  $W$  przekazywana linią równa się mocy, rozwijanej mechanicznie przez silnik, i jest proporcjonalna do sinusa kąta  $\theta$  zawartego pomiędzy wektorami wewnętrznych sił elektromotorycznych obu maszyn.

Wykres podany u góry na rys. 6 przedstawia zależność mocy, przesyłanej linią  $W$ , od rozchylenia się wirników maszyn, czyli od kąta  $\theta$ . Dla stanu równowagi, mocy przesyłanej  $W_0$  odpowiada kąt  $\theta_0$  oraz moc mechaniczna rozwijana w silniku  $N_0$ . W pewnym momencie moc, pobierana mechanicznie z silnika, wzrasta raptownie, osiągając nową wartość  $N$ . Skutkiem powyższego wirnik silnika poddany jest pewnemu wypadkowemu momentowi hamującemu i zaczyna zwalniać bieg. Powoduje to wzrost kąta  $\theta$ , począwszy od pierwotnej jego wartości  $\theta_0$ . Stopniowo wirnik nabiera — w stosunku do synchronicznie wirującego układu spólrzędnych — coraz większej szybkości o znaku przeciwnym do szybkości synchronicznej i wreszcie w pewnym momencie osiąga przesunięcie kątowe, względem nieskończenie bezwładnego wirnika generatora, równe  $\theta_1$ . W tym położeniu, skutkiem wzrostu kąta  $\theta$ , tak dalece zwiększa się moc  $W$  dosyłana elektrycznie do silnika, że napędzający go moment elektromagnetyczny zrównoważy zwiększony skutkiem wzrostu obciążenia silnika hamujący moment mechaniczny. Przy zaburzeniu statycznym przebieg zjawiska winienby ulec w tym miejscu zakończeniu i powinno nastąpić nowe ustalenie się równowagi trwałej pracy układu. Przy zaburzeniu dynamicznym, ze względu na to że wirnik ze znaczną szybkością przechodzi od przesunięcia kątowego  $\theta_0$  do  $\theta_1$ , zamagazynował on w sobie pewną ilość energii kinetycznej, którą obecnie musi wyładować. Przechodzi on zatem przez położenie równowagi i opóźnia się kątowo dalej, przekraczając kąt  $\theta_1$ . W tym przebiegu wzrost przesyłanej elektrycznie mocy  $W$  jest już tak znaczny, że napędzający moment elektromagnetyczny przewyższa hamujący moment mechaniczny i wirnik otrzymuje przyspieszenie kątowe odwrotne, hamujące jego dotychczasowe opóźnianie się kątowe. Zjawisko to trwa tak długo, aż zawarta energia kinetyczna w wirniku nie wyczerpie się, czyli aż do chwili, w której wirnik silnika w swym względnym ruchu — w stosunku do synchronicznie wirującego układu spólrzędnych oraz do wirnika generatora — nie ulegnie zatrzymaniu. Nastąpi to wówczas, gdy suma energii nadanej wirnikowi od początku zaburzenia aż do chwili przejścia jego przez stan równowagi statycznej, — a więc na drodze od kąta  $\theta_0$  do  $\theta_1$ , — nie zrównoważy się energią, wydzieloną przez wirnik w drugiej fazie jego ruchu



Rys. 6. Warunki zachowania równowagi dynamicznej.



od kąta  $\theta_1$ , aż do zatrzymania się względnego przy kącie  $\theta_2$ . Na wykresie na rys. 6 energie te są proporcjonalne do zakreskowych pól  $F_1$  i  $F_2$ .

Równowaga dynamiczna rozważanego układu zostanie zachowana wówczas tylko, gdy pole  $F_1$  będzie mogło być zrównoważone przez pole  $F_2$ . Gdyby tak nie było, wirnik przeskoczy przez przesunięcie kątowe  $\theta_2$ , poczem otrzymałby dalszy impuls do kontynuowania swego ruchu, i silnik wypadłby z synchronizmu. Jeśli natomiast zrównoważenie to istnieje, wówczas wirnik, po zahamowaniu ruchu względnego, rozpocznie przebieg powrotny i wreszcie, po kilkunastu oscylacjach — tłumionych skutkiem strat elektromagnetycznych — osiągnie położenie równowagi ustalonej, przyjmując względne przesunięcie kątowe w stosunku do generatora, odpowiadające kątowi  $\theta_1$ .

Jak z powyższego wynika, granica równowagi dynamicznej rozważanego układu zależy przy nagłym przeciążeniu od mocy przesyłanej przed zaburzeniem  $W_0$ , odpowiadającej kątowi  $\theta_0$  i jest z reguły znacznie niższa od mocy granicznej  $W_m$ , ustalonej w takim przypadku dla równowagi statycznej.

Dla każdego dowolnego kąta  $\theta_0$  możemy z łatwością określić kąt  $\theta_1$ , jako graniczny dla równowagi dynamicznej. Obciążenie przy nagłym wzroście nie może w żadnym przypadku przekroczyć mocy granicznej  $N$  odpowiadającej temu kątowi.

Otrzymamy następującą tabelę zależności:

$W_0 : W_m$	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$\Delta N : W_m$	0,67	0,6	0,45	0,3	0,16	0,0
$\Delta N : W_0$	6,7	3,0	1,1	0,5	0,2	0,0

Z powyższego zestawienia widać, że zdolność dynamicznego przeciążenia układu maleje nader szybko — w miarę powiększania mocy, przesyłanej normalnie przed zaburzeniem.

*Nagła zmiana sprzężenia układu dwu maszyn synchronicznych.*

Jeśli w rozważanym poprzednio układzie, w normalnych warunkach, następuje wymiana mocy  $N$  pomiędzy maszynami, przy czym oporność pozorna linii łączącej je wynosi  $Z_0$ , momenty zaś mechaniczne wywierane na wirniki obu maszyn są niezmiennie, — to przy nagłej zmianie przewodności linii (np. jeśli w linii dwukablowej jeden kabel zostanie wyłączony), — nastąpi zaburzenie dynamiczne, mogące spowodować wytrącenie układu z równowagi. Zgodnie bowiem z wykresem środkowym na rys. 6, wykres zależności wymienianej mocy od kąta  $\theta$ , odpowiadającego położeniu względnemu wirników maszyn, ulegnie nagłej zmianie, przechodząc z jednej sinusoidy w drugą — o innej amplitudzie. Moc przekazywana pomiędzy maszynami spadnie nagle z pierwotnej swej wartości  $N$  przy  $\theta_0$  do nowej wartości  $W_0$ , przy tym samym kącie  $\theta_0$ . Przebieg zjawiska będzie od tej chwili analogiczny, jak poprzednio. Nastąpi przebieg rozchylania się wirników do kąta odpowiadającego kątowi  $\theta_1$ , i w dalszym ciągu wychylenie poza stan równowagi statycznej aż do kąta  $\theta_2$ . O ile kąt  $\theta_2$  będzie mniejszy od  $180^\circ - \theta_1$  — nastąpi zahamowanie względnego rozchylania się wirników maszyn, a następnie szereg oscylacji — i układ osiągnie wreszcie równowagę przy kącie  $\theta_1$ . W przeciwnym razie maszyny wypadną z synchronizmu.

Dla każdej wartości początkowej mocy przesyłanej  $N$  oraz oporności  $Z_0$  możemy określić dopuszczalną gra-

niczną wartość  $Z_1$ , do której wzrosnąć może oporność pozorna linii, nie powodując naruszenia równowagi dynamicznej układu.

Otrzymamy następujące zestawienie:

$N : W_m$	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$Z_1 : Z_0$	7,0	4,0	2,1	1,5	1,2	1,0

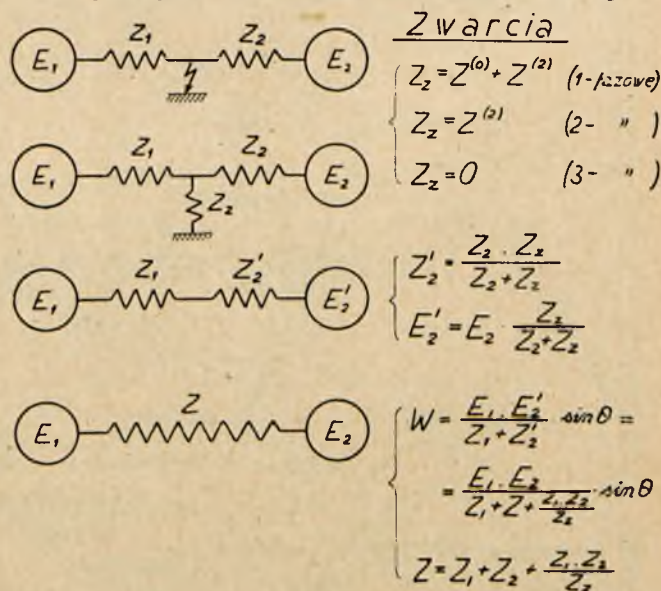
Rzecz oczywista, że również i nagłe zmniejszenie się oporności linii przesyłowej, a więc dynamiczne powiększenie sprzężenia maszyn synchronicznych, spowoduje oscylacje wirników. W przypadku tym jednak równowaga dynamiczna układu nie może zostać naruszona.

*Zwarcie w układzie dwu maszyn synchronicznych.*

Przeanalizujemy obecnie przypadek powstania zwarcia na trasie linii łączącej dwie współpracujące ze sobą maszyny synchroniczne. Zakładamy zwarcie dowolnego typu, rozważając w dalszym ciągu jedynie zaburzenia spowodowane w składowej synchronicznej napięć, prądów i mocy trójfazowego tego układu. Składowe symetryczne — jednokierunkowa i inwersyjna — nie wprowadzają momentów interesujących nas poważnie w tym zagadnieniu, gdyż dynamiczne ich oddziaływanie na wirniki maszyn jest, z praktycznego punktu widzenia, pomijalne \*).

Jak wiadomo, każde zwarcie rozważane w stosunku do określonej składowej symetrycznej, daje się zastąpić pewną symetryczną opornością, załączoną równolegle do układu w punkcie zwarcia. W zależności od rodzaju zwarcia, oporność ta  $Z_z$  przyjmuje różne wartości wyznaczone na podstawie oporności sieci mierzonej w punkcie zwarcia w stosunku do składowych symetrycznych różnych rzędów. Na rys. 7 oporność pozorna sieci  $Z^{(0)}$  odpowiada składowej jednokierunkowej,  $Z^{(2)}$  składowej inwersyjnej. Podane tam zależności odpowiadają  $Z_z$  — wyznaczonej dla analizy układu w stosunku do składowej synchronicznej.

Zakładając wszystkie oporności pozorne, jako czysto indukcyjne, można dokonać przekształcenia sieci przedstawionej na rys. 7 w ten sposób, aby zastąpić układ opor-



Rys. 7.

Uproszczenie układu sieci przy zwarciach.

\* Rozważania dotyczące składowych symetrycznych — na podstawie publikacji: „Przetężenia w urządzeniach elektrycznych prądu zmiennego”. S. Dunikowski. Warszawa, r. 1937.



ności zwarcia oraz jednej z maszyn, pewną zastępczą opornością oraz zastępczą siłą elektromotoryczną. W dalszym ciągu układ ten upraszcza się dalej, sprowadzając się — w ostatecznym wyniku — do układu pierwotnych sił elektromotorycznych sprzężonych jedynie słabiej, za pośrednictwem większej oporności pozornej.

Jak z tego wynika, zwarcie na linii przesyłowej jest równoznaczne z nagłym wzrostem oporności tej linii i powoduje tym samym zaburzenie dynamiczne, rozważane już poprzednio. Analizując rodzaje zwarć, jakie mogą w danym układzie powstać, możemy w wielu przypadkach (a gdy chodzi np. o zwarcia jednofazowe na liniach napowietrznych) określić największy możliwy wzrost oporności pozornej układu, a tym samym wyznaczyć największą moc, jaka może być przesyłana w warunkach normalnych, aby przy takim zwarciu układ zachował równowagę dynamiczną swej pracy.

W większości wypadków, możliwość długotrwałego zwarcia na linii przesyłowej grozi wytrąceniem układu z równowagi dynamicznej, albo też zmusza do tak dużego ograniczenia mocy przesyłowej, że przestaje ono być celowe z punktu widzenia gospodarczego. Aby jednak, pomimo wysokiej mocy przesyłanej, ograniczyć szkodliwe skutki dynamicznych zaburzeń powodowanych przez zwarcie, należy się starać o możliwie szybkie eliminowanie go z układu.

Jeśli np. wyobrazimy sobie wielotorową linię, łączącą dwie wielkie maszyny synchroniczne, to wówczas zwarcie na którymś z torów spowoduje podwyższenie oporności synchronicznej układu, — szybkie jednak wyeliminowanie chorego toru, z powrotem polepszy sprzężenie, obniżając oporność pozorną linii. Tego rodzaju przebieg zjawiska ilustruje dolny wykres na rys. 6. Początkowa oporność linii  $Z_0$ , skutkiem zwarcia, ulega podwyższeniu do wartości  $Z_1$ , co powoduje silny spadek sprzężenia i, przerywając charakterystykę układu na dolną sinusoidę wykresu, grozi bezwzględny wypadnięciem układu z równowagi. Zanim jednak wirniki maszyn rozchylą się do niebezpiecznego dla stanu równowagi kąta  $\theta$ , następuje już przy kącie  $\theta_1$  odłączenie zwarcia przez wyeliminowanie chorego toru i polepszenie sprzężenia, odbijające się na wykresie przejściem na sinusoidę pośrednią. Dzięki temu udaje się zahamować rozchylenie się wirników przed osiągnięciem krytycznego kąta  $\theta$ , a tym samym utrzymać równowagę dynamiczną układu. Oczywiście, im szybciej nastąpi odłączenie zwarcia — tym lepiej. Gdyby natomiast czas odłączania zwarcia okazał się dłuższy, niż np. w danym przykładzie czas potrzebny dla osiągnięcia przez wirniki rozchylenia, odpowiadającego kątowi elektrycznemu  $\theta_1$ , — to wówczas układ zostałby wytrącony z równowagi.

Analiza konkretnego przypadku linii przesyłowej może nam dać w tym kierunku wskazówki, jaki jest najdłuższy dopuszczalny czas eliminacji zwarcia przy określonej mocy przesyłanej, o ile chcemy zachować równowagę dynamiczną układu. Dla przeprowadzenia tego obliczenia czasowego musimy znać bezwładności wirników maszyn synchronicznych, znając zaś zależność wypadkowego momentu na nie działającego w funkcji kąta  $\theta$ , — musimy obliczyć zależność zmian tego kąta w funkcji czasu. Przy liniach stosowanych w praktyce dla napięć bardzo wysokich i dla normalnych generatorów synchronicznych, czas ten przy linii podwójnej normalnie wyzyskanej gospodarczo, wynosi ułamki sekundy. Narzuca się więc tu z reguły konieczność stosowania wyłączników ultraszybkich przy selekcji odległościowej.

### 3. RÓWNOWAGA PRACY UKŁADÓW SIECI DOWOLNYCH.

Przystępując do rozważania równowagi pracy skomplikowanych sieci, napotykamy w praktyce najczęściej na zagadnienie równoległej współpracy wielkich centrów wytwórczych i odbiorczych. Centra wytwórcze, obejmujące jedną lub więcej elektrowni, dają się zastąpić, po większej części, jednym umyślnym generatorem o sile elektromotorycznej, posiadającej przesunięcie fazowe równe średniemu przesunięciu fazowemu poszczególnych maszyn. Wynika to — pod względem elektrycznym — z rozważań przeprowadzonych przy analizie równoległej współpracy dwóch generatorów oraz z założenia, że wszystkie generatory, pracujące w danym centrum, będą w przybliżeniu posiadały ten sam kąt przesunięcia fazowego, co, jak wiadomo, jest dyktowane warunkiem optymalnego stanu równowagi układu.

Centra odbiorcze są, po większej części, zespołem odbiorników statycznych oraz silników asynchronicznych i dają się w pierwszym przybliżeniu zastąpić pewnymi opornościami pozornymi.

Poza tym, przy rozważaniu równowagi dynamicznej sieci należy generatory zastępcze, reprezentujące większą liczbę rzeczywistych maszyn, traktować, jako posiadające moment bezwładności równy sumie momentów bezwładności poszczególnych maszyn.

Przy tych założeniach niemal każdy układ sieci bardzo wysokiego napięcia (a u takich najczęściej zagadnienie równowagi jest interesujące) upraszcza się nader znacznie i daje się często sprowadzić do układu dwu maszyn synchronicznych. Obciążenia reprezentowane zastępczymi opornościami pozornymi, jeśli są przyłożone przy samych generatorach zastępczych, — mogą być traktowane, jako pewien moment elektromagnetyczny, wywierany na wirnik generatora niezmiennej wysokości. Moment ten będzie zrównoważony przez część momentu mechanicznego, wywieranego przez maszynę napędzającą generator. Pozostała część tego momentu będzie zrównoważona przez moc rzeczywistą, wymienianą pomiędzy rozpatrywanym generatorem a drugim generatorem zastępczym.

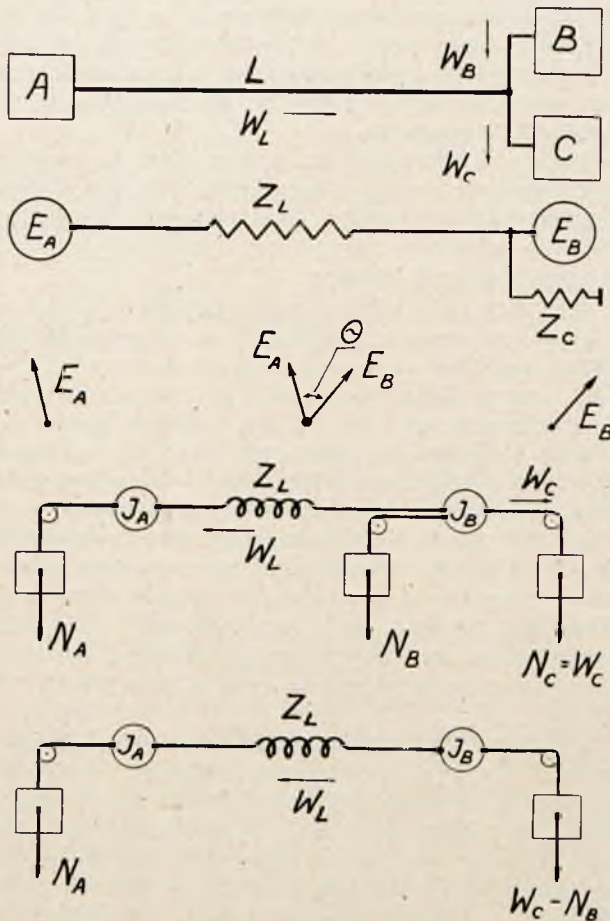
Rys. 8. przedstawia szczególny przypadek, odpowiadający np. zasilaniu przez linię przesyłową  $L$ , z odległej elektrowni  $A$ , pewnego centrum odbiorczego  $C$ , zaopatrzonego we własne elektrownie  $B$ , współpracujące równolegle. Rysując schemat zastępczy tego układu, otrzymamy siłę elektromotoryczną  $E_b$  elektrowni  $B$ , połączoną równolegle z opornością zastępczą  $Z_c$ , odpowiadającą obciążeniu zastępczemu centrum odbiorczego  $C$ . Pominie to tu oporności pozorne samych generatorów, jako nie odgrywające poważniejszej roli. Kąt przesunięcia  $\theta$  pomiędzy siłami elektromotorycznymi  $E_a$  i  $E_b$  decyduje o mocy rzeczywistej  $W_c$  przesyłanej linią. Elektrownia  $B$  jest obciążona zatem różnicą mocy  $W_c$  i  $W_1$ , przy czym moc  $W_c$  jest normalnie niezmienna, zależna od obciążenia centrum odbiorczego  $C$ .

Przechodząc do zastępczego schematu dynamicznego otrzymamy układ podany na rys. 8. Układ ten daje się uprościć i sprowadza się do przeanalizowanego poprzednio układu dwu maszyn synchronicznych. Możemy zatem przewidzieć jego równowagę dynamiczną, zarówno w razie przeciążeń ze strony układu odbiorczego  $C$ , jak i w przypadku zwarć na linii przesyłowej  $L$ .

Jak z powyższego przykładu wynika, metoda upraszczania sieci skomplikowanych — w przypadku badania jej równowagi — prowadzi do czynienia wielu założeń



przybliżonych, a tym samym dawać może jedynie rezultaty orientacyjne. Jak to już zaznaczano poprzednio, w omawianym zagadnieniu równowagi pracy sieci, w praktyce najczęściej nie zależy na otrzymaniu danych dokładnych, chociażby z tego względu, że warunki pracy sieci oraz rozplwy energii zmieniają się w niej ustawicznie w sposób, który nie da się przewidzieć, co pociąga za sobą ustawiczną zmianę granic równowagi dynamicznej całego układu. Tym nie mniej wskazówki wytyczne, jakie daje — przybliżone nawet — przeanalizowanie równowagi sieci, są nader cenne i dla projektowania sieci bardzo wysokiego napięcia niemal konieczne. Charakter rozpatrywania tego zagadnienia przypomina przytem — w pewnej mierze — analizę przetężeń i mocy łączeniowych, którą również daje się przeprowadzić zazwyczaj jedynie w sposób przybliżony.



Rys. 8.

Zastępczy schemat dynamiczny odpowiadający zasilaniu centrum odbiorczego, zaopatrzonego we własne, współpracujące równoległe elektrownie, z odległej elektrowni przez linię przesyłową.

Jeżeli z tych czy innych przyczyn, zależy nam na otrzymaniu rezultatów dokładniejszych, albo też jeżeli wymagają tego warunki sieci specjalnie skomplikowanej, — wówczas zagadnienie równowagi pracy sieci daje się rozwiązać w sposób ogólny, metodą kolejnych przeliczeń. Metoda ta, nader żmudna pod względem rachunkowym, opiera się na następujących założeniach:

1. W normalnym stanie sieci wyznacza się siły elektromotoryczne sieci, rozplwy energii oraz momenty mechaniczne, wywierane na wirniki maszyn.

2. Wprowadza się czynnik powodujący zaburzenie i przelicza się nowy rozplwy sieci, zakładając niezmi-

ność sił elektromotorycznych zarówno co do wielkości, jak i fazy.

3. Wyznacza się nowe momenty elektromagnetyczne działające na wirniki maszyn i oblicza się momenty wypadkowe, zakładając, że momenty mechaniczne nie uległy zmianie.

4. Przyjmuje się pewien możliwie mały okres czasu i wylicza się o jaki kąt przesuną się w tym czasie wirniki pod wpływem momentów wypadkowych, przy uwzględnieniu ich momentów bezwładności.

5. Wyznacza się nowe położenie wirników, a co za tym idzie i siły elektromotoryczne, po upływie rozpatrywanego okresu czasu.

6. Wyznacza się nowy rozplwy energii, postępując w dalszym ciągu analogicznie, jak poprzednio.

W ten sposób można przeanalizować drogi wirników poszczególnych maszyn i stwierdzić, czy utrzymają się one w stanie oscylacji, czy też zostaną wytracone z synchronizmu.

Przy tego rodzaju rozważaniu można uwzględnić zmiany momentów mechanicznych wywieranych przez działanie regulatorów mechanicznych, jak również zmiany sił elektromotorycznych powodowane przez regulatory napięciowe.

Dokładność rezultatów, uzyskanych tą ostatnią metodą, zależy od wielkości odstępów czasowych, dla których kolejno przeprowadza się obliczenie. Im krótsze są te odstępy, tym obliczenie będzie dokładniejsze, ale tym żmudniejsza będzie też strona rachunkowa.

#### 4. OGÓLNE WSKAZÓWKI POLEPSZENIA RÓWNOWAGI PRACY SIECI ELEKTRYCZNEJ.

Na zasadzie przeprowadzonych wyżej rozważań, można wysnuć pewne wskazówki ogólne, które uwypuklają rolę poszczególnych czynników w sieci w związku z zagadnieniem równowagi jej pracy. Czynniki te dają się podzielić na następujące grupy:

I. Czynniki związane z danymi konstrukcyjnymi samej sieci:

- napięcia robocze, które winny być możliwie wysokie;
- oporności pozorne linii, na których odbywa się podstawowa praca równoległa centrów, a które winny być możliwie niskie i posiadać jak najmniejszą składową rzeczywistą w stosunku do składowej indukcyjnej.

II. Czynniki związane z prowadzeniem pracy sieci:

- wzbudzenia maszyn w centrach wytwórczych muszą być tak dobrane, aby wszystkie wirniki pracujących równoległe generatorów posiadały możliwie to samo przesunięcie fazowe;
- rozdział mocy bezwzględnych pomiędzy poszczególne centra wytwórcze winien być dokonany możliwie proporcjonalnie do rozdziału mocy rzeczywistych;
- obciążenie poszczególnych linii dla głównej pracy równoległej, w stosunku do obciążenia ograniczonego, wyznaczonego równowagą statyczną, musi być możliwie małe i równomierne.

III. Czynniki związane z samymi zaburzeniami; dadzą się one streścić, jak następuje:

- jaknajstaranniejsza selekcja odcinków uszkodzonych sieci oraz jak najszybsza eliminacja zwarć,
- stosowanie w czasie przetężeń szybkiego wzrostu wzbudzenia celem niedopuszczenia do obniżenia



się wewnętrznych napięć generatorów, a tym samym zmniejszenia momentów synchronizacyjnych.

Niektóre z podanych powyżej wskazówek stoją jednak w kolizji z innymi wymaganiami sieci, w szczególności zaś z wymaganiami dotyczącymi ograniczania prądów oraz mocy łączeniowej. Z punktu widzenia prądów korzystne jest bowiem obniżanie się napięcia generatorów przy zwarciu, przy czym nie jest pożądanym zbyt silne zmniejszenie oporności pozornej głównych magistrali elektrycznych. Należy więc tu dążyć do pewnego optimum. W praktyce, celem polepszenia równowagi pra-

cy sieci, nie kładzie się silnego nacisku na długotrwałe podtrzymywanie wewnętrznych sił elektromotorycznych generatorów, cały wysiłek skierowuje się natomiast na możliwe ograniczanie samych przyczyn zwarć oraz jak najszybszą, selekcyjną ich eliminację. Dopuszcza się poza tym, w pewnych szczególnych przypadkach, nawet do czasowego wpadnięcia z synchronizmu współpracujących centrów bez natychmiastowego elektrycznego ich rozłączania, licząc się z automatycznym podjęciem przez nie współpracy synchronicznej — po szybkim usunięciu samego zaburzenia.

## Zagadnienie dużych rozpiętości w praktyce budowy linii napowietrznych

inż. E. Domański i inż. M. Szremowicz

**Streszczenie.** Referat podaje metodę oraz bieg obliczeń mechanicznych przewodu, omówienie warunków pracy wsporników, ustalenie wielkości pręseł sąsiadujących z pręsem o dużej rozpiętości oraz omówienie zagadnienia materiału przewodowego.

prężenia  $p$ . Wychodząc z zasady, że różnica naprężeń między dwoma punktami krzywej łańcuchowej równa jest iloczynowi z ciężaru jednostkowego przewodu przez różnicę rzędnych tych punktów, możemy napisać, iż (rys. 1):

Problemat dużych rozpiętości przy budowie linii napowietrznych musi być rozwiązany zgodnie ze stawianymi mu wymaganiami technicznymi, czyniąc jednocześnie zadość postulatowi gospodarczemu oszczędnej budowy.

Rozpatrywać będziemy jedynie przewody zawieszone na łańcuchach izolatorów wiszących.

Równanie krzywej dla przewodu, zawieszonoego na dwóch punktach wsporczych wyraża się, jak wiadomo, wzorem:

$$y = c \cdot \cos \operatorname{hip} \frac{x}{c} \dots \dots \dots (1)$$

gdzie  $c$  jest parametrem krzywej i wynosi

$$c = \frac{p}{g} \dots \dots \dots (2)$$

przy czym  $p$  — składowa pozioma naprężenia w  $\text{kg/mm}^2$ ,  $g$  — ciężar jednostkowy przewodu w  $\text{kg/mb. mm}^2$ .

Ustalimy wielkość parametru  $c$  dla rozważanego pręśla o dużej rozpiętości oraz dla pręseł sąsiednich.

Ciężar jednostkowy  $g$  przewodu zależy od rodzaju zastosowanego materiału przewodowego oraz od wielkości dodatkowego obciążenia. Przy dużych rozpiętościach stanem wyjściowym dla wszystkich obliczeń (zgodnie z polskimi przepisami) jest obciążenie sady normalną przy temperaturze  $-5^\circ \text{C}$ , względnie — w przypadkach specjalnie ważnych — sady podwójną, czy też potrójną.

Po założeniu wielkości ciężaru jednostkowego przystępujemy do ustalenia wielkości składowej poziomej na-

$$p_A = \frac{p}{\cos \psi} + g \left( f + \frac{h}{2} \right) \dots \dots \dots (3a)$$

$$p_C = \frac{p}{\cos \psi} \dots \dots \dots (3b)$$

$$p_B = \frac{p}{\cos \psi} + g \left( f - \frac{h}{2} \right) \dots \dots \dots (3c)$$

gdzie:  $p_A, p_B, p_C$  — całkowite naprężenie przewodu w punkcie zawieszenia  $A, B$  względnie w przekroju  $C$  — w  $\text{kg/mm}^2$ ;

$p$  — składowa pozioma naprężenia przewodu — w  $\text{kg/mm}^2$ ;

$h$  — różnica poziomów punktów zawieszenia — w metrach;

$f$  — największy zwis przewodu — w metrach;

$g$  — ciężar jednostkowy przewodu (wraz z dodatkowym obciążeniem) — w  $\text{kg/mb. mm}^2$ ;

$\psi$  — kąt utworzony między poziomem a prostą łączącą punkty zawieszenia danego pręśla.

Największe naprężenie występuje w najwyższym punkcie krzywej przewodu — w danym wypadku w punkcie  $A$ . Przyjmując zatem, iż  $p_A$  jest równe dopuszczalnemu naprężeniu, moglibyśmy wyliczyć wielkość  $p$  z równania (3a). Wchodzący w skład tego wzoru zwis  $f$  określić możemy z równania

$$f = \frac{c}{\cos \psi} \left[ \cos \operatorname{hip} \left( \frac{a}{2c} \right) - 1 \right] \dots \dots \dots (4a)$$

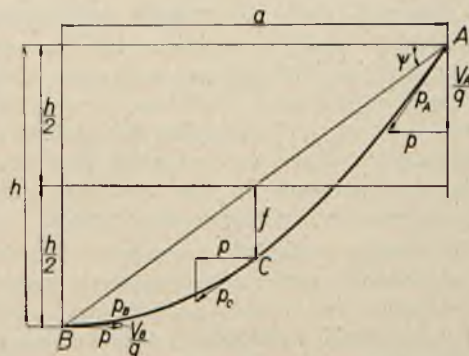
lub, po rozwinięciu funkcji hiperbolicznej na szereg — z równania:

$$f = \frac{1}{\cos \psi} \left[ \frac{a^2}{8c} + \frac{a^4}{384c^3} + \frac{a^6}{46080c^5} + \dots \right] \dots \dots (4b)$$

Ten sposób obliczenia składowej poziomej  $p$ , aczkolwiek bardzo dokładny, — gdyż opiera się na równaniu krzywej łańcuchowej, jest jednakże zbyt zawiły — ze względu na konieczność rozwiązania równań wyższych stopni. To też świadomie zrezygnujemy z dokładności rachunku, przyjmując we wzorze (4b) jedynie pierwszy wyraz (jak dla równania paraboli). Otrzymujemy stąd wzór przybliżony:

$$p^2 \left( \frac{h^2}{a^2} + 2 \right) - p \left( 2p_A - h \cdot g \right) + \frac{a^2 \cdot g^2}{4} = 0 \dots (5)$$

Tak obliczana wielkość  $p$  daje dla większych rozpiętości oraz dla kąta  $> 30^\circ$  wartości nieco mniejsze, niż



Rys. 1.

Krzywa łańcuchowa oraz naprężenia przy zawieszeniu przewodu na niejednakowym poziomie.



przy uwzględnieniu dokładnej metody obliczeń. W naszych jednakże warunkach terenowych (równiny), gdzie przy dużych rozpiętościach kąt  $\psi$  nie przekracza zwykle wartości kilku stopni, względnie, gdzie przy większym kącie występują małe rozpiętości — dokładność wzoru (5) jest najzupełniej wystarczająca. Niewielki błąd popełniany wpłynąć tu może raczej na pewne zwiększenie bezpieczeństwa pracy wykonywanego przęsła.

W wypadku równych poziomów zawieszenia przewodu, gdy  $h = 0$ , otrzymujemy ze wzoru (5):

$$p^2 - p_A \cdot p + \frac{a^2 \cdot g^2}{8} = 0 \dots \dots \dots (6)$$

skąd:

$$p = \frac{p_A + \sqrt{p_A^2 - 0,5 a^2 \cdot g^2}}{2} \dots \dots \dots (6a)$$

Ze wzoru tego wynika, iż musi być zachowany warunek

$$\frac{a \cdot g}{\sqrt{2}} \leq p_A \dots \dots \dots (7)$$

Z powyższego widzimy, iż dla każdego materiału przewodowego oraz dla określonego obciążenia dodatkowego (sadz) istnieje pewna rozpiętość, po przekroczeniu której nie będziemy mogli osiągnąć żadanego naprężenia  $p_A$ .

Przęsło o dużej rozpiętości może być tylko wtedy rozpatrywane niezależnie od przęseł sąsiednich, o ile ma być wykonane na słupach odporowych, czyli wtedy, gdy zmiany naprężeń przewodu w przęsłach sąsiednich nie wpływają na wielkość naprężenia w przęśle o dużej rozpiętości.

W wielu jednak wypadkach nie jest korzystne — ze względu na wielkość sił działających na wsporniki — wykonanie takiego przęsła na słupach odporowych; stosujemy wówczas w omawianym przęśle specjalne podwyższające słupy typu przelotowego.

Wielkość naprężenia w przewodzie w każdym przęśle przy zmianie temperatury jest jej funkcją oraz funkcją rozpiętości. W przypadku zawieszenia przewodu na słupach przelotowych łańcuchy izolatorów wiszących będą się odchylały od kierunku pionowego tak, by wyrównać powstające podczas zmienności temperatury różnice w składowych poziomych naprężeniach. Wskutek tego w odcinku linii, zawartym między dwoma słupami odporowymi, ustali się średnia składowa pozioma naprężenia  $p_z$ , wspólna dla rozpatrywanych przęseł. Wielkość jej możemy obliczyć dla różnych stanów temperatury i obciążenia ze wzoru:

$$u \cdot p_z^3 + p_z^2 \left[ \frac{a_z^2 \cdot g_1^2}{24 \cdot \beta \cdot p^2} + \frac{\alpha}{\beta} (t_2 - t_1) - u \cdot p \right] = \frac{a_z^2 \cdot g_z^2}{24 \cdot \beta} \dots (8)$$

gdzie

$$a_z^2 = \frac{\sum_1^n a^3 \cos \psi}{\sum_1^n a} \dots \dots \dots (9)$$

oraz

$$u = \frac{\sum_1^n a \left( 1 + \frac{h^2}{2a^2} \right)}{\sum_1^n a} \dots \dots \dots (10)$$

Równanie (8) jest ogólnym równaniem stanu dla przewodów, zawieszonych na łańcuchach izolatorów wiszących. Oznaczyliśmy tutaj przez:

$\alpha$  — współczynnik wydłużalności cieplnej przewodu na  $1^0$  C;

$\beta = \frac{1}{E}$  — współczynnik wydłużalności mechanicznej przewodu w  $\text{mm}^2/\text{kg}$ ;

$p$  — składową poziomą naprężenia w przewodzie, wspólną dla wszystkich przęseł, zawartych między słupami odporowymi i wyznaczoną z równania (5) dla  $t_1 = -5^0$  C;

$g_1$  — ciężar jednostkowy przewodu wraz z sadzą w  $\text{kg}/\text{mb} \cdot \text{mm}^2$ ;

$p_z$  — zastępczą składową poziomą naprężenia przewodu w  $\text{kg}/\text{mm}^2$ , wspólną dla wszystkich przęseł zawartych między słupami odporowymi i występującą w temperaturze  $t_2$  przy obciążeniu jednostkowym  $g_2$ .

W przypadku, gdy dla wszystkich przęseł  $h = 0$  — równanie (8) przybiera postać:

$$p_z^3 + p_z^2 \left[ \frac{a_z^2 \cdot g_1^2}{24 \beta p^2} + \frac{\alpha}{\beta} (t_2 - t_1) - p \right] = \frac{a_z^2 \cdot g_z^2}{24 \beta} \dots (8a)$$

Jeśli przęsło jest wykonane na słupach odporowych, to równanie stanu będzie brzmiało:

$$p_z^3 \left( 1 + \frac{h^2}{2a^2} \right) + p_z^2 \left[ \frac{a_z^2 \cdot g_1^2 \cdot \cos \psi}{24 \beta \cdot p^2} + \frac{\alpha}{\beta} (t_2 - t_1) - p \left( 1 + \frac{h^2}{2a^2} \right) \right] = \frac{a_z^2 \cdot g_z^2 \cdot \cos \psi}{24 \beta} \dots \dots \dots (11)$$

względnie, przy  $h = 0$ :

$$p_z^3 + p_z^2 \left[ \frac{a_z^2 \cdot g_1^2}{24 \beta p^2} + \frac{\alpha}{\beta} (t_2 - t_1) - p \right] = \frac{a_z^2 \cdot g_z^2}{24 \beta} \dots (11a)$$

Ustaliwszy wielkość parametru, przystępujemy z kolei do ustalenia wysokości wsporników. Decyduje tutaj wielkość zwisu oraz odległości przewodu w różnych temperaturach (określone zwykle przepisami) od pewnych obiektów terenowych.

Ścisła metoda obliczania zwisu z równania (4a) nie daje praktycznych korzyści. Wystarcza zwykle zastosowanie wzoru uproszczonego (4b) przy uwzględnieniu tylko dwu pierwszych wyrazów zawartych w nawiasie tego wzoru. Błąd popełniony na skutek nieuwzględnienia dalszych wyrazów nie ma praktycznego znaczenia; konstruktor bowiem przy ustalaniu wysokości wsporników i odległości przewodu od różnych punktów terenu zawsze daje pewien drobny zapas, licząc się z czynnikami, niezależnymi od ścisłości obliczeń, jak: niejednorodność materiału przewodowego, drobne niedociągnięcia fabrykacyjne przewodu, małe niedokładności montażowe itp.

Przy obliczaniu zwisu w wypadku zastosowania słupów przelotowych należy, oczywiście, tak dla przęsła o dużej rozpiętości, jak i dla przęseł sąsiednich, zawartych między słupami odporowymi, brać wartość składowej poziomej naprężenia  $p_z$ , obliczoną dla każdej interesującej nas temperatury ze wzoru (8) względnie (8a), przy czym rozpiętością wprowadzoną do tego rachunku będzie tu rozpiętość rzeczywista rozpatrywanego przęsła.

Dla określenia odległości przewodu od pewnych punktów w terenie wystarczy najczęściej zastosowanie metody wykreślnej (profil podłużny przęsła winien być zdjęty szczegółowo i dokładnie) — z warunkiem jednak, że kształt krzywej przybrany przez przewód zostanie nakreślony w sposób jak najbardziej ścisły, postać paraboliczna krzywej jest bowiem dla dużych rozpiętości



niedokładna. W wyjątkowych tylko wypadkach zająć może potrzeba określenia tych odległości metodą analityczną.

Jak już wspominaliśmy, z zagadnieniem racjonalnego obliczenia przęsła o dużej rozpiętości wiąże się sprawa wielkości przęsła sąsiednich. Przy ustalaniu ich należy brać pod uwagę następujące okoliczności:

- a. warunki terenowe;
- b. wysokość wsporników odporowych oraz pośrednich między odporowymi a podwyższającymi przy przęsle o dużej rozpiętości;
- c. możliwości fabrykacyjne wykonania przewodu w odcinkach o długości odpowiadającej rozstawieniu słupów odporowych. Warunek ten jest konieczny w przypadku, gdy przęsła te podlegają obostrzeniu, a więc przewody nie mogą być łączone z kilku kawałków;
- d. stałość parametru na całym odcinku zawartym między słupami odporowymi, oraz
- e. warunki pracy łańcuchów izolatorowych na słupach przelotowych.

Warunki a i c nie wymagają szerszego omówienia; warunek d omówiliśmy już powyżej — pozostaje więc jeszcze do rozpatrzenia punkt b i e.

Jak wiemy, łańcuchy izolatorów wiszących na słupach przelotowych, w zależności od zmian temperatury i obciążenia dodatkowego (sadź), w wypadku istnienia przęsła o różnych rozpiętościach, względnie, gdy obciążenie sadzią będzie niejednakowe — ulegają odchyleniom od zasadniczego położenia pionowego. Konstruktor jest wskutek tego zmuszony wybrać pewne optimum dla stanu wyjściowego, przy którym zakłada, że położenie łańcuchów izolatorowych na słupie podwyższającym przelotowym jest ściśle pionowe. Praktycznie najlepiej jest tu wyjść z warunków pracy przy sadzi (wspólny parametr „sadziowy“ dla przęsła z obu stron słupa podwyższającego) i sprawdzić położenie łańcuchów dla innych stanów termicznych.

Ze sprawą tą wiąże się ściśle zagadnienie wysokości wsporników. Wychylenia łańcuchów izolatorowych będą niewielkie, o ile dążyć będziemy przy różnych stanach temperatury i obciążeniach dodatkowych do zachowania warunku (rys. 2), by:

$$\psi_1 + \psi_1 \approx \psi_2 + \psi_2$$

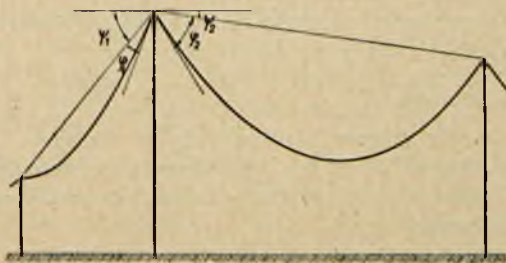
gdzie  $\psi_1$  i  $\psi_2$  są kątami, jakie tworzy cięciwa ze styczną do przewodu w punkcie zawieszenia.

Przy obliczaniu konstrukcji wsporczych dla przęsła o niejednakowych poziomach zawieszenia przewodu, poza przewidzianymi przez przepisy wypadkami obciążeń od parcia wiatru oraz działania sił pionowych i naciągu, — należy liczyć się z kierunkiem sił wywieranych przez ten naciąg na słup.

Składowe pionowe naciągów, działające na konstrukcje wsporcze wynoszą (rys. 1):

$$V_A = q \sqrt{p_A^2 - p^2} \text{ (kg)} \dots \dots \dots (12a)$$

$$V_B = q \cdot (\pm \sqrt{p_B^2 - p^2}) \text{ (kg)} \dots \dots \dots (12b)$$



Rys. 2.

gdzie  $q$  jest przekrojem przewodu w  $\text{mm}^2$ , a  $p_A$  wzgl.  $p_B$  określimy już z równań (3a) lub (3c).

Dla słupa niższego składowa  $V_B$  działać może:

- a. dla wszystkich stanów przewodu — stale wdół,
- b. dla pewnych stanów wdół, dla innych — do góry, lub też
- c. dla wszystkich stanów do góry.

Dwa ostatnie przypadki komplikują nieco sposób wykonania zawieszenia przewodu, jeśli chodzi o słup przelotowy. O ile w przypadku b można sobie poradzić przez zawieszenie na łańcuchu izolatorów przeciwwagi odpowiednio dobranej pod względem ciężaru, — o tyle dla przypadku c musimy przewód zmontować tak, by zaisk znajdował się nad poprzecznikiem słupa. Oczywiście położenie talerzy izolatorów pozostaje takie, jak w normalnych łańcuchach.

Przy słupach odporowych łańcuchy izolatorów odciągowych mają normalnie kierunek zbliżony do poziomego; o ileby tutaj w przypadku c odchylenie od tego kierunku było znaczne — łańcuchy te muszą być odpowiednio przekonstruowane.

Odległość między sąsiednimi przewodami (rys. 3) ustalamy, posługując się wzorem (dla napięć powyżej 30 kV):

$$b = 2\theta + i \dots \dots \dots (13)$$

gdzie odchylenie:

$$\theta = 2,5 \sqrt{\frac{w \cdot d}{G}} \cdot \sqrt{U} \dots \dots \dots (14)$$

oraz odstęp iskrowy:

$$i = 5 + 0,7 U - \frac{U^2}{1000} \dots \dots \dots (15)$$

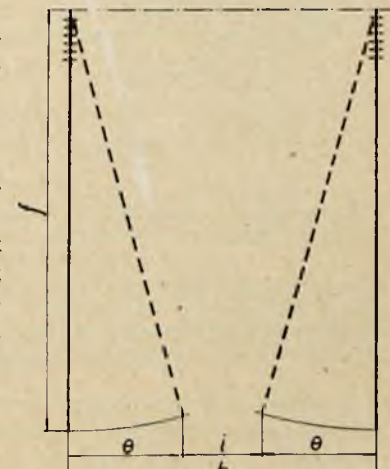
przy oznaczeniach:

- $w$  — parcie wiatru na przewód w  $\text{kg/m}^2$ ;
- $d$  — średnica przewodu w  $\text{mm}$ ;
- $G$  — ciężar 1 mb. przewodu w gramach;
- $f$  — zwis przewodu w  $\text{cm}$  (dla zawieszonych przelotowych łącznie z długością łańcucha izolatorów);
- $U$  — napięcie liniowe w  $\text{kV}$ .

Pozostaje jeszcze do omówienia kwestia materiału przewodowego dla dużych rozpiętości. Rozpatrzmy tu wyłącznie mechaniczną stronę zagadnienia, przyjmując, że sprawy natury elektrycznej konstruktor rozwiąże zgodnie z założeniami projektowanej linii.

Materiał przewodowy winien odpowiadać określonym przez przepisy normom co do wielkości dopuszczalnych naprężeń, być odporny na wpływy atmosferyczne i pozwalać na ekonomiczne rozwiązanie zagadnienia wykonania dużego przęsła (koszt urządzeń wsporczych); pożądane jest wreszcie, aby był albo o tej samej konstrukcji, co i materiał przewodowy projektowanej linii, albo też aby konstrukcja jego składała się z tych samych elementów (materiał i średnice drutów w przewodzie), co i przewód liniowy.

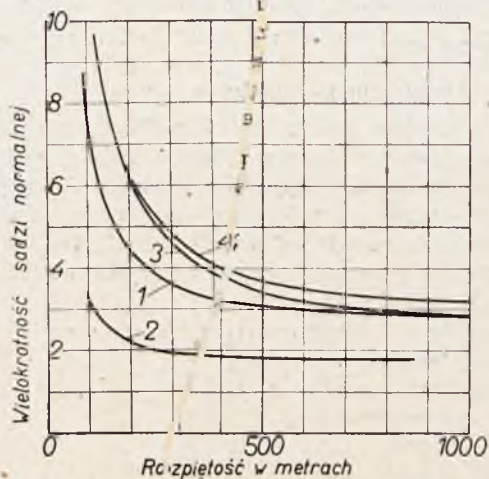
Z punktu widzenia mechanicznego stopnia bezpieczeństwa pracy dla różnych materiałów przewodowych uzyskać można pewną orientację, badając tzw. długość



Rys. 3.



zrywającą przewodu. Jest to stosunek wytrzymałości na zerwanie danego materiału do jego ciężaru właściwego (przy uwzględnieniu odpowiedniego obciążenia sadyż).



Rys. 4.

Dopuszczalna wielokrotność obciążenia przewodu (o tej samej przewodności) sadyżą normalną przy różnych rozpiętościach.

1 — przewód miedziany 120 mm<sup>2</sup>; 2 — przewód aluminiowy 185 mm<sup>2</sup>; 3 — przewód z aldrej'u 240 mm<sup>2</sup>; 4 — przewód stalowo aluminiowy Nr. 120 o przekroju 234 mm<sup>2</sup> (1,90 mm<sup>2</sup> aluminium).

Lepiej ilustruje tę sprawę rys. 4, podający zależność wielokrotności obciążenia przewodu sadyżą normalną od rozpiętości — w założeniu, iż nie zostanie przekroczone naprężenie krańcowe o wielkości ustalonej dla każdego z materiałów przez obowiązujące w Polsce przepisy. Wykres ten został opracowany dla materiałów o przewodności równoważnej przewodności miedzi o przekroju 120 mm<sup>2</sup>; w obliczeniach przyjęto obowiązujące u nas normy dla obciążenia sadyżowego, przy czym rachunek przeprowadzono metodą uproszczoną, przyjmując, iż naprężenie w punkcie zawieszenia przewodu (równe poziomym zawie-

szem) równe jest naprężeniu w najniższym jego punkcie.

Ponieważ naprężenie krańcowe nie może być przekroczone już przy sadyży podwójnej, w specjalnych zaś warunkach terenowych — nawet przy sadyży potrójnej, — z podanego wyżej wykresu wynika, iż zakres stosowności aluminium, jako materiału przewodowego, jest niewielki. Obronną ręką wychodzi z tego porównania przewód stalowo-aluminiowy.

Wielkość zwisu wywiera ogromny wpływ na gospodarczą stronę wykonania przęsła o dużej rozpiętości, co z kolei wpłynąć może na decyzję co do wyboru materiału przewodowego. Dla przykładu podajemy, iż przy użyciu przewodu stalowo-aluminiowego w przęsle o rozpiętości 1 100 metrów stosując obostrzenie 3-go stopnia (naprężenie dopuszczalne w rdzeniu stalowym  $k = 33,6$  kg/mm<sup>2</sup>, przy czym aluminium traktowane jest jako obciążenie dodatkowe), otrzymamy zwisy:

w przypadku użycia przewodu Nr. 120 o przekroju 234 mm<sup>2</sup>, złożonego z 30 drutów aluminiowych i 7 stalowych:

$$f_{max} \approx 197 \text{ metrów,}$$

w przypadku zaś użycia przewodu Nr. 70 o tymże samym łącznym przekroju i o takich średnicach poszczególnych drutów, jak w przewodzie Nr. 120, — lecz złożonego z 19 drutów aluminiowych i 18 stalowych, wypada

$$f_{max} \approx 93 \text{ metry.}$$

#### Literatura.

P. Behrens, L. Lux i J. Nefzger: Aluminium-Freileitungen. Aluminium-Zentrale, Berlin 1937.

E. Maurer: Die Berechnung der Freileitungen mit Rücksicht auf die mechanischen Verhältnisse der Leiter. Bull. A. S. E., 1936, Nr. 2 i 3.

W. Rosental: Zwisy cięgien rozpiętych, — Prz. Elektr. 1932 r., zeszyty 6 i 7.

H. Schenkell: Grosse Spannweiten und ihre Grenzen. E. T. Z. 1932 r., str. 27.

Państwowe przepisy techniczne na napowietrzne linie elektryczne prądu silnego (nowelizacja 1938 r.).

## Straty dodatkowe w uzwojeniach transformatorów

lnż. Zbigniew Kopczyński

Streszczenie. W części pierwszej Autor wykazuje — za pomocą przekształceń matematycznych, — że wzory R. Richtera, M. Vidmara, W. Kehsego, I. L. la Coura oraz E. G. Reeda są niemal zgodne — pomimo pozornych różnic.

W części drugiej podane są wyniki badań transformatora o mocy 210 kVA z 5-ma gałęziami uzwojeń, umożliwiającymi połączenie szeregowo oraz równoległe; badania te wskazują na wielki wpływ, jaki wywiera rozkład prądu na straty dodatkowe.

Przy jednej warstwie, a więc przy tzw. uzwojeniu spiralnym, które najwięcej interesuje praktyka, wzory wspomnianych wyżej autorów dają zbyt wielkie odchylenia od rzeczywistości, tak samo zresztą jak i przy większej liczbie warstw. Podany jest nowy wzór na obliczanie strat dodatkowych w uzwojeniach walcowych, — zgodny praktycznie z wynikami badań oraz z wynikami uzyskanymi w transformatorach siłowych o uzwojeniu walcowym.

### PORÓWNANIE WZORÓW, WYPROWADZONYCH PRZEZ RÓŻNYCH AUTORÓW.

Użyte oznaczenia:

- $a$  — wartość ze wzoru M. Vidmara;  
 $c$  — wysokość przewodu wzdłuż linii sił rozproszenia w cm;

- $f$  — liczba okresów na sek.;  
 $I$  — prąd w amperach;  
 $j$  — gęstość prądu w A/mm<sup>2</sup>;  
 $K$  — procentowa wartość strat dodatkowych w miedzi;  
 $K_m$  — współczynnik zwiększenia oporności rzeczywistej;  
 $l_s$  — zredukowana długość linii sił w cm;  
 $l$  — wartość ze wzoru R. Richtera w cm;  
 $l_{sr}$  — średnia długość zwoju w cm;  
 $m$  — liczba przewodów, leżących obok siebie, prostopadle do strumienia rozproszenia;  
 $n$  — liczba przewodów, leżących obok siebie, wzdłuż strumienia rozproszenia;  
 $p$  — wyrażenie w nawiasach we wzorze Reed'a;  
 $P$  — ogólne straty w miedzi w watach;  
 $P_d$  — dodatkowe straty w miedzi w watach;  
 $P_d'$  — straty dodatkowe w watach/cm<sup>3</sup>;  
 $P_m$  — straty główne w uzwojeniu w watach;  
 $r$  — długość linii sił rozproszenia przechodzących przez czysty przekrój miedzi w cm (wzór la Coura);  
 $R$  — opór w omach;  
 $S$  — szerokość uzwojenia w cm;  
 $S_w$  — szerokość uzwojenia wewnętrznego w cm;



- $S_z$  — szerokość uzwojenia zewnętrznego w cm;
- $s$  — szerokość przewodu prostopadle do linii sił w cm;
- $v$  — objętość miedzi w  $\text{cm}^3$ ;
- $W$  — wysokość uzwojenia w cm;
- $z$  — liczba zwojów;
- $q$  — przekrój przewodu miedzianego w  $\text{mm}^2$ ;
- $\delta$  — szczelina między uzwojeniami w cm;
- $\xi$  — wartość ze wzoru R. Richtera;
- $\rho$  — oporność właściwa miedzi w  $\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$ ;

Na straty dodatkowe w uzwojeniach maszyn elektrycznych i transformatorów składa się wiele różnorodnych przyczyn. Istnieją też rozmaite wzory na obliczanie ich wyprowadzone przez autorów różnymi metodami. Na ogół podstawą wyprowadzenia tych wzorów jest założenie powstawania prądów wirowych w miedzi — wskutek istnienia strumienia rozproszenia. Postaramy się tu porównać wyniki tych wzorów, nie wdając się bliżej w sposób ich wyprowadzenia.

Ponieważ straty dodatkowe w miedzi transformatorów odgrywają tym większą rolę, im większa jednostka wchodzi w grę, — zajmiemy się wzorami, podającymi wielkości strat dodatkowych w miedzi prostokątnych przekrojów uzwojeń walcowych, jako najczęściej spotykanych w nowoczesnych konstrukcjach wielkich transformatorów.

W jednym z najnowszych dzieł o transformatorach \*) I. L. la Cour twierdzi, że „dokładne wyliczenie dodatkowych strat w miedzi nie jest możliwe“, zaznaczając przy tym, że o ile wzory na dodatkowe straty w uzwojeniach krążkowych dają wyniki na ogół zgodne z doświadczeniami, o tyle wzory te dla uzwojeń walcowych są mniej dokładne i zazwyczaj rzeczywiste straty w tych uzwojeniach są większe od obliczonych, — ponieważ strumień rozproszenia nie przebiega równoległe przez całe uzwojenie.

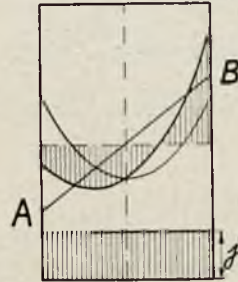
W doświadczeniach robionych na wykonanych transformatorach otrzymywano zwykle straty dodatkowe większe od obliczonych wg wzorów podawanych zarówno przez la Cour'a jak i przez innych autorów .

Wracając do samych wzorów na obliczenie dodatkowych strat, należy zauważyć, że większość autorów wyprowadza je najpierw dla wirujących maszyn elektrycznych, a potem dopiero przekształca dla transformatorów, jakkolwiek transformator jest prostszy od maszyny i, zdawałoby się, odpowiednie wzory dla transformatorów są łatwiejsze do wyprowadzenia.

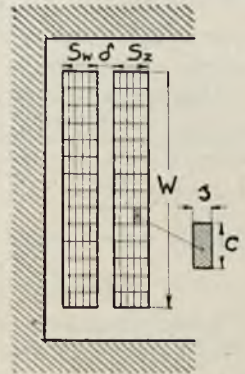
Wyprowadzeniem wzorów na straty dodatkowe — od razu dla transformatorów — zajmuje się M. Vidmar w dziele „Die Transformatoren“ (Berlin, 1925 r.). Obliczenie jego opiera się na założeniu, że gęstość prądów wirowych stanowi krzywą całkową krzywej gęstości pola magnetycznego. Jeżeli gęstość prądu głównego będzie w całym przewodzie jednostajna, to pole linii sił rozproszenia, biegnących równoległe do siebie wzdłuż okna transformatora, posiadać będzie gęstość o przebiegu liniowym (prosta A—B na rys. 1). Krzywa całkową tej prostej może być parabola.

Zachodzi wątpliwość, czy rzeczywiście gęstość prądów głównych będzie w całym przekroju przewodnika jednakowa, a następnie — czy — nawet przy równej gę-

stości prądów głównych — prądy wirowe będą miały gęstość rozłożoną według krzywej całkowej. Poza tym oprócz linii sił rozproszenia, przechodzących wzdłuż okna „od żelaza do żelaza“, istnieć mogą linie sił, zamykające się w samym uzwojeniu, czego nie uwzględniają wzory Vidmara.



Rys. 1. Wykres gęstości pola linii sił rozproszenia.



Rys. 2. Uzwojenie cylindryczne transformatora.

Jeżeli rys. 2 wyobraża uzwojenie cylindryczne transformatora, to wg M. Vidmara zwiększenie strat w miedzi, skutkiem dodatkowych strat na prądy wirowe, wyniesie:

$$K_m = 1 + a^4 \cdot \frac{5m^2 - 1}{15};$$

gdzie:  $a = \sqrt{\frac{n \cdot c \cdot f}{l_s \cdot \rho \cdot 10^4} \cdot s \cdot 1,5}$ ; gdzie:  $l_s = \frac{W}{1 - \frac{S_w + S_z + \delta}{\pi \cdot W}}$ ;

oznaczając procentową wartość strat dodatkowych przez  $K$  otrzymamy:

$$K = a^4 \cdot \frac{5m^2 - 1}{15} \cdot 100 (\%).$$

Wstawiając wartość na  $a$  do powyższego wzoru, wstawiając:  $f = 50$  okr./sek. oraz  $\rho = 0,0175 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$  przy temperaturze  $20^\circ \text{C}^*$ ), otrzymamy:

$$K = 2,76 \cdot s^4 \cdot \left(\frac{c \cdot n}{l_s}\right)^2 \cdot (5m^2 - 1) (\%) \dots (1)$$

Ze wzoru tego widzimy, że procentowa wartość dodatkowych strat wzrasta z czwartą potęgą szerokości przewodu, mierzonej prostopadle do linii sił oraz z drugą potęgą jego wysokości. Wzór ten można stosować także przy  $m=1$ , to znaczy wtedy, gdy uzwojenie nawinięte jest jedną spiralą. Jest to przypadek najważniejszy dla praktyki, gdyż konstrukcja nawiniętego w ten sposób transformatora jest najprostszą, a zatem i najpewniejszą.

Następnie rozpatrzmy wzory podane przez R. Richtera w dziele „Elektrische Maschinen“, tom III, Berlin 1932 r. Autor ten nie wyprowadza swych wzorów osobno dla transformatorów, lecz przekształca je ze wzorów wyprowadzonych w poprzednich tomach dla maszyn elektrycznych. Wzory te, oparte na zasadniczych wzorach A. B. Fielda, podają księżce za Richtera: M. Liwschitz w nowej swej książce „Die elektrischen Maschinen“, tom III, Berlin 1934, oraz E. Jezierski w dziele „Transformatory“, Warszawa, 1935 r.

\*) Arnold la Cour — „Die Transformatoren“, Berlin, 1936 r.

\*) We wszystkich wzorach oporność właściwą miedzi będziemy sprowadzali do temperatury  $20^\circ \text{C}$ , aby uniknąć przeliczeń przy próbach.



Wzór Richtera na zwiększenie strat w miedzi wygląda w ten sposób:

$$K_m = 1 + \frac{m^2 - 0,2}{9} \cdot \zeta^4,$$

gdzie

$$\zeta = s \cdot 2\pi \cdot \sqrt{\frac{n \cdot c \cdot f}{l \cdot \rho \cdot 10^3}}; \text{ oraz } l = W + 2S_w$$

dla uzwojenia wewnętrznego, lub  $l = W + 2S_z$  — dla uzwojenia zewnętrznego.

Wstawiając wartość na  $\zeta$ , mnożąc licznik i mianownik ułamka  $\frac{m^2 - 0,2}{9}$  przez 5, wstawiając  $f = 50$  oraz  $\rho = 0,0175 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$  przy  $20^\circ \text{C}$  i wyrażając ten wzór w procentach otrzymamy:

$$K = 2,84 \cdot s^4 \left(\frac{c \cdot n}{l}\right)^2 \cdot (5m^2 - 1) (\%) \dots (2)$$

Jeżeli zauważymy, że  $l$  ze wzoru (2), jest bardzo zbliżone do  $l_s$  ze wzoru (1) — przekonamy się, że wzór (2) jest w budowie swej identyczny ze wzorem (1), daje jednakże wyniki nieco mniejsze — pomimo większego współczynnika liczbowego na początku, — ponieważ  $l$  jest nieco większe od  $l_s$ .

Walter Kehse w swej książce „Der praktische Transformatorbau“, Stuttgart, 1934 r. — podaje następujący wzór na obliczenie dodatkowych strat w procentach:

$$K = 2,16 \cdot s^4 \left(\frac{c \cdot n}{l_s}\right)^2 \cdot (5m^2 - 1) (\%).$$

Wzór ten odnosi się jednakże do temperatury  $75^\circ \text{C}$  ( $\rho = 0,0213 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$ ).

Po przeliczeniu go na temperaturę  $20^\circ \text{C}$  ( $\rho = 0,0175 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$ ), a więc w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do  $\rho^2$  otrzymamy:

$$K = \left(\frac{0,0213}{0,0175}\right)^2 \cdot 2,16 \cdot s^4 \left(\frac{c \cdot n}{l_s}\right)^2 \cdot (5m^2 - 1) = 3,2 \cdot s^4 \left(\frac{c \cdot n}{l_s}\right)^2 \cdot (5m^2 - 1) (\%) \dots (3)$$

Autor zaznacza, że współczynnik liczbowy we wzorze (3) przyjęty jest raczej na podstawie danych doświadczalnych; jest on większy o ok. 16% od współczynnika we wzorze Vidmara. Pazo tym wzór ten w niczym się nie różni od wzoru (1).

W najnowszym wydaniu dzieła la Coura „Die Transformatoren“ (Berlin, 1936 r.) — podany jest następujący wzór na zwiększenie strat w miedzi:

$$K_m \approx 1 + 0,425 f^2 \left(\frac{r}{l_s}\right)^2 \cdot m^2 \cdot s^4 \cdot 10^{-4};$$

przy czym jest tutaj wzięte:  $\rho = 2 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ , stosowność zaś wzoru jest dla  $m > 2$ ;  $r$  — oznacza tu długość linii sił rozproszenia, przechodzących przez czysty przekrój miedzi (bez izolacji), a więc:  $r = n \cdot c$ ;

Przeliczając wzór ten na temperaturę  $20^\circ \text{C}$ , w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do  $\rho^2$ , ( $\rho = 1,75 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ ), oraz wstawiając  $f = 50$  okr/sek;  $r = n \cdot c$ , i wyrażając straty dodatkowe w procentach, otrzymamy:

$$K = 13,9 \cdot s^4 \left(\frac{c \cdot n}{l_s}\right)^2 \cdot m^2 (\%)$$

lub też inaczej:

$$K = 2,78 \cdot s^4 \left(\frac{c \cdot n}{l_s}\right)^2 \cdot 5 \cdot m^2 (\%) \dots (4)$$

Wzór ten, jak widzimy, posiada współczynnik liczbowy prawie równy współczynnikowi ze wzoru M. Vid-

mara, i różni się odeń tym, że zamiast wyrażenia  $(5m^2 - 1)$ , — posiada wyrażenie  $5m^2$ . Większa różnica w wynikach przeliczeń za pomocą tych wzorów powstaje jedynie dla  $m = 1$  (wzór la Coura daje wówczas wartości o 25% większe). Dla  $m = 2$  różnica ta wynosi już zaledwie 5%, zaś dla  $m = 3$  — wszystkiego 2%; a dla  $m \geq 4$  żadnej już różnicy praktycznie biorąc nie ma. Zasadnicza struktura wzorów jest jednakowa.

Prócz tego wzoru podaje la Cour w swym dziele (na str. 91) krzywe dla strat dodatkowych, ułożone w zależności od szerokości przewodu  $s$ , oraz liczby przewodów leżących obok siebie ( $m = 1, 2, 3 \dots$  itd.).

Wg słów autora „wzór (przytoczony wyżej) daje te same wyniki, co krzywe, tak długo, dopóki straty na prądy wirowe nie powiększą się do wielkości niedopuszczalnych“. Otóż nie wiadomo, co należy rozumieć pod „wielkościami niedopuszczalnymi“.

Wzór la Coura — podobnie, jak wzory wszystkich niemieckich autorów, oparty jest na zasadniczych pracach A. B. Fielda.

Rozpatrzymy jeszcze jeden wzór na straty dodatkowe, wyprowadzony przez amerykańcina — E. G. Reeda, w dziele: „The Essentials of Transformer Practice“ (1927 r.) przy założeniach odmiennych od autorów niemieckich. Za podstawę swych rozważań Reed przyjmuje przewod o szerokości  $s$ , znajdujący się w polu magnetycznym o jednostajnym natężeniu, i określa straty na prądy wirowe w watach na  $\text{cm}^2$  miedzi w ten sam sposób, jak je określamy dla żelaznych blach rdzenia transformatorowego. Następnie oblicza straty w uzwojeniach przy zmieniającym się liniowo natężeniu pola dla wielu przewodów na szerokości uzwojenia, przy czym oblicza je zakładając najpierw, że istnieją tylko linie rozproszenia biegnące równoległe do siebie „od żelaza do żelaza“, a następnie uwzględnia osobno straty od linii sił rozproszenia, zamykających się wewnątrz uzwojenia. Te ostatnie straty wynoszą  $1/8$  wartości strat poprzednich i E. Reed dodaje je prosto do siebie, przez co ogólne straty na prądy wirowe zwiększają się o 12,5%. Ze sposobu wyprowadzenia wzoru daje się zauważyć, że o ile posiada on pozory ścisłości dla kilku lub więcej przewodów leżących obok siebie ( $m > 2$ ), o tyle dla jednego przewodu będzie on miał ścisłość najmniejszą.

Wyprowadzenie wzoru E. Reeda podane jest w książce W. Kopczyńskiego pt. „Obliczenia silników asynchronicznych“ (Łódź, 1938 r.), przy czym straty podane są tu w watach/ $\text{cm}^2$  miedzi przy temperaturze  $75^\circ \text{C}$ .

Wzór E. G. Reeda na straty dodatkowe w miedzi wg tego ujęcia, bez uwzględnienia strat od linii sił, zamykających się wewnątrz uzwojenia, przedstawia się w następujący sposób:

$$P_{d'} = 0,816 \cdot 10^{-10} \cdot \left(f \cdot \frac{I \cdot z \cdot s}{W}\right)^2 \text{ watów/cm}^2$$

Ażeby porównać ten wzór z omawianymi poprzednio wzorami, przekształcimy go na postać, wyrażającą straty dodatkowe w procentach.

Biorąc  $I^2$  przed nawias, otrzymamy:

$$P_{d'} = I^2 \left[ 0,816 \cdot 10^{-10} \left(f \cdot \frac{z \cdot s}{W}\right)^2 \right];$$

oznaczając zaś wyrażenie w nawiasach przez  $p$ , mamy:

$$P_{d'} = I^2 \cdot p \text{ — (watów/cm}^2\text{);}$$

Jeżeli przez  $l_{sr}$  oznaczymy średnią długość zwoju w  $\text{cm}$ , to objętość  $v$  miedzi uzwojenia wyrazi się wzorem:

$$v = z \cdot l_{sr} \cdot s \cdot c \text{ (cm}^3\text{),}$$



gdzie  $c$  — oznacza wysokość przewodu wzdłuż linii sił rozproszenia w cm, straty więc dodatkowe w całym uzwojeniu wyniosą:

$$P_d = I^2 \cdot p \cdot v \quad (\text{watów}).$$

Straty główne w uzwojeniu przy prądzie  $I$  wyraża się wzorem:

$$P_m = I^2 \cdot R \quad (\text{watów})$$

gdzie  $R$  oporność rzeczywista uzwojenia:

$$R = \rho \cdot \frac{z \cdot l_{sr}}{s \cdot c} \cdot 10^{-4} \Omega,$$

a więc straty ogólne stanowiące sumę strat głównych i dodatkowych, wyniosą:

$$P = P_m + P_d, \quad \text{czyli} \quad P = I^2 \cdot R + I^2 \cdot p \cdot v,$$

albo inaczej:

$$P = I^2 \cdot R \cdot K_m,$$

gdzie  $K_m$  oznacza współczynnik wzrostu oporności.

Możemy więc napisać:

$$I^2 \cdot R + I^2 \cdot p \cdot v = I^2 \cdot R \cdot K_m,$$

skąd:

$$K_m = 1 + \frac{p \cdot v}{R};$$

Straty dodatkowe w procentach wyrazimy wzorem:

$$K = \frac{p \cdot v}{R} \cdot 100 \quad (\%).$$

Wstawiając do tego ostatniego wzoru wartości na  $p$  i  $R$ , otrzymamy:

$$K = \left[ 0,816 \cdot 10^{-10} \left( f \cdot \frac{z \cdot s}{W} \right)^2 \right] \cdot \frac{z \cdot l_{sr} \cdot s \cdot c}{\rho \cdot \frac{z \cdot l_{sr}}{s \cdot c} \cdot 10^{-4}} \cdot 100 \quad (\%),$$

lub:

$$K = 0,816 \cdot 10^{-4} \left( f \cdot \frac{z \cdot s}{W} \right)^2 \cdot \frac{(s \cdot c)^2}{\rho} \quad (\%)$$

Ponieważ współczynnik 0,816 zawiera w sobie  $\rho = 0,0213 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$  (gdyż wzór wyprowadzony był dla temperatury 75° C) możemy napisać, wydzielając  $\rho$  z mianownika:

$$K = \frac{0,816 \cdot 0,0213}{\rho} \cdot 10^{-4} \left( f \cdot \frac{z \cdot s}{W} \right)^2 \cdot \frac{(s \cdot c)^2}{\rho} \quad (\%)$$

a podstawiając tu:

$$f = 50 \text{ okr/sek. oraz } z = m \cdot n,$$

otrzymamy:

$$K = 43,5 \cdot 10^{-4} \cdot s^4 \left( \frac{c \cdot n}{W} \right)^2 \cdot \left( \frac{m}{\rho} \right)^2 \quad (\%)$$

Dla temperatury 20° C  $\rho = 0,0175 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$ . Podstawiając tę wartość do ostatniego równania, otrzymamy:

$$K = 2,84 \cdot s^4 \left( \frac{c \cdot n}{W} \right)^2 \cdot 5 m^2 \quad (\%) \quad (5)$$

Jeżeli uwzględnimy, że  $w \cong l_s$  — to przekonamy się, że wzór ten ma tę samą postać, co wzór la Coura (4). Współczynnik liczbowy na początku tego wzoru jest większy o 2%.

Dla łatwiejszego porównania zgrupujemy wszystkie przekształcone wzory obok siebie, a mianowicie:

M. Vidmara —

$$K = 2,76 \cdot s^4 \left( \frac{c \cdot n}{l_s} \right)^2 \cdot (5 m^2 - 1) \quad (\%) \quad (1)$$

R. Richtera\*) —

$$K = 2,84 \cdot s^4 \left( \frac{c \cdot n}{l_s} \right)^2 \cdot (5 m^2 - 1) \quad (\%) \quad (2)$$

W. Kehse'go —

$$K = 3,2 \cdot s^4 \left( \frac{c \cdot n}{l_s} \right)^2 \cdot (5 m^2 - 1) \quad (\%) \quad (3)$$

\*) w założeniu, że  $l \cong l_s$ ;

I. L. la Coura —

$$K = 2,78 \cdot s^4 \left( \frac{c \cdot n}{l_s} \right)^2 \cdot (5 m^2) \quad (\%) \quad (4)$$

E. G. Reeda\*) —

$$K = 2,84 \cdot s^4 \left( \frac{c \cdot n}{l_s} \right)^2 \cdot (5 m^2) \quad (\%) \quad (5)$$

Ponieważ stosowalność dwóch ostatnich wzorów ma miejsce dla  $m \geq 2$ , widzimy, że różnice w wynikach obliczeń dokonanych przy pomocy tych wzorów docho- dzić będą najwyżej do 16% (wzór Kehse'go).

Jeżeli we wzorze Reeda uwzględnic zwiększenie strat dodatkowych z powodu linii sił, zamykających się wewnątrz uzwojenia, to współczynnik na początku wzoru zwiększy swą wartość o 12,5% i wzór ten przybierze postać:

$$K = 3,2 \cdot s^4 \left( \frac{c \cdot n}{l_s} \right)^2 \cdot 5 m^2 \quad (\%)$$

Ponieważ wywody Reeda doprowadziły do podobnych wyników, co wywody la Coura, można sądzić, że założenia obu autorów, choć z pozoru różne, musiały być w istocie swej jednakowe.

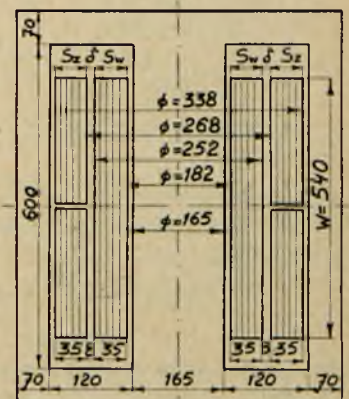
Z przebiegu wyprowadzenia wzoru Reeda można łatwo zauważyć, że dotyczyło ono warunku  $m = \infty$ ; wzór ten więc będąc ściślejszy przy  $m = 4$  lub więcej, nie będzie już zbyt dokładny dla  $m = 3$ , lub  $m = 2$ .

Najciekawszy dla nas warunek  $m = 1$  nie da się więc ująć wzorami Reeda, ani la Coura, którego krzywe, podane w dziele „Die Transformatoren“ (na str. 91) nie są ściśle — z tego samego powodu.

### DOŚWIADCZENIA.

Dla zbadania przypadku  $m = 1$  zostały wykonane dwa transformatory próbne, na których dokonano około stu doświadczeń, powtarzanych po kilka razy. Ponieważ ich wyniki były na ogół zgodne, — podamy tu rezultaty badań, przeprowadzonych na transformatorze większym — o mocy znamionowej 210 kVA i przekładni napięć 1200/1200 V, oraz prądów 175/175 A. Transformator wykonany był, jako jednofazowy, płaszczowy, o uzwojeniu walcowym, składającym się — zarówno na stronie pierwotnej, jak i wtórnej — z 5-ciu warstw zwojów, które mogły być łączone równolegle lub w szereg. Poza tym pięć warstw uzwojenia zewnętrznego zostało przeciętych w połowie, przy czym ich końce wyprowadzono na tabliczkę zaciskową — w tym celu, aby można je było odpowiednio krzyżować. Rys. 3 przedstawia omawiany transformator z głównymi wymiarami (w milimetrach).

**Dane techniczne transformatora.** Liczba zwojów w każdej warstwie  $n = 200$ ; liczba warstw — zarówno w uzwojeniu zewnętrznym, jak i w wewnętrznym — 5 (przy połączeniu równoległym  $m = 1$ , przy połączeniu szeregowym  $m = 5$ ). Naj-



Rys. 3. Główne wymiary badanego transformatora (w milimetrach).

\* w założeniu, że  $W \cong l_s$ .



większa liczba zwojów możliwych do połączenia szeregowego, tak na uzwojeniu zewnętrznych  $z = n \cdot m = 200 \cdot 5 = 1000$  zwojów. Do wykonania obu uzwojeń został zastosowany przewód prostokątny o wymiarach  $(5,2 \times 2,1)$  mm<sup>2</sup>, przy czym nawinięty został w ten sposób, że szerokość prostopadła do linii sił wynosiła:  $s = 0,52$  cm, wysokość zaś  $c = 0,21$  cm. Przekrój przewodu, po uwzględnieniu straty na zaokrąglenie rogów wynosił:  $q_1 = 10,7$  cm<sup>2</sup>, co daje dla połączenia pięciu warstw równoległe  $q_5 = 5 \times 10,7 = 53,5$  mm<sup>2</sup>, oraz gęstość prądu  $j = \frac{175 \text{ A}}{53,5 \text{ mm}^2} = 3,27 \text{ A/mm}^2$ .

Izolacja przewodów — z taśmy bawełnianej, pogrubiającej przewód dwustronnie o 0,6 mm; między warstwami — cylindry preszpanowe grubości 1,5 mm. W ten sposób szerokość uzwojenia zewnętrznego (oraz wewnętrznego) wynosiła:

$$S_z = S_w = [5 \times (5,2 + 0,6) + 4 \times 1,5] \cdot 10^{-1} = 3,5 \text{ cm},$$

Wysokość uzwojeń:

$$W = 200 \times (2,1 + 0,6) \cdot 10^{-1} = 54,0 \text{ cm}.$$

Szczelina między uzwojeniami:  $\delta = 0,8$  cm.

Wobec tego zredukowana długość linii sił przy połączeniu 5 warstw równoległe, czy też 5 warstw szeregowo wynosi:

$$l_s = \frac{54}{1 - \frac{3,5 + 3,5 + 0,8}{\pi \cdot 54}} = 56,6 \text{ cm}.$$

Oporność uzwojenia wewnętrznego, połączonego w szereg (średnia długość zwojów  $(l_{sr})_w = 68,2$  cm.) przy temp. 20° C:

$$R_w = \frac{0,0175 \times 1000 \times 0,682}{10,7} = 1,115 \Omega$$

ta sama wartość dla uzwojenia zewnętrznego  $(l_{sr})_z = 95,2$  cm:

$$R_z = \frac{0,0175 \times 1000 \times 0,952}{10,7} = 1,555 \Omega.$$

Jeżeli oznaczymy poszczególne warstwy uzwojeń od 1 do 5 w ten sposób, że wskaźnik 1 odnosić się będzie do warstw najbardziej zbliżonych do szczeliny  $\delta$ , wskaźnik zaś 5 — do warstw najbardziej oddalonych od tej szczeliny, to kilkakrotne pomiary omomierzem oporów poszczególnych warstw, wraz z włączonymi w nie amperomierzami \*) dały następujące średnie wyniki przy temperaturze 20° C:

strona wewnętrzna:	strona zewnętrzna
$R_{w_1} = 0,253 \Omega$	$R_{z_1} = 0,278 \Omega$
$R_{w_2} = 0,238 \Omega$	$R_{z_2} = 0,290 \Omega$
$R_{w_3} = 0,224 \Omega$	$R_{z_3} = 0,322 \Omega$
$R_{w_4} = 0,210 \Omega$	$R_{z_4} = 0,325 \Omega$
$R_{w_5} = 0,196 \Omega$	$R_{z_5} = 0,342 \Omega$
$R_w = \Sigma R = 1,121 \Omega$	$R_z = \Sigma R = 1,557 \Omega$

wobec czego oporność zwarcia  $R_{zw}$  dla połączenia szeregowo:

$$R_{zw} = R_w + R_z = 1,121 \Omega + 1,557 \Omega = 2,678 \Omega$$

Odpowiednio zaś dla połączenia równoległego (5 warstw równoległe):

$$(R_{zw})_{5r} \cong \frac{1,121}{5^2} + \frac{1,557}{5^2} = 0,0449 \Omega + 0,0623 \Omega = 0,1072 \Omega.$$

Oporności te zostały sprawdzone omomierzem \*\*) przy połączeniu 5 warstw szeregowo oraz 5 warstw równoległe.

\*) Wszystkie amperomierze posiadały jednakowe opory, wynoszące po 0,0009  $\Omega$ .

\*\*) Do pomiaru oporności został użyty potencjalny omomierz angielskiej firmy Evershed, eliminujący opór doprowadzenia.

Ponieważ wszystkie pomiary strat w miedzi przy zwarciu przeprowadzone były w temperaturze od 19 do 21° C (po każdym pomiarze transformator był odpowiednio chłodzony), a wzory podane były dla temperatury 20° C, — uniknięto w ten sposób przeliczania wartości dla innych temperatur. Błąd pomiaru — ze względu na temperaturę — mógł wynieść  $\pm 0,5\%$ ; dokładność tego samego rzędu posiadały wskazania watomierzy i amperomierzy.

Czysty przekrój żelaznego rdzenia wynosi ok. 175 cm<sup>2</sup>, co daje indukcję, przy znamionowym napięciu 1200 V — dla połączenia 5 warstw równoległe — ok. 15 400 gaussów. Straty w żelazie przy pomiarach nigdy nie przekraczały 10 watów i były uwzględniane, jakkolwiek stanowiły na ogół mniej, niż 0,5% strat. Waga żelaznego rdzenia wynosiła ok. 235 kg, zaś waga miedzi ok. 145 kg.

Ponieważ pomiary wykonywane były najczęściej dla połączenia 5 warstw równoległe, czyli dla  $m = 1$ , do przeliczeń strat dodatkowych użyty został wzór Vidmara, uwzględniający ten przypadek (wzory la Coura i Reeda, jak już zaznaczyliśmy, można stosować dla  $m \geq 2$ ).

Straty dodatkowe w procentach wdg Vidmara wynoszą:

$$K \% = 2,76 \cdot s^4 \left( \frac{c \cdot n}{l_s} \right)^2 \cdot (5m^2 - 1) (\%)$$

Dla połączenia szeregowo uzwojeń:  $m = 5$ ;  $n = 200$ ;  $s = 0,52$  cm;  $c = 0,21$  cm;  $l_s = 56,6$  cm;

Połączenie 5 warstw w szereg:

$$K \% = 2,76 \cdot 0,52^4 \cdot \left( \frac{0,21 \cdot 200}{56,6} \right)^2 \cdot (5 \cdot 5^2 - 1) \cong 13,7 (\%)$$

Dla połączenia 5-ciu warstw równoległe:  $m = 1$ ;  $n = 200$ ;  $s = 3,5 - 0,06 = 3,44$  cm;  $c = 0,21$  cm;  $l_s = 56,6$  cm;

Połączenie 5 warstw równoległe:

$$K \% = 2,76 \cdot 3,44^4 \cdot \left( \frac{0,21 \cdot 200}{56,6} \right)^2 \cdot (5 \cdot 1^2 - 1) \cong 856 (\%)$$

Jak widzimy, obliczenie daje tu nadspodziewanie wielkie straty.

Przy połączeniu 4-ch warstw równoległe zostają wyłączone dwie najdalej od szczeliny  $\delta$  leżące warstwy, a więc 5-te, — zarówno z uzwojenia zewnętrznego, jak i wewnętrznego. Wówczas  $m = 1$ ;  $n = 200$ ;  $s = 3,5 - 0,58 - 0,15 - 0,06 = 2,71$  cm (rys. 8);  $c = 0,21$  cm;  $l_s = 56,1$  cm.

Połączenie 4-ch warstw równoległe:

$$K \% = 2,76 \cdot 2,71^4 \cdot \left( \frac{0,21 \cdot 200}{56,1} \right)^2 \cdot (5 \cdot 1^2 - 1) \cong 334 (\%)$$

Dla połączenia 3-ch warstw równoległe zostają wyłączone najdalej od szczeliny  $\delta$  leżące warstwy (5-te i 4-te) — po dwie z każdej strony. Wówczas mamy:  $m = 1$ ;  $n = 200$ ;  $c = 0,21$  cm;  $l_s = 55,6$  cm;  $s = 3,5 - 2 \cdot 0,58 - 2 \cdot 0,15 - 0,06 = 1,98$  cm (rys. 8).

Połączenie 3-ch warstw równoległe:

$$K \% = 2,76 \cdot 1,98^4 \cdot \left( \frac{0,21 \cdot 200}{55,6} \right)^2 \cdot (5 \cdot 1^2 - 1) \cong 97,3 (\%)$$

Analogicznie dla połączenia dwóch warstw równoległe (wyłączone warstwy 5-te, 4-te i 3-cie), otrzymamy:

$$s = 1,25 \text{ cm}; m = 1; n = 200; c = 0,21 \text{ cm}; l_s = 55,1 \text{ cm}.$$

Połączenie 2 warstw równoległe:

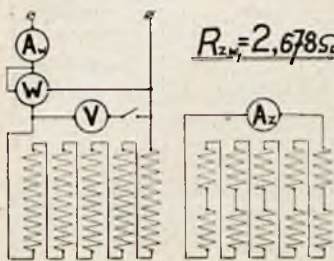
$$K \% = 2,76 \cdot 1,25^4 \cdot \left( \frac{0,21 \cdot 200}{55,1} \right)^2 \cdot (5 \cdot 1^2 - 1) \cong 15,7 (\%)$$

Z powodu braku miejsca ograniczamy się do podania kilku najciekawszych pomiarów przeprowadzonych na powyższym transformatorze.



Pomiar 1.

Oba uzwojenia zostały połączone w szereg, przy czym zasilane było uzwojenie wewnętrzne, zewnętrzne zaś — zwarte. Schemat połączeń transformatora przy



Strona wewnętrzna Strona zewnętrzna  
Rys. 4.  
Schemat połączeń transformatora przy pomiarze 1.

tym pomiarze pokazany jest na rys. 4. Dla łatwiejszej orientacji wewnątrzne uzwojenie na wszystkich dalszych schematach uwiadczniane będzie po lewej stronie. Na schemacie  $A_w$  oznacza amperomierz, włączony do uzwojenia wewnętrznego,  $W$  — watomierz,  $V$  — woltomierz i  $A_z$  — amperomierz, włączony do uzwojenia zewnętrznego.

Wyniki pomiarów zestawione są w tabelce I-ej (we wszystkich tabelach podawane będą średnie wartości z kilku pomiarów).

Straty  $K\%$  w szóstej rubryce pionowej otrzymano z przemnożenia kwadratu prądu (z czwartej rubryki) przez oporność zwarcia dla połączenia szeregowego  $R_{zw} = 2,678 \Omega$  która zmierzona była omomierzem.

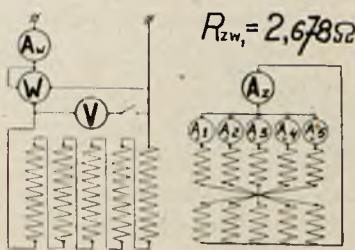
Tabela 1.

ř.	V woltów	W watów	$A_w$ amp.	$A_z$ amp.	$W_0 = I^2 \cdot R_{zw}$ watów	$K\%$	$K_{Vidm} \%$
1	510	2 150	26	26	1 810	19,0%	13,7%
2	392	1 280	20	20	1 070	19,5%	
Wartości z pomiaru					Z obliczenia	średnio: 19,25%	Z obliczenia wg. Vidmara

Dodatkowe straty  $K\%$  — z pomiaru — wynoszą 19,25% i są, jak widać z tabeli I, większe od strat, obliczonych wg wzoru Vidmara.

Pomiar 2.

Także w tym doświadczeniu zasilana była strona wewnętrzna, połączona w szereg, zwarta zaś była strona zewnętrzna — połączona równolegle — w ten jednakże sposób, że połówki pięciu warstw przeplatane były naprzemian, jak to pokazane jest na rys. 5. W



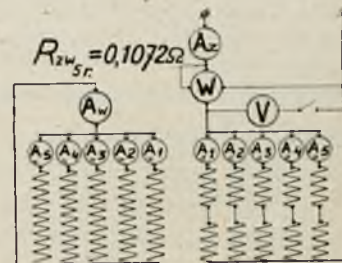
Strona wewnętrzna Strona zewnętrzna  
Rys. 5.  
Schemat połączeń transformatora przy pomiarze 2.

każdej warstwie włączony był amperomierz — celem zbadania rozplywu prądów w poszczególnych gałęziach równoległych. Należało się spodziewać, że z powodu prze-

plecenia przewodów, prądy rozłożą się na poszczególne gałęzie dość równomiernie i straty dodatkowe będą podobne do strat wyznaczonych w pomiarze 1-szym.

Średni wynik z kilku pomiarów zestawiono w tabeli II.

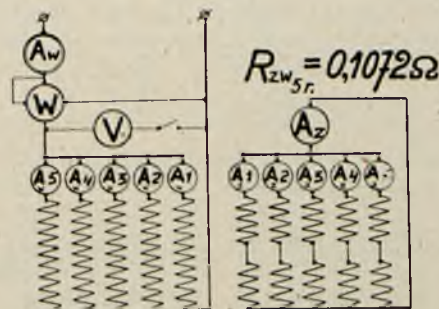
W rubryce  $\Sigma A_z$  zsumowano wskazania 5-ciu amperomierzy, włączonych w równoległe gałęzie. Ponieważ suma ta jest większa od wskazania amperomierza sumującego  $A_z$ , można sądzić, że prądy w równoległych gałęziach przesunięte są względem siebie w fazie, co już powoduje straty dodatkowe. Poza tym widać, że prądy te nie rozkładają się równomiernie, na poszczególne gałęzie, jakkolwiek przewody są przeplecione. W przewodach skrajnych płyną prądy największe, w środkowym — najmniejszy; różnica wynosi ok. 54%, jest więc znaczna. Tym można wytłumaczyć, że straty dodatkowe wypadły z pomiaru 24%, a więc są większe, niż w pomiarze 1-szym (19,25%) jakkolwiek wzór Vidmara daje ten sam wynik co i poprzednio (13,7%). Wykres rozkładu prądów w gałęziach podany jest na rys. 9.



Strona wewnętrzna Strona zewnętrzna  
Rys. 6.  
Schemat połączeń transformatora przy pomiarze 3.

Pomiary 3 i 4.

Przy pomiarze 3-cim zasilana była strona zewnętrzna, połączona w pięć warstw równoległe bez przeplecenia (rys. 6). Następnie, w pomiarze 4-tym, zasilano stronę wewnętrzną połączoną w pięć warstw równoległe — bez przeplecenia (rys. 7).



Strona wewnętrzna Strona zewnętrzna  
Rys. 7.

Schemat połączeń transformatora przy pomiarze 4.

Średnie wyniki z kilku pomiarów zestawiono w tabelach III i IV.

Z tabel III i IV nie trudno zauważyć, że rozkład prądów jest nierównomierny, przy czym prąd wypierany jest jak gdyby do wewnątrz, — to znaczy, że największe prądy płyną w warstwach leżących tuż przy

Tabela II.

V woltów	W watów	$A_w$ amp.	$A_z$ amp.	$A_{z_1}$ amp.	$A_{z_2}$ amp.	$A_{z_3}$ amp.	$A_{z_4}$ amp.	$A_{z_5}$ amp.	$\Sigma A_z$ amp.	$W_0 = J^2 R_{zw}$ watów	$K\%$	$K_{Vidm} \%$
320	850	16	80	21,6	15,0	14,0	15,0	21,5	87,1	686	24%	13,7%
Wartości z pomiaru									Suma obliczona	Z obliczenia	Z pomiaru	Z obliczenia wg. Vidmara



Tabela III.

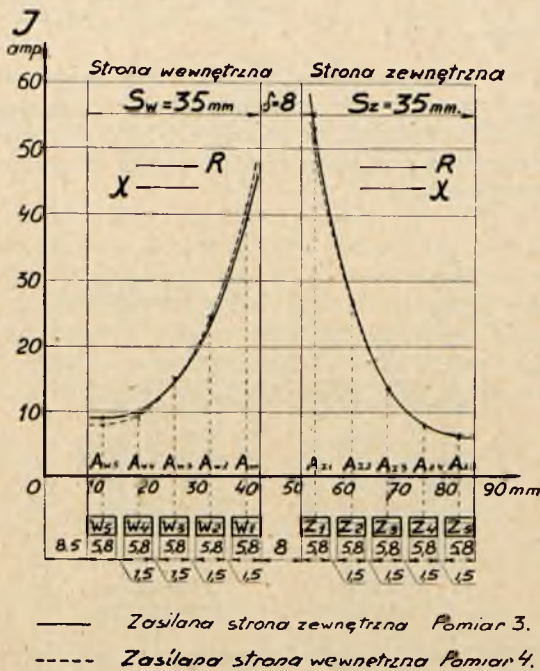
V	W	A <sub>z</sub>	A <sub>z1</sub>	A <sub>z2</sub>	A <sub>z3</sub>	A <sub>z4</sub>	A <sub>z5</sub>	Σ A <sub>z</sub>	A <sub>w</sub>	A <sub>w1</sub>	A <sub>w2</sub>	A <sub>w3</sub>	A <sub>w4</sub>	A <sub>w5</sub>	Σ A <sub>w</sub>	W <sub>0</sub> = J <sup>2</sup> · R <sub>zw</sub>	K %	K <sub>Vidm.</sub> %
voltów	watów	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	watów		
52	1930	80	53,0	26,7	13,2	7,4	6,3	106,6	80	39,6	24,7	14,4	10,0	9,1	97,8	686	181%	856%
Wartości z pomiaru									Suma obliczona	Wartości z pomiaru					Suma obliczona	Z obliczenia	Z pomiaru	Z obliczenia wg. Vidmara

Tabela IV.

V	W	A <sub>w</sub>	A <sub>w1</sub>	A <sub>w2</sub>	A <sub>w3</sub>	A <sub>w4</sub>	A <sub>w5</sub>	Σ A <sub>w</sub>	A <sub>z</sub>	A <sub>z1</sub>	A <sub>z2</sub>	A <sub>z3</sub>	A <sub>z4</sub>	A <sub>z5</sub>	Σ A <sub>z</sub>	W <sub>0</sub> = J <sup>2</sup> · R <sub>zw</sub>	K %	K <sub>Vidm.</sub> %
voltów	watów	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	amp.	watów		
52	1920	80	41,5	24,7	15,4	9,0	8,2	98,8	80	52,5	26,6	13,4	7,4	6,5	106,4	686	180%	856%
Wartości z pomiaru									Suma obliczona	Wartości z pomiaru					Suma obliczona	Z obliczenia	Z pomiaru	Z obliczenia wg. Vidmara

szczeliny powietrznej  $\delta$ . Można przypuszczać, że w ten sam sposób prąd rozłożyłby się w pojedynczym przewodzie o tej samej szerokości  $s = 3,44$  cm.

Rozkład prądów z pomiaru 3-go i 4-go uwidoczony jest na rys. 8. Na stronie zewnętrznej, jak to widać z wykresu, prąd w 1-ej warstwie jest ok. 8,5 razy większy od prądu w warstwie 5-ej, na stronie wewnętrznej zaś jest on większy zaledwie ok. 4,6 razy, przy czym



Rys. 8.

Wykres rozkładu prądów w równoległych gałęziach przy zwarciu. Połączenie 5 warstw równoległe.

wyniki nie zależą od tego, czy zasilana była strona zewnętrzna, czy też wewnętrzna. Ten rozkład prądów można wytłumaczyć tym, że urojone oporności zwarcia warstw dalej leżących od szczeliny  $\delta$  są większe; jednakże jest to tylko przypuszczenie. Tak samo możnaby przypuszczać, że oddziaływanie oporności rzeczywistych jest inne. W uzwojeniu zewnętrznym oporność warstwy ostatniej, czyli piątej, jest największa, podczas gdy w uzwojeniu wewnętrznym oporność warstwy piątej — najbliższej rdzenia — jest najmniejsza. W ten sposób oporności rzeczywiste przeciwdziałają opornościom urojonym w uzwo-

jeniu wewnętrznym, współdziałają zaś z nimi — w uzwojeniu zewnętrznym. Być może, że właśnie dlatego, jak to widać z wykresu, w uzwojeniu wewnętrznym rozkład prądów jest bardziej równomierny, niż w zewnętrznym, i dlatego też straty dodatkowe uzwojenia zewnętrznego są większe od strat uzwojenia wewnętrznego.

Jednakże w transformatorach większych mocy, a nawet już w wyżej omawianym, oporności rzeczywiste są znacznie mniejsze od urojonych i dlatego decydujący wpływ na rozkład prądów wywierają oporności urojone, zależne od wzajemnego oddziaływania prądów.

Z tabel III i IV widać, że suma prądów w poszczególnych warstwach jest zawsze większa od wskazań amperomierza sumującego  $A_z$ . Wynika stąd, że prądy te przesunięte są względem siebie w fazie. Na stronie zewnętrznej przesunięcia te są większe (ok. 33% różnicy we wskazaniu amperomierza sumującego i sumie prądów), niż na zewnętrznej (o ok. 22,5% różnicy).

Zmierzone straty dodatkowe wyniosły ok. 180%, podczas gdy obliczenie wg wzoru Vidmara dało 856%. Aby sprawdzić otrzymane wartości wykonamy następujące przeliczenie wg pomiaru 4 i tabeli IV-ej.

Ogólne straty dodatkowe wynoszą:

$$W_{\text{dod}} = 1920 - 686 = 1234 \text{ waty} \text{ — czyli } 180\%.$$

Gdyby w poszczególnych przewodach strony zewnętrznej gęstość prądu była równomierna, straty na tej stronie wyniosłyby:

Strona zewnętrzna:

- 1 warstwa  $W_{z1} = 52,5^2 \times 0,278 \approx 765$  W
- 2 „  $W_{z2} = 26,6^2 \times 0,290 \approx 205$  W
- 3 „  $W_{z3} = 13,4^2 \times 0,322 \approx 58$  W
- 4 „  $W_{z4} = 7,4^2 \times 0,325 \approx 18$  W
- 5 „  $W_{z5} = 6,5^2 \times 0,342 \approx 15$  W

$$\Sigma W_z = 1061 \text{ watów}$$

To samo obliczenie dla uzwojenia wewnętrznego:

Strona wewnętrzna:

- 1 warstwa  $W_{w1} = 41,5^2 \times 0,253 \approx 435$  W
- 2 „  $W_{w2} = 24,7^2 \times 0,238 \approx 145$  W
- 3 „  $W_{w3} = 15,4^2 \times 0,224 \approx 53$  W
- 4 „  $W_{w4} = 9,0^2 \times 0,210 \approx 17$  W
- 5 „  $W_{w5} = 8,2^2 \times 0,196 \approx 13$  W

$$\Sigma W_w = 663 \text{ waty}$$

Suma strat na obu stronach = 1061 + 663 = 1724 waty.



Ponieważ straty zmierzone wyniosły 1920 watów (tabela IV), więc resztę strat, to jest  $1920 - 1724 = 196$  W, czyli 28,6%, należy uważać za straty powstałe na skutek nierównomiernego rozkładu prądu w poszczególnych przewodach.

Stratę obliczone z oporności rzeczywistej zwarcia, zmierzony omomierzem, wyniosły: na stronie zewnętrznej  $W_z = I^2 \cdot R_z$ , czyli  $W_z = 80^2 \cdot 0,0623 = 399$  watów, oraz na stronie wewnętrznej:  $W_w = I^2 \cdot R_w$ ; czyli  $W_w = 80^2 \cdot 0,0449 = 287$  watów. Różnicę  $\Sigma W_z - W_z = 1061 - 399 = 662$  waty, oraz  $\Sigma W_w - W_w = 663 - 287 = 376$  watów, czyli razem  $662 + 376 = 1038$  watów, a więc 151,4%, stanowią straty powstałe wskutek nierównego rozkładu prądu na poszczególne warstwy oraz wskutek przesunięć fazowych.

Z obliczenia tego widać, że choć już obie strony wg wzoru posiadać winny jednakowe straty dodatkowe, to jednak strona zewnętrzna uzwojenia posiada straty znacznie większe (662 waty, czyli 166%), od strony wewnętrznej (376 watów, czyli 131%).

Przybliżone zestawienie strat wygląda w sposób następujący:

Straty główne od oporności rzeczywistej . . . . .	686 watów = 100,0%
Straty powstałe z powodu nierównego rozkładu prądu w warstwach oraz na skutek przesunięć fazowych . . . . .	1038 watów = 151,4%
Straty z powodu nierównomiernego rozkładu prądu w poszczególnych przewodach . . . . .	196 watów = 28,6%
Straty dodatkowe . . . . .	1234 watów = 180,0%

Z tego przeliczenia widać, że trudnoby przypuścić, aby straty dodatkowe w tym wypadku mogły wynieść 856%, jak to wykazuje wzór Vidmara. Możliwe, że właśnie te warunki miał na myśli la Cour, mówiąc, że wzór jego „tak długo daje zgodne wyniki, aż straty nie przekroczą wielkości dopuszczalnych“ (wzór la Coura podobny jest do wzoru Vidmara).

**Pomiar 4 a.**

Transformator zasilany był przy tym pomiarze w ten sam sposób, co w pomiarze 4 (schemat na rys. 7), z tą jednak różnicą, że po pierwszej próbie — przy pięciu warstwach połączonych równolegle — wykonana była następna próba — przy 4 warstwach (wyłączono dwie zewnętrzne warstwy  $W_5$  i  $Z_5$ ) (rys. 8), potem przy 3 warstwach (wyłączono  $W_5$  i  $W_4$  oraz  $Z_5$  i  $Z_4$ ), w końcu zaś — przy dwóch połączonych równolegle. Szczelina między uzwojeniami w tym pomiarze była stała  $\delta = 8$  mm.

Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli IV-a.

W tabelicy tej przy obliczeniu strat na oporności rzeczywistej przyjęto następujące oporności zwarcia, które zostały zmierzone omomierzem:

przy 5 warstwach połączonych równolegle	$R_{zw_5} = 0,1072 \Omega$
„ 4 „ „ „	$R_{zw_4} = 0,134 \Omega$
„ 3 „ „ „	$R_{zw_3} = 0,178 \Omega$
„ 2 „ „ „	$R_{zw_2} = 0,265 \Omega$

straty więc	$W_5 = 80^2 \times 0,1072 = 686$ W
„ „	$W_4 = 80^2 \times 0,134 = 858$ W
„ „	$W_3 = 80^2 \times 0,178 = 1140$ W
„ „	$W_2 = 80^2 \times 0,265 = 1695$ W

Widzimy tu ciekawe zjawisko, że przy wyłączeniu przewodów, czyli zmniejszaniu wymiaru  $s$ , a więc zwiększaniu omowej oporności zwarcia, nie tylko maleją straty dodatkowe, lecz nawet ogólne straty nieco się zmniejszają. I tak np. przy 5 warstwach połączonych równolegle mamy straty zmierzone 1920 W; przy 4 warstwach połączonych równolegle mamy już tylko 1850 W, przy 3 warstwach połączonych równolegle — 1820 W, i dopiero przy 2 warstwach połączonych równolegle straty nieco wzrosły do 2100 W. Dzieje się to głównie dlatego, że im mniej warstw połączonych jest równolegle, tym równomierniej rozkładają się prądy na poszczególne warstwy, i tym mniejsze są przesunięcia fazowe między tymi prądami. Przy 5 warstwach połączonych równolegle zsumowane wskazania amperomierzy dają wartość o 33% większą od wskazania amperomierza sumującego  $A_z$ ; przy 4 warstwach połączonych — o ok. 32%; przy 3 warstwach połączonych — o ok. 20%, a przy 2-ch warstwach połączonych — już tylko o 8%.

Wykresy rozkładu prądów w zwartym uzwojeniu zewnętrznym pokazane są na rys. 9. Na stronie wewnętrznej prądy rozkładają się zupełnie podobnie, to znaczy w ten zawsze sposób, że największy prąd płynie w warstwach leżących przy szczelinie powietrznej  $\delta$ . Na wykresie tym pokazany jest także rozkład prądów, jaki zanotowano przy przepleceniu przewodów w pomiarze 2-gim (krzywa  $5_{wr-b}$ ). Paraboliczny charakter tej krzywej można wytłumaczyć o wiele silniejszym wpływem tej półki warstwy uzwojenia, która jest w pobliżu szczeliny powietrznej  $\delta$ , niż drugiej, zewnętrznej.

Na rys. 9 oraz w tabeli IV-a podane są wyniki pomiarów przeprowadzonych przy stałej szczelinie między uzwojeniami  $\delta = 8$  mm. Ponieważ jest rzeczą ciekawą, czy wielkość szczeliny nie wpływa na rozkład prądów oraz na straty dodatkowe, wykonano szereg pomiarów, wyłączając warstwy najbliższe szczeliny, to jest 1-szą, 1-szą i 2-gą oraz 1-szą, 2-gą i 3-cią — równocześnie z uzwojenia zewnętrznego i wewnętrznego. W ten sposób osiągnięto rozmaite wielkości szczeliny od  $\delta = 8$  mm do

Tabela IV-a.

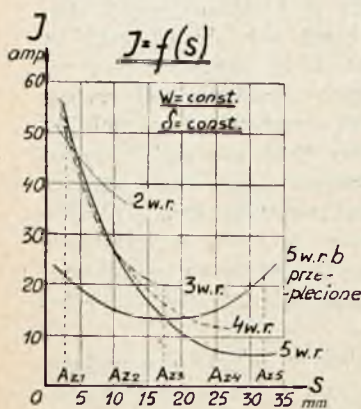
$\delta$	Liczba gałęzi równoległych	$s$ cm.	$V$ voltów	$W$ watów	$A_w$ amp.	$A_z$ amp.	$A_{z_1}$ amp.	$A_{z_2}$ amp.	$A_{z_3}$ amp.	$A_{z_4}$ amp.	$A_{z_5}$ amp.	$\Sigma A_z$ amp.	$W_0 = I^2 \cdot R_{zw}$ watów	$K\%$	$K_{Vidm.}\%$
1	5	3,44	52,0	1920	80	80	52,5	26,6	13,4	7,4	6,5	106,4	686	180%	856%
2	4	2,71	50,5	1850	80	80	51,0	26,8	16,0	12,0	wyłącz.	105,8	858	116%	334%
3	3	1,98	49,0	1820	80	80	49,0	27,0	20,0	wyłącz.	wyłącz.	96,0	1140	60%	97,3%
4	2	1,25	48,0	2100	80	80	48,6	37,8	wyłącz.	wyłącz.	wyłącz.	86,4	1695	24%	15,7%
Z obliczenia		Wartości z pomiaru										Suma obliczona	Z obliczenia	Z pomiaru	Z obliczenia wg Vidmara



$\delta \approx 52$  mm — przy wyłączeniu 1-ej, 2-ej i 3-ej warstwy. Jednakże wszystkie pomiary wskazywały na to, że rozkład prądów oraz procentowe straty dodatkowe pozostają w tych warunkach niezmiennie — niezależnie od wielkości szczeliny  $\delta$ . Podobnie sposób zasilania uzwojenia — to znaczy, równoległe, czy też szeregowo połączenie zasilanego uzwojenia, nie wpływa na rozkład prądów oraz na straty dodatkowe zwartego uzwojenia.

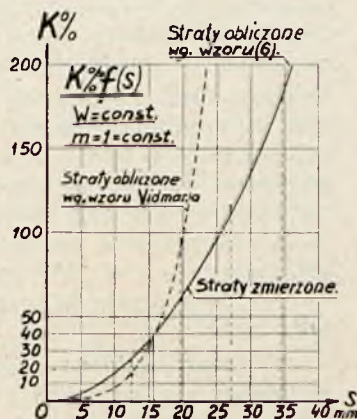
Wykonano również pomiary przy włączonym większym oporze między zwierane zaciski, rozkład jednakże prądów w tych zmienionych warunkach pozostał ten sam,

Ponieważ wszystkie pomiary powtarzano przy rozmaitych gęstościach prądu i nie zauważono przy tym większych różnic w procentowych wartościach strat dodatkowych, można by wnioskować, że w obciążonym transformatorze wartości te pozostaną takie same, jak przy próbach zwarcia, — bez względu na wielkość prądu, o ile temperatura uzwojeń w jednym i w drugim przypadku będzie ta sama.



Rys. 9.

Wykres rozkładu prądów w równoległych gałęziach zwartej strony zewnętrznej (przy  $W = 54$  cm = const. oraz  $m = 1 = \text{const.}$ ).



Rys. 10.

Procentowy wzrost strat dodatkowych zmierzonych i obliczonych dla  $W = 54$  cm = const. i  $m = 1 = \text{const.}$ .

Na rys. 10 przedstawiony jest przebieg procentowych strat dodatkowych — w zależności od szerokości przewodu  $s$  — dla  $W = \text{const}$  oraz  $m = 1 = \text{const}$ , wzięty z tabeli IV-a. Krzywa kreskowana przedstawia wzrost strat wg wzoru M. Vidmara, krzywa narysowana linią ciągłą — wzrost strat wg wyników pomiaru. Jak widać z wykresu, wzór Vidmara daje znacznie mniejsze wartości strat dodatkowych od wartości zmierzonych — dla  $s < 16$  mm, a za duże — dla  $s > 16$  mm.

Ponieważ zaś normalnie wykonywane transformatory mają zazwyczaj szerokość przewodu  $s$  mniejszą od 16 mm, wzory Vidmara i inne dają zbyt małe wartości strat dodatkowych — w stosunku do strat rzeczywiście zmierzonych.

Należy zaznaczyć, że wykres podany na rys. 10 nie jest ogólny i dla innej wysokości uzwojeń pomiary mogłyby dać nieco inne wyniki. Jednakże pomiary wykonane na drugim, specjalnie do badania strat dodatkowych wykonanym transformatorze, o mocy ok. 20 kVA, dały wyniki bardzo zbliżone do powyższych.

Krzywa kropkowana na rys. 10, leżąca cokolwiek powyżej krzywej ciągłej, ilustruje wzrost strat dodatkowych wg. nowego wzoru zbudowanego na zasadzie doświadczeń, wykonanych na wyżej wymienionych dwóch transformatorach.

Wzór ten przy  $f = 50$  okr./sek. i  $\rho = 0,0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$  dla  $t = 20^\circ$  C, przedstawia się, jak następuje:

$$K\% \approx 20 \cdot s^2 \cdot \frac{c \cdot n \cdot m}{W} \% \dots \dots \dots (6)$$

Wzór ten, jak widać z wykresu, daje wyniki zupełnie zgodne z pomiarami przeprowadzonymi na transformatorze próbnym 210 kVA. Dał on również zgodne z pomiarami wyniki dla transformatora próbnego 20 kVA. Wzór ten można stosować zarówno dla  $m = 1$ , jak i dla  $m > 1$ . I tak np. przy pomiarze 1-szym, tabela I, gdzie  $m = 5$ ,  $n = 200$ ,  $s = 0,52$  cm,  $c = 0,21$  cm i  $W = 54$  cm, wzór Vidmara dał wynik  $K\%_{\text{Vidm}} = 13,7\%$ ; zmierzono dodatkowe straty  $K\% = 19,25\%$ , wzór (6) daje wynik:

$$K\% \approx 20 \cdot 0,52^2 \cdot \frac{0,21 \cdot 200 \cdot 5}{54} \approx 21\%$$

Kilkanaście średnich i dużych transformatorów siłowych zostało skontrolowanych powyższym wzorem z dobrym wynikiem. Oczywiście jest to, jak na sprawdzenie ogólnego wzoru, o wiele za mało. Przy rozmaitych, specjalnych wypadkach, nie wiadomo, czy będzie on dawał wyniki zgodne z rzeczywistością, czy też rozbieżne. Dlatego też wzór (6) należałoby traktować jako próbę matematycznego ujęcia rezultatów doświadczeń powyżej opisanych.

Nie należy też zapominać, że na straty dodatkowe w miedzi transformatorów wielki wpływ mogą mieć nie rozpatrywane tu czynniki, jak: niesymetria uzwojeń, zaczepty, specjalne warunki wypierania prądów przy połączeniu w zygzak itp. Strat dodatkowych, spowodowanych tymi względami, nie da się, prawdopodobnie ująć żadnymi wzorami.

#### Literatura.

1. I. L. la Cour — „Die Transformatoren“, Berlin 1936 r.
2. E. Jezierski — „Transformatory“, Warszawa 1935 r.
2. W. Kehse — „Der Praktische Transformatorenbau“, Stuttgart, 1934 r.
4. W. Kopczyński — „Obliczenia silników asynchronicznych“, Łódź, 1938 r.
5. M. L i w s c h i t z — „Die Elektrischen Maschinen“, tom III, Lipsk, 1934.
6. E. G. Reed — „The Essentials of Transformer Practice“, 1927 r.
7. R. Richter — „Elektrische Maschinen“, tom III, Berlin 1932 r.
8. M. Vidmar — „Die Transformatoren“, Berlin 1925 r.



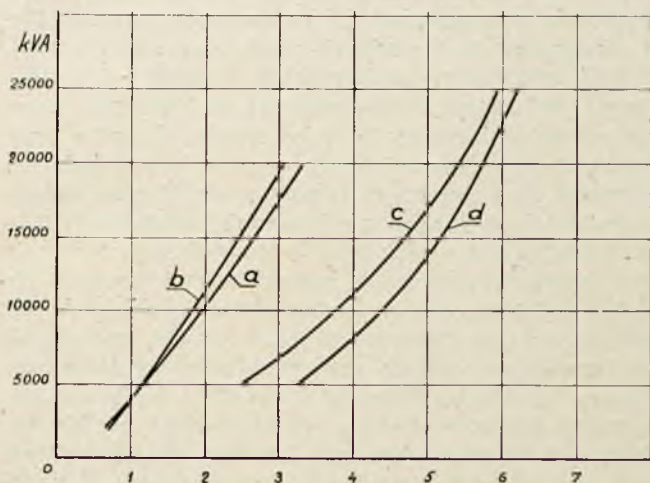
# Pierwsze krajowe transformatory 150 kV

Inż. Z. Gogolewski

**Streszczenie.** Artykuł zawiera porównanie transformatorów na 150 kV z transformatorami na napięcia niższe pod względem trudności konstrukcyjnych i wykonawczych. Podany jest opis konstrukcji rdzenia, uzwojeń i izolacji. Omówiono zagadnienie wytrzymałości izolacji do ziemi oraz izolacji międzyzwojowej. Na zakończenie wyszczególnione są charakterystyczne operacje fabrykacyjne dla transformatorów dużych mocy i napięć.

Rozpoczęcie produkcji transformatorów na 150 kV w kraju stanowi w rozwoju naszego przemysłu elektrotechnicznego tak znaczny postęp, że zasługuje na bliższe omówienie.

Już z załączonego wykresu porównawczego (rys. 1) wag i cen transformatorów na napięcia 64 i 150 kV widać,



Rys. 1.

Wykres porównawczy wag i cen transformatorów na napięcia górne 64 kV i 150 kV.

a — waga transformatora 64 kV; b — cena transformatora 64 kV; c — waga transformatora 150 kV; d — cena transformatora 150 kV — w zależności od mocy.

że różnica pomiędzy tymi dwoma rzędami jest olbrzymia, transformatory na 150 kV są znacznie cięższe i droższe od transformatorów na 64 kV. Jak widać z wykresu, transformator o mocy 5 000 kVA na napięcie 150 kV odpowiada pod względem wagi i ceny transformatorowi o mocy 13 000 — 15 000 kVA, a więc trzykrotnie większej — przy 64 kV. Jeżeli więc do roku 1937 budował przemysł krajowy transformatory tylko do mocy 3 000 i 6 000 kVA przy 64 wzgl. 37 kV, to już z samego stosunku wag staje się zrozumiałe, jak dużym skokiem krzywej rozwoju naszego przemysłu transformatorowego było wybudowanie przez fabrykę Zakładów Elektromechanicznych Rohn — Zieliński w Żychlinie transformatorów na 11 000 i 12 000 kVA przy 150 kV. Postęp techniczny, związany z tym rozszerzeniem zakresu produkcji krajowej, jest tym większy, że trudności konstrukcyjne i fabrykacyjne przy przejściu z napięcia 37 i 64 kV na napięcie 150 — 170 kV wzrastają niepomiarowo — bez żadnego prawa proporcjonalności, czy to w odniesieniu do mocy, czy do napięć.

Pierwsze cztery transformatory na napięcie 150 kV wybudowane przez fabrykę w Żychlinie i przeznaczone dla linii przesyłowej Mościce — Starachowice, budowanej przez „ZEORK“, posiadały następujące dane:

2 transformatory o mocy 12 000 kVA każdy (rys. 2 — osobna wkładka), dwuuzwojeniowe, o przekładni 6 300 V

— trójkąt/171—150,6 kV-gwiazda; napięcie zwarcia  $\Delta u_{zw} = 11\%$ ; straty w żelazie 37,5 kW; straty w miedzi przy przekładni 6 300/150,6 kV — 82,4. Waga transformatora bez oleju 37 700 kg. Waga oleju 24 000 kg.

2 transformatory 3-uzwojeniowe o mocy znamionowej 11 000 kVA i przekładni 6170/6820 V-trójkąt/31,2 do 37,2 kV-gwiazda/148—164 kV-gwiazda; straty w żelazie 38 kW; straty w miedzi 61 kW przy obciążeniu: na dolnym napięciu 5 000 kVA, średnim — 6 000 kVA i górnym — 11 000 kVA. Napięcie zwarcia dla przekładni 156/33 kV i odniesione do 11 000 kVA  $\Delta u_{zw} = 11\%$ . Waga transformatora bez oleju 44 800 kg. Waga oleju 28.770 kg.

Z powyższych danych widać, że dwa transformatory o mocy 11 000 kVA wykonane są, jako 3-uzwojeniowe, skutkiem czego ich waga i wymiary musiały być odpowiednio zwiększone i odpowiadałyby przy transformatorach dwuuzwojeniowych mocy 16 000 kVA.

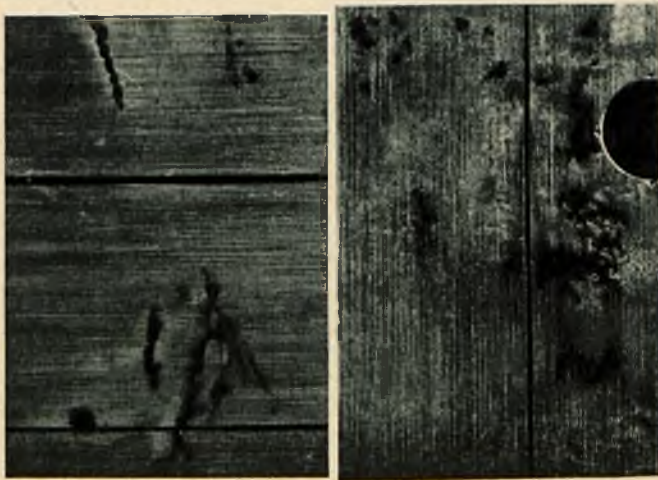
Obliczenia i rysunki tych transformatorów zostały wykonane przez biura konstrukcyjne Brown-Boveri & Cie w Badenie przyjętym przez fabrykę Rohn-Zieliński zwyczajem, że wszystkie polskie prototypy, tj. pierwsze wykonane w kraju typy transformatorów, są obliczane i konstruowane przez biura badawcze, wszystkie natomiast następne transformatory tego samego rzędu co do napięcia i mocy są obliczane i konstruowane przez biura fabryki żychlińskiej. Samo wykonanie tych transformatorów zostało przeprowadzone w 100% przez fabrykę żychlińską z surowców w 88% dostawy krajowej.

Przechodząc do opisu budowy tych transformatorów, rozpoczynamy od rdzenia, przy czym chcemy zwrócić szczególną uwagę na niejednokrotnie niedoceniane znaczenia żelaznego rdzenia dla pewności ruchu transformatora. Przy tak dużych jednostkach musi być przede wszystkim zastosowana blacha o jak najmniejszej stratności jednostkowej, sam zaś rdzeń powinien być bardzo starannie skonstruowany i wykonany. Konstrukcja rdzenia naszych transformatorów należy do tzw. typu „na styk“, przy którym rdzeń składa się z 3-ch oddzielnie pakietowanych kolumn i 2 oddzielnych belek jarzmowych. Płaszczyzny styku pomiędzy kolumnami i jarzmyami muszą być bardzo dokładnie strugane, — tak aby — po złożeniu rdzenia — jarzma i kolumny jak najdokładniej do siebie przylegały. Konstrukcja rdzenia na styk stosowana jest przy większych transformatorach przez wszystkie fabryki, opierające się o licencję Brown-Boveri, gdyż daje ona cały szereg korzyści, a m. inn. łatwość montażu i demontażu bez niszczenia izolacji pomiędzy blachami.

Duża ilość ciepła, jaką olej musi odprowadzić z rdzenia, powoduje konieczność stosowania zarówno w jarzmach, jak i w kolumnach, szczelin cyrkulacyjnych dla przepływu chłodzącego oleju. Szczeliny te są z reguły wykonane poprzecznie do blach, dzięki czemu działanie ich jest bardzo intensywne. Tam, gdzie szczeliny wykonane są pionowo — a więc w kolumnach — kierunek krążenia oleju staje się sam przez się wymuszony, natomiast w szczelinach poziomych krążenie oleju wywołane jest dodatkowym urządzeniem skierowującym. Dobrze znane i bardzo groźne dla dużych transformatorów są tzw. „chrobry żelaza“, spowodowane bądź zniszczeniem izolacji przez miejscowe przegrzanie rdzenia, bądź też zniszczeniem izolacji na drodze mechanicznej — przez wibracje.



Załączony szereg fotografii (rys. 3) pochodzi z praktyki krajowej i pozwala zauważyć wypalone miejsca oraz zwarcia między poszczególnymi blachami, występujące nieraz bardzo powoli — w ciągu szeregu lat — i obniżające stopniowo zdolność transformatora do pracy oraz je-



Rys. 3.

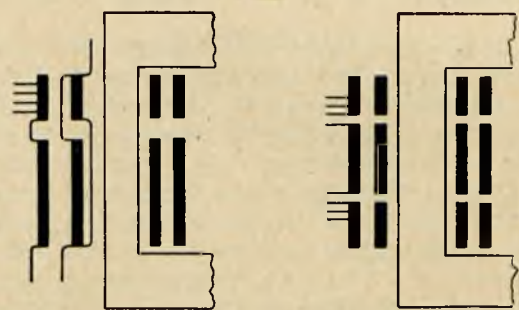
Widok wypalonych miejsc oraz zwarć między poszczególnymi blachami rdzenia transformatora.

go sprawność. Oprócz należytego chłodzenia rdzeń musi być bardzo umiejętnie i starannie spakietowany i skrecony, aby nieustanna jego wibracja, związana ze zmiennością strumienia magnetycznego, nie powodowała złych następstw. Dla uniknięcia miejscowego przegrzania rdzenia należy w niektórych miejscach stosować śruby ściągające wykonane z materiału niemagnetycznego, przy czym wszystkie śruby muszą być bardzo starannie odizolowane od rdzenia i blach końcowych, aby uniknąć tworzenia się w żelazie zamkniętych obwodów. Zapobieganie tworzeniu się zwartych obwodów ma również na celu podział rdzenia na szereg pakietów izolowanych od siebie grubszą warstwą preszpanu. Wreszcie płaszczyzny styku muszą być wykonane w ten sposób, aby pomiędzy poszczególnymi blachami nie wytworzyły się połączenia.

Bardzo ważną sprawą w transformatorach tej mocy jest duży współczynnik wypełnienia przekroju blach. Ponieważ arkusze blach są z reguły cokolwiek faliste i układają się źle, należy zatem stosować podczas fabrykacji cały szereg zabiegów, które dalyby w rezultacie wysoki współczynnik wypełnienia. Fabryce w Żychlinie udało się to w zupełności, co zostało potwierdzone przez dobre wyniki pomiarów strat w żelazie. Dla uniknięcia dodatkowych strat w masywnych częściach konstrukcji żelaznej, przez które mogłyby się rozgałęziać strumienie magnetyczne, zostało zastosowane ekranowanie tych części w postaci zamkniętych obwodów miedzianych o małym oporze. Takie zwarte obwody na częściach konstrukcyjnych, przez które może się odgałęziać nieznaczna tylko część strumienia głównego, grają rolę ekranu i są stosowane rozmyślnie. Natomiast utworzenie takiego obwodu zamkniętego, obejmującego cały lub znaczną część strumienia głównego, a więc obwodu zdolnego do pochłaniania dużej mocy, jest, oczywiście, niedopuszczalne i stałoby się niewątpliwie przyczyną uszkodzenia transformatora. Aby wykluczyć możliwość jakiegokolwiek przypadkowego powstania takiego obwodu, — uziemienia poszczególnych części rdzenia, jak np. blach końcowych,

pierścieni dociskających itp. są wykonywane przez odpowiednio sporządzone opory, a poszczególne części żelazne lub metalowe — niemagnetyczne, — mocujące rdzeń, są pomiędzy sobą starannie izolowane. W ten sposób przypadkowy obwód zamknięty w transformatorze powstać może tylko z wtrąconymi weń w szereg paroma oporami, dzięki którym moc takiego obwodu jest znikomą i nie będzie stanowić żadnego niebezpieczeństwa.

Uzwojenia transformatorów 150 kV obydwu dostarczonych typów zostały wykonane, jako cylindryczne. Jest to układ, oczywiście, przy tych mocach i napięciach jedynie możliwy i zasadniczo bardzo prosty, — komplikuje się on jednakże w tym wypadku przez znaczną liczbę zaczepów na górnym i dolnym napięciu, które były wymagane przez odbiorcę. Przy tak dużych mocach należy się bardzo liczyć z równomiernym rozkładem amperozwojów po stronie pierwotnej i wtórnej, aby uniknąć miejscowych zgęszczeń strumienia rozproszenia i powstawania niepożądanych sił elektrodynamicznych, które w niepomysłnych wypadkach mogą przy zwarcu przekraczać mechaniczną wytrzymałość uzwojeń i ich umocowań. Jest zatem niedopuszczalne umieszczenie zaczepów na końcu kolumny — w ten sposób, aby przy przechodzeniu z zaczepu na zaczep czynna długość kolumny zmieniała się w jednym uzwojeniu, pozostając bez zmiany w drugim i powodując występowanie składowych osiowych wzajemnego oddziaływania uzwojeń. Dla uniknięcia tego zostały zastosowane w jednym wypadku zaczepy nie u dołu kolumny, lecz w dwu miejscach, dzielących całą kolumnę na trzy nierówne części, w drugim zaś wypadku zastosowane zostały tzw. uzwojenia wyrównawcze. Zaczepy po środku kolumny komplikują budowę przełączników zaczepów, które — ze względu na wielkie napięcie — i tak muszą być duże i drogie; natomiast uzwojenia wyrównawcze komplikują samo uzwojenie. Z punktu widzenia prostoty budowy oraz pewności ruchu zaczepów na górnym napięciu są zatem niepożądane, aczkolwiek ze względów eksploatacyjnych stać się mogą nieuniknione.



Rys. 4.

Schemat układu uzwojenia z zaczepami w środku kolumny oraz układu zaczepów na końcu kolumny.

Na rys. 4 pokazane są schematycznie: układ uzwojenia z zaczepami w środku kolumny oraz układ zaczepów na końcu kolumny z zastosowaniem uzwojenia wyrównawczego. Układ ten polega na tym, że część kolumny wtórnego uzwojenia, leżąca naprzeciwko zaczepów uzwojenia pierwotnego, połączona jest równoległe z resztą kolumny. Oczywiście, liczba zwojów obu gałęzi równoległych musi być identyczna; natomiast rozływ prądu w obu gałęziach kształtuje się w zależności od ich oporów rzeczywistych i pozornych, te ostatnie zaś zależne są od tego, na jakim zaczepie pracuje uzwojenie pierwotne.



Równowaga amperozwojów pierwotnych i wtórnych wzdłuż kolumny utrzymuje się w ten sposób automatycznie, — niezależnie od tego, czy i ile zwojów uzwojenia zaczepekowego zostało z obwodu wyłączone.

Wysokie różnice potencjałów, występujące wewnątrz transformatora już w czasie normalnej pracy, tym bardziej w czasie prób izolacji względnie na skutek przepięć występujących w ruchu, zmuszają do starannego zaprojektowania rozkładu pola elektrycznego w transformatorze w ten sposób, aby nadmierne zgęszczenia linii sił nie sprzyjały przebiciu i nie prowadziły do zjawisk jarzenia w oleju, których należy unikać zarówno w pracy, jak i w czasie przepisowych prób dielektrycznych. Nieuniknione konstrukcyjnie ostre krawędzie części uzwojenych bądź też części znajdujących się pod napięciem, muszą być zatem osłonięte kształtami o krzywiznach małych, bądź też muszą być przewidziane dodatkowe części o łagodnych kształtach, zrównane potencjałem z krzywiznami ostrymi. Na jarzmach rdzenia układane są w tym celu pierścienie ochronne (*a* — rys. 5) połączone przez opo-

ry z ziemią, pierwsze zaś zwoje górnego napięcia połączone są z pierścieniami ochronnymi *b*. Wszystkie te pierścienie są, rzecz prosta, przecięte.

Izolację pomiędzy górnym a dolnym napięciem stanowi układ kilku tulei bakelitowych, wstawionych jedna w drugą i przedzielonych warstwami oleju (*c* — rys. 5). Każda tuleja zakończona jest wygiętym nazewnątrz kołnierzem bakelitowym — tzw. kapą (*d* — rys. 5). Doświadczenie uczy, że kapy te pozwalają na skrócenie odległości wysokiego napięcia od ziemi. Izolująca warstwa oleju pomiędzy uzwojeniem a skrzynią została określona na zasadzie doświadczeń i jest znacznie grubsza, niż to wypadłoby z teoretycznych obliczeń. W miejscach, w których warstwa ta jest najmniejsza, zastosowane zostały bariery. Tuleje izolacyjne oraz kapy zostały wykonane przez firmę „Micafil“ i przyjęte na zasadzie atestu laboratorium fabrycznego „Micafil“u.

Mechaniczna konstrukcja uzwojeń odznacza się przed wszystkim zastosowaniem sprężynowego docisku, który zabezpiecza od zluźniania się uzwojeń w miarę jego „osiadania“ oraz w zależności od wahań temperatury. Odsprężynowanie uzwojeń posiada również znaczenie z punktu widzenia mechanicznej wytrzymałości transformatora na zwarcie.

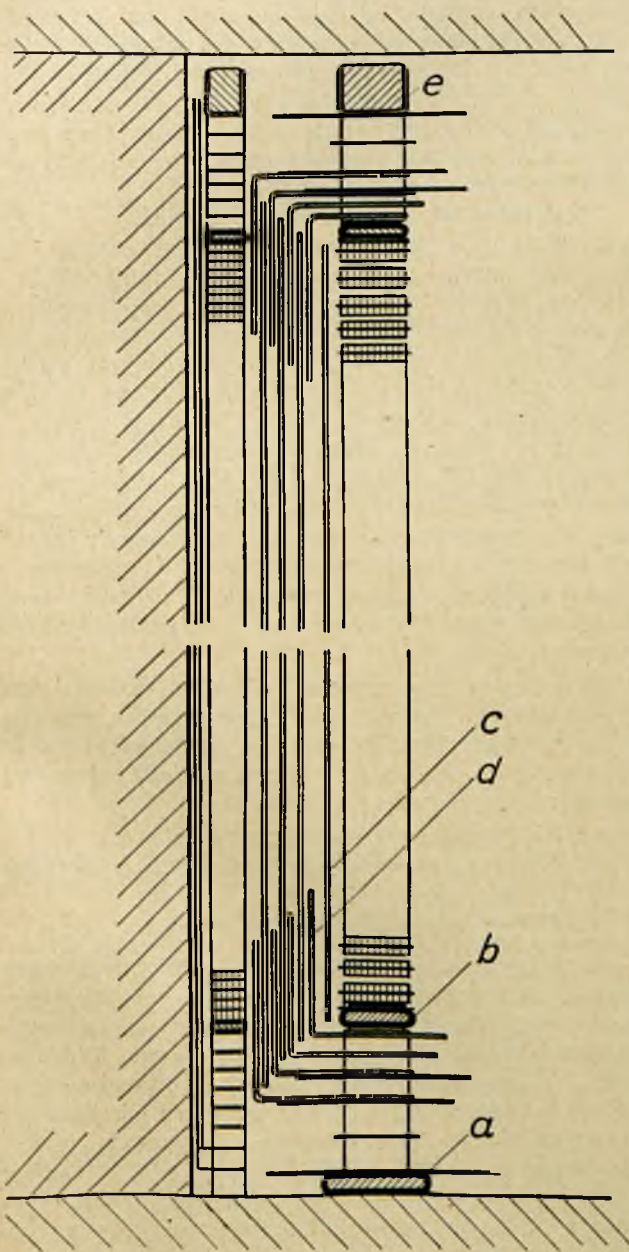
Wartość izolacji międzyzwojowej transformatorów nie była gwarantowana odbiorcy, ponieważ dotąd nie jest ona ostatecznie ujęta przez przepisy — poza próbą na wzmożone napięcie, która może wykryć tylko bardzo poważne błędy fabrykacyjne, nie daje natomiast żadnego poglądu o istotnej, przyjętej przez konstruktora, wartości izolacji międzyzwojowej. Tymczasem od właściwego wymiarowania izolacji międzyzwojowej zależy przede wszystkim odporność na działanie fal wędrownych, w tym zaś przypadku, kiedy transformatory pracują na liniach napowietrznych, trzeba się było z nimi szczególnie liczyć. Wytrzymałość izolacji międzyzwojowej zależy nie tylko od grubości i jakości użytego materiału (papieru bezkwaśnego), lecz i od sposobu wysuszenia uzwojeń oraz ich impregnowania. Dla sprawdzenia fabrykacji zostały wykonane próbne wycinki cewek, identyczne do użytych w transformatorach, i poddane tym samym procesom suszenia i impregnowania; jakim podlega całe uzwojenie. Wycinki te (rys. 6) próbowane były na wytrzymałość dielektryczną w oleju, przy czym otrzymano wyniki następujące:

1. Cewki wejściowe na napięcie 150 kV z izolacją wzmocnioną. Napięcie, które można utrzymać w ciągu 5 sekund, bez przebicia między zwojami wynosiło przeciętnie 92 kV. Średnia wartość napięcia przebicia: 96 kV.
2. Cewki uzwojenia 150 kV z izolacją normalną: wytrzymałość 5-cio sekundowa izolacji: 62,5 kV. Napięcie przebicia: 66 kV.

Powyższe dane odnoszą się do izolacji dwóch sąsiednich zwojów względem siebie, izolacja zaś sąsiednich warstw jest jeszcze mocniejsza. Jeżeli porównamy teraz uzyskane przez nas wyniki z wymaganiami, stawianymi przez różnych autorów, to okaże się, że osiągnięte przez nas wartości izolacji międzyzwojowej na cewce próbnej są bardzo dobre. Tak np. według przepisów *s z w e d z i c h* izolacja międzyzwojowa powinna wytrzymywać w ciągu 5 sekund napięcie:

$$2 \left( 1 + \frac{\sqrt{U}}{2} \right) \cdot \left( 1 + \frac{\sqrt[4]{P}}{4} \right),$$

gdzie oznaczają: *U* = napięcie w kV, *P* moc transformatora w kVA. Dla *P* = 12 000 i *U* = 150 otrzymamy wartość na izolację międzyzwojową.



Rys. 5.

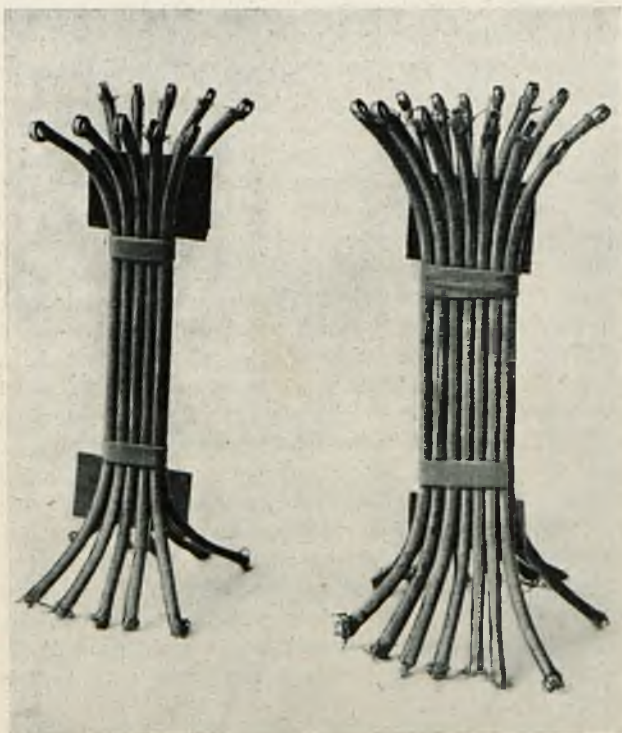
Schemat układu izolacyjnych tulei bakelitowych.



$$2 \left( 1 + \frac{\sqrt{150}}{2} \right) \cdot \left( 1 + \frac{\sqrt{12000}}{4} \right) = \left( 1 + \frac{12,3}{2} \right) \cdot \left( \frac{10,5}{4} \right) = 2 \cdot 7,15 \cdot 3,63 = 52 \text{ kV},$$

a więc o wiele niżej, niż wyniki nasze.

Przepisy angielskie BSS przewidują dla napięcia 150 kV izolację międzyzwojową o wytrzymałości 94 kV — dla cewek wejściowych oraz 23,5 kV — dla cewek dalszych. Wreszcie Nolen (EuM, 1936 r.) wysuwa w tym przypadku żądanie wytrzymałości 100 kV dla cewek wejściowych, schodząc stopniowo do 25 kV — dla cewek dalszych. Osiągnięte przez nas reguły zgadzają się dobrze z tymi warunkami, przy czym należy jeszcze zwrócić uwagę, że Nolen wyprowadza swe obliczenia w założeniu, że napięcie szczytowe fali wędrownej, jaka może dojść do uzwojenia transformatora może wynieść 1 090 kV, czyli tyle, ile wynosi udarowe napięcie przeskoiku izolatorów przepustowych.



Rys. 6.

Widok próbnych wycinków cewek, wykonanych celem sprawdzenia wytrzymałości izolacji międzyzwojowej.

Izolatory przepustowe na 150 kV zastosowane w transformatorach „ZEORK‘u“, dostarczone przez firmę „Micafil“, są typu kondensatorowego. Izolatory te poddane były na fabryce próbie przebicia na sucho w ciągu 5 minut przy  $380 \text{ kV}_{sk}$  i na mokro — przy tymże napięciu — w ciągu 1 minuty. Przy przepisowym ustawieniu różków napięcie przeskoiku wynosi średnio (przy  $17^{\circ} \text{C}$  i 739 mm ciśnienia)  $385 \text{ kV}_{sk}$ .

Przy fali 0,5/50 przeskok wynosi ok. 900 kV, zaś z różkami, w jakie izolatory te są zaopatrzone, napięcie udarowe przeskoiku wynosi  $680 \text{ kV} \pm 7\%$ . W ten sposób szczyt fali, z jakim liczyć się można dla tych transformatorów, wynosi zaledwie ok. 63%, a zapas wytrzymałości transformatora jest o ok. 60% większy od tego, jaki przewiduje Nolen. Inni autorzy stawiają wymagania jeszcze skromniejsze od cytowanych, pomijamy ich zatem przy przeprowadzaniu porównań z naszymi wynikami

W ten sposób możemy powiedzieć, że transformatory dla „ZEORK‘u“ zbudowane są z zastosowaniem mocnej izolacji międzyzwojowej, dającej transformatorom wytrzymałość na fale wędrowne.

Zasada transformatora bezrezonansowego, tj. dającego równomierny rozkład napięć nieustalonych na odpowiednio dobranych pojemnościach międzyzwojowych, która stała się od pewnego czasu przedmiotem zainteresowania w Stanach Zjednoczonych i częściowo w Niemczech, nie została tu zastosowana, ponieważ wartość jej z punktu widzenia pewności ruchu transformatora jest jeszcze problematyczna, a jedyne znaczenie, jakie może ona mieć dla konstruktora, tj. potaniecie, jest przy 150 kV nierealne. Wreszcie nadmienić trzeba, że transformatory zostały zamówione z pełnoizolowanym punktem zerowym, co znów przy zasadzie sterowania pola stanowi komplikację, jak można sądzić z literatury (Brand, Konferencja W. N. 1935 r.), — nie do przeczywienia.

Wytrzymałość transformatorów na zjawiska przepięciowe — trwające mikrosekundy — jest, oczywiście, parokrotnie większa od wytrzymałości na przepięcia, trwające całe sekundy, tj. takie, które są porównywalne z próbami 5 — 10-cio sekundowymi. Ta jednak okoliczność nie upoważnia konstruktorów linii do pozbycia się ostrożności przy projektowaniu całego zakładu i nie zwalnia ich od obowiązku szczegółowego opracowania zagadnień przepięciowych.

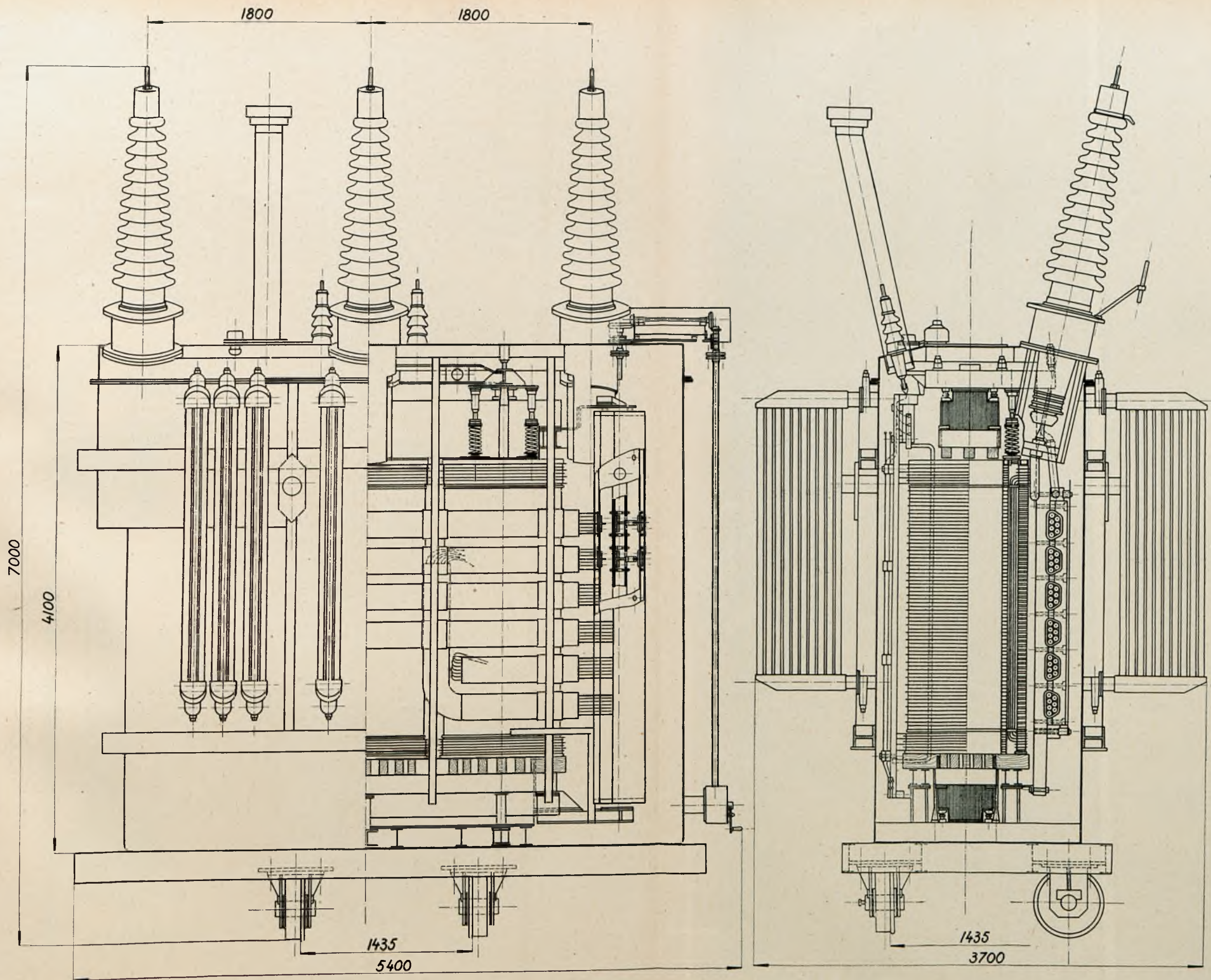
Wytrzymałość izolacji transformatorów do ziemi sprawdzana była próbą 1-minutową przy napięciu  $340 \text{ kV}_{sk}$ , mierzonym z pomocą iskiernika o średnicy kul 750 mm. Ze względu na dużą pojemność transformatorów transformator probierczy musi posiadać bardzo dużą moc (na stacji prób w Żychlinie transformator ten posiada moc 600 kVA w ciągu 5 minut). Przyjmijmy, że skoro transformatory wytrzymały 340 kV w ciągu minuty, to najmniejsze napięcie przebicia wynosiłoby tylko 20% więcej, tj.  $408 \text{ kV}_{sk}$ , czyli ok.  $575 \text{ kV}_{max}$ . Jeżeli przyjąć, że wytrzymałość całego układu, złożonego z różnych izolacji, przy przepięciach trwających mikrosekundy jest tylko dwukrotna, to otrzymamy 1 150 kV, jako napięcie przebicia do ziemi przy fali wędrownej. Jest to znów więcej, niż wynosi napięcie udarowe przeskoiku izolatorów przepustowych.

Fabrykacja transformatorów na 150 kV związana jest z większymi trudnościami technicznymi w porównaniu do fabrykacji transformatorów na mniejsze moce i niższe napięcia, głównie ze względu na następujące okoliczności:

1. duże wymiary i wagi transformatorów;
2. duże ilości odpowiedzialnych elementów izolacyjnych, oraz
3. długotrwały montaż fabryczny.

Punkt pierwszy pociąga za sobą konieczność posiadania dużej i wysokiej hali montażowej, zaopatrzonej w dostatecznej nośności dźwigi do montażu oraz wstawienia transformatorów do skrzyni i na wagon. Ponieważ cewki — dla osiągnięcia spójności mechanicznej — montuje się i sprasowuje na gorąco oddzielnie od rdzenia, a dopiero po ukończeniu prasowania, impregnacji i wstępnego suszenia zakłada się na kolumny, — zrozumiałym jest, jak dalece konieczna jest dokładność roboty. Prócz dźwigów hala montażowa posiadać musi obszerną suszarnię, w której pomieściłyby się całkowicie uzwojone i zmontowane (wraz z górnym jarzmem) rdzenie transformatorów. Suszarnia ta zaopatrzona jest w fabryce w Żychlinie w termometry wskazujące na odległość i wyko-





Rys. 2.  
Widok trójfazowego transformatora o mocy 12 000 kVA.



nana z regulowanym przepływem powietrza, które przed wejściem do komory przechodzi przez filtr.

Duże ilości elementów izolacyjnych (tuleje, kapy, bariery itp.) oraz odmienne od stosowanych przy niższych napięciach ich kształty w wysokim stopniu utrudniają montaż, wymagając pozatem dużej staranności i dokładności przy wykonywaniu i ich dopasowywaniu. Wreszcie długotrwały montaż fabryczny, podczas którego transformator pozostaje czasem przez parę miesięcy narażony na kurz i wilgoć z powietrza, wymaga — prócz utrzymywania czystości i równomiernej temperatury na hali monta-

żowej — stosowania dodatkowego suszenia transformatora oraz filtrowania oleju metodą obiegową z zastosowaniem podgrzewania oleju pod wysokim vacuum.

Instalacja, służąca do procesu równoczesnego filtrowania i suszenia oleju, rozwiązana została w ten sposób, że o ile nawet skrzynia transformatora nie jest przewidziana na wysokie vacuum, — próżnię wytwarza się w oddzielnym zbiorniku, włączonym w obieg. Dzięki temu urządzeniu osiąga się z reguły bardzo wysokie wytrzymałości elektryczne w oleju.

## Zagadnienia materiałowe w produkcji transformatorów 150 kV

lnż. Jerzy Schmidt

**Streszczenie.** W referacie omówione są własności głównych materiałów używanych do produkcji transformatorów na b. wysokie napięcie.

Blacha krajowa odbiega pod względem swych własności dość znacznie od gatunków stosowanych dziś na zachodzie Europy i w Ameryce. Nie można tego powiedzieć o polskim papierze i miedzi z krajowych walcowni, których jakość jest b. wysoka. Inne materiały izolacyjne, jak lakier do impregnowania uzwojeń, tuleje z papieru bakelizowanego transformerboard, izolatory przepustowe itp. nie są w ogóle dotychczas w kraju wyrabiane. Omówiono ich własności, sposoby badania oraz widoki dla podjęcia produkcji tych materiałów w Polsce.

Postęp, jaki obserwujemy w produkcji transformatorów w ciągu ostatnich lat kilkunastu, nie polega na odkryciu jakichś nowych praw czy formuł, lecz jest prawie że wyłącznie wynikiem stosowania nowych, bardziej doskonałych materiałów oraz lepszego ich wyzyskania. Postęp ten idzie w dwóch kierunkach: powiększenia sprawności transformacji przez obniżenie strat oraz obniżenia wagi materiałów zużytych do budowy na jeden kVA mocy transformatora.

Zadanie, które postawiła sobie fabryka zychlińska przy produkcji transformatorów 150 kV, polega na wyprodukowaniu takich jednostek, któreby nie tylko pod względem strat, lecz i pod względem swej jakości, nie ustępowały najlepszym fabrykatom zagranicznym. To też zagadnienie zdobycia odpowiednich materiałów do tak pojętej fabrykacji było w tych warunkach specjalnie ważnym.

Na koszty eksploatacji transformatorów wywierają decydujący wpływ *straty w żelazie*, zależne w pierwszym rzędzie od jakości blachy użytej do budowy transformatorów, zdobycie zaś na rynku polskim blachy o tej samej jakości, jak blacha stosowana powszechnie za granicą, nie było rzeczą łatwą. Produktem standartowym naszych hut jest dotychczas blacha o stratności 1,3 W/kg., o grubości 0,35 mm, podczas gdy na Zachodzie uważane są obecnie za normalne gatunki o stratności 1,1 W/kg. przy grubości 0,4 mm, przy czym nawet produkcja blachy o stratności poniżej 1 W/kg. większych trudności już nie sprawia.

Nawiązane w tej sprawie pertraktacje z jedną z hut krajowych doprowadziły do przyjęcia przez nią zamówienia na blachę o stratności 1,3 W/kg. przy grubości 0,4 mm; pozostało jedynie ustalenie dla tej blachy warunków technicznych. Przepisy polskie dla blachy żelaznej do celów elektrotechnicznych nie zostały dotychczas opracowane, to też przemysł nasz z konieczności posługu-

je się mocno już przestarzałymi normami niemieckimi DIN VDE 6400, które nie uwzględniają całego szeregu ważnych właściwości blachy; należało więc normy te odpowiednio uzupełnić. Uzupełnienie to obejmowało następujące najważniejsze punkty:

— 1. *Próba chropowatości.* Dla określenia osiągalnego praktycznie współczynnika wypełnienia prasuje się pakiet jednakowych pasków blachy pod ciśnieniem 30 kg/cm<sup>2</sup> i z wymiarów pakietu oblicza się średnią gęstość; gęstość ta nie powinna się różnić od rzeczywistej więcej, niż o 5%. Warunek ten nie został zresztą przez hutę przyjęty, a przeprowadzone później pomiary wykazały, że współczynnik chropowatości blachy leżał znacznie powyżej żądanej wielkości, wahając się w granicach od 8 do 15%.

— 2. *Próba kwasowości* polegała na kontroli celem stwierdzenia, czy blacha nie zawiera śladów kwasów, które mogłyby później ujemnie wpływać na własności materiałów izolacyjnych transformatora. Próba ta, która polegała na gotowaniu skrawków blachy w roztworze metyloranżu, dała we wszystkich wypadkach wynik dodatni i śladów kwasu nie stwierdzono.

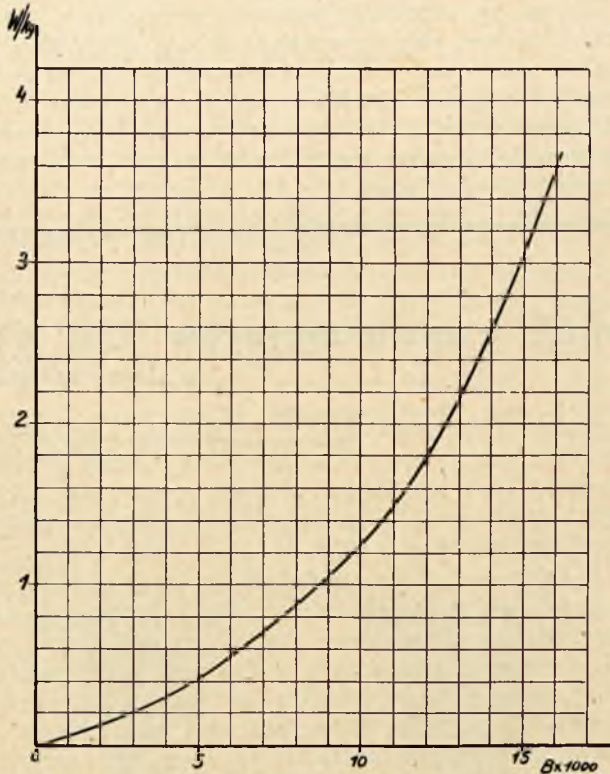
— 3. *Tolerancje grubości*, wymiary, własności magnetyczne itp., określone wg DIN VDE zostały dotrzymane. Przewidziane przez przepisy próby starzenia wykazały, że podaną przez niemieckie przepisy metodą ogrzewania do 100°C w ciągu 600 godzin żadnej konkretnej zmiany własności magnetycznych wykryć nie można, wobec czego omawiana blacha pod tym względem żadnych zastrzeżeń nie budzi. Przeciętne właściwości blachy transformatorowej o 0,4—1,3 W/kg. pokazane są na rys. 1.

Jak z powyższego widać, krajowa blacha transformatorowa nie dorównywa zagranicznym gatunkom w dwóch punktach: — a mianowicie pod względem stratności oraz struktury powierzchni. Jeżeli zważymy, że obniżenie stratności blachy pozwala na zastosowanie większych nasyceń w żelazie, powodując tym samym zmniejszenie wagi zarówno czynnego żelaza, jak i miedzi uzwojenia, — widoczne jest od razu, jak wielki jest wpływ czynnika stratności blachy na koszt transformatora. Pewną przeszkodę dla lepszego wyzyskania blachy stanowią rosnące szybko z nasyceniem wyższe harmoniczne prądu magnetycznego, walka z nimi jest jednakże możliwa, czego dowodem są zgłoszone w ostatnich latach patenty na transformatory pozbawione harmonicznych.

Zagadnienie chropowatości powierzchni, jakkolwiek jest znacznie łatwiejsze od opanowania, jest jednakże nie mniej ważne od poprzedniego, ponieważ zbyt wysoka chropowatość obniża współczynnik wypełnienia, zmniejszając efektywną grubość blachy. W tym kierunku możliwa



i konieczna jest znaczna poprawa, czego dowodzi chociażby porównanie chropowatości naszej blachy 8—15% z amerykańską 2—5%.



Rys. 1.

Charakterystyka blachy o stratności 1,3 W/kg.

O ile sprawa blachy nasuwała od początku poważne trudności, o tyle prosto przedstawiała się sprawa dostaw miedzi. Ponieważ wchodziła tu w grę wyłącznie dostawa miedzi gołej, kontrola dostarczonego materiału również nie nasuwała trudności. Wymagane były następujące własności:

- wytrzymałość na rozerwanie 20—25 kg/mm<sup>2</sup>;
- ciągliwość (przy  $l = 10$  d) 40%;
- twardość max. 40<sup>o</sup> Brinella przy nacisku 250 kg. w ciągu 30 sek. i średnicy kulki 5 mm.;;
- przewodność właściwa ok. 58 i nie niżej 57.

Własności te były na ogół dotrzymane, to też procent miedzi, jaka musiała być odrzucona, był bardzo niewielki; przewodność właściwa leżała przeważnie w granicach 58—59. Jak zresztą wykazuje praktyka, trudności przy wyrobie przewodów miedzianych profilowych leżą dziś nie tyle w dotrzymaniu dobrej przewodności, ile raczej w zachowaniu właściwej struktury powierzchni (zadziory!), stopnia twardości itp.

Materiały izolacyjne użyte do budowy transformatorów 150 kV podzielić można na 3 grupy, a mianowicie na:

- 1. materiały do izolacji przewodów,
- 2. materiały do izolacji uzwojeń względem siebie i względem rdzenia, oraz
- 3. izolatory przepustowe.

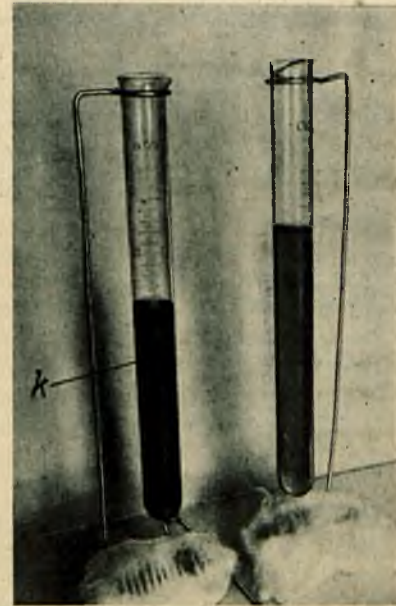
Do izolacji przewodów miedzianych użyto normalnie w tym celu stosowanych materiałów, tj. papieru i bawełny. Jedynie liczba warstw musiała być większa od normalnie stosowanej dla osiągnięcia dostatecznie wysokiej wytrzymałości izolacji międzyzwojowej. Użyty został do izolacji papier natronowy, wolny od kwasów, wy-

robu jednej z papierni krajowych. Dla sprawdzenia jego własności poddano go szczegółowym badaniom, których wyniki podane są niżej; dla porównania podano obok wyniki badania podobnego gatunku papieru zagranicznego.

	Papier polski	Papier zagraniczny
Długość zrywająca . . . . .	8421 m	10237 m
Wydłużenie . . . . .	2,9 %	2,5 %
Naprężenie zrywające pasek o szerokości 12,3 mm . . . . .	4,32 kg.	5,54 kg.
Grubość papieru . . . . .	0,061 mm	0,068 mm
Waga na m <sup>2</sup> . . . . .	41,7 g	44,0 g
Zawartość wilgoci . . . . .	5,0 %	6,3 %
Zawartość popiołu . . . . .	1,09 %	0,78 %

Liczyby te wskazują, że pod względem swych własności papier polski tylko bardzo nieznacznie ustępuje zagranicznemu.

Do impregnacji uzwojeń transformatorów olejowych używane są obecnie wyłącznie lakiery — tzw. piecowe; lakiery te podlegają suszeniu w temperaturze ok. 100<sup>o</sup> C, przy czym proces suszenia polega nie tylko na usunięciu rozpuszczalnika, lecz również na oksydacji warstewki zewnętrznej lakieru, która pod wpływem tlenu powietrza staje się odporną na wpływy chemiczne, w pierwszym zaś rzędzie — na wpływ gorącego oleju. Możliwość użycia do transformatorów olejowych lakierów wyrobu krajowego badana była wielokrotnie, okazało się jednak, że wszystkie nadsyłane próbki nie czyniły zadość wymaganiom, to też ostatecznie trzeba było użyć do tego celu lakieru szwajcarskiego.



Rys. 2.

Probówki z olejem pochodzącym z gotowania cewek impregnowanych lakierem krajowym (k) i zagranicznym. U dołu ślady lakieru na wacie.

Na rys. 2 pokazana jest fotografia dwu probówek zawierających olej pochodzący z naczyń, w których były gotowane, a ściślej mówiąc, ogrzewane w oleju (w temperaturze ok. 110<sup>o</sup> C) próbne cewki transformatorowe impregnowane lakierem. Lakier krajowy uległ przy tym dość silnie rozkładowemu działaniu gorącego oleju, który wskutek tego mocno ściemniał (lewa próbówka—k), podczas gdy lakier szwajcarski zjawiska tego nie wykazał i olej pozostał bez zmiany.



Jednym z najważniejszych materiałów stosowanych w technice wysokich napięć w ogóle, w transformatorach zaś w szczególności, — są przetwory bakelitowe, a w pierwszym rzędzie tuleje i kapy z papieru bakelizowanego. Wymagania, jakie dziś stawiamy tym materiałom, są bardzo wysokie, metody zaś ich badania bardzo skomplikowane. W pierwszym rzędzie wchodzi tu w grę wytrzymałość elektryczna w obu kierunkach, tj. w poprzecznym i podłużnym — w stosunku do warstw papieru; poza tym ważną rolę odgrywa stratność dielektryczna, wytrzymałość mechaniczna itp. Należyta oceną dobroci materiałów bakelitowych utrudnia brak odpowiednich obowiązujących przepisów; istniejące przepisy (np. VDE) są przestarzałe i nie dają dokładnego pojęcia o wartości materiału. Jako przykład, można przytoczyć, że przepisy VDE żądają np. zachowania wartości wytrzymałości na przebicie 10 kV/mm w ciągu 5 minut, co odpowiada wytrzymałości 1-minutowej ok. 14 kV, podczas gdy cały szereg pierwszorzędnych firm europejskich gwarantuje i dotrzymuje wytrzymałość minutową w granicach 20÷30 kV/mm.

O ile wytrzymałość na przebicie tulej bakelitowych w kierunku poprzecznym do warstw jest na ogół zupełnie wystarczająca i pozwala na opanowanie w oleju największych nawet naprężeń, o tyle niska jest jego wytrzymałość na naprężenia styczne do powierzchni uwarstwienia; nie przekracza ona na ogół 10% wartości poprzedniej. Dlatego też jest rzeczą niezmiernie ważną przy projektowaniu osiągnięcie takiego rozkładu pola, by składowa styczna naprężenia nigdzie nie przekraczała niewielkiej tej wartości.

Lepiej, niż wytrzymałość, pozwala ocenić wartość materiału pomiar stratności dielektrycznej, stałej dielektrycznej oraz tzw. kąta stratności, przy czym ważną jest nie tylko bezwzględna wartość tych wielkości, lecz również ich zależność od temperatury itp. Poza tym wzięc należy pod uwagę, że wartość stratności materiału niejednorodnego, jakim są np. tuleje bakelitowe, mierzona w kierunku prostym do płaszczyzny uwarstwienia, wypaść może zupełnie różna od tejże stratności mierzonej przy naprężeniach skierowanych równolegle do uwarstwienia.

Niezależnie od wszystkich tych zjawisk istnieje jeszcze niebezpieczeństwo wydzielania się przy wyższych temperaturach, a więc w czasie pracy transformatora, wody pochodzącej z chemicznego rozkładu tulej (por. Roth, Hochspannungstechnik, str. 68); zjawisko tego rodzaju, jakkolwiek niezmiernie niebezpieczne, nie daje się jednakże w ogóle wykryć w czasie prób odbiorczych.

Jak już zaznaczyliśmy wyżej, obowiązujące i miarodajne przepisy co do dielektrycznych własności wyrobów bakelitowych właściwie nie istnieją, istniejące zaś są mocno przestarzałe, — wobec szybkiego w tej dziedzinie postępu w ciągu lat ostatnich. To też wyrobienie sobie właściwego poglądu na jakość dostarczonych fabryce tulej transformatorowych nie jest bynajmniej rzeczą prostą, ani tanią. Do tego celu — poza zwykłym urządzeniem do badania na przebicie — dysponować trzeba jeszcze dość skomplikowanymi urządzeniami, jak np. mostek Scheringa, aby móc wykonać przy jego pomocy pomiary skomplikowanych charakterystyk w różnych temperaturach oraz przy różnych naprężeniach. Z drugiej strony wykonanie wszystkich tych prób odbiorczych na tych samych tulejach, które mają być następnie użyte do budowy transformatora, połączone jest z dość poważnym ryzykiem nadwyżenia materiału, jakkolwiek w sposób

pozornie, niewidoczny. Nie pozostaje więc nic innego, jak bądź wykonanie pomiarów na nadliczbowej tulei, bądź też wykonanie tulej dłuższych, niż potrzeba. Ten ostatni sposób przy transformatorach na b. wysokie napięcia nie zawsze jest możliwy do zastosowania wobec tego, że bardzo często dochodzimy tu w ogóle do granicznych długości, wykonalnych ze względów fabrykacyjnych. Pierwszy zaś sposób — pomiaru na tulejach nadliczbowych — ma sens jedynie w założeniu b. wielkiej równomierności wyrobu.

Sprawa nie jest więc bynajmniej prosta i jeżeli uwzględnić, że w wypadkach wątpliwych nie można opierać się na autorytecie przepisów — pozostaje jedynie wniosek, że przy wyborze dostawcy tulej i kap bakelitowych kierować się należy raczej zaufaniem i doświadczeniem, aniżeli wynikami pomiarów. W każdym razie mogą tu wchodzić w grę jedynie największe renomowane fabryki i to wyłącznie zagraniczne, ponieważ żadna z fabryk krajowych tego rodzaju tulej dotychczas nie wyrabia. Zastosowane w transformatorach ZEORKU tuleje i kapy pochodzą z fabryki szwajcarskiej „Micalfil“; ich wytrzymałość na przebicie leżała — zależnie od grubości — w granicach 22 — 28 kV/mm, mierzona w oleju o temperaturze ok. 90° C, przy pomocy kul o średnicy 25 mm.

Gdyby chodziło o uruchomienie w przyszłości krajowej produkcji tulej bakelitowych do transformatorów, to widoki nie wydają się złe: tuleje z papieru bakelizowanego używane są przez wszystkie niemal krajowe fabryki elektrotechniczne i wyrób ich w Polsce — wobec doskonałych wyników osiągniętych w innych dziedzinach przez nasze fabryki wyrobów bakelitowych — trudności technicznych przedstawiać nie powinien. Jedyną poważną przeszkodą wydaje się dość znaczny kapitał potrzebny na nabycie kosztownych urządzeń i maszyn.

Preszpan stosowany był przy transformatorach 150 kV w szerokim zakresie, jako materiał na wkładki dystansowe i izolacyjne, bariery etc. Zastosowano przy tym dwa rodzaje tego materiału, a mianowicie preszpan zwykły oraz specjalny — tzw. „transformerboard“.

Preszpan wyrabiany jest również przez jedną z fabryk polskich; jednakże grubsze tylko jego gatunki stoją na wysokości zadania, cieńsze natomiast odznaczają się znaczną kruchością i z tego względu nie do wszystkich nadają się celów. Poza tym nastęcza również trudności otrzymanie dużych arkuszy, a ponieważ w danym wypadku potrzebne były arkusze o wymiarze conajmniej 1200 × 2400 mm, wchodził więc w grę jedynie wyrób zagraniczny. Próby odbiorcze powierzono jednej z politechnik niemieckich; były one przeprowadzone na podstawie najnowszych przepisów VDE 0315 i wypadły dodatnio.

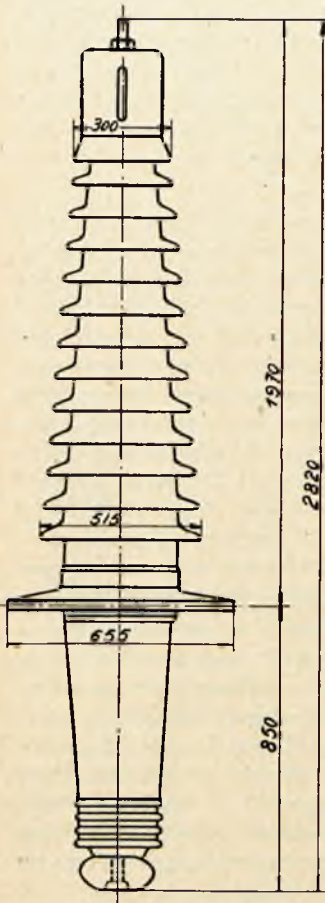
„Transformerboard“ (spotykany zresztą w handlu i pod innymi nazwami) jest materiałem przeznaczonym specjalnie do pracy w oleju; różni się on od zwykłego preszpanu głównie dużą zawartością celulozy bawełnianej oraz znaczną zdolnością pochłaniania oleju; jego własności dielektryczne, przede wszystkim zaś wytrzymałość na przebicie — niewiele ustępują wytrzymałości dobrych wyrobów bakelitowych.

Do transformatorów ZEORKU zastosowano „transformerboard“ szwajcarski firmy Weidman oraz — częściowo — angielski (Micanite and Insulators Co.). Był on badany przez Politechnikę Warszawską; osiągnięte wyniki były bardzo dobre.

Izolatory przepustowe zastosowane do transformatorów były trzech rodzajów — odpowiednio do wyso-



kości napięcia roboczego: 6, 30 oraz 150 kV; dla napięcia roboczego 6 i 30 kV zastosowano izolatory porcelanowe wykonane przez jedną z krajowych fabryk porcelany na



Rys. 3.  
Szkic izolatora  
przepustowego 150 kV.

podstawie rysunków dostarczonych przez fabrykę życheńską. Izolatory te oznaczają się niewielkimi wymiarami, dzięki zastosowaniu w nich okładek przewodzących wewnętrznych i zewnętrznych, służących do sterowania pola elektrycznego, i znacznego podwyższenia wskutek tego granicy jarzenia i przeskoku.

Rozwiązanie na tych samych zasadach, tj. przez zastosowanie, jako materiału izolacyjnego, samej porcelany — dla izolatorów 150 kV nie wydaje się możliwe, — to też wszystkie oferowane przepusty były typu kondensatorowego, napełnione olejem i zaopatrzone we własny konserwator; porcelana gra w takich izolatorach jedynie rolę zewnętrznego płaszczu ochronnego i podlega naprężeniom dielektrycznym głównie na powierzchni. Mimo zastosowania dielektryka podzielnego okładkami metalowymi wymiary tych izolatorów wypadają bardzo podobne (rys. 3).

Badanie laboratoryjne izolatorów przepustowych wymaga posiadania obszernego i dobrze zaopatrzonego laboratorium. Już zwykle badanie na przebicie na sucho i na mokro (wdg. VDE) przedstawia poważne trudności ze względu na wysokość napięcia próbnego dochodzącego do 400 kV; tego samego rzędu są napięcia przeskoku oraz granica wyładowań ślizgowych. Dla zorientowania się zaś co do wartości i zachowania się izolatora przepustowego przy normalnym napięciu roboczym należy wykonać szereg pomiarów mostkiem Scheringa — celem określenia zależności między stratami dielektrycznymi, wzgl. kątem stratności, a napięciem przyłożonym do przepustu. W pewnych wreszcie przypadkach może być wskazany przeprowadzenie próby ciągłej najwyższym dopuszczalnym dla danego izolatora napięciem roboczym; próba ta połączona z ciągłym notowaniem wielkości strat dielektrycznych trwać winna aż do ustalenia się tych strat, co zająć może wiele godzin czasu. Wykresy zależności  $\tan \delta$  od czasu wraz z krzywą  $\tan \varphi$  w funkcji napięcia, zdjętą np. w czasie przeprowadzenia próby na przebicie, pozwalają stosunkowo najlepiej zorientować się w wartości przepustu, o której sam tylko fakt wytrzymania wszystkich przepisanych prób może nie dać dostatecznego pojęcia.

Widoki dla wytwarzania w kraju izolatorów przepustowych są na ogół dobre, pod warunkiem, oczywiście, — że należałoby opracować przepust uniwersalny, który mógłby być zastosowany zarówno do aparatów (wyłączniki, transformatory miernikowe), jak i do transformatorów. To ostatnie zagadnienie ważne jest ze względu na to, że przepusty transformatorowe podlegają dość wysokim, gdyż sięgającym 100° C temperaturom, muszą więc posiadać dostosowany do tych warunków dielektryk. Koszt ich jest wskutek tego zazwyczaj wyższy od przepustów stosowanych przy budowie aparatów elektrycznych.

## Komunikacja telefoniczna Mościce—Starachowice na przewodach wysokiego napięcia 150 kV

Inż. Henryk Kühn

Państwowy Instytut Telekomunikacyjny

**Streszczenie.** Referat zawiera opis urządzenia telekomunikacyjnego do komunikacji na przewodach sieci przesyłowej o napięciu 150 kV. Po omówieniu zasadniczych warunków i założeń, jakie wzięte zostały pod uwagę przy jego projektowaniu, Autor opisuje komunikację telefoniczną przy pomocy tego urządzenia i wskazuje główne wytyczne, jakimi należy się kierować przy dalszej rozbudowie sieci telekomunikacyjnej wysokiego napięcia. W dalszym ciągu referat zawiera szczegółowy opis całkowitego urządzenia telekomunikacyjnego, zaprojektowanego i wykonanego przez Państwowy Instytut Telekomunikacyjny, jego sposób działania oraz użytkowanie. Na zakończenie Autor podaje osiągnięte wyniki oraz pomiary wykonane na podstacjach w czasie instalowania urządzenia.

### ZAŁOŻENIA PODSTAWOWE.

Połączenie telefoniczne pomiędzy Mościcami a Starachowicami, które zostało urzeczywistnione za pomocą urządzeń (PIT) nadawczo - odbiorczych wysokiej częstotliwości przyłączonych do trójfazowej linii przesyłowej wysokiego napięcia 150 kV, 50 okr./sek. biegnącej pomiędzy zakładami elektrycznymi w Mościcach i Starachowicach, przystosowane jest wyłącznie do użytku wewnętrznego tych zakładów.

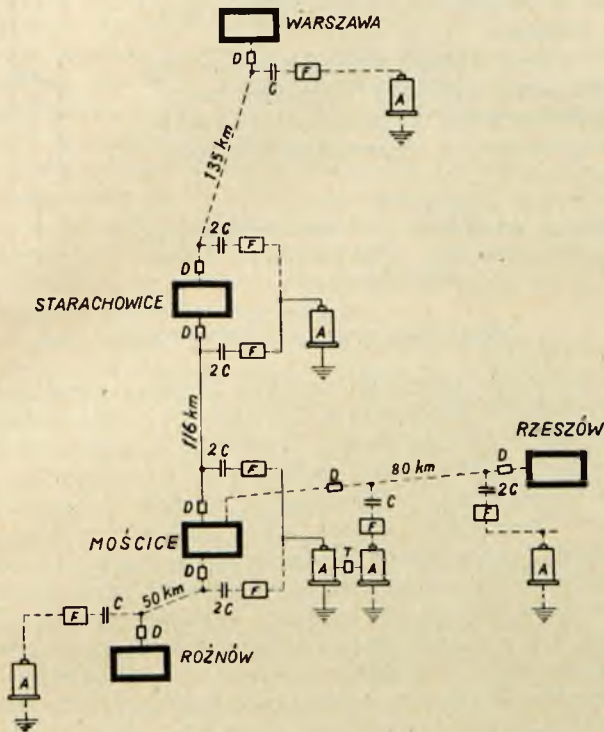
Aparaturę telefoniczną zainstalowaną w Mościcach i Starachowicach dostosowano do dalszej rozbudowy komunikacji telefonicznej (rys. 1), gdyż w najbliższej już przyszłości linia wysokiego napięcia Mościce — Starachowice zostanie przedłużona na obu krańcach, a mianowicie ze Starachowic do Warszawy i z Mościc do Rożnowa. Na rys. 1 linie przerywane oznaczają linie elektryczne wysokiego napięcia jeszcze nie wybudowane. Aparatury wysokiej częstotliwości A dołączone są do linii wysokiego napięcia za pomocą filtrów liniowych F oraz kondensatorów sprzęgających C, których pojemność dla zastosowanych tu częstotliwości nośnych skompensowana jest przez te filtry. Kondensatory C dostosowane są do napięcia roboczego 150 kV.

Ażeby obwód prądów wysokiej częstotliwości zamykał się jedynie przez linię przesyłową, — włączone są na obu końcach każdego odcinka linii dławiki zaporowe D nie przepuszczające wysokich częstotliwości. Dławiki te posiadają wystarczająco małą oporność, aby swobodnie przepuszczać prąd zmienny o częstotliwości 50 okr./sek., zaś kondensatory sprzęgające są dostatecznie małej pojemności, aby stanowić zaporę dla tych prądów. Ograniczenie drogi przepływu prądów wysokiej częstotliwości za



pomocą dławików ma na celu uniezależnienie komunikacji telefonicznej od stanu na podstacjach, a więc np. od uziemienia przewodów na odpływie linii lub t. p.

Wszystkie cztery wymienione wyżej stacje — Rożnów, Mościce, Starachowice i Warszawa tworzą wspólnie jeden *okręg rozmów*, do którego nie jest przewidywane dołączenie dalszych stacji — ze względów, o których będzie mowa poniżej.



Rys. 1.

Sieć telekomunikacyjna na liniach przesyłowych 150 kV będących w budowie.

D — dławik zaporowy; C, 2C — kondensatory; F — filtr liniowy; A — aparatura telefoniczna wysokiej częstotliwości; T — translacja telefoniczna.

Ponieważ jednak plan elektryfikacji Polski obejmuje budowę linii przesyłowych wysokiego napięcia łączących znacznie więcej miejscowości, — zatem komunikacja telefoniczna wysokiej częstotliwości nie może się ograniczać do wspomnianego wyżej okręgu rozmów, lecz będzie musiała ulec rozszerzeniu na większą liczbę okręgów tworzących wspólnie *sieć telekomunikacyjną wysokiej częstotliwości*. Okręgi te mogą, oczywiście, tworzyć wspólną nieprzerwaną sieć, o ile chodzi o przesyłanie energii elektrycznej.

To też przy projektowaniu urządzeń telefonicznych dla Mościc i Starachowic została uwzględniona rozbudowa sieci telekomunikacyjnej wysokiego napięcia na dalsze okręgi. Dołączanie do sieci telekomunikacyjnej stacji z następnych okręgów odbywać się będzie w inny jednakże sposób, niż Rożnowa lub Warszawy, a mianowicie nie bezpośrednio po stronie wysokiej częstotliwości, lecz przy pomocy *translacji* telefonicznych. Dlatego też na stacji, w której zbiegają się dwa różne okręgi (np. w Mościcach), muszą być już wtedy ustawione dwie aparatury nadawczo - odbiorcze wysokiej częstotliwości, z których każda przyłącona będzie do innego okręgu rozmów. Jeśli więc do drugiego okręgu dołączony zostanie m. inn. Rzeszów, to wówczas rozmowa z Rzeszowa do Starachowic odbywać się będzie: na drodze z Rzeszowa do Mościc — za pośrednictwem wysokiej częstotliwości po linii wysokiego napięcia, dalej — na drodze akustycznej

przez translację T w Mościcach (rys. 1), a następnie — znów za pośrednictwem wysokiej częstotliwości na drodze Mościce — Starachowice po linii wysokiego napięcia.

Przy zastosowaniu *jednego toru telekomunikacyjnego* wysokiej częstotliwości, jak to ma miejsce w omawianym urządzeniu, zarówno w obrębie jednego okręgu, jak i pomiędzy okręgami, odbywać się może jednocześnie tylko jedna rozmowa.

Nawiązanie połączeń telefonicznych na obszarze całej sieci telekomunikacyjnej wysokiej częstotliwości odbywać się będzie automatycznie za pomocą wybierania tarczą numerową.

Ponieważ okręgi rozmów oddzielone będą od siebie translacjami akustycznymi — częstotliwości wysokie stosowane w tych okręgach dla tego samego połączenia telefonicznego mogą być różne. Dla komunikacji pomiędzy stacjami w okręgu Rożnów — Warszawa przyjęto *system dwufalowy* i obrano częstotliwości nośne 85 kHz oraz 110 kHz, które odpowiadają długościom fal 3529,4 m oraz 2727,3 m. Można jednakże przejść — w razie potrzeby — na inne częstotliwości, np. 80 kHz i 105 kHz, albo też 90 kHz i 115 kHz. Przy wyborze częstotliwości kierowano się tym, aby były one zawarte mniej więcej w zakresie od 60 do 130 kHz oraz, aby w ich pobliżu nie znajdowały się częstotliwości nadawczych stacji radiowych o dużej mocy, leżących w pobliżu linii Rożnów — Warszawa. Najbliżej leżące stacje radiowe\*), zarówno geograficznie, jak i w odniesieniu do długości fal, — podaje tabela I.

Tabela I.

Miejscowość	Częstotliwość kHz	Moc w antenie kW
Radom	68,0	40
Kraków	72,5	4
Radom	76,5	30
Radom	79,5	30
Radom	80,5	4
Gdynia	94,5	5
Gdynia	130,0	5

*Moc wyjściowa* aparatury wysokiej częstotliwości w Mościcach i Starachowicach wynosi obecnie ok. 15 watów. Przy dołączeniu dalszych odcinków linii w kierunku Rożnowa i Warszawy moc ta będzie mogła ulec powiększeniu do 20 watów, gdyż wówczas w Mościcach i Starachowicach energia wysokiej częstotliwości podzieli się na dwie linie przesyłowe, biegnące w dwie różne strony. Przy obieraniu mocy wyjściowej zwrócono uwagę, aby była ona dostatecznie większa od poziomu zakłóceń występujących na linii wysokiego napięcia.

W omawianej instalacji zastosowano *jednoprzewodowy* system dołączenia aparatury wysokiej częstotliwości do linii trójfazowej wysokiego napięcia; oznacza to, że aparatura ta dołączona jest do jednego przewodu linii; rolę drugiego przewodu odgrywa ziemia. System jednoprzewodowy wybrano ze względu na mniejszą liczbę potrzebnych kondensatorów sprzęgających, zabezpieczeń oraz dławików zaporowych, niż ma to miejsce przy systemie dwuprzewodowym, co w znacznym stopniu zmniejsza ogólny koszt instalacji wysokiej częstotliwości. A należy pamiętać, że koszt tych elementów w instalacji tego typu — w stosunku do ogólnego jej kosztu — jest dość

\*) Niektóre z tych stacji nie są jeszcze wybudowane, lecz znajdują się dopiero w budowie.



znaczny. System jedнопроводowy jest zresztą częściej stosowany, szczególnie w Europie. Posiada on wprawdzie kilka wad w porównaniu z dwupроводowym, wykazując większe tłumienie linii, większą wrażliwość na zakłócenia oraz uszkodzenia w linii przesyłowej i powodując silniejsze promieniowanie energii wysokiej częstotliwości, a tym samym oddziaływując na okoliczne odbiorniki radiofoniczne. Jednakowoż wyniki, jakie osiągnięto przy zastosowaniu tego systemu, a o których mowa będzie w zakończeniu niniejszego artykułu, okazały się w zupełności zadowalające.

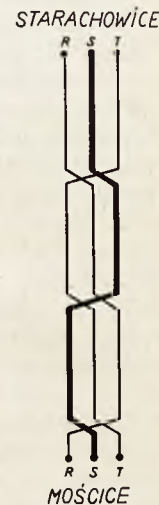
Zresztą należy zaznaczyć, że jeżeli chodzi o różnicę między obydwojma tymi systemami w promieniowaniu wysokiej częstotliwości oraz we wrażliwości na zakłócenia, to w omawianej linii wysokiego napięcia nie będzie ona zbyt wielka. Trójfazowa linia 150 kV Mościce — Starachowice posiada bowiem dwa przewody ogromne biegnące w niewiele większej odległości od wykorzystanego dla celów telekomunikacyjnych przewodu roboczego, niż wzajemna odległość między przewodami roboczymi. Wobec tego pole objęte przez przewody ogromne oraz wykorzystany przewód roboczy jest zaledwie nieco większe od pola, ograniczonego dwoma przewodami roboczymi linii trójfazowej, — tym bardziej, że przewody te są przeplatane i zawieszane w układzie płaskim. Ponieważ zaś zarówno wielkość zakłóceń, jak i promieniowania, zależy przede wszystkim właśnie od powierzchni wspomnianego pola, zatem przy układzie jedнопроводowym zakłócenia te będą niewiele większe, niż przy zastosowaniu układu dwupроводowego. Oprócz tego należy nadmienić, że oddziaływanie na odbiorniki radiofoniczne na skutek promieniowania linii wysokiego napięcia na częstotliwościach 85 kHz i 110 kHz będzie znacznie mniejsze, niż oddziaływanie nadawczych stacji radiowych podanych w tabeli I, które posiadają moc co najmniej kilkaset razy większą oraz anteny o znacznie większej skuteczności promieniowania. Wobec tego promieniowanie na częstotliwościach 85 kHz i 110 kHz przez linię wysokiego napięcia w porównaniu z promieniowaniem stacji radiowych należałoby raczej pominąć.

Ażeby w miarę możliwości zabezpieczyć się przed wpływem uszkodzeń linii wysokiego napięcia na komunikację telefoniczną, należy aparaturę wysokiej częstotliwości przyłączyć do tego z spośród trzech przewodów linii trójfazowej, który posiada *największą pojemność* całkowitą względem obu pozostałych przewodów. W ten sposób — w razie zerwania się tego przewodu lub zwarcia jego z ziemią — energia wysokiej częstotliwości łatwiej przechodzić będzie wzdłuż linii, niż przy wykorzystaniu innych przewodów, gdyż przewód ten sprzężony jest najsilniej z obu pozostałymi przewodami. Oczywiście, na końcowych odcinkach linii zarówno przerwa, jak i zwarcie z ziemią będą groźniejsze; im bowiem dalej od końców linii, tym warunki są korzystniejsze, ponieważ sprzężenie jest silniejsze, a dla pewnej *odległości krytycznej* osiąga ono już wartość wystarczającą dla nawiązania komunikacji telefonicznej. Należy zatem zwrócić uwagę na pojemność wykorzystanego przewodu względem obu pozostałych — przede wszystkim na końcowych przęsłach linii. W linii trójfazowej nieprzeplatanej, zawieszanej w płaszczyźnie poziomej, najkorzystniejszym do powyższego celu jest przewód środkowy, natomiast w linii przeplatanej w jednakowych odstępach, równych całkowitej długości linii podzielonej przez wielokrotność 3, — nie byłoby, oczywiście, żadnej różnicy, do którego z przewodów przyłączyć należy aparaturę.

Ponieważ jednakże linia Mościce — Starachowice oprócz trzech równych odcinków pomiędzy przepleceniami posiada jeszcze czwarty na długości ostatniego przęsła (rys. 2), zatem przewód, zajmujący to samo środkowe położenie na końcach linii posiadać będzie nieco większą pojemność względem pozostałych przewodów, w szczególności o ile chodzi o przęsła końcowe.

Z tych właśnie względów obrano dla przyłączenia aparatury wysokiej częstotliwości przewód *S* zajmujący *środkowe* położenie na odprowadzeniach linii.

Rys. 2.  
Schemat przepleceń na linii trójfazowej 150 kV. pomiędzy Mościcami i Starachowicami.



### KOMUNIKACJA TELEFONICZNA.

W stanie spoczynku urządzeń wysokiej częstotliwości czynne są odbiorniki wszystkich stacji dołączonych do wspólnego okręgu. Odbiorniki te nastrojone są na częstotliwość 110 kHz, nadajniki zaś — na 85 kHz.

Komunikacja telefoniczna w obrębie okręgu Rożnow — Warszawa odbywa się w sposób następujący: z chwilą, gdy w jednej ze stacji, np. w Starachowicach, nastąpi uruchomienie aparatury wysokiej częstotliwości w celu przeprowadzenia rozmowy, — zostaje wysłana z tej stacji fala nośna do odbiorników wszystkich trzech pozostałych stacji. Ponieważ odbiorniki te nastrojone są na częstotliwość 110 kHz następuje w Starachowicach automatyczna zmiana długości fali. Nadajnik zostaje przestrojony na 110 kHz, odbiornik zaś — na 85 kHz. Zjawienie się częstotliwości 110 kHz na linii wysokiego napięcia spowoduje na pozostałych stacjach przygotowanie urządzeń telefonicznych do odbioru impulsów tarczy numerowej oraz zaświecenie się czerwonych żarówek sygnalizacyjnych, — co oznacza, że linia została zajęta do rozmowy.

Każdej z pośród stacji leżących w obrębie jednego okręgu odpowiada odrębny numer, czyli że do jej uruchomienia potrzebna jest inna liczba impulsów. I tak dla Rożnowa przeznaczono numer 6, dla Mościc 7, dla Starachowic 8, dla Warszawy zaś 9. Przy wybieraniu tarczą numerową np. Mościc zostanie wysłanych 7 przerw fali nośnej. Jednocześnie z wysyłaniem impulsów tarczy numerowej obracać się będą wybieraki telefoniczne na pozostałych stacjach; po nadaniu 7-iu tych przerw wszystkie wybieraki zatrzymają się na 7-ym styku swego pola 10-stykowego. Do 7-go styku dołączony jest tylko w Mościcach przekaźnik, uruchamiający na tej stacji aparaturę telekomunikacyjną, dzięki czemu po wybraniu numeru 7 uruchomiona zostanie tylko aparatura w Mościcach, która wyśle falę nośną o częstotliwości 85 kHz. Na wszystkich zaś pozostałych stacjach urządzenia telefoniczne zakończą swoje czynności z chwilą zatrzymania się wybieraków na 7-ym styku.

Po uruchomieniu urządzenia telekomunikacyjnego w Mościcach zostają jednocześnie wysłane automatycznie: przerywane *sygnały dzwonięcia* do aparatu telefonicznego w Mościcach oraz *sygnały zwrotne*, modulujące wysłaną w Mościcach falę nośną 85 kHz częstotliwością 400 Hz. Dzięki temu abonent wywołujący w Starachowicach usłyszy wspomniane sygnały zwrotne, które po przejściu przez jego odbiornik wywołają w słuchawce przerywany ton 400 Hz.



Z chwilą podniesienia mikrotelefonu w Mościcach sygnały dzwonięcia oraz sygnały zwrotne zostaną przerwane, i rozmowa może już być rozpoczęta. Po zakończeniu rozmowy i położeniu mikrotelefonu na widełkach przez dowolnego z abonentów oba urządzenia telekomunikacyjne powracają do stanu spoczynku. Gdyby zatem na jednej ze stacji zapomniano po zakończeniu rozmowy położyć mikrotelefon na widełkach, to — pomimo to — aparatura telekomunikacyjna na tej stacji powróci do stanu spoczynku — dzięki położeniu mikrotelefonu na przeciwnej stacji. Wobec tego stacja, na której zapomniano położyć mikrotelefon na widełkach, może być znów wywołana do rozmowy.

Uzależnienie działania obu stacji, pomiędzy którymi została nawiązana komunikacja telefoniczna, od położenia mikrotelefonu na jednej tylko z nich ma na celu uniknięcie blokowania linii oraz niepotrzebnej pracy aparatury wysokiej częstotliwości na stacji, na której zapomniano położyć mikrotelefon.

Jeśli w trakcie rozmowy pomiędzy Starachowicami a Mościcami abonent — np. w Rożnowie — będzie chciał uruchomić swą aparaturę telefoniczną, to nie będzie on mógł tego uczynić, gdyż linia została zajęta dla przeprowadzenia rozmowy, przy czym, jako akustyczny *sygnał zajętości* linii, usłyszy on w słuchawce szybko przerywany ton 400 Hz. Gdyby jednakże ów abonent w Rożnowie miał bardzo pilną rozmowę, może on za pomocą specjalnego przełącznika wysłać kolejno do obu rozmawiających *sygnały alarmowe*, po usłyszeniu których winni oni przerwać swą rozmowę. Po zwolnieniu przez nich linii abonent w Rożnowie będzie już mógł połączyć się z dowolną stacją.

W specjalnym wypadku, gdyby np. którykolwiek z abonentów po uruchomieniu swej aparatury — nie wybrał żadnej z pośród stacji i nie położył swego mikrotelefonu na widełki, na pozostałych stacjach będzie można wyłączyć jego aparaturę za pomocą tego samego przełącznika. Jak z powyższego widać, zarówno umyślne, jak i mimowolne blokowanie linii wysokiego napięcia jest niemożliwe. Posiada to doniosłe znaczenie ze względów eksploatacyjnych.

Do komunikacji pomiędzy okręgami zarezerwowane jest pięć pierwszych numerów tarczy numerowej. W ten sposób możliwe jest dołączenie do jednego okręgu pięciu translacji, — takich, jaką przedstawia np. rys. 1 w Mościcach. Komunikacja telefoniczna *między okręgami* odbywać się będzie w następujący sposób: jeśli abonent — np. w Starachowicach — zechce się połączyć z Rzeszowem, któremu przydzielono np. numer 7, to musi on najpierw wybrać przy pomocy tarczy numerowej numer okręgu, do którego Rzeszów należy (np. 2), a gdy zostanie na skutek tego uruchomiona aparatura w Mościcach należąca do drugiego okręgu, — wówczas powinien on wybrać numer 7. Zatem dla okręgu pierwszego (Rożnów — Warszawa) Rzeszów posiadać będzie numer 27. Jeśli pierwszemu okręgowi przydzielony zostanie numer 1, to dla drugiego okręgu Starachowice posiadać będą numer 18.

W ten sposób można będzie — w miarę rozbudowy sieci wysokiego napięcia — postępować dalej, — tak, że np. przy połączeniu za pomocą translacji czterech okręgów wzajemne numery krańcowych okręgów będą czterocyfrowe.

Połączenia telefoniczne wzdłuż więcej, niż *czterech okręgów* nie są wskazane — ze względu na zniekształcenia powstające przy przetwarzaniu wysokiej częstotliwości na niską, a następnie z powrotem na wysoką, a które przy stosowaniu większej liczby tego rodzaju przemian częstotliwości przekroczyć mogą wartość dopuszczalną.

Nie jest wskazane także dołączanie więcej, niż *czterech stacji* do wspólnego okręgu ze względów technicznych i eksploatacyjnych. Albowiem przy stosowaniu zbyt dużej liczby *stacji przelotowych*, — takich, jakimi będą np. Starachowice i Mościce, — przy połączeniu telefonicznym pomiędzy Warszawą i Rożnowem wysokie częstotliwości napotykać będą po drodze na znaczną liczbę dławików zaporowych oraz filtrów liniowych. Pociąga to za sobą dwie wady. Jedną z nich polega na tym, że dławiki i filtry posiadają stosunkowo znaczne tłumienie i powodują zniekształcenia przenoszonych częstotliwości na skutek większego tłumienia bocznych wstęg modulacji, wzrastającego wraz z liczbą połączonych szeregowo dławików i filtrów; wskutek powyższego zmniejsza się zasięg połączeń telefonicznych, oraz zawartość w rozmowie *wyższych częstotliwości* akustycznych. Drugą niedogodnością — o charakterze już czysto eksploatacyjnym — jest to, że przy połączeniu dużej liczby stacji do wspólnego okręgu, w czasie rozmowy pomiędzy dwoma tylko stacjami większa liczba stacji trafia na zajęta linię i nie jest w stanie prowadzić rozmowy.

Jak widać z powyższych rozważań, budowa sieci telekomunikacyjnej wysokiego napięcia wymaga wszechstronnych rozważań i planowego postępowania.

Koniecznym staje się zatem u nas ustalenie ścisłego *planu rozbudowy sieci przesyłowych wysokiego napięcia*, podobnie jak to ma miejsce w innych państwach, — np. w Szwajcarii i w Italii, gdzie elektryfikacja kraju postępuje w myśl planu zakreślonego już w latach 1930 — 1931. Ustalenie takiego planu jest sprawą doniosłej wagi, dzięki niemu bowiem — przy szczegółowym opracowaniu zawczasu drogi rozwoju sieci telekomunikacyjnej na liniach wysokiego napięcia — można będzie uniknąć kosztownych przeróbek, które przy rozbudowie bezplanowej stają się zazwyczaj nieuniknione.

#### OPIS URZĄDZENIA.

Aparatury wysokiej częstotliwości zainstalowane w Mościcach i Starachowicach przeznaczone są do współpracy z różnymi aparatami telefonicznymi rozmieszczonymi na obu tych stacjach.

Ogólny schemat całej instalacji telefonicznej pokazany jest na rys. 3. Na obu stacjach kondensatory sprzęgające  $C$ , dławiki zaporowe  $D$ , zewnętrzne urządzenia zabezpieczające  $Z_z$  oraz filtry liniowe  $F$ , umieszczone są na terenie podstacji — na wolnym powietrzu. Filtry liniowe  $F$  połączone są z aparatami wysokiej częstotliwości  $A$  za pomocą kabli ziemnych wysokiej częstotliwości, do których po ich wejściu do budynków nastawni — przyłączone są wewnętrzne urządzenia zabezpieczające  $Z_w$ .

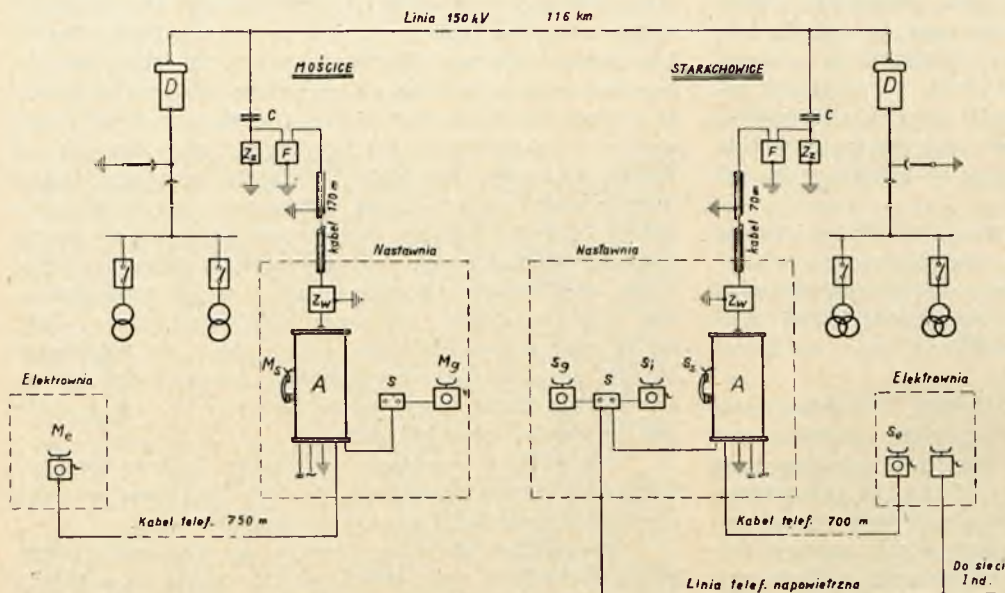
Stojaki aparatów wysokiej częstotliwości  $A$  są uziemione. Zasilanie aparatów odbywa się z sieci prądu zmiennego lub stałego. W Mościcach wewnątrz stojaka umieszczony jest aparat telefoniczny  $M_s$ . W obrębie nastawni stojak połączony jest z głównym aparatem telefonicznym  $M_g$  przez skrzynkę sygnałową  $S$ . Aparat  $M_g$  oraz skrzynka  $S$  ustawione są na stole dyżurnego rucha podczas, gdy stojak umieszczony jest zdala. Skrzynka sygnałowa  $S$  służy do świetlnego sygnalizowania sygnałów wywoławczych. Oprócz tych przyrządów dołączony jest jeszcze do stojaka za pomocą ziemnego kabla telefonicznego aparat telefoniczny  $M_e$  ustawiony w elektrowni.

Sytuacja w nastawni w Starachowicach różni się o tyle od sytuacji w Mościcach, że do skrzynki sygnałowej — oprócz aparatu głównego  $S_g$  — dołączony jest jeszcze drugi telefoniczny aparat indukcyjny  $S_i$  — do



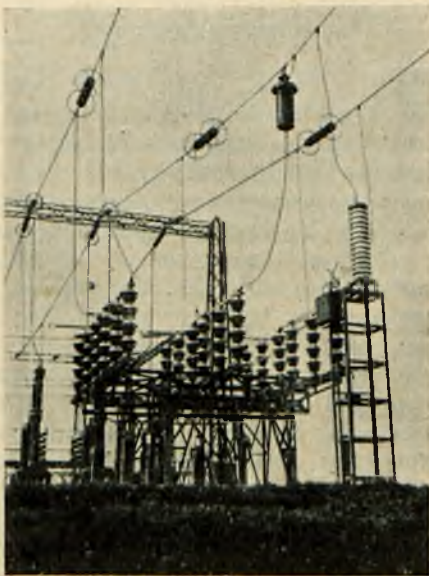
połączenia z aparaturą wysokiej częstotliwości miejscowej sieci indukcyjnej ZEORK'u. Oprócz aparatu  $S_e$  znajduje się w elektrowni w Starachowicach jeszcze aparat indukcyjny przyłączony do wspomnianej sieci indukcyjnej.

w ścisłym tego słowa znaczeniu, gdyż dla częstotliwości 85 kHz i 110 kHz nie przedstawia on oporności indukcyjnej, lecz oporność rzeczywistą. Posiada on bowiem oprócz wspomnianej zwojnicy  $Z$ , jeszcze jedną umieszczoną wewnątrz (niewidoczną na rys. 5) cewkę dodatkową



Rys. 3.  
Ogólny schemat połączeń urządzeń wysokiej częstotliwości w Mościcach i Starachowicach.

Fragment podstacji w Mościcach z widocznymi na niej urządzeniami wysokiej częstotliwości pokazany jest na rys. 4; na przewodzie drugim od lewej strony zawieszony jest dławik zaporowy. Dławik ten posiada osłonę



Rys. 4.  
Widok odprowadzenia linii 150 kV w Mościcach.

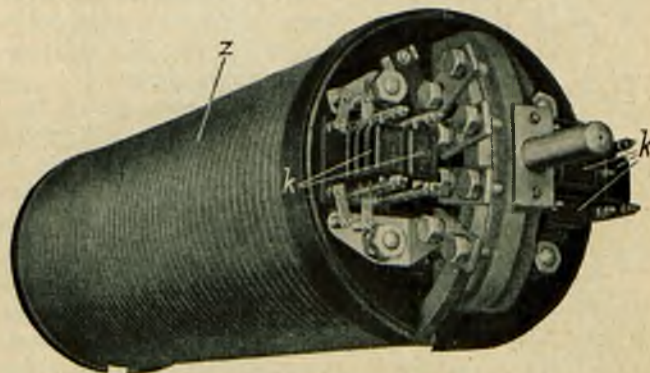
porcelanową chroniącą go od wpływów atmosferycznych; całkowita waga dławika wynosi 165 kg. Na rys. 5 dławik ten pokazany jest po zdjęciu osłony. Zasadniczą częścią składową dławika jest umieszczona nazewną zwojnica  $Z$  o indukcyjności 0,2 mH wykonana z grubego pręta miedzianego o przekroju prostokątnym na prąd roboczy 400 A; pręt ten wytrzymuje udarowy prąd zwarcia 17 000 A. Omawiany dławik nie jest właściwie dławikiem

o tej samej co tamta indukcyjności, lecz znacznie mniejszych wymiarach, oraz kilka kondensatorów stałych  $k$ , widocznych na przedniej głowicy dławika. Wszystkie te elementy tworzą obwody rezonansowe sprzężone, wytwarzające rezonans dla 85 kHz i 110 kHz, dzięki czemu przedstawiają one dla tych częstotliwości oporność rzeczywistą wynoszącą ok. 3000  $\Omega$ . Przejście dławika na odpowiednie częstotliwości odbywa się za pomocą wymiany kondensatorów.

Schemat elektryczny dławika podany jest na rys. 7, przedstawiającym szczegółowo połączenia pomiędzy linią wysokiego napięcia 150 kV i aparaturą wysokiej częstotliwości  $A$ . Równolegle do głównej zwojnicy  $Z$  tego dławika

dołączony jest ochronnik zaworowy  $O_z$  zabezpieczający izolację między zwojami dławika przed przebicciem — na wypadek uderzenia fali wędrownej. Na rys. 5 ochronnik ten nie jest widoczny, gdyż znajduje się on na tylnej głowicy dławika. Zaznaczony na schemacie (rys. 7) kondensator sprzęgający  $C_A$  widoczny jest na rys. 4 — poniżej dławika; jest on ustawiony na konstrukcji ramowej; jeszcze niżej widoczne są zabezpieczenia zewnętrzne i filtr liniowy umieszczony w skrzyni żeliwnej. Cały ten zespół widoczny jest wyraźnie na rys. 6.

Kondensator  $C_A$  posiada pojemność 1200  $\mu\text{F}$ ; napięcie próbne wynosi 350 kV — w ciągu 1 minuty. Ustrój kondensatora odizolowany jest względem uziemionej konstrukcji ramowej czterema izolatorami na napięcie 6 kV. Podstawa kondensatora, która łączy się z elektrodą niskiego napięcia, połączona jest — poprzez bezpiecznik topikowy na prąd 3 A ( $B$  — rys. 6) z filtrem liniowym  $F$ . Między ziemią a podstawą kondensatora włączony jest ochronnik różkowy ( $O_r$  — rys. 6) na 5 kV. Schemat tych połączeń widoczny jest na rys. 7, który przedstawia poza tym dalszy przebieg połączeń wewnątrz filtru liniowego.

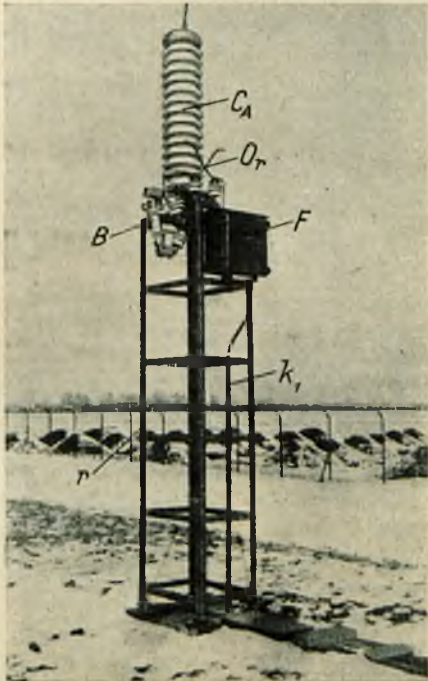


Rys. 5.  
Dławik zaporowy dla 85 kHz i 110 kHz.



Wewnętrzny widok filtru  $F$  — po zdjęciu żeliwnej pokrywy pokazany jest na rys. 8. W lewym dolnym rogu skrzyni umieszczony jest dławik upływowy  $L_u$ , nawinięty na szkielecie porcelanowym; dławik ten posiada induk-

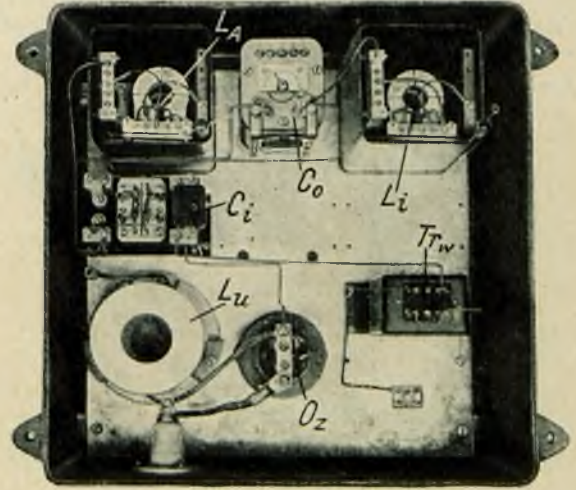
$C_d$  oraz  $C_i$ , w górnym zaś lewym rogu mieści się cewka koszykowa  $L_A$  nawinięta na rdzeniu kalitowym. Identyczna cewka znajduje się obok — w prawym rogu; jest to cewka  $L_i$ . Obie cewki sprzężone są ze sobą za pomo-



Rys. 6.

Kondensator sprzęgający na 150 kV wraz z zabezpieczeniami zewnętrznymi i filtrem liniowym.  $C_A$  — kondensator sprzęgający;  $O_r$  — ochronnik różkowy;  $B$  — bezpiecznik topikowy 3 A;  $F$  — filtr liniowy;  $k_i$  — kabel odprowadzający;  $r$  — konstrukcja wsporcza.

cyjność 0,1 H i wytrzymuje prąd o natężeniu 3 A. Obok niego znajduje się ochronnik zaworowy 5 kV ( $O_z$ ). Nad dławikiem upływowym przymocowane są kondensatory



Rys. 8.

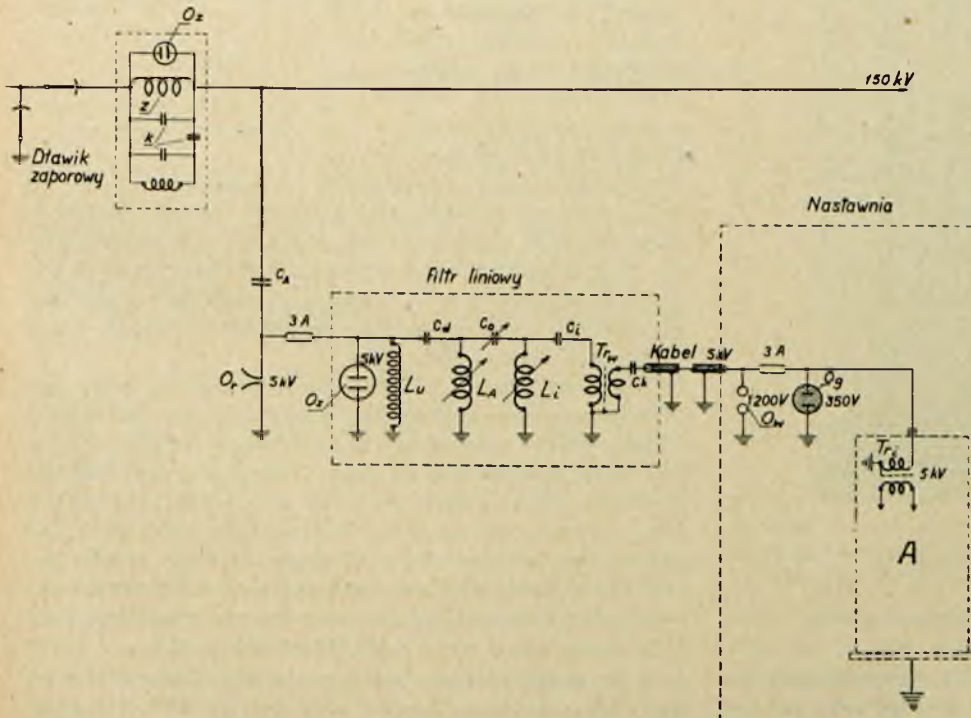
Widok filtru liniowego po zdjęciu pokrywy.

cą kondensatora obrotowego  $C_o$  umieszczonego między nimi. Poniżej cewki  $L_i$  znajduje się transformator wyjściowy filtru  $Tr_w$ , który służy do wzajemnego dopasowania filtru i kabla ziemnego. Transformator ten, wykonany na rdzeniu proszkowym, nawinięty jest toroidalnie. Kabel wychodzący z filtru widoczny jest na rys. 6 ( $k_i$ ); napięcie probiercze pomiędzy żyłą tego kabla a jego płaszczem ołowianym wynosi 5 kV.

Jak widać ze schematu rys. 7, filtr liniowy składa się zasadniczo z dwóch podobnych obwodów rezonansowych:  $C_A — L_A$  oraz  $L_i — C_i$ , sprzężonych pojemnościowo przy pomocy kondensatora  $C_o$ . Zmianę zakresu przepuszczanych częstotliwości uskutecznia się za pomocą regulacji indukcyjności  $L_A$  i  $L_i$ , oraz pojemności  $C_o$ .

W budynku nastawni znajdują się urządzenia zabezpieczające wewnętrzne  $Z_w$ , pokazane oddzielnie na rys. 9 oraz widoczne na rys. 10 — na ścianie u góry. Od strony kabla przyłączony jest ochronnik walcowy 1200 V ( $O_w$  — rys. 9), od strony zaś aparatury — ochronnik gazowy 350 V ( $O_g$ ); pomiędzy nimi znajduje się bezpiecznik topikowy 3 A ( $B$ ). Wewnątrz samej aparatury wysokiej częstotliwości mieści się jeszcze ostatnie zabezpieczenie, mianowicie transformator  $Tr_i$ , którego pierwotne uzwojenie wytrzymuje prąd o natężeniu 3 A, napięcie zaś probiercze pomiędzy uzwojeniem pierwotnym a wtórnym wynosi 5 kV.

Zewnętrzny widok aparatury wysokiej częstotliwości przedstawia rys. 10 i 11, ogólny zaś schemat połączeń tej aparatury pokazany jest na rys. 12. W skład aparatury wchodzi: odbiornik,



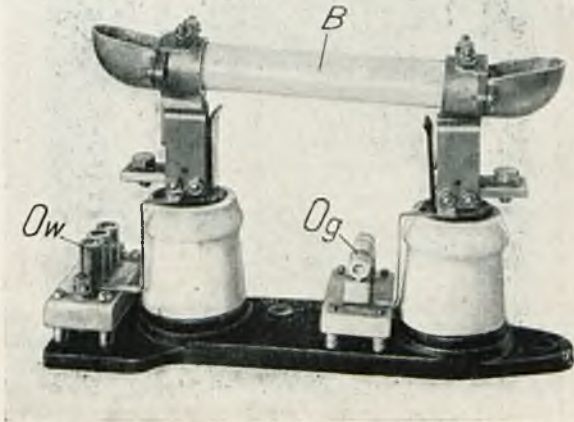
Rys. 7.

Schemat połączenia aparatury wysokiej częstotliwości z linią 150 kV.



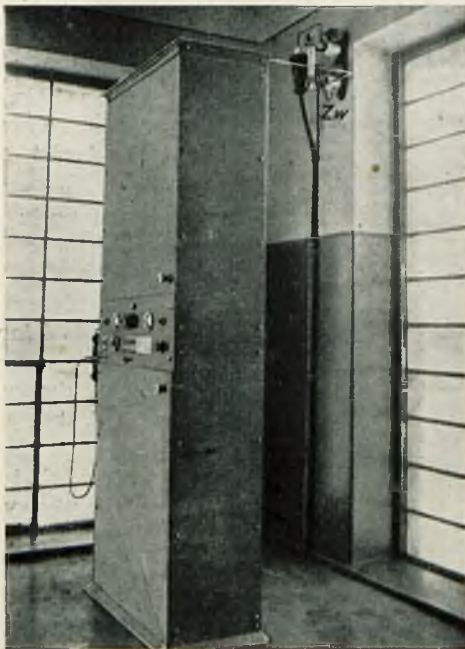
nadajnik oraz urządzenia: sygnałowe, telefoniczne automatyczne, sygnalizacyjne i zasilające. Figury zakreślane na rys. 11 oznaczają urządzenia czynne bez przerwy.

Odbiornik rozpoczyna się dwoma *filtrami* wejściowymi, górnym *FWeOG* i dolnym *FWeOD*, przełączanymi za pomocą przełączników *FO*. Filtr górny



Rys. 9.  
Zespół zabezpieczeń wewnętrznych.

przepuszcza częstotliwość 110 kHz, dolny zaś 85 kHz. Szerokość przepuszczanego pasma wynosi 6 kHz. Za filtrami wejściowymi — znajduje się jednostopniowy *wzmacniacz* wysokiej częstotliwości 1 z automatyczną regulacją napięcia wyjściowego, dzięki czemu wielkość napięcia po wzmocnieniu zostaje uniezależniona w pewnych grani-



Rys. 10.  
Stojak aparatury wysokiej częstotliwości w nastawni w Mościcach.  
*Z<sub>w</sub>* — zespół zabezpieczeń wewnętrznych.

cach od napięcia doprowadzonego do wzmacniacza. Zastosowanie regulacji automatycznej ma na celu uniezależnienie się od zmian tłumienia linii oraz mocy nadajnika odbieranej stacji. Głównym jednakże jej zadaniem będzie — przy rozbudowie okręgu — zrównanie po-

ziomów, odbieranych ze stacji znajdujących się w różnych odległościach. Pożądane jest bowiem, aby np. abonent w Rożnowie jednakowo głośno słyszał Mościce, jak i Starachowice czy też Warszawę, oraz, aby odbieranie impulsów tarczy numerowej nadawanych z tych stacji odbywało się w jednakowych warunkach.

Za pierwszym wzmacniaczem znajduje się *detektor* 2 wraz z drugim jednostopniowym wzmacniaczem wysokiej częstotliwości. Wzmacniacz ten dostarcza napięcia, które — po wyprostowaniu — uruchamia przekaźnik odbiorczy *IO* detektor prostuje falę nośną, dzięki czemu podczas jej modulacji otrzymuje się częstotliwości modulujące, a więc w tym wypadku częstotliwości akustyczne rozmowy. Przekaźnik odbiorczy *IO* odbiera sygnały nadchodzące z linii i uruchamia całą aparaturę.

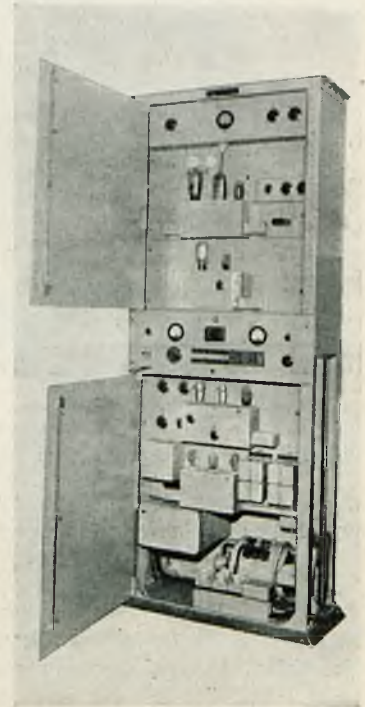
Za detektorem 2 następuje skolei jednostopniowy *końcowy wzmacniacz* niskiej częstotliwości 4. Odbiornik zakończony jest *filtrem wyjściowym* niskiej częstotliwości *FWyO* o szerokości pasma 300 — 2600 Hz. Filtr ten ma za zadanie nie przepuszczać harmonicznych 50 Hz oraz wysokich tonów interferencyjnych. Jak z powyższego widać, odbiornik zawiera trzy lampy. Jest on zmontowany na wspólnej płycie, widocznej na rys. 12 i umieszczonej tuż pod środkową płytą pomiarową.

Główną część nadajnika stanowi *oscylator* wysokiej częstotliwości 3. Ze względów zasadniczych winien on posiadać dużą *stałość* częstotliwości; dlatego też w omawianym urządzeniu pracuje on w specjalnym układzie elektrycznym, posiada stabilizowane napięcia zasilające i umieszczone jest w termostacie. Stałość częstotliwości wynosi 0,002% przy zmianie napięć zasilających o 10%. Zmiana częstotliwości oscylatora odbywa się drogą zmiany pojemności obwodu drgań za pomocą styków *FN*.

Za oscylatorem znajduje się *separator* 5, czyli jednostopniowy wzmacniacz fali nośnej, mający za zadanie odseparowanie oscylatora od następnego stopnia, którym jest *końcowy wzmacniacz* mocy 7. Separator jest nieprzestrajalny, gdyż częstotliwości 85 kHz i 110 kHz leżą w jego zakresie wzmocnienia. Wzmacniacz końcowy 7 dostarcza moc do obwodu anodowego — ok. 30 watów bez modulacji; moc chwilowa podczas modulacji 100% wynosi zatem 120 watów. Zastosowaną tu lampą jest pen-toda nadawcza o mocy admisyjnej 100 watów.

Za wzmacniaczem mocy następują *filtry wyjściowe* nadajnika, górny *FWyNG* oraz dolny *FWyND*, przełączane za pomocą przełącznika *WN*.

Do *modulacji* fali nośnej służy jednostopniowy *wzmacniacz modulacyjny* niskiej częstotliwości 6; głą



Rys. 11.  
Widok stojaka aparatury wysokiej częstotliwości po otwarciu przednich drzwiczek.



bokość modulacji można regulować aż do 70% bez obawy zniekształceń.

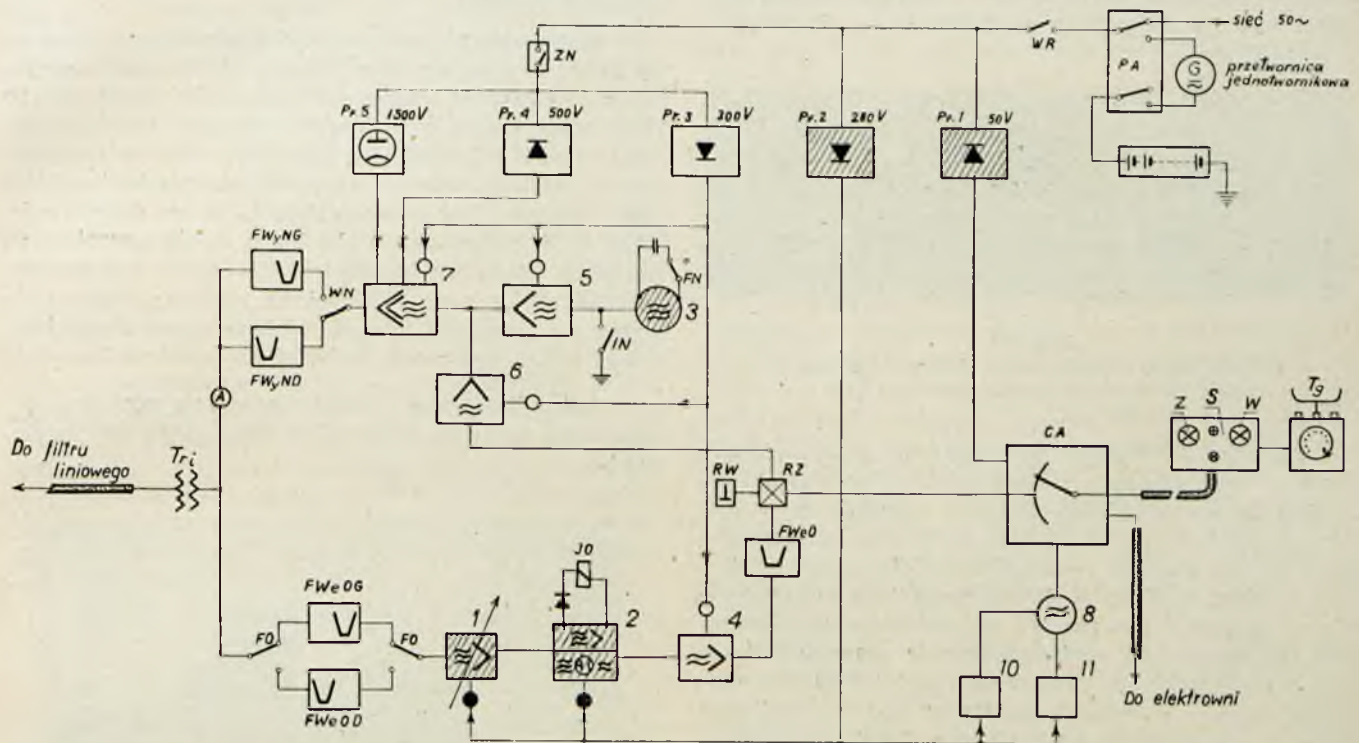
Wspólną część nadajnika i odbiornika stanowi rozwidlenie RZ, które służy do skierowywania w odpowiednich kierunkach prądów wychodzących z odbiornika oraz obwodu mikrofonowego i uniemożliwienia im drogi szkodliwej, jak np. z odbiornika na nadajnik. Do rozwidlenia dołączony jest równoważnik RW stanowiący elektryczne odbicie lustrzane linii telefonicznej, idącej z rozwidlenia do aparatu telefonicznego.

Płyta wzmacniacza modulacyjnego widoczna jest na rys. 11 — tuż nad płytą pomiarową; płyta oscylatora oraz pozostałych wzmacniaczy znajduje się nad nią. Na samej

napięcia 500 V dla obu pozostałych siatek pentody nadawczej.

Użyto tu prostowników stykowych, a nie lampowych, ze względu na większą ich trwałość; dla wyższych jednakże napięć (np. 1500 V) praktyczniejsze są prostowniki katodowe. Lamy 1, 2 i 3 żarzone są pośrednio prądem zmiennym, wszystkie zaś pozostałe lampy, które działają tylko w czasie rozmowy, żarzone są bezpośrednio również prądem zmiennym. Żarzenie bezpośrednio zastosowano w celu zredukowania do minimum czasu rozgrzewania się tych lamp.

Oprócz wspomnianych lamp jest jeszcze jedna lampka katodowa w generatorze akustycznym 8, dającym



Rys. 12.  
Ogólny schemat połączeń aparatury wysokiej częstotliwości.

górze stojaka umieszczone są filtry nadawcze oraz amperomierz do pomiaru prądu na wyjściu nadajnika. Po lewej stronie lampy modulacyjnej znajduje się jeszcze lampka neonowa tzw. „stabilowolt“ — do stabilizacji napięcia anodowego 280 V, obok zaś lampki nadawczej — również po lewej stronie — z brzoju — umieszczona jest dwukierunkowa lampka prostownicza dostarczająca napięcia stałego 1500 V na anodę tej lampki.

Oscylator umieszczony jest za płytą i stanowi odrębną całość, co pozwala na wyjęcie go; z zewnątrz widoczne są tylko trzy skale pokrętne — po prawej stronie wzmacniacza nadajnika. Do lamp oscylatora dostać się można po odkręceniu pokrywy przedzielonej zawiasem tuż nad tymi trzema skalami.

Zasilanie odbiornika oraz nadajnika odbywa się za pomocą trzech prostowników stykowych Pr.2, Pr.3 i Pr.4, oraz wspomnianego wyżej prostownika lampowego Pr.5 na napięciu 1500 V.

Prostownik Pr.2 dostarcza napięcia żarzenia oraz stabilizowanego napięcia anodowego 280 V dla lamp 1, 2 i 3; prostownik Pr.3 dostarcza napięcie żarzenia i anodowego 300 V dla anod lamp 4, 5, 6 oraz dla siatki osłonowej pentody 7. Wreszcie prostownik Pr.4 dostarcza ujemnego

częstotliwość 400 Hz. Generator ten wraz z urządzeniem neonowym 10 daje szybko przerwany ton 400 Hz, oznaczający zajętość; drugie urządzenie neonowe 11 daje wolno przerywane sygnały dzwonięcia oraz jednocześnie, kontrolne sygnały zwrotne 400 Hz otrzymane z generatora 8. Wszystkie te trzy urządzenia sygnałowe zasilane są z prostownika 2. Zastosowanie układów neonowych do otrzymywania przerywanych sygnałów akustycznych — zamiast układów przekątnikowych — ma na celu zapewnienie większej pewności działania — przez uniknięcie części ruchomych.

Automatyczne urządzenie telefoniczne CA na rys. 12 składa się z 24 przekątników telefonicznych oraz jednego wybieraka obrotowego. Zasilanie tych przekątników odbywa się z prostownika stykowego Pr.1 o napięciu 50 V.

Lampki 8, 10, 11 widoczne są na rys. 11 — poniżej odbiornika; na lewo od nich znajduje się prostownik Pr.1, po prawej zaś stronie widoczne są przekątniki urządzenia automatycznego. Przekątniki te zmontowane są w dwóch łatwo wymiennych zespołach.

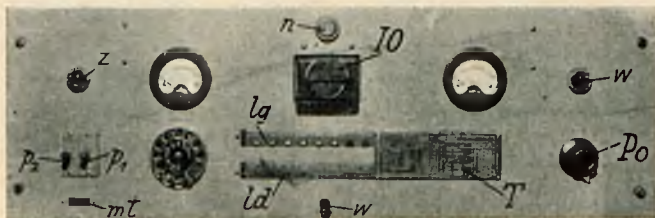
Ogólna liczba lamp katodowych w całej instalacji wynosi 9, w tym jedna lampka prostownicza; neonowych lamp mamy tu 3 oraz jedną żelazowodorową — do regu-



lacji prądu żarzenia lampy oscylatora wysokiej częstotliwości.

Cały stojak aparatury zasilany jest normalnie z sieci prądu zmiennego; wyposażony jest on jednakże w przełącznik automatyczny PA oraz w przetwornicę jednowrotnikową G z prądu stałego na zmienny, uruchamiana samoczynnie z baterii akumulatorów w razie zaniku napięcia zmiennego. Z chwilą powrotu tego napięcia, przetwornica zostaje zatrzymana — również samoczynnie. Przełącznik oraz przetwornica umieszczone są na samym dole stojaka (rys. 11), gdzie znajdują się również bezpieczniki oraz ręczny ogólny wyłącznik WR.

Całkowity pobór mocy prądu zmiennego przez aparaturę wysokiej częstotliwości wynosi podczas spoczynku ok. 300 W., podczas rozmowy zaś — ok. 600 W.



Rys. 13.  
Wydok płyty pomiarowej stojaka aparatury  
wysokiej częstotliwości.

Na rys. 13 pokazana jest oddzielnie płyta pomiarowa aparatury wysokiej częstotliwości. Do pomiarów służą dwa miliamperomierze; lewy — wskazuje prąd płynący w przekąźniku odbiorczym IO, prawy zaś przeznaczony jest do pomiarów wszystkich napięć prostowników oraz prądów anodowych. Przełączanie tego miliamperomierza odbywa się za pomocą 15-kontaktowego przełącznika obrotowego Po, umieszczonego w prawym dolnym rogu płyty. Obok tego przełącznika jest tabela T z wyszczególnieniem wszystkich pomiarów oraz wartości granicznych wskazań miliamperomierza. Prądy płynące w czasie pomiarów przez ten miliamperomierz we wszystkich położeniach przełącznika obrotowego dobrane są w ten sposób, aby wychylenia przyrządu pomiarowego były jednakowe — o ile tylko mierzone prądy i napięcia są właściwe.

Przekąźnik odbiorczy IO znajduje się na środku płyty — pomiędzy obydwoma miliamperomierzami; jest to przekąźnik telegraficzny odbiorczy, polaryzowany.

Pod nim umieszczone są — w górnym rzędzie lg — lampki sygnalizacyjne, w dolnym zaś ld — gniazda pomiarowe.

Wszystkie lampy katodowe urządzenia wysokiej częstotliwości posiadają przekąźniki załączone do obwodów anodowych. W razie zużycia się lampy odpowiedni przekąźnik nie zadziała, powodując tą drogą alarm i uruchamiając dzwonek oraz zapalenie się odpowiedniej lampki sygnalizacyjnej w górnym rzędzie lg tablicy pomiarowej; lampki sygnalizacyjne służą zatem do wskazywania, która lampa katodowa została zużyta i nie działa. Na rys. 12 są one oznaczone za pomocą małych kółeczek porzrzucanych wzdłuż linii oznaczających rozpiętych prądów zasilających. Kółka o polach czarnych odnoszą się do lamp pracujących bez przerwy, białe zaś — do lamp czynnych tylko w czasie rozmowy. Alarm sygnalizujący zużycie tych ostatnich nastąpić może wtedy tylko, gdy aparatura wysokiej częstotliwości została uruchomiona do rozmowy.

Oprócz alarmów sygnalizujących zużycie się lamp katodowych przewidziane są również alarmy na wypadek przepalenia się bezpieczników przy prostownikach zasilających.

Do wyłączenia dzwonka alarmowego, na czas usuwania uszkodzenia służy czarny przycisk w, umieszczony pod listwą ld gniazd pomiarowych. W lewym rogu płyty umieszczony jest aparat telefoniczny, z pośród części którego widoczne są nazewnątrz: tarcza numerowa, gniazdko mt do mikrotelefonu oraz dwa przełączniki przechylne. Przełącznik p, służy do rozmowy, lewy zaś p<sub>2</sub> — do nadawania sygnałów alarmowych na zajętej linii wysokiego napięcia w celu rozłączenia istniejącego połączenia telefonicznego.

Oprócz powyższych urządzeń umieszczone są jeszcze na płycie pomiarowej trzy duże żarówki sygnalizacyjne. Lewa — czerwona, oznaczona literą z, świeci się, gdy na linii mamy falę o częstotliwości 110 kHz wysłaną z zewnątrz, czyli z innych stacji; prawa — zielona, z umieszczoną na niej literą w, świeci się, gdy częstotliwość 110 kHz wysłana jest z wewnątrz, tj. przez daną stację; służy to do orientowania się, która stacja wywołała do rozmowy. Środkowa lampka neonowa n — nad przekąźnikiem odbiorczym — świeci się stale, co oznacza, że mamy do dyspozycji napięcie zmienne, pochodzące bądź z sieci prądu zmiennego, bądź też z przetwornicy.

Całkowite wymiary stojaka aparatury wysokiej częstotliwości wynoszą 240×90×40 cm, waga zaś — ok. 500 kg.



Rys. 14.  
Widok aparatów telefonicznych na stole dyżurnego ruchu  
w nastawni elektrowni w Mościcach.

Aparat główny telefoniczny T<sub>g</sub> (rys. 12) oraz skrzynka sygnałowa S widoczne są na rys. 14 — ustawione na stole dyżurnego ruchu w nastawni w Mościcach. Dwie duże żarówki sygnalizacyjne na skrzynce są to wspomniane poprzednio żarówki z i w; dolna mała żarówka — jest to sygnał optyczny dzwonka z elektrowni. W środku pomiędzy żarówkami umieszczony jest wskaźnik krzyżowy, który działa w czasie, kiedy aparat elektrowni włączony jest do rozmowy na linię wysokiego napięcia. Aparat telefoniczny główny posiada trzy przyciski w pobliżu dolnej krawędzi; lewy — służy do rozmowy z elektrownią, prawy — do rozmowy przez aparaturę wysokiej częstotliwości, środkowy zaś — dla dzwonienia do elektrowni. Aparat w elektrowni jest systemu centralnej baterii; posiada on tarczę numerową oraz induktor.



## SPOSÓB DZIAŁANIA I UŻYTKOWANIA APARATURY TELEFONICZNEJ WYSOKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI.

Uruchomienie urządzenia telefonicznego wysokiej częstotliwości odbywa się przez naciśnięcie prawego przycisku w telefonicznym aparacie głównym  $T_g$ , albo też prawego przełącznika przechyłnego na płycie pomiarowej w stojaku. Na skutek powyższego zaświecą się obie zielone żarówki  $W$  oraz zadziała przekaźnik  $ZN$ , którego styki pokazane są na rys. 12, dzięki czemu zaczną się żarzyć wszystkie lampy katodowe. Z chwilą, gdy cała instalacja będzie już gotowa do pracy, generator 8 wyśle do słuchawki telefonicznej wywołującego abonenta ton ciągły o częstotliwości 400 Hz, jako *sygnał zgłoszenia* się jego stacji. Czas liczony od chwili naciśnięcia przycisku w aparacie telefonicznym do chwili usłyszenia tonu zgłoszenia wynosi ok. 3 sek. Gdyby w ciągu ok. 10 sek. nie usłyszano na stacji wywołującej tego tonu — na skutek zużycia się lampy katodowej, to wówczas nastąpi samoczynny alarm. Po usłyszeniu tonu zgłoszenia można rozpocząć nakręcanie tarczą numerową.

Gdy — po wybraniu — wywołana stacja zostanie już uruchomiona, w słuchawce powstaną sygnały zwrotne dzwonięcia. Gdyby jednakże na wywoływanej stacji była np. zużyta jedna z lamp katodowych, to wówczas sygnałów zwrotnych dzwonięcia nie usłyszymy, na wywoływanej zaś stacji powstanie alarm, który nie ustanie nawet po położeniu mikrotelefonu przez abonenta wywołującego. Jeśli natomiast wywoływana stacja jest w porządku, to jej abonent — po usłyszeniu dzwonek wywoławczych — zgłasza się do rozmowy przez podniesienie mikrotelefonu i naciśnięcie bądź przycisku w aparacie głównym, bądź też przełącznika przechyłnego w stojaku, podobnie zresztą, jak to uczynił na początku abonent wywołujący.

U abonenta wywołanego oraz u wszystkich pozostałych, nie biorących udziału w rozmowie, świecą się czerwone żarówki z.

Lokalne rozmowy z elektrownią można przeprowadzać tylko z aparatu głównego. Należy wtedy nacisnąć lewy przycisk, a następnie dzwonić, naciskając przycisk środkowy. Jeśli abonent elektrowni pierwszy rozpoczyna wywoływanie przez obracanie korbką induktora, to w nastawni zadzwieczy dzwonek i w skrzynce sygnałowej zaświeci się odpowiednia żarówka. W nastawni należy wówczas się zgłosić, naciskając lewy przycisk — ten sam, co przy wywoływaniu elektrowni.

Łączenie elektrowni z aparaturą wysokiej częstotliwości odbywa się za pomocą jednoczesnego naciśnięcia obu skrajnych przycisków w aparacie głównym. Wybieranie przy pomocy tarczy numerowej w elektrowni odbywa się podobnie, jak w nastawni — po usłyszeniu sygnału zgłoszenia. Położenie mikrotelefonu na widełki — zarówno w nastawni, jak i w elektrowni — całkowicie przerywa połączenie telefoniczne, po czym obie aparaty wysokiej częstotliwości wracają do stanu spoczynku.

Prowadzenie rozmów z aparatu induktorowego  $S_i$  w Starachowicach odbywa się podobnie, jak i z każdego innego aparatu sieci induktorowej, włączanie zaś i wyłączanie aparaty wysokiej częstotliwości — za pomocą dwu przycisków, umieszczonych w tym aparacie. Aparat induktrowy  $S_i$  posiada ponadto tarczę numerową — dla ułatwienia wybierania oraz nieprzełączania się na aparat główny podczas połączeń sieci induktorowej z aparaturą wysokiej częstotliwości.

Podczas rozmowy prowadzonej z sieci induktorowej przez aparaturę wysokiej częstotliwości świeci się w

skrzynce sygnałowej specjalna żarówka. Oczywiście, po położeniu mikrotelefonu przez abonenta sieci induktorowej połączenie telefoniczne wysokiej częstotliwości nie zostanie przerwane; stanie się to dopiero po położeniu słuchawki także przez drugiego abonenta.

Konserwacja urządzenia wysokiej częstotliwości wymaga wykonywania pomiarów przez obsługę miejscową w odstępach jednego miesiąca — za pomocą 15-stykowego przełącznika obrotowego, sznura zakończonego dwoma wtyczkami telefonicznymi, oraz gniazd telefonicznych umieszczonych w dolnej listwie na płycie pomiarowej, które służą do sprawdzania automatycznej części telefonicznej. Oprócz tego konieczne jest czyszczenie przez obsługę fachową styków przekaźników telefonicznych w odstępach 2—3 miesięcy, podobnie, jak to ma miejsce przy konserwacji automatycznych central telefonicznych.

### OSIĄGNIĘTE WYNIKI POMIARÓW.

Omawiane urządzenie telefonii wysokiej częstotliwości zostało zainstalowane w końcu stycznia b. r., oddane zaś do użytku — na początku lutego. Podczas prac związanych z instalowaniem oraz badaniem tego urządzenia dokonano szeregu pomiarów i spostrzeżeń.

Na wstępie wykonano pomiary na linii wysokiego napięcia, a mianowicie pomiar jej oporu falowego dla wysokich częstotliwości oraz pomiar tłumienia. Opór falowy mierzony między ziemią a fazą środkową wynosił 410  $\Omega$  dla zakresu częstotliwości od 80 — 115 kHz. Tłumienie mierzone w tym samym układzie wynosiło, dla częstotliwości 85 kHz, 0,008 nep/km., a dla 110 kHz 0,011 nep/km. Całkowite tłumienie wraz z kondensatorami sprzęgającymi, filtrami, kablami ziemnymi itp. — mierzone od jednej aparaty wysokiej częstotliwości do drugiej — wynosiło dla 85 kHz 1,3 nepera, a dla 110 kHz 1,8 nepera.

Największe tłumienie całkowite, przy jakim może jeszcze odbywać się komunikacja telefoniczna, wynosi 4,5 nepera. Wynika stąd, że przy mocy nadawanej 15 watów napięcie odbierane nie może być mniejsze niż 0,8 wolta. Na taką właśnie czułość naregulowane są odbiorniki aparaty wysokiej częstotliwości. W praktyce okazało się, że czułość ta nie jest zbyt duża, gdyż napięcia zakłóceń pochodzących z linii wysokiego napięcia, będącej pod napięciem 150 kV, mierzone podczas silnych wyładowań w czasie deszczu, były znacznie mniejsze.

Obecność wysokiego napięcia na linii przejawia się w słuchawce telefonicznej bardzo nieznacznie — w postaci cichego skwierczenia (o poziomie ok. 5—7 neperów), które można usłyszeć dopiero w absolutnie cichym otoczeniu i przy użyciu dwóch słuchawek; podczas rozmowy szmer ten jest, oczywiście, zupełnie niesłyszalny. Jego natężenie zależy wyłącznie od wyładowań zachodzących na linii, wskutek czego jest ono większe, np. podczas deszczu, niż w pogodę suchą. Częstotliwość 50 Hz oraz jej harmoniczne nie występują zupełnie.

Podczas pierwszych dni pracy urządzenia telefonicznego komunikacja odbywała się bez dławików zaporowych zupełnie dobrze, pomimo obciążenia, jakie wprowadzały transformatory mocy 150 kV, znajdujące się na końcach linii.

Pomiary krzywych przenoszenia częstotliwości akustycznych w zakresie od 300 do 2600 Hz, zdejmowane na obydwu częstotliwościach nośnych pomiędzy obiema stacjami w obu kierunkach, wykazały, że odpowiadają one całkowicie warunkom technicznym Międzynarodowego Komitetu Doradczego (CCIF).



Bardzo ważną z punktu widzenia przeszkód w odbiorze radiofonicznym jest sprawa promieniowania wysokiej częstotliwości z linii wysokiego napięcia. Oczywiście, nie chodzi tu o promieniowanie częstotliwości podstawowych 85 kHz i 110 kHz, co było uzasadnione na początku artykułu; zresztą odbiorniki o przepisowej selektywności (przepisy SEP) nie będą z tej strony doznawały żadnych przeszkód. Należy jednak liczyć się z promieniowaniem harmonicznych zawartych w zakresie radiofonicznym 150—300 kHz, a więc drugiej i trzeciej harmonicznej 85 kHz, czyli 170 kHz i 255 kHz, oraz drugiej harmonicznej 110 kHz, czyli 220 kHz.

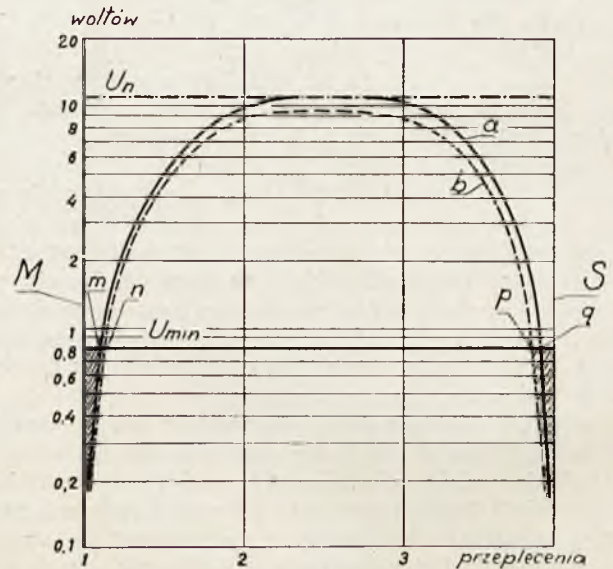
Orientacyjne pomiary w tym kierunku wykazały, że w odległości 200—300 m. od linii wysokiego napięcia, natężenie pola powstałego od promieniowania na tych częstotliwościach waha się w granicach od 0,03 do 0,08  $\frac{\text{mV}}{\text{m}}$ . Odbiór nadawczej stacji radiowej w Raszynie (Warszawa 1), pracującej na częstotliwości 224 kHz, jest w tych warunkach zupełnie możliwy nawet w pobliżu linii wysokiego napięcia, gdyż natężenie pola od anteny raszyńskiej wynosi w największym punkcie omawianej linii, a więc w Mościcach, 10  $\frac{\text{mV}}{\text{m}}$ . Oczywiście, bezpośrednio w pobliżu linii przesyłowej 150 kV odbiór radiofoniczny jest zupełnie niemożliwy, — a to nie ze względu na promieniowanie częstotliwości nośnych urządzeń telefonicznych wysokiej częstotliwości, lecz ze względu na silny poziom zakłóceń pochodzących od wyładowań na linii 150 kV.

Zagadnieniem końcowym było określenie wpływu bezpośredniego zwarcia z ziemią linii wysokiego napięcia na komunikację telefoniczną. Wykonano szereg pomiarów podczas uziemienia w kilku kolejnych punktach linii przesyłowej. Pomiary te polegały na odczytaniu napięcia odbieranego oraz na próbach nawiązania połączenia telefonicznego między obu stacjami. Jako wynik, otrzymano krzywą uwidocznioną na rys. 15; przedstawia ona wielkość napięcia odbieranego w zależności od miejsca uziemienia linii. Lewa rzędna  $M$  odnosi się do Mościc, prawa  $S$  — do Starachowic. Poziom  $U_{\min} = 0,8 \text{ V}$  jest najmniejszym dopuszczalnym napięciem odbieranym. Poziom  $U_n = 11 \text{ V}$  stanowi normalne napięcie odbierane.

Krzywa  $a$  przedstawia wpływ uziemienia przewodu wykorzystanego do komunikacji telefonicznej. Oczywiście, zwarcie z ziemią na końcach linii — w pobliżu kondensatorów sprzęgających uniemożliwia połączenie telefoniczne. Oddalanie się punktu uziemienia od końców linii powoduje szybki wzrost odbieranego napięcia. Przy pewnej krytycznej odległości od końców linii napięcie to osiąga już wielkość 0,8 V, wobec czego przy uziemionym w tym punkcie przewodzie komunikacja może się już odbywać bez przeszkód. Odległość ta wynosi od strony Mościc  $M - m = 4,5 \text{ km}$ , od strony zaś Starachowic  $S - q = 3,0 \text{ km}$ , a więc średnio kilkanaście pręseł. Pewna różnica w tych odległościach krytycznych spowodowana jest tym, że wykorzystany do pomiarów przewód od strony Starachowic biegnie w środku (rys. 2), a od strony Mościc, z wyjątkiem pierwszego pręśla, — bokiem toru linii.

Jak widać z powyższych wyników, zwarcie z ziemią fazy  $S$  linii w dowolnym punkcie na przestrzeni pozostałych 108,5 km. nie uszkodzi połączenia telefonicznego. Zwarcie tej fazy z ziemią w środku linii nie wpływa już zupełnie na przenoszenie wysokiej częstotliwości.

Krzywa  $b$  na rys. 15 przedstawia wpływ zwarcia z ziemią w wszystkich przewodach linii przesyłowej. Odległości krytyczne  $M - n$  oraz  $S - p$  są tu większe, niż poprzednio; są już one równe sobie i wynoszą 6 km. Uziemienie w środku linii wywiera tu nieznaczny wpływ na odbierane napięcie.



Rys. 15.

Krzywa odbieranego napięcia w zależności od miejsca zwarcia z ziemią na linii 150 kV.

Jak widać z pomiarów, podane wyżej wyniki są zupełnie zadawalające, tym bardziej jeżeli się zważy, że uziemienie linii w pobliżu podstacji nie jest trudne do zlokalizowania i nie wymaga tyle czasu do usunięcia, co uziemienie bardziej odległe; nie spowoduje więc ono dłuższej przerwy w komunikacji telefonicznej.

Przy usuwaniu uszkodzeń linii przesyłowej bardzo pomocne jest stałe połączenie telefoniczne drużyny technicznej, pracującej na trasie linii z najbliższymi podstacjami.

Opisane powyżej urządzenia telekomunikacyjne wysokiej częstotliwości nadają się również do tego celu. Dla uzyskania połączenia telefonicznego z tymi urządzeniami stałymi na podstacjach, drużyna techniczna winna się zaopatrzyć w sprzęt dodatkowy. W skład tego wyposażenia dodatkowego wchodzi: aparatura przenośna nadawczo-odbiorcza wysokiej częstotliwości, akumulator do jej zasilania oraz urządzenie antenowe.

Sposób uzyskania połączenia telefonicznego za pomocą takiego zespołu przenośnego jest zupełnie analogiczny do tego, jaki się stosuje w urządzeniach stacyjnych. Przenośne urządzenie nadawczo-odbiorcze wysokiej częstotliwości pozwala również na nawiązanie połączenia telefonicznego podczas włączonego napięcia na linię (np. przed rozpoczęciem lub po zakończeniu prac przy naprawie linii).

Oprócz opisanego zastosowania urządzenie telekomunikacyjne wysokiej częstotliwości może być wykorzystane podczas budowy linii przesyłowej jeszcze przed zawieszeniem przewodów na słupach. Nadaje się ono bowiem również do radiokomunikacji — tylko, oczywiście, na krótsze odległości, niż przy połączeniu przewodowym.



# Burze i przepięcia w polskich napowietrznych sieciach wysokich napięć w roku 1937

Inż.-el. J. Gniewiewski, I.T.N.

## Według statystyki Komisji Przepięć i Zakłóceń Sieciowych SEP

**Streszczenie.** Referat zawiera materiały, nadane przez przedsiębiorstwa elektryfikacyjne, poddane analizie i zestawione z materiałami z lat ubiegłych (Część I). Szereg obserwacji, które na przestrzeni czterech lat prowadzenia statystyki nie wykazały istotniejszych odchyłen przedstawiono w formie syntetycznej (Część II).

### WSTĘP.

Tegoroczny referat został podzielony na dwie części. W części pierwszej podano wszystkie te materiały, które na przestrzeni czterech lat prowadzenia statystyki wykazują zmienność, przez co wpływają na odmienne kształtowanie się zagadnień, wyjaśnieniem których zajmuje się statystyka. Druga część referatu zawiera dane, które w ciągu ubiegłego czterolecia wykazały wyraźną skłonność do powtarzania się, wobec czego mogą już być traktowane, jako częściowy wynik statystyki. W przyszłości będzie jednakże zwrócona uwaga, czy wyniki te okażą się istotnie ostatecznymi.

Zasadniczy układ materiałów i przyjęte oznaczenia są te same, co w latach ubiegłych. Nowością jest ujęcie całego szeregu danych w formę graficzną. Na przyjęcie tej formy wpłynęło to, że materiał porównawczy nie nosi charakteru liczb całkowicie ścisłych; poza tym forma gra-

ficzna ułatwia szybsze zorientowanie się w całokształcie zagadnienia.

Podstawą do tegorocznego referatu są, — podobnie jak w latach ubiegłych, kwestionariusze „A” i „B”, których treść i układ znane są ze statystyki za rok 1934.

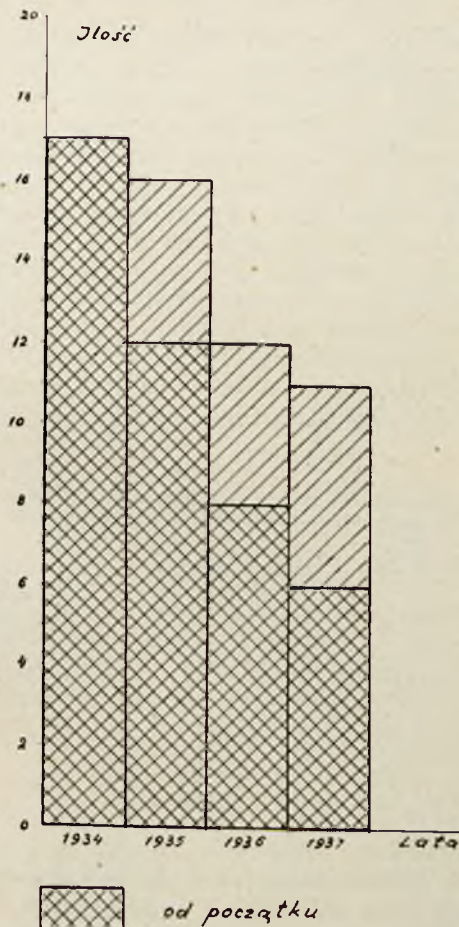
### CZĘŚĆ I.

Wyniki zestawione w tabeli I, oraz na wykresach rys. 1 i 2 podają ilość materiału, jaki w roku bieżącym był do dyspozycji, — w zestawieniu z latami ubiegłymi.

Tabela I.

Długość sieci przedsiębiorstw uczestniczących w statystyce w r. 1937.

Nr	km. linii	Uczestnictwo w statystyce w latach.
I	955	1934 — 35 — 36 — 37
II	477	1934 — 35 — 36 — 37
III	353	1934 — 35 — 36 — 37
IV	330	1935 — 1937
V	190	1934 — 35 — 1937
VI	178	1934 — 35 — 36 — 37
VII	146	1934 — 35 — 36 — 37
VIII	54	1934 — 35 — 1937
IX	52	1935 — 36 — 37
X	23	1934 — 1936 — 37
XI	22	1934 — 35 — 36 — 37
11	2780	R a z e m

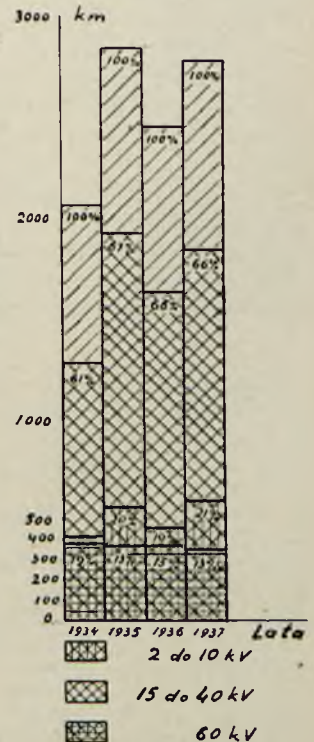


Rys. 1.

Uczestnictwo przedsiębiorstw w statystykach.

Uczestnictwo przedsiębiorstw w statystyce, jak to widać z rys. 1, zasadniczo maleje, długość natomiast linii objętych statystyką utrzymuje się na poziomie osiągniętym w latach ubiegłych. Należy podkreślić, że 6 przedsiębiorstw, uczestniczących w statystyce od początku jej istnienia, reprezentuje przeszło 3/4 ogólnej długości linii, objętych statystyką. Dlatego też wyodrębniono z pewnej ilości zestawień dane dotyczące tych sześciu przedsiębiorstw.

Wyprowadzenie orientacyjnych danych co do długości linii, objętych tegoroczną statystyką, w stosunku do długości wszystkich linii wysokiego napięcia w Polsce, — w roku bieżącym okazało się już niemożliwe. Jak wiadomo, za podstawę tych obliczeń przyjmowano poprzednio liczby podane przez prof. T. Czaplickiego w r. 1930, roczny zaś przyrost długości linii szacowano na 5%. Tego ro-



Rys. 2.

Długość linii objętych statystykami z podziałem pod względem grup wysokości napięcia.



dzaju przybliżone obliczenie przestaje już obecnie, według wszelkiego prawdopodobieństwa, oddawać rzeczywisty lub też nawet prawdopodobny chociażby stan rzeczy.

Jak widać z wykresu rys. 2, wzajemny stosunek długości linii różnych napięć nie ulega prawie żadnym zmianom. Można by przeto wykres ten przenieść do części drugiej referatu, zachowano go jednakże w części pierwszej, gdyż ostatnie inwestycje elektryfikacyjne wskazują na to, że już w najbliższych latach stosunek ten ulec może zmianie.

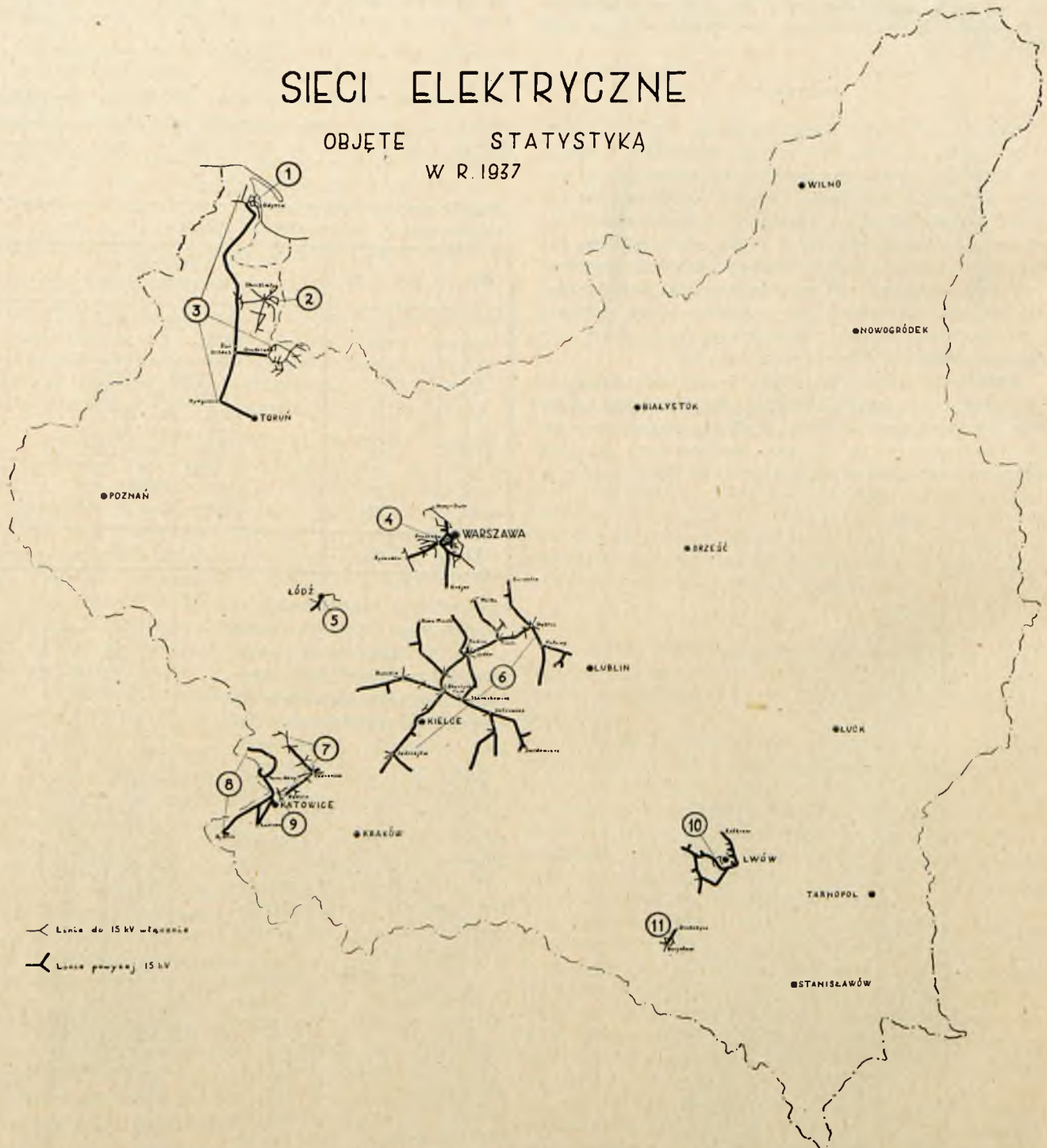
W chwili obecnej podstawowymi zagadnieniami, na

które zwrócona jest uwaga z punktu widzenia ochrony urządzeń elektrycznych od przepięć atmosferycznych i ich skutków, są, jak wiadomo: linka odgromowa, odgromniki oraz koordynacja izolacji. Dlatego też w niniejszej statystyce, w ramach rozporządzalnego materiału, uwzględniono głównie dane, odnoszące się do tych trzech zagadnień. Dane te zawarte są w tabelach II, III, IV, i V oraz podane na wykresach rys. 3, 4 i 5.

Stosowalność linki odgromowej pozostaje w dalszym ciągu nieznaczna. Wyraźniej występuje ona dopiero w liniach o napięciu 60 kV. Można jednakże się spodzie-

## SIECI ELEKTRYCZNE

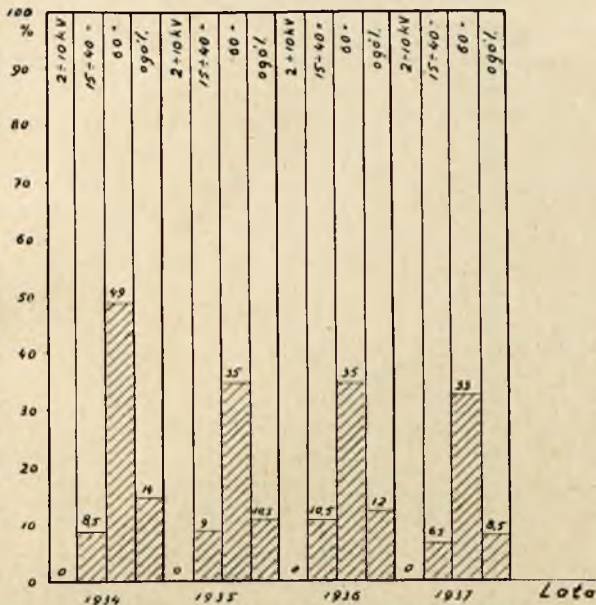
OBJĘTE STATYSTYKĄ  
W R. 1937



1 — Miejskie Zakłady Elektryczne w Gdyni; 2 — Elektrownia Obwodowa „Pomorze — Stockimłyn“; 3 — Pomorska Elektrownia Krajowa „Gródek“; 4 — Elektrownia Okręgu Warszawskiego; 5 — Łódzkie Towarzystwo Elektryczne; 6 — Zjednoczenie Elektrowni Okręgu Radomsko-Kieleckiego „ZEORK“; 7 — Elektrownia Okręgowa w Zagłębiu Dąbrowskim; 8 — Śląskie Zakłady Elektryczne; 9 — Towarzystwo Górniczo-Przemysłowe „Sarturn“; 10 — Zakład Elektryczny Okręgu Lwowskiego; 11 — Galicyjskie Towarzystwo Naftowe „Galicja“.



wać, że długość linii zaopatrzonych w linkę odgromową w najbliższym czasie wzrośnie. Nie zmieni to jednak zasadniczego charakteru przypadków stosowania linki, gdyż zarówno względy natury ekonomicznej, jak i niejednokrotnie technicznej, wpływają na stosowanie jej głównie w liniach o napięciach bardzo wysokich. Natomiast na podstawie dotychczasowego stanu rzeczy można i nadal przypuszczać, że linie o napięciach średnich i niższych posiadać będą linkę odgromową w znikomej ilości, bądź też



Rys. 3. Stosowalność linki odgromowej.

nie będą jej posiadać wcale. Dla linii nie posiadających linki odgromowej na czoło zabiegów, mających na celu usunięcie lub zmniejszenie szkodliwego oddziaływania elektryczności atmosferycznej, wysuwa się o d g r o m n i k, co też potwierdza statystyka (tabela II). Wprawdzie liczba odgromników dawnych, przestarzałych już typów przewyższa jeszcze znacznie liczbę odgromników nowoczesnych niemniej jednak stosunek ten ulega powolnej lecz stałej zmianie na korzyść tych ostatnich. Szczególnie jaszkrawo daje się to zaobserwować przy napięciu 6 kV, jak również, aczkolwiek w słabszym już stopniu, przy napięciach 15 kV oraz rzędu 30 kV. Przeprowadzona pod tym kątem widzenia analiza przedsiębiorstw, które od początku uczestniczą w statystyce, wykazuje (tabela III) wyraźny

Tabela II. Rodzaj i liczba stosowanych odgromników (kompletów 3 faz) przy różnych napięciach.

Napięcie kV	L a t a				
	1934	1935	1936	1937	
60	I	1	3	3	2
	II	4	4	4	4
40	I	—	—	—	—
	II	2	2	2	—
35	I	11	11	11	12
	II	1	7	7	9
30	I	13	6	—	6
	II	3	7	3	8
20	I	29	29	29	—
	II	3	5	5	4
15	I	38	38	16	11
	II	4	5	7	11
10	I	3	—	3	3
	II	1	1	1	1
6	I	11	9	6	8
	II	4	30	31	44
5	I	126	125	122	122
	II	—	3	5	4
3	I	15	15	2	2
	II	5	7	5	5
Razem	I	247	236	192	166
	II	27	71	70	90
	I + II	274	307	262	256
%	I	90	77	73	65
	II	10	23	27	35

I — odgromniki dawnych typów.  
II — odgromniki nowoczesne.

ich podział na dwie kategorie. Trzy z pośród tych przedsiębiorstw są zdecydowanie aktywne pod względem unowocześniania swoich zabezpieczeń. Są to mianowicie przedsiębiorstwa A, C i E. Trzy zaś pozostałe — zajmują stanowisko jakgdyby wyczekujące, nie zmieniając prawie wcale stanu z przed lat czterech. Ponieważ interesującym może być tu wzrost stosowalności odgromników w zależności od wysokości napięcia, przeprowadzono bliższą jego analizę na wykresie rys. 4. Na podkreślenie zasługuje tu również wzrost odgromników przy napięciu 6 kV — niewspółmiernie duży w stosunku do innych napięć.

Zagadnienie izolacji urządzeń nie wykazuje prawie żadnych zmian. Sprawa koordynacji izolacji nie jest jeszcze dotychczas, jak wiadomo, zupełnie jednoznacznie wyjaśniona; poza tym przedsiębiorstwa krajowe nie mają możliwości przeprowadzenia szeroko zakrojonych doświad-

Tabela III. Rodzaj i liczba stosowanych odgromników w sieciach przedsiębiorstw, uczestniczących w statystyce od początku.

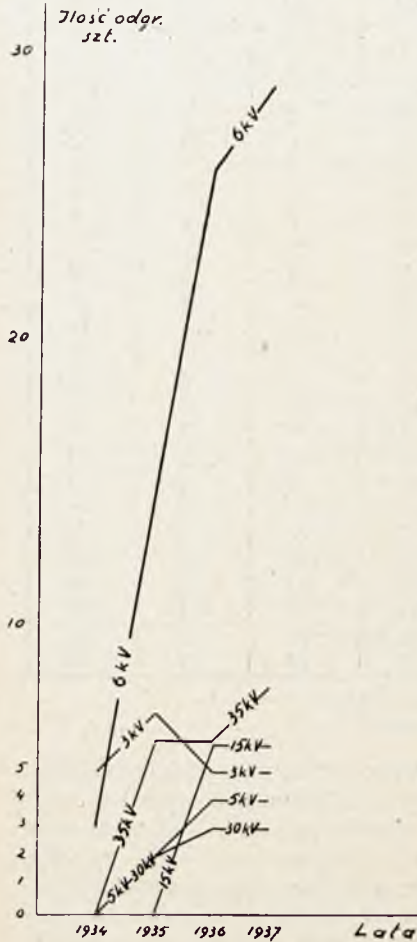
Przedsiębiorstwo	Długość sieci w km.				O d g r o m n i k i :															
					całkowita liczba:								na 100 km. sieci:							
	1934 1935 1936 1937				starych typów				nowoczesnych				starych typów				nowoczesnych			
					1934	1935	1936	1937	1934	1935	1936	1937	1934	1935	1936	1937	1934	1935	1936	1937
A	412	630	781	955	4	5	—	—	7	24	31	31	1,0	0,8	—	—	1,7	3,8	4,0	3,2
B	312	312	313	353	131	131	131	131	2	2	2	2	41,7	41,7	41,6	37,1	0,6	0,6	0,6	0,6
C	282	302	477	477	1	1	7	7	—	—	6	6	0,4	0,3	1,5	1,5	—	—	1,3	1,3
D	171	178	178	178	2	2	2	2	9	9	9	8	1,2	1,1	1,1	1,1	5,3	5,0	5,0	4,5
E	122	122	139	146	5	3	4	5	1	8	13	18	4,1	2,5	2,9	3,4	0,8	6,6	9,4	12,3
J <sub>2</sub>	22	22	22	22	4	4	4	4	—	—	—	—	18,2	18,2	18,2	18,2	—	—	—	—
Razem %	1 321	1 566	1 910	2 131	ś r e d n i o :															
					147	146	148	149	19	43	61	65	11,1	9,3	7,7	7,0	1,4	2,7	3,2	3,0



czeń na ten temat. Pewne wahania, jakie występują na wykresie rys. 5 oraz w tabelach IV i V znajdują swe uzasadnienie raczej w tym, że w statystyce nie uczestniczą stale jedne i te same przedsiębiorstwa. Bliższa analiza

wykazuje, że opinia poszczególnych przedsiębiorstw nie ulega w tym względzie prawie żadnym zmianom.

Charakterystyczny jest, co zostało już zresztą podkreślone w zeszłorocznej statystyce, pogląd przedsiębiorstw na wystarczalność stosowanych przez nie zabezpieczeń od przecięć. O ile mianowicie w pierwszym roku statystyki opinia na ten temat kształtowała się wybitnie ujemnie, o tyle w następnych latach uległa ona znacznej modyfikacji (rys. 6). Takie kształtowanie się opinii może wprawdzie znaleźć pewne uzasadnienie w stopniowym zmniejszaniu się strat (wykres rys. 9); jednakże biorąc pod uwagę bezwzględną wysokość tych strat, a także wyłączenia i zaburzenia w pracy linii, — gdyby nawet nie



Rys. 4.

Nowoczesne odgromniki w sieciach przedsiębiorstw A, C i E.

pociągały one za sobą żadnych kosztów, — zaobserwowana zmiana opinii ze strony przedsiębiorstw nie znajduje właściwie uzasadnienia.

Przechodząc do analizy kwestionariusza, „B“ należy na wstępie zaznaczyć, że prawie cały jego rozdział, który możnaby nazwać meteorologicznym, umieszczony został w

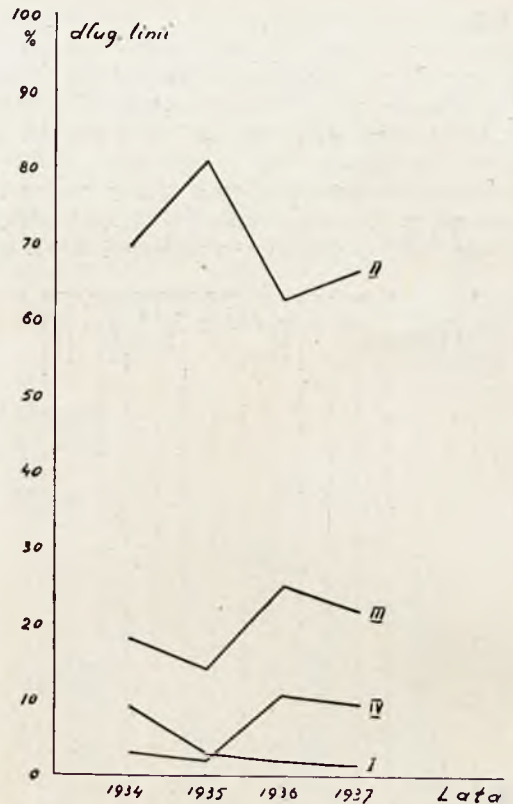
Tabela IV. Izolacja transformatorów i aparatów.

Izolacja	1934 r. 1935 r. 1936 r. 1937 r.			
	Liczba przedsiębiorstw:			
Według VDE . . . . .	—	6	4	3
Powyżej „ . . . . .	—	2	2	2
Poniżej „ . . . . .	—	4	4	4
Według różnych przepisów.	—	1	1	—
Niewiadome . . . . .	—	3	1	2

Tabela V.

Stosowalność miejsc o umyślnym osłabieniu izolacji.

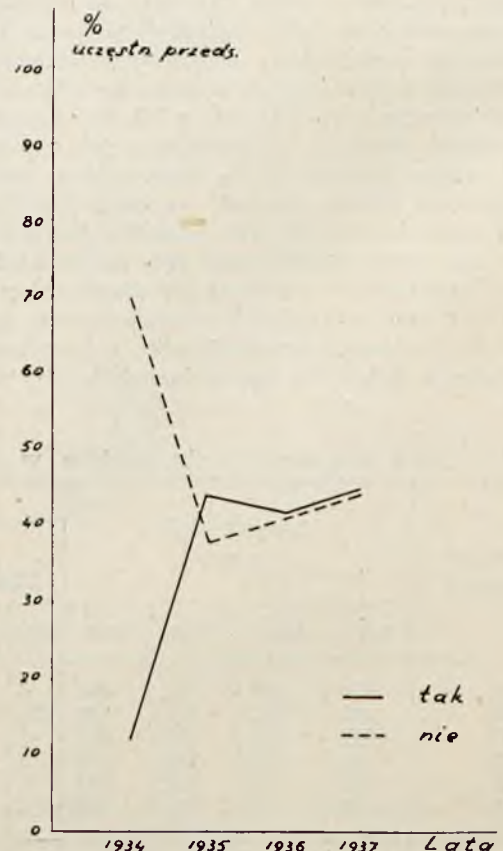
Czy stosuje się?	1934 r. 1935 r. 1936 r. 1937 r.			
	Liczba przedsiębiorstw:			
Tak . . . . .	3	3	3	3
Nie . . . . .	11	11	7	6
Niewiadomo . . . . .	3	2	2	2



Rys. 5.

Izolacja linii.

I — B. wysoka (budowana na wyższe napięcie); II — powyżej VDE; III — Zgodnie i poniżej VDE; IV — Zgodnie i poniżej PNE.



Rys. 6.

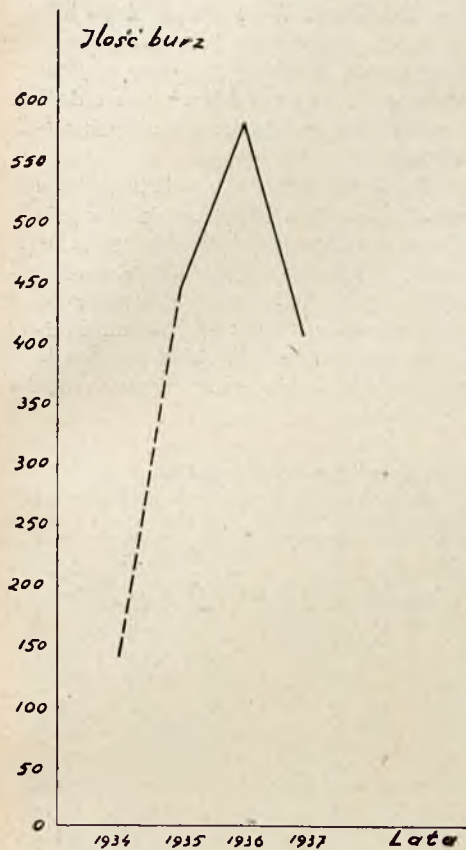
Opinia przedsiębiorstw o wystarczalności stosowanych przez nie zabezpieczeń.



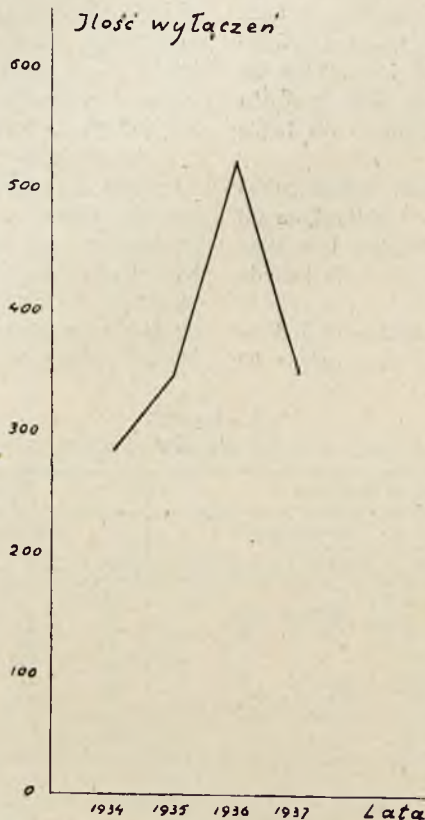
części drugiej referatu. Wykres rys. 7 umieszczono jednak w części pierwszej, przedstawia on bowiem zasadniczą wartość dla każdorocznej statystyki. Widzimy z tego wykresu, że rok ubiegły należał raczej do słabszych pod względem burzowym; (w pierwszym roku prowadzenia

ków głównych (wykres rys. 8 oraz tabela VIII), natomiast podobnego związku pomiędzy nasileniem burzy a wyłączeniami nie zauważono.

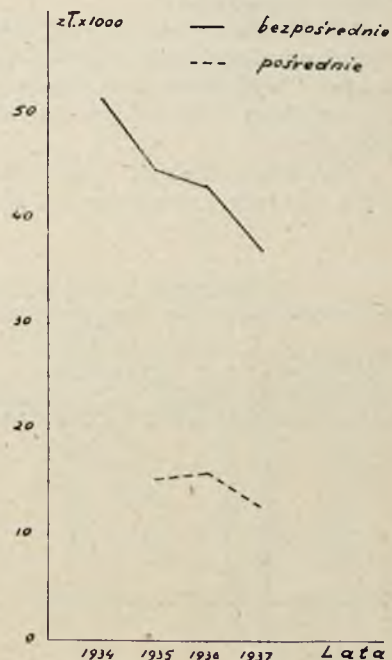
Podane w tabeli VI i VII uszkodzenia bezpośrednie zostały podzielone na dwie grupy: na uszkodzenia na li-



Rys. 7. Ilość burz objętych statystykami.



Rys. 8. Ilość wyłączeń wyłączników głównych.



Rys. 9. Wysokość strat: bezpośrednich (uszkodzenia) i pośrednich (niedostarczona energia).

statystyki — 1934 — uwzględniano prawie tylko te burze, które wpłynęły w jakikolwiek bądź sposób na stan urządzeń elektrycznych, począwszy natomiast od roku 1935, przedsiębiorstwa rozszerzyły w większości wypadków zakres swych obserwacji, podając w statystyce również te burze, które pozostały bez wpływu na urządzenia elektryczne).

Już dziś można dopatrzeć się pewnego związku pomiędzy ilością burz (rys. 7) a liczbą wyłączeń wyłączni-

niach oraz na stacjach; zrezygnowano natomiast z podziału bardziej szczegółowego, który nie oddawałby nadal zasadniczego stanu rzeczy, co zresztą podkreślono w dyskusji nad statystyką na Zjeździe SEP w roku ubiegłym. Ograniczono się także do wyprowadzenia w obu tych, jak również i w dalszych tabelach wartości średnich porównawczych, odniesionych tylko do jednostki długości sieci, gdyż, jak to już wspomnieliśmy wyżej, nie wszystkie przedsiębiorstwa prowadzą w jednakowy sposób ilości-

Tabela VI. Uszkodzenia bezpośrednie.

Napięcie kV	Całkowita liczba uszkodzeń								Liczba uszkodzeń na 100 km. sieci							
	Na liniach				Na stacjach				Na liniach				Na stacjach			
	1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.	1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.	1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.	1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.
60	16	15	10	3	10	5	2	3	4,2	4,1	2,8	0,8	2,6	1,4	0,6	0,8
40	—	—	2	—	1	—	—	2	—	—	0,2	—	0,1	—	—	0,2
35	53	4	10	10	18	12	17	24	28,0	1,9	5,4	4,7	9,5	5,6	9,2	11,4
30	5	13	12	4	32	44	37	9	0,9	2,1	1,8	0,4	5,6	7,0	5,5	0,9
20	3	—	10	1	3	—	26	—	2,4	—	7,1	2,0	2,4	—	18,5	—
15	20	64	12	36	39	28	15	7	5,2	6,9	1,9	6,2	10,2	3,0	2,4	1,2
10	—	—	36	1	—	—	1	2	—	—	240,0	6,7	—	—	6,7	13,3
6	3	22	3	2	17	5	34	3	1,9	8,4	1,6	0,6	10,7	1,9	17,7	1,0
5	31	12	2	12	11	17	21	11	15,1	5,7	0,9	5,4	5,4	8,1	9,8	5,0
3	3	—	1	—	2	9	4	—	8,1	—	3,6	—	5,4	11,0	14,3	—
2	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	12,5
Razem	134	130	98	69	133	120	157	62	6,5	4,6	4,0	2,5	6,4	4,2	6,4	2,2



wą statystykę burz, wskutek czego liczby odniesione do jednostki długości sieci i jednej burzy nie mogą być ze sobą porównywane.

Wreszcie wykres rys. 9 i tabela IX przedstawiają wynik statystyki w przeliczeniu na koszty.

Odpowiednie zestawienie i porównanie tabel i wykresów może nasunąć szereg wniosków; wniosków tych jednak nie podawaliśmy, a to ze względu na zbyt jednostronny charakter, jakoby one najprawdopodobniej nosiły. Należy natomiast przypuszczać, że szereg tego rodzaju wniosków zostanie ujawniony podczas dyskusji na tegorocznym Zjeździe SEP.

Celem stworzenia możliwie dokładnego obrazu jakości sieci przedsiębiorstw, uczestniczących w statystyce od początku i wydzielonych w niektórych tabelach i wykresach, podajemy niżej bliższe dane dotyczące tych przedsiębiorstw.

**Przedsiębiorstwo A.** Linie prawie wyłącznie jednorowe na słupach drewnianych. Napięcie przeważnie 30

kV; poza tym 6, 5 i 3 kV w drobnej stosunkowo ilości. Linki odgromowej brak. Izolacja linii przeważnie wyższa od norm VDE; izolacja aparatów — przeważnie zgodnie z VDE. Zasilanie linii — z kilku elektrowni. Układ po stronie 30 kV uziemiony przez oporność rzeczywistą; przy niższych napięciach — izolowany. Wiek urządzeń — kilkuletni. Na napowietrznych aparatach stacyjnych drogę przeskoku zmniejsza się przez stosowanie ostrzy i pierścieni. Linie przebiegają w terenie pofałdowanym i dość gęsto zalesionym. Przedsiębiorstwo nie uważa swych zabezpieczeń za wystarczające.

**Przedsiębiorstwo B.** Linie przeważnie jednorowe na słupach drewnianych; odcinek wynoszący ok. 7% całkowitej długości linii — na słupach żelazobetonowych. Wyposażony w linkę odgromową. Napięcie 35 kV oraz 5 kV; nieznaczne odcinki 15 kV. Izolacja linii wyższa od wymagań VDE; izolacja aparatów — niższa. Zasilanie odbywa się zasadniczo z jednej elektrowni. Układ po stronie 35 kV uziemiony przez indukcyjność; przy niższych na-

Tabela VII.

Uszkodzenia bezpośrednie w sieciach przedsiębiorstw uczestniczących w statystyce od początku.

Przedsiębiorstwo	Całkowita liczba uszkodzeń								Liczba uszkodzeń na 100 km sieci							
	Na liniach				Na stacjach				Na liniach				Na stacjach			
	1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.	1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.	1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.	1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.
A	Nie wydzielono	11	16	5	nie wydzielono	38	40	11	nie wydzielono	1,7	2,0	0,5	nie wydzielono	6,0	5,1	1,2
B	14	7	15		26	40	16		4,5	2,2	4,3		8,3	12,8	4,5	
C	16	15	—		4	5	3		5,3	3,1	—		1,3	1,0	0,6	
D	2	10	4		1	2	2		1,1	5,6	2,2		0,6	1,1	1,1	
E	18	4	7		2	27	18		14,8	2,9	4,8		1,6	19,4	12,3	
J <sub>2</sub>	—	—	—		4	—	—		—	—	—		18,2	—	—	
Razem		61	52	31		75	114	50	ś r e d n i o:				4,8	6,0	2,3	

Tabela VIII.

Wyłączenia (przerwy w dostawie) w przedsiębiorstwach uczestniczących w statystyce od początku.

Przedsiębiorstwo	L i c z b a w y ł ą c z e ń								Ilość niedostarczonej energii wskutek przerw w 1000 kWh około				
	Całkowita				Na 100 km. sieci				1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.	
	1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.	1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.					
A	70	148	184	78	17	24	24	8	nie prowadzono	13	39	4	
B	33	34	42	11	11	11	13	3		6	15	45	
C	61	33	145	132	22	11	30	28		4	3	6	
D	47	8	28	40	28	5	16	22		—	11	5	
E	39	49	67	60	32	40	48	41		0,5	—	15	
J <sub>2</sub>	—	3	2	—	—	14	9	—		—	—	—	
Razem	250	275	468	321	ś r e d n i o					23,5	68	75	

Tabela IX.

Straty w przedsiębiorstwach uczestniczących w statystyce od początku.

Przedsiębiorstwo	Straty bezpośrednie około zł.								Straty pośrednie około zł.								
	Całkowite				Na 100 km. sieci				Całkowite				Na 100 km. sieci				
	1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.	1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.	1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.	1934 r.	1935 r.	1936 r.	1937 r.	
A	9 300	4 100	10 300	1 800	2 300	700	1 300	200	nie prowadzono	6 800	5 900	600	nie prowadzono	1 100	800	100	
B	12 500	21 000	9 000	22 200	4 000	6 700	1 300	6 300		2 600	2 400	6 700			800	800	1 900
C	6 800	7 800	9 700	3 000	2 400	2 600	2 000	600		800	400	900			300	100	200
D	7 600	—	3 500	2 300	4 400	—	2 000	1 300		—	1 700	700			—	900	400
E	7 000	200	4 000	7 400	5 800	200	2 800	5 100		300	—	2 300			300	—	1 600
J <sub>2</sub>	—	2 000	—	—	—	9 100	—	—		—	—	—			—	—	—
Razem	43 200	35 100	36 500	36 700	ś r e d n i o					10 500	10 400	11 200	ś r e d n i o				



pięciach — izolowany. Urządzenia różnego wieku. Linie przebiegają w terenie równym, często zabudowanym. Przedsiębiorstwo nie uważa swych zabezpieczeń za wystarczające.

**Przedsiębiorstwo C.** Linie przeważnie jednotorowe na słupach drewnianych. Napięcie w połowie 60 kV, w połowie 15 kV. Układ przewodów dla wyższego napięcia płaski. Linka odgromowa stosowana jest w znikomej ilości przy napięciu niższym. Izolacja linii głównie wg. VDE, częściowo niżej; izolacja aparatów łagodniej od wymagań VDE. Zasilanie z kilku elektrowni. Układ po stronie 60 kV uziemiony przez indukcyjność, po stronie 15 kV — izolowany. Wiek urządzeń — kilkunastoletni. Stosuje się pierścienie i ostrza, zmniejszające drogę przeskoku. Linie przebiegają w terenie przeważnie równym, miejscami gęsto zalesionym. Przedsiębiorstwo nie uważa swych zabezpieczeń za wystarczające.

**Przedsiębiorstwo D.** Linie częściowo dwutorowe; przy dwóch wyższych napięciach na słupach żelaznych. Napięcie głównie 60 kV, poza tym 40, 20 i 6 kV. Układ przewodów — przeważnie płaski. Linie wyposażone w linki odgromowe (przeważnie jedna linka — niezależnie od liczby torów). Izolacja zarówno linii jak i aparatów — wyższa od norm VDE. Zasilanie z kilku elektrowni. Układ po stronie 60 kV i 20 kV uziemiony przez indukcyjność; poza tym — izolowany. Wiek urządzeń — kilkadziesiąt lat. Stosowane są zabiegi dla zmniejszenia drogi przeskoku. Linie przebiegają w terenie pofałdowanym i często zabudowanym. Przedsiębiorstwo uważa swe zabezpieczenia za wystarczające.

**Przedsiębiorstwo E.** Linie w połowie dwutorowe na słupach drewnianych. Napięcie w połowie 35 kV w połowie 6 kV. Znikomo mała ilość płaskiego układu przewodów. Linki odgromowej nie ma. Izolacja linii przeważnie wyższa od norm VDE; izolacja aparatów — łagodniejsza. Zasilanie z jednej elektrowni. Układ po stronie 35 kV uziemiony przez indukcyjność, po stronie 6 kV izolowany. Wiek urządzeń kilkanaście lat. Linie przebiegają wśród równin, w terenie dość zabudowanym. Przedsiębiorstwo nie uważa swych zabezpieczeń za wystarczające.

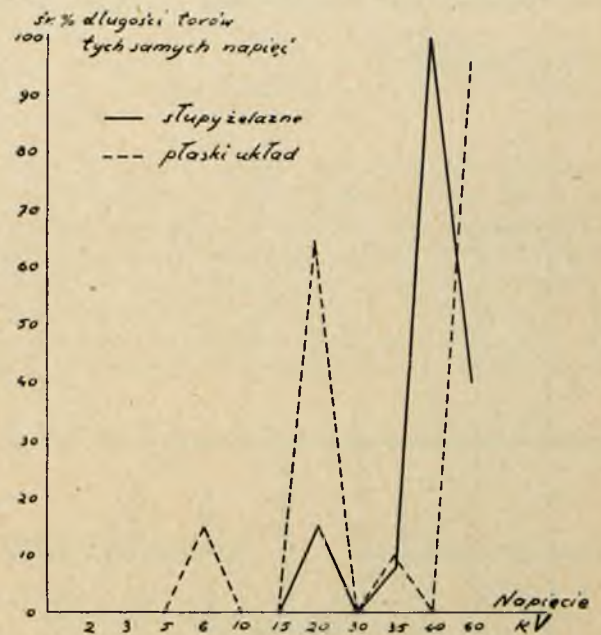
**Przedsiębiorstwo J.** Linie jednotorowe o napięciu 35 kV i 3 kV; przy napięciu wyższym przewody na słupach żelaznych, wyposażonych w linkę odgromową. Izolacja linii wyższa od norm VDE; aparatów — zgodna z przepisami VDE. Zasilanie z jednej elektrowni. Układ po stronie 35 kV uziemiony przez indukcyjność, po stronie 3 kV — izolowany. Wiek urządzeń kilkadziesiąt lat. Linie przebiegają w terenie równym, gęsto zabudowanym. Przedsiębiorstwo uważa swe zabezpieczenia za dostateczne.

Brak właściwych materiałów nie pozwolił na wprowadzenie do statystyki danych dotyczących oporności uziemień, dokładnego określenia miejsc umieszczania odgromników oraz badań przeprowadzonych przy użyciu sztabek magnetycznych — tj. tych zagadnień, które między innymi zostały poruszone w dyskusji na zeszłorocznym Zjeździe SEP.

## CZĘŚĆ II.

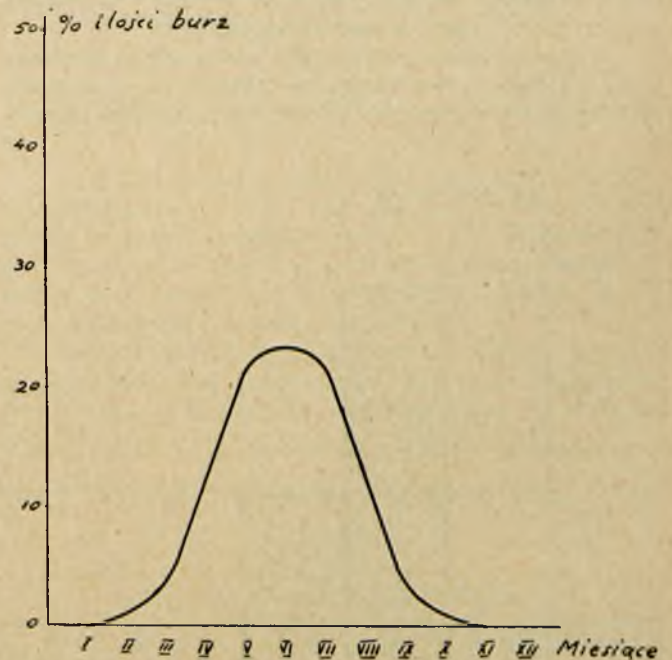
Daleko posunięta dokładność w użytkowaniu materiału statystycznego, skrzętnie gromadzonego od roku 1934 pozwoliła na wyodrębnienie ze statystyki dość znacznej liczby danych, które — w formie syntetycznej — stanowią treść drugiej części niniejszego referatu. Podane są tu w postaci wartości średnich te materiały, których zmienność na przestrzeni czterech lat była do tego stopnia nieznaczna, że można je traktować jako prawdopodobnie ostateczne. Z dyżym stopniem prawdopodobień-

stwa można poza tym przypuszczać, że poniższe wyniki mogą być uważane za wartości średnie dla wszystkich sieci krajowych.



Rys. 10.  
Stosowalność słupów żelaznych i płaskiego układu przewodów.

Całość będącego do dyspozycji materiału uszeregowano także wg. danych, dostarczonych przez kwestionariusze „A” i „B”, i rozpatrzone w postaci zamkniętych punktów, z których każdy zawiera jedno odrębne zagadnienie.



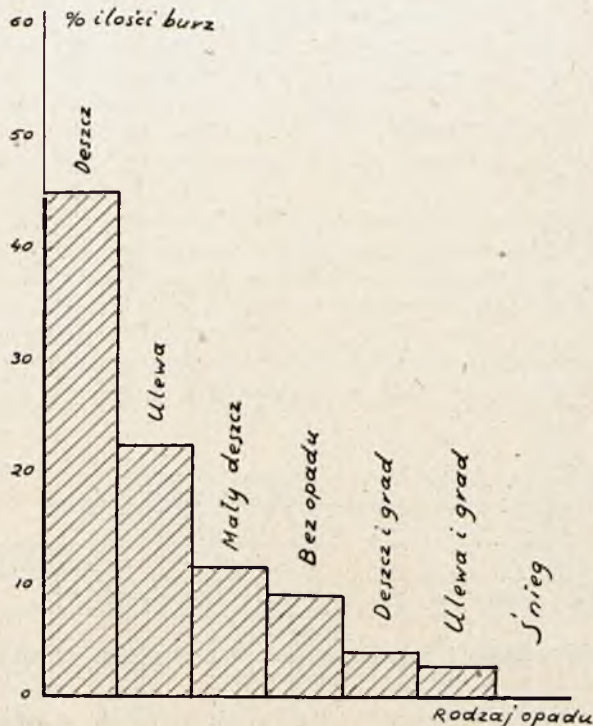
Rys. 11.  
Podział burz wg. miesięcy.

1. Jeden ze szczegółów budowy linii — rodzaj wsporników — uwidocznił się na wykresie rys. 10. Widzimy, że stosowalność słupów żelaznych oraz płaskiego układu jest nieznaczna i wzrasta ilościowo wraz z wysokością napięcia.

2. Linka odgromowa jest w liniach krajowych zjawiskiem dość rzadkim, gdyż występuje zaledwie średnio



w 10% ogólnej długości linii. Stosuje się ją normalnie w ilości jednej linki na jeden tor, na słupach żelaznych i betonowych — przy napięciach wyższych rzędów. Jako materiał, z którego linka jest wykonana, spotykamy głównie

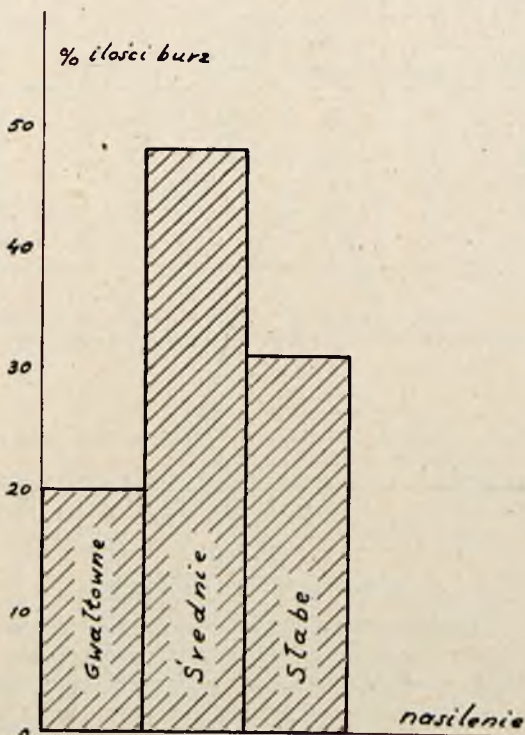


Rys. 12.

Podział burz wg. towarzyszących im opadów.

stal o przekroju 50 mm<sup>2</sup>. Nieliczne wypadki stosowania brązu i miedzi noszą charakter przypadkowy.

3. Sposób połączenia punktu zerowego transformatorów z ziemią, uwidoczony w tabeli X, w oświetleniu liczb ogólnych, uzyskanych ze statystyki, nie nosi charak-



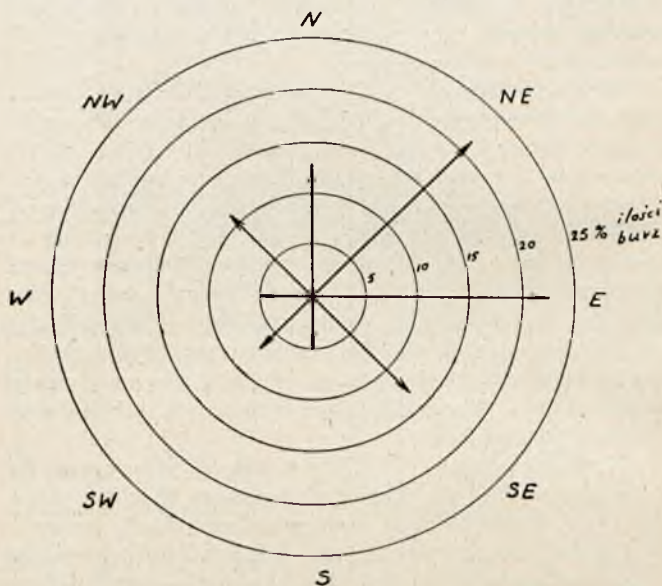
Rys. 13.

Podział burz wg. nasilenia.

Tabela X.

Sposoby połączenia punktu zerowego transformatorów z ziemią.

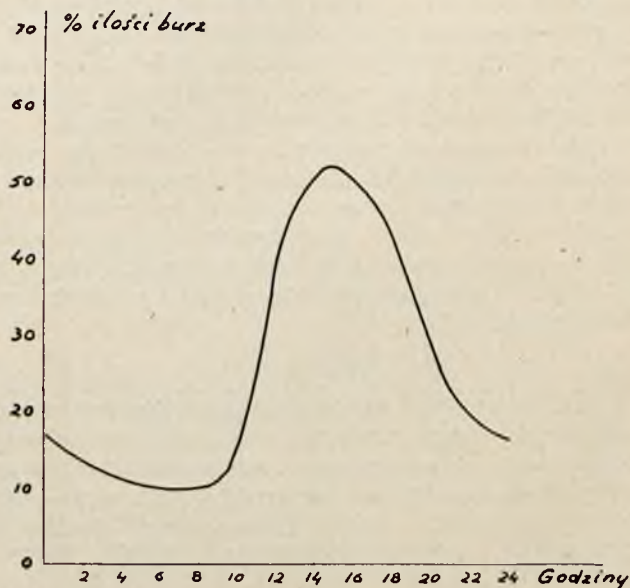
Rodzaj linii	Punkt zerowy jest:	u z i e m i o n y			
		izolo-wany	przez indukcyjność	przez oporność	bezpośrednio
Sredni % ogólnej długości		39	38	23	znikomo
		w tym	w tym	w tym	w tym
Linie od 2 do 10 kV		19	1	znikomo	—
„ „ 15 „ 40 kV		20	22	23	znikomo
„ „ 60 kV		—	15	—	—



Rys. 14.

Podział burz wg. kierunku dążeń.

teru zdecydowanego — prócz wyraźnego unikania uziemienia bezpośredniego, — co odpowiada tendencjom niemieckim, których wpływ daje się zresztą zauważyć nie tylko w tym jednym kierunku. Bardziej już określony charakter uziemienia punktu zerowego występuje przy rozpatrywaniu poszczególnych grup napięcia; stwierdza-



Rys. 15.

Podział burz wg. pory dnia.



my tu, że przy napięciach niższych punkt zerowy jest częściej izolowany, podczas gdy przy napięciach wyższych jest on częściej uziemiony i to przeważnie przez indukcynność.

4. Stosowalność wzmocnionej izolacji pierwszych zwojów w transformatorach zawsze była wyraźnie akcentowana; zyskuje ona w dalszym ciągu na popularności. Jeżeli dotychczasowa tendencja nadal się utrzyma, to można przypuszczać, że po okresie normalnego zużycia się starych transformatorów, wszystkie zainstalowane transformatory posiadać będą izolację wzmocnioną.

5. Obserwacje wykazały, że pioruny mają niewielką tendencję do skupiania się w pewnych określonych okolicach. Przewaga piorunów skupionych nad rozrzuconymi da się wyrazić stosunkiem, jak 3 do 2.

6. Analiza terenów, w których głównie występowały uderzenia piorunów, doprowadza do wniosku, że grunta podmokłe, a głównie bliskość lasów oraz większych ilości wody wpływa na zagęszczanie się piorunów.

7. Wykresy podane na rys. od 11 do 15 włącznie dotyczą samych burz i bliższego omówienia nie wymagają. Gdyby stanąć na stanowisku, że burza, posuwająca się wzdłuż linii, wywierać może na linię bardziej szkodliwy wpływ, niż przechodząca prostopadle, — można na podstawie wykresu rys. 14 sądzić, że najbardziej niebezpiecznym kierunkiem dla linii jest kierunek N—S, a dokładniej NNW—SSE.

Na zakończenie należy złożyć podziękowanie tym przedsiębiorstwom, na materiałach których oparta jest statystyka, wszystkie zaś pozostałe raz jeszcze zaprosić do wspólnej pracy, powołując się bowiem na dezyderat zgłoszony na zeszłorocznym Zjeździe SEP — o celowości prowadzenia niniejszej statystyki, i patrząc na mapę sieci należy wyrazić, niestety, zdanie, że jednak nadal duża liczba istniejących przedsiębiorstw w statystyce nie uczestniczy.

## Badanie silnika asynchronicznego małej mocy

Inż. Janusz Snawadzki

**Streszczenie.** Artykuł zawiera wyniki badań asynchronicznego silnika pierścieniowego o mocy 0,25 KM i 500 obr./min., wykonanych dla oceny: warunków momentu rozruchowego, prądów przy zwarciu oraz stopnia ścisłości zastosowanego wykresu kołowego.

W silnikach pierścieniowych — w odróżnieniu od zwartych — możemy określić prąd w wirniku, moment rozruchowy oraz inne wartości w czasie pracy znamionowej drogą bezpośredniego pomiaru. Wirnik pierścieniowy jest bardzo pomocny przy badaniu silników małej mocy, w których zależności przy różnych stanach pracy są skomplikowane i gdzie najlepiej informuje nas o zjawiskach zachodzących w maszynie bezpośredni pomiar.

Poniżej podane są zależności występujące w silniku małej mocy a wynikające z prób biegu jałowego, próby zwarcia i próby określenia momentu rozruchowego. Dążono przy próbach także do określenia warunków, jakie wpływają na zmniejszenie się amperozwojów wirnika w stosunku do amperozwojów stojana. Próby wykonywano głównie dla pewnych wartości, obranych jako wartości znamionowe, interesowały nas bowiem warunki przy ruchu w porównaniu z warunkami przy zwarciu. Próby powtarzano kilkakrotnie, biorąc pod uwagę jedynie te wartości, które się powtarzały.

Do badań wykonano specjalny trójfazowy silnik pierścieniowy o mocy 0,25 KM i 500 obr./min., na napięciu 120/210 V. Silnik ów odznaczał się dużą szczeliną powietrzną i małym nasyceniem żelaza. Właściwości te sprawiają, że krzywa biegu luzem  $U = f(I_0)$  była linią, praktycznie biorąc prostą, a charakterystyczne zagięcie jej, spowodowane nasyceniem żelaza, leżało daleko poza napięciem znamionowym, co znacznie upraszczało badania. Jeszcze jedna cecha charakterystyczna silnika polega na tym, że oporność  $X$  strumienia głównego jest mała w porównaniu z opornościami  $X_1$  i  $X_2'$  strumienia rozproszenia. Silnik odznaczał się więc dużym prądem namagnesowania, straty zaś jego, zarówno w żelazie, jak i w miedzi znacznie przekraczały normalne warunki, o co szło w doświadczeniu.

Dane silnika są następujące:

- Liczba żłobków stojana:  $K_1 = 54$ ;
- liczba żłobków wirnika:  $K_2 = 36$ ;
- liczba zwojów na fazę w stojanie:  $z_2 = 567$ ;
- współczynnik uzwojenia stojana:  $f_{w_1} = 0,975$ ;
- liczba zwojów na fazę w wirniku:  $z_1 = 90$ ;
- współczynnik uzwojenia wirnika:  $f_{w_2} = 1,0$ .

Z powyższych danych przekładnia zwojów wyraża się wartością:

$$n = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{f_{w_1}}{f_{w_2}} = \frac{567 \cdot 0,975}{90 \cdot 1} = 6,15;$$

$$n^2 = 37,8$$

Oporności rzeczywiste mierzone przy 18° C (na fazę):

$$R_1 = 8,8 \Omega; \quad R_2 = 0,227 \Omega.$$

Bieg jałowy silnika odbywał się przy otwartym wirniku, względnie stojanie, — gdy zasilany był wirnik. Umożliwiło to badanie stosunku napięć  $U_1; U_2'$ . Wszelkie wartości zawarte w tablicach podane są w odniesieniu do jednej fazy. Jedynie wartości mocy  $P$  odnoszą się do mocy całkowicie pobranej przez silnik.

Doświadczenia biegu jałowego wykazały wyraźną różnicę między napięciem stojana  $U_1$  a napięciem wirnika  $U_2' = U_1 \cdot n$ . Zależność ta przy biegu jałowym wynosiła  $y = \frac{U_2'}{U_1} = 0,77$ . Jest to wartość średnia z pomiarów (tabele 1 i 2), przy warunkach znamionowych i  $n = 6,15$ .

TABELA 1.

Bieg jałowy.

Stojan zasilany. Wirnik otwarty.

L. p.	$U_1$	$I_1$	$P$	$U_2$	$y$	$Z_0$	$R_1 + R_2$	$R_2$
	V	A	W	V	—	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$
1	109,7	1,51	102	13,83	0,776	72,5	14,91	4,91
2	120,6	1,71	131,4	15,19	0,775	70,5	14,99	4,99
3	129,5	1,894	159,2	16,23	0,772	68,4	14,7	4,7

Wartości  $U_1; I_1; P; U_2$  oraz  $y$  wzięte są z doświadczeń, wartości zaś  $Z_0; R_1 + R_2; R_2$  — z obliczeń przeprowadzonych na podstawie danych uzyskanych z doświadczeń. —



TABELA 2.  
Bieg jałowy.  
Stojan otwarty. Wirnik zasilany.

L.p.	$U_{1w}$ V	$I_{2w}$ A	P W	$U_{1z}$ V	$y$ —	$Z_0$ $\Omega$	$R_2 + R_z$ $\Omega$	$R_z$ $\Omega$
1	8,8	4,98	25	41,5	0,767	1,77	0,336	0,086
2	17,31	9,2	80	82,4	0,772	1,884	0,315	0,065
3	19,55	10,3	105	92	0,765	1,899	0,33	0,08
4	29,2	16,8	265	135,5	0,757	1,74	0,313	0,063

Stosunek prądów zwarcia  $y = \frac{I'_{1z}}{I_{1z}}$  wykazał również podobną wartość, a mianowicie  $y = 0,761$ , jako średnią wartość z dwóch prób zwarcia (tabele 3 i 4). Pewne odchylenia można przypisać znacznemu nagraniu się silnika, a także zmianom stosunku oporności strumienia rozproszenia do oporności strumienia głównego oraz innym drobnym wpływom fizycznym.

TABELA 3.  
Zwarcie.  
Stojan zasilany. Wirnik zwarty.

L.p.	$U_{1z}$ V	$I_{1z}$ A	P W	$I_{2z}$ A	$y$ —	$Z_z$ $\Omega$	$R_z$ $\Omega$	$X_z$ $\Omega$
1	129,9	4,12	836	19,1	0,754	31,5	16,45	26,85
2	120,5	3,79	699	17,68	0,759	31,8	16,21	27,3
3	100	3,06	483	14,39	0,764	32,7	17,2	27,8
4	90,4	2,74	388	13,13	0,778	33,0	17,23	28,2

TABELA 4.  
Zwarcie.  
Stojan zwarty. Wirnik zasilany.

L.p.	$U_{2w}$ V	$I_{2w}$ A	P W	$I_{1w}$ A	$y$ —	$Z_z$ $\Omega$	$R_z$ $\Omega$	$X_z$ $\Omega$
1	32,2	39	2005	4,76	0,751	0,826	0,44	0,699
2	27,5	30,6	1380	3,79	0,762	0,9	0,491	0,754
3	20,2	21,1	705	2,64	0,769	0,956	0,527	0,796

Próby na zwarcie pozwoliły w sposób doświadczalny określić też przekładnię, a raczej jej kwadrat:

$$n^2 = \frac{I_{2z} \cdot I_{2w}}{I_{1z} \cdot I_{1w}} = \frac{17,68 \cdot 30,6}{3,79 \cdot 3,79} = 37,7$$

czyli  $n = 6,14$  — wartość bardzo zbliżona do poprzednio obliczonej.

Prawie że równe wielkości stosunku  $y$  uzyskane z pomiarów biegu jałowego i zwarcia — bez względu na to, czy silnik zasilano od strony wirnika, czy też od strony stojana, każą przypuszczać, że oporności pozorne tych dwóch obwodów są praktycznie sobie równe, czyli że:

$$Z_1 \cong Z_2' \dots \dots \dots (1)$$

Przy zwarcu zmniejsza się prąd w wirniku w stosunku:

$$y = \frac{I'_{1z}}{I_{1z}} = \frac{Z}{Z + Z_2'} \dots \dots \dots (2)$$

Z doświadczenia pierwszego (tabela 1) otrzymujemy:

$$Z_0 = \bar{Z} + \bar{Z}_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{120,6 \text{ (V)}}{1,71 \text{ (A)}} = 70,5 \Omega$$

Przyjmując, że napięcia przy biegu jałowym mają się, jak:  $\frac{Z}{Z + Z_1}$ , otrzymujemy z biegu jałowego (tabela 1 i 2):

$$\frac{Z}{Z + Z_1} = 0,77,$$

czyli:

$$Z = (\bar{Z} + \bar{Z}_1) \cdot 0,77 = 70,5 \cdot 0,77 = 54,3 \Omega$$

Ponieważ zmierzaliśmy moc pobraną (tabela 1), możemy więc określić sumę oporności:

$$R_1 + R_z = \frac{P}{3 \cdot I_1^2} = \frac{131,4 \text{ (W)}}{3 \cdot 1,71^2 \text{ (A}^2\text{)}} = 14,99 \Omega;$$

$R_1 = 10 \Omega$  — z pomiaru mostkiem przy nagrzanym maszynie

$$R_z = 14,99 - 10 = 4,99 \Omega;$$

$R_z$  — wyraża tu oporność zastępczą sumy strat w żelazie stojana i wirnika. Mając  $R_z$  i  $Z$ , możemy określić oporność urojoną głównego strumienia:

$$X = \sqrt{Z^2 - R_z^2} = \sqrt{54,3^2 - 4,99^2} = 54 \Omega \dots (3)$$

Oznaczmy sumę:

$$X + X_1 = \sqrt{Z_0^2 - (R_1 + R_z)^2} = \sqrt{70,5^2 - 14,99^2} = 69 \Omega \dots (4)$$

skąd otrzymujemy:

$$X_1 = 69 - 54 = 15 \Omega$$

Normalnie określane są  $X_1$  i  $X_2'$  z próby na zwarcie i tylko wielokrotne próby, potwierdzające się w dalszym ciągu, pozwoliły nam otrzymać wartość  $X_1$  z próby biegu jałowego.

W ten sam sposób, posługując się podobnymi wzorami, postępujemy z wynikami doświadczenia drugiego (tabela 2 — bieg jałowy, wirnik zasilany) i znajdujemy wartość dla oporności urojonej  $X_2 = 0,413 \Omega$  albo  $X_2' = 15,6 \Omega$ .

$R_2 = 0,25 \Omega$  — z pomiaru mostkiem przy nagrzanym maszynie.

Oporności pozorne uzwojeń wynoszą więc:

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{10^2 + 15^2} = 18 \Omega \dots (5)$$

$$Z_2' = \sqrt{R_2'^2 + X_2'^2} = \sqrt{9,45^2 + 15,6^2} = 18,22 \Omega \dots (6)$$

Należy jeszcze zauważyć, że  $R_z$  zostało obliczone z biegu jałowego, kiedy wirnik był w spoczynku. Wartość  $R_z$  przedstawia zatem oporność zastępczą sumy strat w żelazie stojana i wirnika. Podczas biegu jednak straty w żelazie wirnika spadają praktycznie do zera to też należy uwzględnić jedynie  $R_{zs}$  w stojanie. Z kilku pomiarów biegu luzem obliczamy  $R_{zs}$  w stojanie:

L.p.	U (V)	I (A)	P (W)	$3 \cdot I^2 R_1$ (W)	$P - 3 \cdot I^2 R_1$ (W)
1	110	1,499	125	67,4	57,6
2	120,1	1,69	147	85,6	61,4

Po uwzględnieniu strat w miedzi, otrzymamy:

$$P_{zs} + P_t = 61,4 \text{ W} \dots \dots \dots (5')$$

$$\left(\frac{110}{120,1}\right)^2 P_{zs} + P_t = 57,6 \text{ W} \dots \dots \dots (6')$$

Skąd — odejmując (5') i (6') stronami, otrzymamy:

$$0,161 P_{zs} = 3,8 \text{ W},$$

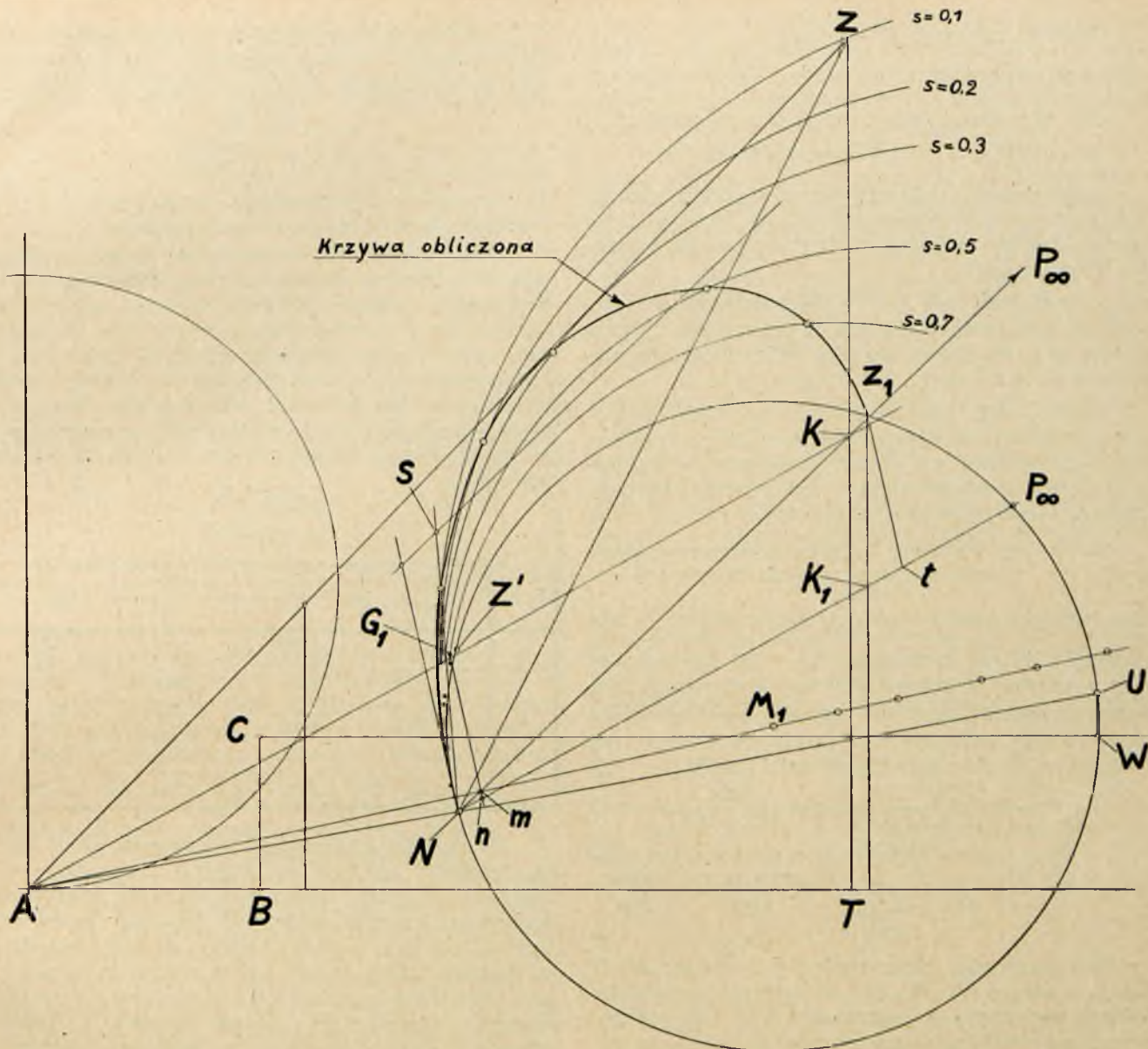
stąd zaś straty w żelazie stojana:

$$P_{zs} = \frac{3,8}{0,161} = 23,6 \text{ W}$$

Oporność zastępcza strat żelaza stojana:

$$R_{zs} = \frac{P_z}{3 \cdot I^2} = \frac{23,6 \text{ (W)}}{3 \cdot 1,69^2 \text{ (A}^2\text{)}} = 2,75 \Omega$$





Rys. 1.

Koła prądowe dla różnych wartości poślizgu badanego silnika wraz z „obliczoną“ krzywą prądową przeprowadzoną przez otrzymane punkty.

Uwzględnimy jeszcze niewielką zmianę oporności

$$X = \sqrt{Z^2 - R_{zs}^2} = \sqrt{54,3^2 - 2,75^2} = 54,2 \Omega \quad \dots (7)$$

Z próby zwarcia otrzymujemy oporność pozorną zwarcia:

$$Z_z = \frac{U_1}{I_{1z}} = \frac{120,5 \text{ (V)}}{3,79 \text{ (A)}} = 31,8 \Omega$$

Oporność rzeczywista zwarcia:

$$R_z = \frac{P}{3 \cdot I_{1z}^2} = \frac{699 \text{ (W)}}{3 \cdot 3,79^2 \text{ (A}^2\text{)}} = 16,2 \Omega.$$

Geometryczna różnica tych dwóch wartości da nam oporność urojoną zwarcia:

$$X_z = \sqrt{Z_z^2 - R_z^2} = \sqrt{31,8^2 - 16,2^2} = 27,3 \Omega \quad \dots (8)$$

Zauważymy, że oporność zwarcia  $R_z$  znacznie się różni od sumy oporności  $R_1$  i  $R_2'$ ; to samo ma miejsce z  $X_z$  w stosunku do  $X_1$  i  $X_2'$ .

Oporność rzeczywistą zwarcia sprawdzimy następnie za pomocą wzoru \*):

\*) W. Kopczyński. Obliczenia silników asynchronicznych, str. 93 i 94, wzory 207, 211 i 212.

$$R_z = R_1 + R_2' \cdot y^2 + R_z \cdot y \cdot \left(\frac{Z_2'}{Z}\right)^2 \quad \dots (9)$$

Oporność zaś urojoną zwarcia wzorem \*):

$$X_z = X_1 + X_2' \cdot y^2 + X \cdot y^3 \left(\frac{Z_2'}{Z}\right)^2 \quad \dots (10)$$

Stosunek prądów  $y$  wziąć możemy z pomiarów według tabel 1 do 4, a więc wartość  $y = 0,765$ , wzgl. obliczyć ją według wzoru \*):

$$y = \frac{\sqrt{R_z^2 + X^2}}{\sqrt{(X + X_2')^2 + (R_z + R_2')^2}} \quad \dots (11)$$

Podstawiając do powyższego wzoru odpowiednie wartości, otrzymamy:

$$y = \frac{\sqrt{2,75^2 + 54,2^2}}{\sqrt{(54,2 + 15,6)^2 + (2,75 + 9,45)^2}} = 0,766; y^2 = 0,586$$

czyli wartości bardzo bliskie do uzyskanych z pomiarów.

Oporność rzeczywista zwarcia:

$$R_z = 10 + 9,45 \cdot 0,766^2 + 2,75 \cdot 0,766^2 \cdot \left(\frac{18,22}{54,3}\right)^2 = 15,72 \Omega$$



Oporność zaś urojona zwarcia:

$$X_z = 15 + 15,6 \cdot 0,766^2 + 54,2 \cdot 0,766^2 \cdot \left(\frac{18,22}{54,3}\right)^2 = 27,74 \Omega$$

Obie te wartości dają oporność pozorną silnika:

$$Z_z = \sqrt{R_z^2 + X_z^2} = \sqrt{15,72^2 + 27,74^2} = 31,8 \Omega$$

Doświadczenia wykazały pewną zgodność wartości zmierzonych z wartościami obliczonymi. Oporność rzeczywista zwarcia obliczona podług stosowanego zazwyczaj wzoru wynosi:

$$R_z = R_1 + R_2' = 10 + 9,45 = 19,45 \Omega$$

i, jak widzimy, obiega znacznie od rzeczywistości. Wzory więc (9) i (10) okazują się przy badaniu silników małej mocy niezbedne.

Krzywa prądu stojana winna być w istocie określana dla punktów o różnych poślizgach  $s$ . Na rys. 1 nakreślono koła prądowe dla wartości poślizgu  $s = 0,1; 0,2; 0,3; 0,5$  i  $0,7$ ; przez otrzymane punkty przeprowadzamy następnie krzywą prądową „obliczoną“.

W tym celu budujemy najpierw wykres opornościowy dla  $s = 1$ , czyli dla stanu zwarcia. Przyjawszy podziałkę opornościową  $n = 0,2 \frac{\Omega}{mm}$  odkładamy  $X_1 = AB$ ; prostopadle do  $AB$  wyznaczamy  $R_1 = BC$ . Odcinek  $CW$  oznacza oporność strumienia głównego  $X$ . Straty w żelazie wyrażamy odcinkiem  $UW$ . Współrzędne środka koła opornościowego obliczamy według wzorów (188) i (189) podanych na str. 85 wspomnianej wyżej książki\*).

$$v = R_1 + R_z \frac{X_2'}{X + X_2'} = 10 + 2,75 \frac{15,6}{54,2 + 15,6} = 10,615 \Omega \dots \dots \dots (12)$$

$$\mu = X_1 + \frac{X_2' \cdot X}{X \cdot X_2'} + \frac{Z^2}{2(X + X_2')} = 15 + \frac{15,6 \cdot 54,2}{69,8} + \frac{54,3^2}{2 \cdot 69,8} = 48,2 \Omega \dots \dots \dots (13)$$

Koło przechodzi przez punkt  $U$  i wierzchołek  $Z'$  trójkąta o bokach  $R_z, X_z, Z_z$ , co stanowi kontrolę dokładności wykonania. Z zasadniczego tego koła opornościowego przechodzimy — za pomocą inwersji — na wykres prądowy. Ustalamy podziałkę prądową:

$$a = \frac{U_1}{n \cdot \rho^2} = \frac{U_1}{n \cdot AU \cdot AN} \dots \dots \dots (14)$$

$$a = \frac{120 \text{ (V mm)}}{0,2 \text{ (\Omega)} \cdot 141,2 \text{ (mm)} \cdot 352 \text{ (mm)}} = 0,01209 \text{ (A/mm)}$$

Odtąd kreślimy dla różnych wartości poślizgu tylko koła prądowe, przechodzące przez punkt idealny biegu jałowego  $N$ . W tabeli 5 podajemy zestawienie wartości obliczonych dla różnych poślizgów  $s$  od  $0,1$  do  $s = 1$ .

TABELA 5.  
Obliczona krzywa obciążenia.

L. p	s	R <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>	R <sub>2</sub> '	X <sub>2</sub> '	Z <sub>2</sub> '	R <sub>z</sub>	X	Z	y	R <sub>z</sub>	X <sub>z</sub>	Z <sub>z</sub>	I <sub>z</sub>
	—	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	—	Ω	Ω	Ω	Ω
1	1	10	15	18	9,45	15,6	18,22	2,75	54,2	54,3	0,766	15,72	27,74	31,8	3,78
2	0,7	10	15	18	9,45	10,9	14,41	2,75	54,2	54,3	0,82	16,49	24,92	29,9	4,02
3	0,5	10	15	18	9,45	7,8	12,25	2,75	54,2	54,3	0,86	17,08	22,8	28,5	4,21
4	0,3	10	15	18	9,45	4,68	10,52	2,75	54,2	54,3	0,905	17,83	20,5	27,2	4,41
5	0,2	10	15	18	9,45	3,12	9,95	2,25	54,2	54,3	0,927	18,2	19,25	26,5	4,53
6	0,1	10	15	18	9,45	1,56	9,56	2,75	54,2	54,3	0,951	18,63	17,93	25,9	4,64

Konstrukcja poszczególnych punktów podana jest — dla przykładu — na kole o poślizgu  $s = 0,1$ . Aby wyznaczyć prostą momentów, dzielimy odcinek  $ZT$  w stosunku

$$\frac{R_2' \cdot y^2}{R_1 + R_z \cdot y^2 \left(\frac{Z_2'}{Z}\right)^2}$$

i z punktu  $N$  prowadzimy prostą przez punkt  $K$ . Przecięcie się jej z kołem wyznaczy punkt  $P_\infty$ .

Obciążanie silnika odbywało się przez hamowanie wędzidłem. Punkty obciążenia zaznaczone są na wykresie czarnymi kółkami. Niestety, wyższych punktów nie dało się ustalić z dostateczną pewnością. Przy silniejszym hamowaniu silnika obciążenie nie było stałe. Wahanie zaś amperomierzy i watomierzy było zbyt duże, aby odczyty można było traktować, jako dokładne. Druga trudność polegała na tym, że silnik obciążony powyżej prądu znamionowego bardzo szybko przechodził w stan zwarcia.

TABELA 6.  
Obciążenie.

L. p.	U <sub>1</sub>	I <sub>1</sub>	P	cos φ
	V	A	W	
1	210	1,695	152	0,248
2	210	1,78	269	0,415
3	210	1,79	279	0,428
4	210	1,87	325	0,478
5	210	1,88	336	0,496

Zmierzone punkty pozwalają przypuszczać, że krzywa obciążenia nie leży na obwodzie koła dla  $s = 1$ . Odchylenie krzywej tej od koła nie jest jednakże tak znaczne, jak krzywej, otrzymanej z obliczeń. Muszą więc grać tu rolę inne jeszcze zjawiska fizyczne zachodzące w maszynie. Może to być wpływ wyższych harmonicznych oraz silnego nagrzewania się maszyny powodującego zmianę oporności rzeczywistej uzwojeń. O dalszym przebiegu krzywej obciążenia na podstawie pomiarów nic pewnego powiedzieć nie można. Rozważania teoretyczne przeprowadzone były w odniesieniu jedynie do fali głównej napięcia, prądu i strumienia w dążeniu do oznaczenia różnic między wywodami teoretycznymi z jednej strony a wynikami pomiarów z drugiej. Dążenie do skonstruowania możliwie ścisłego wykresu napotykało na trudności ze względu na straty w żelazie, które były inne przy biegu, a inne przy zwarcu. Punkt  $Z_1$  wykresu (rys. 1) należałoby określić osobno dla warunków pracy, a osobno dla stanu zwarcia maszyny, — zależnie od tego,



który z tych dwóch stanów chcielibyśmy dokładne badać. W normalnym silniku kwestia ta nie miałaby znaczenia, lecz przy powiększonych stratach wnosi ona w niezgodności przy dążeniu do określenia i porównania momentów przy pracy oraz w stanie zwarcia.

Do pomiaru momentu rozruchowego użyto hamulca zaciśniętego na kole silnika; ramię hamulca o długości 1 m spoczywało jednym końcem na talerzyku wagi. Odważnikami na wadze zrównoważono nacisk ramienia i w ten sposób odczytywano wielkość momentu rozruchowego. Tabela 7 podaje wartości momentu rozruchowego przy napięciu znamionowym.

TABELA 7.  
Moment rozruchowy.

L. p.	$U_1$	$I_1$	$P_1$	$M_1$	$n_1$	Uwagi
	V	A	W	kgm.	obr./min.	
1	210	3,62	636	0,475	0	spoczynek, zwarcie
2	210	3,615	644	0,472	0	
3	210	3,615	641	0,477	0	
4	210	1,925	343	0,38	436	Ruch

Średni moment rozruchu wynosi  $M_z = 0,474$  kgm.

Na rys. 1 moment ten wyraża odcinek  $Z_1 K_1$  o długości 55 mm. Moment przy pracy znamionowej (punkt  $G_1$  na wykresie) przy prądzie  $I_1 = 1,88$  A wynosi 0,38 kgm na kole. Silnik wytwarzać musi moment większy, pokrywając jednocześnie tarcie wewnętrzne maszyny określone na 20 W, co przy 436 obr./min. odpowiada momentowi:

$$M_t = \frac{20 \cdot 75 \cdot 60}{736 \cdot 436 \cdot 2 \cdot \pi} = 0,0445 \text{ kgm.}$$

wobec czego ogólny moment wytwarzany wynosił:

$$M_1 = 0,38 \text{ kgm} + 0,0445 \text{ kgm} \approx 0,425 \text{ kgm}$$

Porównanie momentu rozwijanego przez silnik w czasie ruchu z momentem przy zwarcu — na podstawie wykresu nasuwało tę trudność, że przy pracy punkt  $G_1$  nie leżał na obliczonym kole dla  $s = 0,1$  ani też na kole  $s = 1$ . Nie jest więc jasne, do jakiej prostej mocy należałoby odnosić moc mechaniczną. Odcinek  $G_1 m = 46$  mm, co przy skali 1 mm = 4,35 watów odpowiada 200 W.

Moc pobrana przy pracy znamionowej w punkcie:  $G_1$  wynosiła  $P = 336$  W, z czego w uzwojeniu stojana ginęło:

$$3 \cdot 10 \cdot 1,88^2 = 106,0 \text{ W}$$

w wirniku zaś:

$$3 \cdot 9,45 \cdot 0,8^2 = 18,2 \text{ W}$$

straty w żelazie wynosiły:

$$23,6 \text{ W}$$

Razem: 147,8 W

Moc pozostała na pokrycie strat mechanicznych i obciążenia wynosiła  $336 - 147,8 = 188,2$  W. Wyrażający tę moc odcinek  $G_1 m$  powinien być mniejszy, tzn., że  $NZ_1$  nie jest prostą mocy dla danego punktu, lecz prosta ta przechodzi pomiędzy  $NZ$  i  $NZ_1$ .

Moment, odpowiadający tej mocy wynosi:

$$M_1 = \frac{188,2 \cdot 75 \cdot 60}{436 \cdot 736 \cdot 6,28} = 0,42 \text{ kgm.}$$

jest więc zbliżony do określonego bezpośrednio momentu w wysokości 0,425 kgm.

Gdybyśmy określali momenty, jako odległości od prostej momentów  $P_\infty$  w kierunku prostopadłym do linii  $AM_1$  w odpowiedniej skali, to należałoby określić kierunek  $P_\infty$  dla ruchu silnika. Odległość  $C_1 n = 48$  mm odległość zaś  $Z_1 t = 50$  mm. Stosunek:

$$\frac{48}{50} > \frac{0,42}{0,474}$$

Odcinek więc  $Z_1 t$  na naszym wykresie dawał wartość

mniejszą od rzeczywiście mierzonej. Pewne różnice możliwe są wskutek nieściśłości pomiarów, a także ze względu na trudność określenia kierunku prostej momentów. Dla poślizgu  $s = 0,128$  prosta momentów będzie miała kierunek zbliżony do prostej  $NZ_1$ , tj.  $P_\infty$  przy  $s = 0,1$  m.

Rys. 2 przedstawia próbę konstrukcyjnego wyznaczenia prądu w wirniku, któryby był pomocny do obliczenia momentu przy pracy znamionowej silnika. Napotykały tu znów na tę samą trudność, co i przy określaniu mocy. Wykres dla  $s = 1$  nie nadaje się do tego celu, gdyż silnik był w ruchu i poślizg jego wynosił  $s = 0,128$ . Koło dla tego poślizgu na rys. 1 nie odpowiadało wymaganiom, gdyż poślizg  $s = 0,128$  otrzymano przy większym obciążeniu silnika. Konstrukcja zaś prądu  $I_2'$  z wykresu dla  $s = 1$  dawała wartości zbyt małe. Wzięliśmy więc pod uwagę koło dla  $s = 0,5$ , na którym leży zmierzony punkt pracy  $G_1$ . Z wykresu rys. 2 odcinek  $EG_1$  odpowiada prądowi  $I_2'$  w wirniku.  $I_2' = 0,807$  A i oznacza wartość przeliczoną w stosunku do uzwojenia stojana. Pomiaru na silniku przy obciążeniu do znamionowego dały średnio wartość  $I_2' = 0,89$  A, tj. znacznie większą od wspomnianej wyżej.

TABELA 8.  
Prąd w wirniku.

L. p.	$U_1$	$I_1$	$I_2$	$I_2'$	$P$
	V	A	A	A	W
1	120	1,85	5,2	0,845	308
2	120	1,89	5,4	0,877	318
3	120	1,91	5,8	0,943	330

Biorąc pod uwagę wyznaczoną doświadczalnie wartość na  $I_2'$  możemy obliczyć stosunek momentu rozruchu do momentu znamionowego silnika według wzoru \*):

$$\frac{M_z}{M_1} = \frac{I_{1z} \cdot (R_z - R_1) \cdot U_1}{I_2' \cdot Z_z \cdot E} \dots \dots \dots (15)$$

$E = 84$  V — jest to siła elektromotoryczna przy pracy znamionowej, otrzymana po uwzględnieniu spadków napięć przy prądzie znamionowym  $I_1 = 1,88$  A.

Wartości:  $(R_z - R_1) = 6,53 \Omega$ ;  $I_{1z} = 3,617$  A oraz  $Z_z = 33,53 \Omega$  otrzymujemy z tabeli 7, czyli z próby wyznaczenia momentów przy zwarcu.

Po podstawieniu tych wartości liczbowych do wzoru (15) otrzymujemy:

$$\frac{M_z}{M_1} = \frac{3,617 \cdot 6,53 \cdot 120}{0,89 \cdot 33,53 \cdot 84} = 1,13,$$

czyli moment przy pracy znamionowej wynosił:

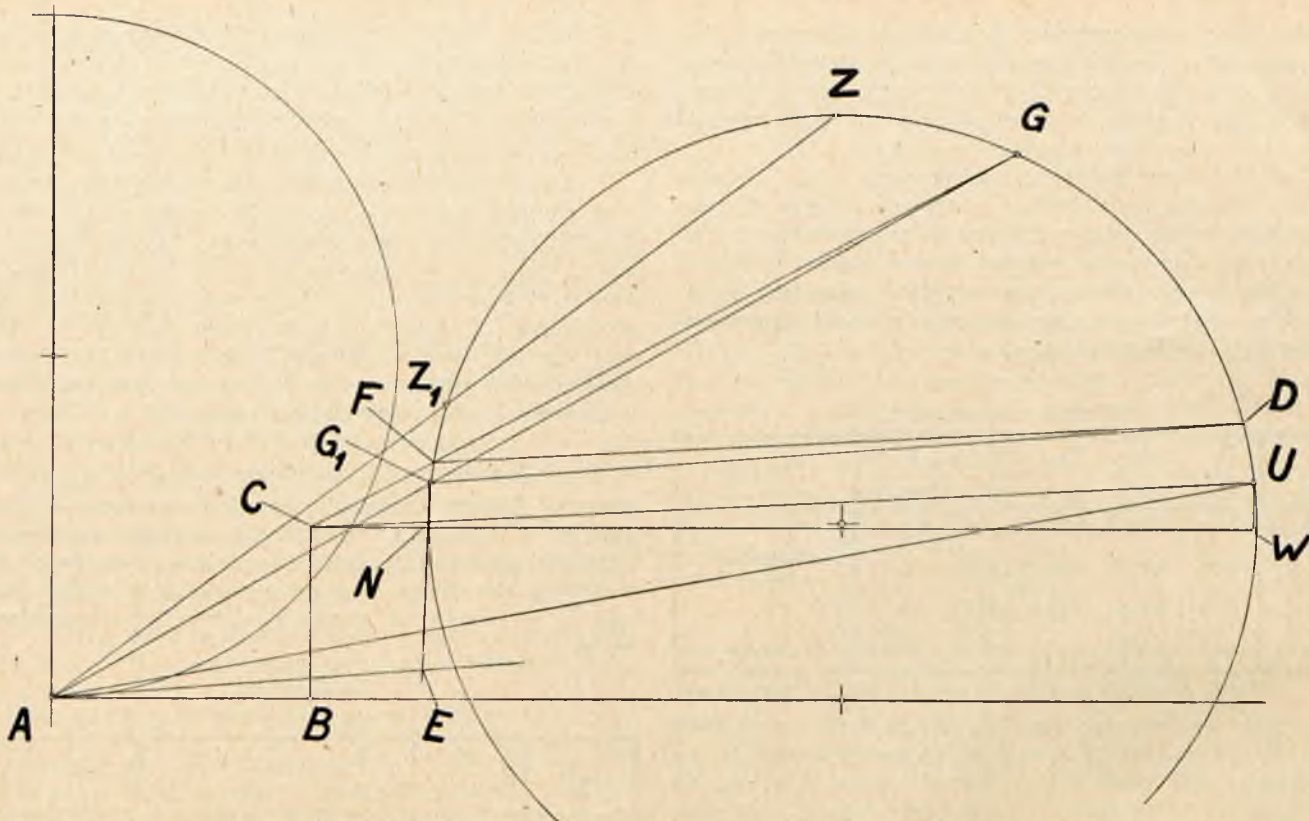
$$M_1 = \frac{M_z \cdot 0,474 \text{ (kgm)}}{1,13} = \frac{0,474 \text{ (kgm)}}{1,13} = 0,419 \text{ kgm}$$

Jest to, jak widzimy, wartość zbliżona do zmierzonej.

Zbyt wielkie odchylenia, jakie występują w badanym silniku w porównaniu do maszyn normalnych wprowadzały do badań nowe warunki — odmienne, niż przy silnikach normalnych. Niemniej jednak główne zależności wzięte pod uwagę zostały potwierdzone w różnych doświadczeniach. Pewne nieściśłości i odchylenia pomiędzy wartościami obliczonymi, a znalezionymi doświadczalnie, spowodowane są przez cały szereg wpływów fizycznych, które trudno uwzględnić równocześnie w obliczeniach i pomiarach. Należy też brać pod uwagę błędy indywidualne — przy odczytywaniu różnych wartości w czasie pomiaru.

\*) W. Kopczyński: „Obliczenia silników asynchronicznych“, str. 103.





Rys. 2.

Próba konstrukcyjnego wyznaczenia prądu w wirniku badanego silnika.

#### Wyniki pomiarów.

Doświadczenia wykazały, że zależności dla głównej fali napięcia, prądu i strumienia, ujęte przez wzory i wykresy zastosowane, w wielu wypadkach potwierdziły się. Krzywa prądowa obliczona (rys. 1) wymaga jednakże dalszych i licznych badań przy silnikach różnej konstrukcji, szczególnie zaś małej szczeliny powietrznej i większym wpływie amperozwojów dla żelaza na amperozwoje ogólne. Szczególną uwagę należałoby zwrócić na doświadczalne określenie krzywej przy dużym poślizgu (np.  $s = 0,75$  itp.). Przy badaniu warunków ruchu w pobliżu punktu znamionowego  $G_1$  odczyty były nieco utrudnione; dużej wagi dla obliczeń odczyt watomierza był kilkakrotnie sprawdzany, to też należy go uważać za stosunkowo dokładny, mimo że liczbę obrotów trudno było utrzymać na stałej wysokości. Zgodność momentu obrotowego przy  $G_1$  z mocą określoną względem prostej mocy dla koła o poślizgu  $s = 0,5$ , wyrażona przez odcinek nieco mniejszy od odcinka  $G_1 m$  oraz zdolność zależności między momentami przy pracy znamionowej i zwarcia, określonych wzorem (15) przy prądzie w wirniku = 0,89 A, daje podstawy do przypuszczeń, że dalsze badania pozwolą wyznaczyć przyczyny, wnoszące różnice między krzywą prądową obliczaną dla różnych poślizgów a krzywą rzeczywistą oraz zmniejszyć zakres wpływów wyższych harmonicznych“.

#### Skorowidz oznaczeń.

- $a$  — podziałka prądowa;
- $E$  — siła elektromotoryczna;
- $I_1$  — prąd stojana;
- $I_2$  — prąd wirnika;
- $I_{1z}$  — prąd zwarcia w stojanie;
- $I_{2z}$  — prąd zwarcia w wirniku;
- $I_{1w}$  — prąd w stojanie przy zasilaniu wirnika;
- $I_{2w}$  — prąd w wirniku przy zasilaniu wirnika;

- $n$  — podziałka opornościowa;
- $n$  — liczba obrotów na minutę;
- $n$  — przekładnia uzwojeń;
- $M_1$  — moment obrotowy przy obciążeniu;
- $M_z$  — moment rozruchowy;
- $P$  — moc pobrana;
- $P_{zs}$  — straty w żelazie stojana;
- $P_t$  — straty na tarcie;
- $R_1$  — oporność rzeczywista uzwojenia stojana;
- $R_2$  — oporność rzeczywista uzwojenia wirnika;
- $R_z$  — oporność rzeczywista zwarcia;
- $R_z$  — oporność zastępcza strat w żelazie stojana i wirnika;
- $R_{zs}$  — oporność zastępcza strat w żelazie stojana;
- $s$  — poślizg;
- $U_1$  — napięcie stojana;
- $U_2$  — napięcie wirnika;
- $U_{1w}$  — napięcie stojana przy zasilaniu wirnika;
- $U_{2w}$  — napięcie wirnika przy zasilaniu wirnika;
- $X$  — oporność urojona strumienia głównego;
- $X_1$  — oporność urojona uzwojenia stojana;
- $X_2$  — oporność urojona uzwojenia wirnika;
- $X_z$  — oporność urojona zwarcia;
- $y = \frac{I_2' z}{I_{1z}}$  — stosunek prądów przy zwarcia;
- $Z_1$  — oporność pozorna uzwojenia stojana;
- $Z_2$  — oporność pozorna uzwojenia wirnika;
- $Z_z$  — oporność pozorna zwarcia;
- $v$  } — współrzędne środka koła w wykresie opornościowym;
- $\mu$  }
- $\delta$  — styczna do koła wyprowadzona ze środka inwersji.

Kreska przy symbolu (np.  $U_2'$ ;  $R_2'$  itp.) oznacza, że daną wartość obwodu wtórnego przeliczono w odniesieniu do obwodu pierwotnego.



# DZIAŁ MORSKI

## Budownictwo okrętowe a przemysł elektrotechniczny

Inż. Mikoszewski S. i Inż. Siwicki K. Kpt. mar.

*Streszczenie.* W związku z rozwojem elektrotechniki w budownictwie okrętowym, staje się niezbędnym zapoznanie się sfer przemysłowych z urządzeniami elektrycznymi na okrętach, a w szczególności z ich rodzajem, wielkością, warunkami pracy oraz możliwościami produkcji w kraju.

Ogólna charakterystyka wielkości mocy zainstalowanych na okrętach, może opierać się na pewnych współczynnikach — w zależności od typu oraz wielkości poszczególnych okrętów. Zastosowanie energii elektrycznej na okrętach ma miejsce w instalacjach siły (jak mechanizmy pokładowe, mechanizmy pomocnicze maszyn głównych i mechanizmy urządzeń gospodarczo - higienicznych), ogrzewania, kuchni i światła. Jako specjalne urządzenie siły uznaje się napęd elektryczny okrętów.

Elektryczne urządzenia okrętowe — ze względu na ciężkie warunki pracy (wilgoć, wysoka temperatura, drgania) — muszą podlegać specjalnym wymaganiom, ujętym w odpowiednie przepisy. Całkowicie odrębny dział zastosowania elektrotechniki na okrętach stanowią urządzenia nawigacyjne i sygnałowe, jak żyrokompasy, sondy, logi, liczniki obrotów, telegrafy itp.

Zastosowanie elektryczności, ogarniające coraz większy zasięg we wszelkich dziedzinach życia, — nie omieszkalo poczynić bardzo znacznych postępów także i na terenie budownictwa okrętowego. Zdobywanie sobie prawa bytu nie tylko w dziedzinie tak już zdecydowanie ugruntowanej, jak oświetlenie, — lecz i w całym szeregu innych, jak to obserwujemy we wszelkiego rodzaju urządzeniach na lądzie, — odbywa się krokami bardzo szybkimi również i w budownictwie okrętowym. W związku z tym rośnie zapotrzebowanie na nowe wyroby elektrotechniczne, rozwija się szereg nowych działów i zagadnień w zakresie produkcji, przepisów itp. W stosunkach polskich dziedziny te były dotychczas nietknięte, gdyż budownictwo okrętowe znajduje się u nas prawie że w powijakach. Ostatnie jednakże pociągnięcia w związku z coraz to większym docenianiem zagadnienia morskiego, wysunęły w tym kierunku przed naszym przemysłem poważne perspektywy. Trzeba jednak, by elektrotechniczny przemysł krajowy już dzisiaj zwrócił uwagę na zagadnienie okrętowe, zapoznał się bliżej z rodzajem urządzeń elektrycznych na okrętach, ich wielkością oraz warunkami pracy i wymaganiami, jakie stawiane są w stosunku do tych urządzeń zarówno przez firmy armatorskie, jak i przez marynarkę wojenną.

Ilość urządzeń elektrycznych na okrętach i statkach<sup>1)</sup> oraz ich moce zależą przede wszystkim od typu i przeznaczenia danej jednostki, od rodzaju jej maszyn napędowych, a wreszcie — tonażu.

Statki z napędem dieslowym posiadają znacznie więcej zelektryfikowanych mechanizmów pomocniczych, niż statki turbinowe, lub o napędzie maszyną tłokową, których większość mechanizmów pomocniczych w ma-

szynowni oraz na pokładzie napędzane są parą. Statki pasażerskie charakteryzują się większym stopniem zelektryfikowania, niż statki frachtowe, i wreszcie jednostki wojenne — stosunkowo do tonażu — są w większym stopniu zelektryfikowane, niż handlowe.

Dla wszystkich tych typów i okrętów możnaby ustalić pewne liczby kW zainstalowanej mocy w stosunku do ich tonażu. Należy jednakże zwrócić uwagę na to, że liczba, wyrażająca stosunek „kW/tona wyporności statku“ posiada nieco inne znaczenie, niż analogicznie spotykane liczby w stosunkach lądowych, gdyż statek stanowi pod względem wytwarzania i zużywania energii elektrycznej jednostkę odrębną, niezależną z natury rzeczy od sieci lądowych.

Całość urządzeń elektrycznych na statku można podzielić na dwie części, a mianowicie: na źródło energii elektrycznej oraz na sieć z odbiornikami. Ilość kW mocy zainstalowanej w prądnicach jest tu inna, niż w odbiornikach, — na skutek uwzględnienia współczynnika jednoczesności, oraz na skutek konieczności rezerw; to też stosunek mocy zainstalowanej w prądnicach do sumarycznej mocy odbiorników waha się przeciętnie na statkach handlowych w granicach od 0,6 do 0,7.

Najczęściej znaną jest moc prądnic danego statku; uwzględniając jednakże podany wyżej stosunek mocy prądnic do odbiorów, można ustalić orientacyjne liczby, wyrażające stosunek kW zainstalowanych (całości instalacji) do tonażu — w zależności od różnych typów statków i okrętów.

Poniższe tabele podają w odpowiednich rubrykach liczby kW zainstalowanych prądnic, przypadające na 1 tonę wyporności statku oraz na 1 KM mocy maszyny napędowej.

„kW/tona wyporności“.

Rodzaje statków wzgl. okrętów	N a p ę d y		
	Masz. parowa tłokowa	Turbiny	Motory
Frachtowe . . . . .	0,005	—	0,008—0,04
Fracht. - osobowe . . .	—	0,03—0,17	0,025—0,1
Osobowe . . . . .	—	0,03—0,17	0,043—0,13
Wojenne . . . . .	—	0,10—0,17	0,11 —0,2

„kW/KM“

Rodzaje statków wzgl. okrętów	N a p ę d y		
	Masz. parowa tłokowa	Turbiny	Motory
Frachtowe . . . . .	0,017	—	0,02—0,15
Fracht. - osobowe . . .	—	0,01 —0,127	0,04 - 0,15
Osobowe . . . . .	—	0,003—0,139	0,05—0,15
Wojenne . . . . .	—	0,003—0,016	—

Powyższe dane waha się w dużych granicach, to też traktować je należy, jako przybliżone.

<sup>1)</sup> Określenie „statek“ — używa się w marynarce handlowej; „okrętem“ zaś nazywamy bojową jednostkę marynarki wojennej, dowodzoną przez oficera.



Analizując powyższe dane, widzimy, że statki frachtowe, napędzane dawniej wyłącznie za pomocą maszyny parowej tłokowej, były i są obecnie bardzo mało zelektryfikowane. Statki frachtowe o napędzie turbinowym na ogół nie są budowane, ostatnio natomiast coraz większe zastosowanie do napędu statków znajduje silnik Diesel'a. Wraz z rozpowszechnieniem silnika Diesel'a zwiększa się zapotrzebowanie energii elektrycznej do napędu mechanizmów pomocniczych oraz do ogrzewania. Odpowiedni współczynnik dla statków o napędzie dieslowskim jest też znacznie większy. Dla statków turbinowych gór-

2. sieć elektryczna zasilająca, nadzwyczaj rozczłonkowana; tak np. na statku „Queen Mary“ użyto na sieć ok. 1000 km kabli;

3. oświetlenie;

4. napęd pomocniczych mechanizmów maszyn głównych, jak: pompy do wody chłodzącej, do paliwa, do oliwy, pompy zasilające, — dalej: wentylatory, sprężarki, oliwiarki turbin itp.;

5. napęd mechanizmów pokładowych, jak: windy kotwiczne do podnoszenia łodzi, windy do ładowania statku itp.;

Nazwa statku	Bandera	Wyporność w tonach	Moc maszyn napędowych w KM	Typ statku	Moc elektr. w kW	Napęd statku
Atlantique . . . . .	Francja	40 000	60 000	pasażerski	3 390	turbinowy
Scharnhorst . . . . .	Niemcy	24 000	26 000	„	3 475	turbo-elektryczny
Conte di Savoia . . . . .	Włochy	40 000	100 000	„	5 400	turbinowy
Wuppertal . . . . .	Niemcy	15 200	6 800	fracht.-pasażerski	260	motor.-elektryczny
Piłsudski . . . . .	Polska	15 000	12 500	„	1 020	motorowy
De Ruyter . . . . .	Holandia	6 100	76 000	krążownik	1 026	turbinowy
Queen Mary . . . . .	Anglia	80 000	200 000	pasażerski	9 175	„
Normandie . . . . .	Francja	80 000	160 000	„	13 300	„

ne wartości współczynnika występują jedynie w dużych nowoczesnych jednostkach, jak „Normandie“, „Conte di Savoia“, „Kongo Marce“ itp. Przeciętnie jednak dla tego typu statków wartości te wypadają w granicach 0,03 — 0,09 kW/tonę. Jako charakterystyczną cechę należy zauważyć, że współczynnik „kW/KM“ dla statków osobowych, turbinowych szybkobieżnych — spada do b. niskiej wartości (0,003), a to ze względu na dużą moc maszyn napędowych. Podobnie rzecz się ma i dla okrętów wojennych. Współczynniki pierwszej tablicy obliczone zostały w stosunku do wyporności statku jako określenia najbardziej rozpowszechnionego wśród niefachowców. Wielkość statków frachtowych i frachtowo-osobowych określa się niejednokrotnie nośnością w tonach, a osobowych — pojemnością całkowitą w tonach rejestrowych brutto (B. R. T.); te ostatnie wartości są mniejsze od wyporności.

Znając wyporność statku, jego przeznaczenie oraz rodzaj napędu — można na podstawie podanych wyżej współczynników określić w przybliżeniu wielkość mocy elektrycznej zainstalowanej do oświetlenia, w mechanizmach pomocniczych itp. W wypadku ogrzewania elektrycznego współczynniki te będą, oczywiście, jeszcze większe. Tak np. ostatnio dostarczony dla „Żegluga Polskiej“ statek „Oksywie“ (frachtowiec motorowy, wykonany przez stocznnię fińską) — posiada stopień zelektryfikowania bardzo duży, a mianowicie odpowiednie dane charakterystyczne cyfrowe przedstawiają się dla tego statku, jak następuje: kW/tonę: 0,147 i kW/KM: 0,18. Na „Oksywiu“ energia elektryczna używana jest bowiem również dla celów grzejnych, co tłumaczy powiększenie powyższych współczynników. Dowodzi to niezbitcie, że tendencje elektryfikacyjne na statkach, zwłaszcza o napędzie motorowym, — idą po linii coraz większego zasięgu i rozwoju.

Dla zorientowania się co do rzędu wielkości mocy zainstalowanej w urządzeniach elektrycznych, podajemy wyżej tabelę porównawczą z wyszczególnionymi w niej typowymi statkami.

Całość elektrycznych instalacji na statkach podzielić można na kilka części, a mianowicie:

1. prądnice, których jest co najmniej dwie — napędzanych bądź za pomocą turbin parowych, bądź też za pomocą silników Diesel'a.

6. napęd mechanizmów gospodarczo-higienicznych, jak: chłodnie, wentylatory pomieszczeń, silniki kuchenne, piekarniki itp. oraz

7. ogrzewanie i kuchnie.

Podział liczby kW zainstalowanych w tych urządzeniach jest bardzo różny i zależy w znacznym stopniu od typu statku, jego przeznaczenia, trasy podróży, stopnia luksusu itp. Dla przykładu podane są poniżej dane ilustrujące podział mocy urządzeń elektrycznych na dwu statkach pasażerskich.

Statek pasażerski „Conte di Savoia“ (Włochy).

Przeznaczenie energii elektrycznej	Moc zainstalowana w kW	Moc zainstalowana w %
Oświetlenie . . . . .	2 330	26,6
Mechanizmy pomocnicze maszyn głównych i kotłowni . . . . .	810	9,25
Mechanizmy pokładowe . . . . .	2 300	26,25
Ogrzewanie kuchen oraz ogrzewanie ogólne . . . . .	520	5,9
Urządzenia gospodarcze . . . . .	1 100	12,6
Żyroskopy (urządzenie zabezpieczające przeciw kołysaniu statku) . . . . .	1 700	19,4

Ogólna moc zainstalowana w urządzeniach elektrycznych na statku „Conte di Savoia“ wynosi 8760 kW

Moc zainstalowanych prądnic — 5100 kW

Spółczynnik jednoczesności: 0,58.

Statek pasażerski „Queen Mary“ (Anglia).

Przeznaczenie energii elektrycznej	Moc zainstalowana w kW	Moc zainstalowana w %
Oświetlenie . . . . .	805	6,2
Mechanizmy pomocnicze maszyn głównych i kotłowni . . . . .	6 620	50,5
Pomocnicze mechanizmy pokładowe . . . . .	4 990	38,1
Kuchnie . . . . .	220	1,7
Urządzenia gospodarcze . . . . .	465	3,5

Ogólna moc zainstalowana w urządzeniach elektrycznych wynosi tu: 13.100 kW.

Moc zainstalowanych prądnic — 9175 kW.

Spółczynnik jednoczesności: 0,7.



Całkowicie odrębny, a przy tym nowoczesny dział zastosowania elektrotechniki w okrętownictwie stanowi *elektryczny napęd okrętu*. Ściśle rzecz biorąc, właściwy napęd elektryczny spotyka się rzadko, a więc na okrętach podwodnych lub specjalnych rzecznych motorówkach, gdzie, jako źródło energii, stosują się akumulatory elektryczne. Potocznie mianem „napęd elektryczny“ określa się układ prądnica - silnik, łączący główny silnik napędowy ze śrubą i stanowiący niejako przekładnię. Głównym silnikiem napędowym jest tu zazwyczaj turbina parowa lub silnik Diesela, sprzęgnięty na stałe bądź z prądnicą prądu stałego, bądź też z prądnicą prądu trójfazowego, która z kolei zasila silnik elektryczny prądu stałego lub też silnik synchroniczny prądu trójfazowego, rzadziej — asynchroniczny, sprzęgnięty ze śrubą napędową statku. Liczne zalety przekładni elektrycznej, jak: wielka łatwość manewrowania okrętem i zmiany kierunku jego biegu, usunięcie urządzeń nawrotnych przy dieslach lub biegów wstecznych przy turbinach, scentralizowanie obsługi i manewrów, usunięcie wału napędowego, niezależność silników napędowych od śrub oraz swoboda w rozplanowaniu wnętrza okrętu, możliwość wykretowania części silników do remontu z zachowaniem możliwości ruchu okrętu, możliwość dowolnego przełączania prądnic i silników i wiele innych — rokują temu systemowi przekładni dużą przyszłość, szczególnie zaś w tych krajach, gdzie produkcja zębatych kół wysokobrotowych dla dużych mocy okazać się może zbyt trudna i kosztowna.

Przekładnię elektryczną prądu stałego stosuje się z powodzeniem dla mniejszych instalacji o mocach rzędu kilkuset kilowatów. Trudność zastosowania wysokich napięć, a tym samym zbyt duże natężenia prądów przy większych mocach, ograniczają zakres stosowania tego systemu. Układ prądu trójfazowego maszyn synchronicznych znalazł zastosowanie w jednostkach o mocy do 24000 kW. Prądnice przy napędzie turbinowym budowane są przeciętnie na 2000 obr./min. na napięciu od 2000 do 6000 woltów, trójfazowe; silniki są wolnobrotowe — ze względu na śrubę napędową, przeważnie o normalnych obrotach 175 na minutę. Przy dieslach prądnice robią około 300 obr./min, napięcie rzadko przekracza 500 woltów; moce zaś wahają się w granicach kilku tysięcy kW.

Liczba kW zainstalowanych w maszynach przekładni elektrycznej wynosi prawie dwa razy tyle, ile wynosi moc głównej maszyny napędowej, przy czym prądnice — ze względu na sprawność silników głównych (turbiny lub diesle) — budowane są na wyższe obroty, silniki zaś — przeciwnie.

Całość instalacji przekładni elektrycznej zawiera — oprócz maszyn — *sieć wysokiego napięcia*, łączącą prądnicę z silnikami, oraz tablicę rozdzielczą. Kable wysokiego napięcia wykonane są w gumie i obołowione, niezadko jednakże stosowana jest także izolacja papierowa kabli, i to z dużym powodzeniem. Tablice rozdzielcze budowane są z blachy żelaznej z aparaturą ukrytą za tablicą.

Urządzenia elektryczne na okrętach pracują w ciężkich warunkach atmosfery morskiej i życia okrętowego i narażone są na działanie wielu czynników niszczących, z których przy dostawach należy sobie dokładnie zdawać sprawę.

Z pośród tych czynników na pierwszym miejscu należy postawić wilgoć morską. Woda morska zawierająca szereg składników, jak wapń, magnez, chlor i inn. posiada silne własności korozyjne w stosunku do

glinu, żelaza i miedzi, oraz duże własności niszczące w stosunku do materiałów izolacyjnych, przesyconych lakierami. Działanie wilgoci potęguje wysoka temperatura, dochodząca niezadko w niektórych pomieszczeniach do 60° C. Dalszym czynnikiem niszczącym są drgania, powodowane w pierwszym rzędzie maszynami napędowymi, a poza tym uderzeniami fali.

Powyższe okoliczności zmuszają do stosowania *ostrzejszych przepisów* w stosunku do elektrycznej aparatury okrętowej, niż ma to miejsce na lądzie. W odniesieniu do poszczególnych aparatów, urządzeń i materiałów elektrotechnicznych, wymagania specjalne ująć można, jak następuje:

**Kable.** Miedziana żyła kabla musi być specjalnie giętką dla umożliwienia wykonania małych łuków, co przy układaniu kabla na statku — z braku miejsca — jest niezbędne. Giętkość tę uzyskuje się przez wykonanie żyły w postaci linki z cienkich drucików. Jako izolacji używa się gumy. Ponadto kabel winien posiadać pancierz ołowiany oraz stalowy wzgl. sam tylko pancierz stalowy. Dokładne opisy, budowa i próby odbiorcze kabli, ujęte są w przepisach odbiorczych Lloydów, Biura „Veritas“, lub w normach Kierownictwa Marynarki Wojennej dla okrętów wojennych.

**Armatura.** Należą tu skrzynki rozgałęźne i bezpiecznikowe, gniazda wtykowe, wtyczki, lampy, dławice grodziowe itp. Muszą być one łatwo rozbieralne, możliwie małych wymiarów, budowy całkowicie wodoszczelnej — mosiężne lub z metalu lekkiego, odpornego na działanie wody morskiej, jak np. silumin lub antykordal. Materiał izolacyjny stosowany do armatur musi być niehygroskopijny oraz niepalny. Przeważnie stosuje się do tego celu ebonit, a ostatnio tzw. „turbaks“. Używane często w urządzeniach elektrycznych materiały bakielitowe o większej hygroskopijności nie są odpowiednie. Również porcelana nie jest odpowiednia ze względu na swą kruchość. Jedynie w oprawkach do żarówek stosowane są porcelanowe wkładki.

**Żarówki.** Do oświetlenia stosowane są powszechnie żarówki na napięciu 120 woltów z normalną oprawą Swana, z włóknem metalowym, budowy wzmocnionej, odpornej na wstrząsy. Poza żarówkami oświetleniowymi istnieje zapotrzebowanie — bardzo zresztą zróżniczkowane — na żarówki specjalne na niskie napięcie do oświetlenia przyrządów specjalnych, na żarówki kontrolne, sygnalizacyjne itp. Na ogół żarówki te muszą mieć możliwie małe wymiary oraz oprawy, uniemożliwiające wypadanie podczas wstrząsów.

Należy podkreślić specjalne zapotrzebowanie na żarówki szybko gasnące do sygnalizacji. Włókno tych żarówek musi być tak skonstruowane, aby możliwe było szybkie, lecz wyraźne, nadawanie sygnałów znakami Morse'a (bez ich zlewania się) przy szybkościach wynoszących do 80—100 znaków na minutę.

**Maszyny elektryczne.** Zapotrzebowanie na maszyny elektryczne jest ze strony budownictwa okrętowego, jak to wynika z podanych wyżej tabel, bardzo duże. Dotychczas prawie wyłącznie używane są na statkach maszyny prądu stałego. Muszą one być konstrukcji mocnej, z łożyskami, umożliwiającymi pracę przy przechyłach dochodzących do 45° C. Dopuszczalny przyrost temperatury dla maszyn okrętowych jest niższy, niż dla pracujących na lądzie, i wynosi 45° C. Poza tym uzwojenia maszyn muszą być przesycone lakierem, odpornym na wodę morską, elastycznym i nie kruszącym się z biegiem czasu. Wirniki maszyn elektrycznych okrętowych próbowa-



ne są na przebicie — po uprzednim wymoczeniu w wodzie słodkiej przez 12 godzin.

**Wyłączniki i oporniki.** Jako zabezpieczenie maszyn i sieci, w zależności od okoliczności i rodzaju pracy maszyny, stosowane są samoczynne wyłączniki nadmiarowe, — reagujące natychmiast, bądź też z opóźnieniem, lub kombinowane. Wyłączniki te muszą być powietrzne, wytrzymałe na wstrząsy, o wymiarach możliwie jak najmniejszych. Te części żelazne wyłączników, które nie są lakierowane, jak również sprężyny muszą być pokadmowane; wyłączniki muszą działać niezależnie od położenia.

Oporniki regulacyjne lub rozruchowe powinny być umieszczone w skrzynkach, składających się z dwóch części: niewodoszczelnej, z okapturzeniem, chroniącym od wody kapiącej (z wentylacją naturalną), oraz z części wodoszczelnej, do której doprowadzone i przyłączone są kable.

**Grzejniki.** Budowa grzejników musi być odpowiednio odporna na wstrząsy i uderzenia mechaniczne oraz całkowicie wodoszczelna. Należy również zwracać uwagę, aby powierzchnia grzejników była stosunkowo duża, o temperaturze nie przekraczającej pewnej normy (160<sup>o</sup> C). Przyłączenie kabli do grzejników musi być wodoszczelne.

**Przyrządy pomiarowe.** Na statkach stosuje się przede wszystkim przyrządy typu Dépréz-d'Arsonval'a o konstrukcji odpornej na wstrząsy, w okapturzeniu wodoszczelnym, chronione od wpływów magnetycznych przebiegających w sąsiedztwie kabli prądu stałego.

Oprócz wyżej wymienionych aparatów i urządzeń, na okrętach znalazła szerokie zastosowanie *elektrotechnika urządzeń nawigacyjnych i sygnalizacyjnych*. Jest to dział, który pod względem zużycia energii możnaby zaliczyć do prądów słabych. Do przyrządów nawigacyjnych zaliczyć należy przede wszystkim tzw. kompas bąkowy (żyrokompas) — urządzenie, stanowiące chlubę XX wieku, niezmiernie precyzyjne i skomplikowane, lecz bez porównania dokładniejsze i wygodniejsze w użyciu niż kompas magnetyczny. Następnie do urządzeń nawigacyjnych zaliczyć należy tzw. log elektryczny — do pomiaru szybkości okrętu i przebytej drogi oraz sondę do mierzenia głębokości dna.

Do urządzeń sygnalizacji wewnętrznej należą: telegrafy — maszynowe, sterowe i kotłowe. Służą one do przekazywania rozkazów z pomostu nawigacyjnego do pomieszczeń maszynowych, sterowych lub do kotłowni. Podawane rozkazy są ustalone i zaznaczone na tarczach tych telegrafów; za pomocą korbki można dowolny z tych rozkazów przekazać do stacji odbiorczej. Istnieje wiele typów telegrafów, jak: świetlne, indukcyjne (z silniczkami synchronicznymi zasilanymi prądem zmiennym), elektromagnetyczne i inne. Nadawaniu rozkazów lub sygnałów towarzyszy zawezwawczy sygnał akustyczno-świetlny, który ustaje z chwilą, gdy odbierający potwierdzi odebranie i zrozumienie rozkazu przez pokręcenie korbki swego aparatu (odbiorczego).

Do innych aparatów sygnalizacyjnych zaliczyć należy tzw. przekaźniki rozkazów; różnią się one tym od poprzednio opisanych telegrafów, że umożliwiają nadawanie większej ilości rozkazów. Należą tu poza tym liczniki

obrotów, klaksony, dzwonki, telefony, wskaźniki i inne. Liczniki obrotów — o ile zasilane są prądem stałym — składają się z prądniczki, napędzanej z wału głównej maszyny, oraz z woltomierza, zasilanego z tej prądniczki i wycechowanego w obrotach. Przy zasilaniu prądem zmiennym liczniki te konstruowane są na zasadzie pomiaru częstotliwości przyrządami wskazówkowymi.

Zewnętrzna sygnalizacja okrętowa rozwinęła się w dwóch kierunkach — jako nadwodna i podwodna. Do sygnalizacji świetlnej — nadwodnej — służą bądź reflektory, bądź też specjalne lampy trójbarwowe, umożliwiające nadawanie znaków Morse'a różnymi kolorami, względnie nadawanie kombinowanych błysków kolorowych. Bardzo pomysłowe i ciekawe są urządzenia służące do sygnalizacji podwodnej — akustycznej. Używa się do tego fal ultradźwiękowych, rozchodzących się w wodzie z szybkością blisko 1500 m/sek. Do wytwarzania i odbierania tych fal wykorzystuje się bądź zjawisko elektrostrykcji kwarcu, bądź też magnetostrykcji niklu. W obu przypadkach prąd szybkodzienny w nadajniku pobudza do drgań bądź płyty kwarcowe, bądź też pakiet blach niklowych, a ponieważ nadajniki mają styczność z otaczającą okręt wodą — drgania te rozchodzą się poza okrętem. Przez stosowanie odpowiedniego układu kilku nadajników, uzyskuje się kierunkowość nadawania, co zwiększa zasięg sygnalizacji. Do odbioru służą te same urządzenia, co i do nadawania, ze względu na odwrotność zjawisk magneto- i elektrostrykcji.

Urządzenia okrętów, jak widać z powyższego, stanowią bardzo duże i różnolite *zapotrzebowanie dla przemysłu elektrotechnicznego*. Jeśli chodzi o maszyny elektryczne, kable, przyrządy pomiarowe i rozdzielcze, — krajowy przemysł elektrotechniczny nie napotyka już dziś na ogół na większe trudności, a szczególnie te firmy, które zapoznały się gruntownie z przepisami i odważnie podjęły próby produkcji urządzeń okrętowych od początku rozbudowy naszej floty. Trudności leżą jeszcze w niektórych zagadnieniach, jak np. urządzeniach zabezpieczających silniki prądu stałego (wyłączniki samoczynne na prąd stały na natężenie 60—300 A).

Jeśli chodzi o urządzenia specjalne — nawigacyjne i sygnalizacyjne. — to niektóre z nich, niestety, stanowią i długo jeszcze stanowić będą monopol kilku światowych firm niemieckich, angielskich, francuskich i amerykańskich, które mogą produkować odpowiednie urządzenia dzięki istnieniu w swych krajach dużych flot, stałej ich modernizacji i rozwojowi. Przy naszym stosunkowo małym rozwoju zarówno marynarki handlowej, jak i wojennej — produkcja takich np. przyrządów, jak żyrokompas, logi oraz sondy elektryczne nie byłaby opłacalną, tym bardziej, że wymagałaby znacznych wkładów kapitałowych. Nie mniej jednak urządzenia — w stosunku do nawigacyjnych znacznie prostsze — jak telegrafy maszynowe i sterowe, przekaźniki rozkazów, liczniki obrotów, wskaźniki świetlne itp., mogą być z powodzeniem budowane w kraju i stanowią nadal duże pole do wykorzystania dla naszego przemysłu elektrotechnicznego.



# Diesel – elektryczny napęd okrętów

Inż. Adrian Migurski

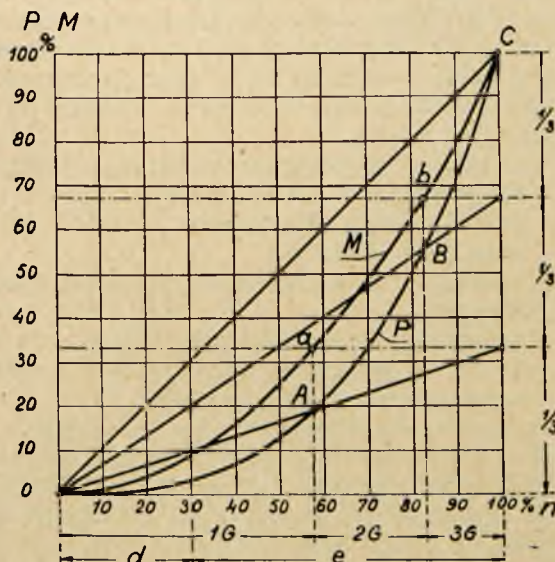
**Streszczenie.** Napęd elektryczny okrętów — ze względu na znaczne korzyści — zdobywa wśród armatorów coraz więcej zwolenników.

Dotychczas stosowano przy dużych mocach do wytwarzania energii elektrycznej zespoły turbogeneratorów. Zastosowanie silników Diesel'a ograniczone było maksymalną mocą, jaką praktycznie można uzyskać z jednego silnika.

W artykule autor opisuje układ elektryczny, pozwalający na szybką i pewną synchronizację zespołów diesel-elektrycznych. Zastosowanie tego układu na okrętach pozwala na doprowadzenie do jednej śruby mocy kilku silników Diesel'a. Na zakończenie Autor podaje wyniki osiągnięte na M/S „Wuppertal“, na którym omawiany układ zastosowano po raz pierwszy.

Myśl zastosowania elektryczności, jako środka do przetwarzania szybkości między silnikiem napędowym a śrubą okrętową, a także do odwracania kierunku obrotów śruby, datuje od dawna. Jedną z wielu zalet tego rodzaju układu jest większa sprawność ogólna mechanizmów, stwierdzono bowiem, że straty podwójnego przetwarzania energii wynagradzane są przez oszczędności osiągnięte na skutek wyzyskania korzystniejszych warunków pracy maszyn napędowych — turbin, kotłów lub silników dieslowskich.

Dotychczas dla dużych mocy stosowano do napędu generatorów jedynie turbiny parowe wobec czego każda ze śrub okrętowych posiadała po jednym zespole turbo-prądnic; układ taki spowodowany był obawą przed skomplikowanymi instalacjami oraz koniecznością synchronizacji i jej utrzymania podczas manewrowania okrętu lub niepogody, wywołującej gwałtowne zmiany zapotrzebowania mocy.



Rys. 1.

Wykresy — mocy oraz momentów śruby okrętowej w zależności od liczby jej obrotów.

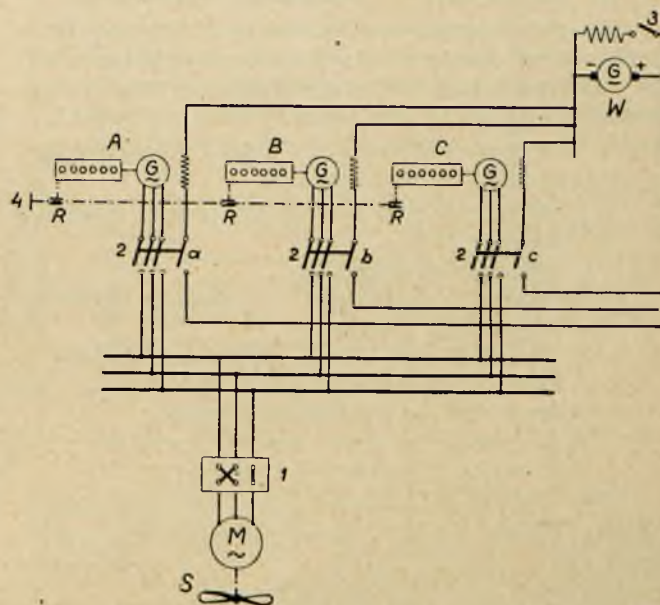
$P$  — moc pobierana przez śrubę okrętową w zależności od obrotów  $n$ ;  $M$  — moment oporu śruby okrętowej;  $A, B, C$  — zasadnicze punkty pracy zespołów, kiedy ich moment obrotowy równa się momentowi oporu śruby okrętowej;  $1G$  — strefa jazdy jednym generatorem;  $2G$  — strefa jazdy dwoma generatorami;  $3G$  — strefa jazdy trzema generatorami;  $d$  — strefa wymagająca regulacji oporowej lub zmiany liczby biegunów silnika napędzającego śrubę;  $e$  — strefa jazdy normalnej.

O ile zamiast turbin chcemy zastosować do napędu generatorów silniki Diesel'a konieczne jest — przy dużych mocach — ustawienie kilku zespołów generatorów pracujących równolegle na każdej śrubie.

Zagadnienie polega na znalezieniu praktycznego, szybkiego i pewnego sposobu łączenia generatorów z siecią oraz ich odłączania — stosownie do wahań zapotrzebowania mocy, jakie mają miejsce w praktyce nawigacyjnej.

Niniejszy referat ma na celu wykazanie, w jaki sposób zagadnienie to zostało w praktyce rozwiązane.

Na wykresie (rys. 1) podana jest krzywa mocy  $P$  pobieranej przez śrubę okrętową w zależności od jej szybkości (liczby obrotów)  $n$  oraz krzywa  $M$ , przedstawiająca moment oporu śruby — również w zależności od jej liczby obrotów (szybkości). Moment obrotowy proporcjonalny jest do liczby zespołów napędowych.



Rys. 2.

Zasadniczy schemat układu połączeń diesel-prądnic z elektrycznym silnikiem napędzającym śrubę okrętową.  $A, B, C$  — zespoły diesel-elektryczne;  $W$  — wzbudnica;  $1$  — przełącznik zmiany kierunku obrotów silnika  $M$ ;  $2a, 2b, 2c$  — wyłączniki generatorów;  $3$  — wyłącznik wzbudzenia;  $4$  — regulacja szybkości silników Diesel'a;  $M$  — silnik do napędu śruby;  $S$  — śruba okrętowa.

Na rys. 2 uwidoczniony jest zasadniczy schemat elektrycznych połączeń zespołów diesel-prądnic z elektrycznym silnikiem napędzającym śrubę okrętową  $S$  oraz ze wspólną wzbudnicą  $W$ . Jak widać, mechaniczne regulatory szybkości  $R$  wszystkich trzech silników Diesel'a są ze sobą połączone i podlegają sterowaniu z odległości za pomocą dźwigni  $4$ . W ten sposób silniki Diesel'a pracują w biegu jałowym przy prawie jednakowej liczbie obrotów.

Sterowanie przełącznika zmiany kierunku obrotów  $1$ , cztero-biegunowych wyłączników ( $2a, 2b$  i  $2c$ ), głównego wyłącznika wzbudzenia  $3$  oraz regulatorów  $R$  szybkości silników Diesel'a za pomocą dźwigni  $4$  ześrodkowane jest na jednym wspólnym pulpicie. Przy takim układzie manewrowanie okrętem staje się bardzo proste o czym przekonamy się niebawem, rozpatrując przebieg wykonywania poszczególnych rozkazów.



A. Wykonanie rozkazu: „wolno naprzód!“. W tym przypadku należy:

- 1. nastawić rączkę 1 w pozycji „naprzód“;
- 2. włączyć jeden z wyłączników 2 (np. 2a);
- 3. włączyć wyłącznik 3.

Silnik śrubowy *M* rusza momentalnie, przy czym szybkość silnika Diesel'a pod wpływem obciążenia maleje; jego szybkość oraz szybkość silnika śrubowego *M* ustalają się następnie na wartości podanej w punkcie A wykresu (rys. 1), kiedy moment obrotowy staje się równy momentowi oporu.

B. Wykonanie rozkazu: „cała naprzód!“ wymaga wykonania następujących czynności:

- 1. odłączyć wyłącznik 3. Obróty odciążonego zespołu *A* zrównają się natychmiast z obrotami zespołów *B* i *C*;
- 2. włączyć wyłączniki 2b i 2c;
- 3. włączyć z powrotem wyłącznik 3. Wszystkie trzy generatory zespołów *A*, *B* i *C* prawie natychmiast zsynchronizują i od tej chwili cały układ napędowy pracuje przy 100% mocy i szybkości, czyli — w punkcie *C* wykresu (rys. 1).

Jak widać, generatory łączone są z szynami zbiorczymi w stanie beznapięciowym; z chwilą wzbudzenia całego układu powstają prądy wyrównawcze, zapewniające szybko i automatycznie synchronizację prądnic.

C. Wykonanie rozkazu: „cała wstecz!“ (będąc w biegu „cała naprzód“) — wymaga, aby:

- 1. obniżyć szybkość zespołów za pomocą dźwigni 4 do około 40%;
- 2. wyłączyć wyłącznik 3;
- 3. przerzucić przełącznik 1 z położenia „naprzód“ w położenie „wstecz“;
- 4. wzbudzić cały układ, włączając wyłącznik 3. Silnik śrubowy *M* zostanie zahamowany po czym rusza w odwrotnym kierunku;
- 5. powiększyć, w miarę potrzeby, szybkość silników Diesel'a (zespołów) dźwignią 4.

Przy tym układzie otrzymujemy tyle zasadniczych szybkości, ile jest zespołów Diesel'a, a mianowicie dla omawianego przypadku mamy je trzy, odpowiadające punktom pracy *A*, *B* i *C* wykresu na rys. 1.

Jeśli chcemy nadać śrubom szybkość o wartości, znajdującej się pomiędzy punktami *C* — *B*, *B* — *A* lub też poniżej *A* (rys. 1) należy oddziaływać na regulatory obrotów silników Diesel'a — dźwignią 4.

Ponieważ silniki Diesel'a nie mogą pracować przy obrotach poniżej 30% swych obrotów nominalnych — widzimy, że szybkość śruby, a więc i okrętu, nie może być w prosty ten sposób obniżona dalej niż do ok. 30% szybkości zespołu przy pełnej mocy.

Jeżeli bezwzględna wartość tej — obniżonej — szybkości okaże się dla danego okrętu jeszcze za duża, pozostaje zastosować regulację oporową — przy asynchronicznych pierścieniowych silnikach śrubowych lub też przełączanie uzwojeń pozwalające na zmianę liczby biegunów silnika śrubowego. Strata wynikających z zastosowania oporników w wirnikach silników asynchronicznych nie należy wyolbrzymiać, albowiem zazwyczaj korzystamy z nich tylko podczas krótkich okresów manewrowania okrętu oraz przy bardzo małych jego szybkościach i mocach — wobec czego straty te nie przekraczają 5% ogólnej mocy zainstalowanej.

O ile natomiast przewiduje się, że okręt będzie odbywał podróże w strefach klimatycznych, w których panują częste mgły, lub z pewnych innych względów zmu-

szony będzie do długiej nawigacji przy zwolnionym biegu — poniżej 30% pełnej szybkości, — to, oczywiście, może być nie może o zastosowaniu sposobu oporowego dla utrzymania stałego zwolnionego biegu okrętu, a to ze względu na straty, które, jakkolwiek procentowo małe, z biegiem czasu wytworzyłyby wielkie ilości straconej bezpożytecznie energii. W tym wypadku należy bezwzględnie zastosować jeden ze sposobów uzyskania zmiennej liczby biegunów przy silniku śrubowym. Jedną z największych zalet tego sposobu zmiany szybkości polega na tym, że nadaje się on zarówno przy silnikach synchronicznych, jak i asynchronicznych, wobec czego do napędu śruby można wybrać dla każdego z poszczególnych rodzajów okrętu najodpowiedniejszy dla niego typ elektrycznego silnika napędowego.

Zdawałoby się, że w praktyce samorzutna synchronizacja układu nie przyjdzie tak łatwo, — a to ze względu na trudności dokładnego wyrównania obrotów silników Diesel'a. Okazuje się jednak, że dokładne wyrównanie liczby obrotów generatorów jest zbyteczne. Tak np. przy połączeniu — tytułem próby — przy nieruchomym silniku śrubowym sześciu generatorów umyślnie nastawionych każdy na inne obroty — w granicach od 770 do 920 obr/min. mimo dużej różnicy w obrotach, jakiej w praktyce nigdy się nie spotyka, samorzutna synchronizacja nastąpiła w bardzo krótkim czasie, gdyż zaledwie po upływie 1,93 sek. od chwili włączenia wspólnego wzbudzenia. Wykonane w tym przypadku zdjęcia oscylograficzne i torsjometryczne nie wykazują żadnego zjawiska anormalnego mogącego grozić maszynom jakimkolwiek niebezpieczeństwem. W czasie przejścia z pełnego biegu „naprzód“ do pełnego biegu „wstecz“ zdjęcia te wykazują, że moment obrotowy na wale silnika nigdzie nie przekracza 138% normalnego momentu silnika, co leży całkowicie w dopuszczalnych granicach.

W normalnych warunkach pracy i obsługi oraz przy normalnych przyrządach elektrycznych, manewr ten — od chwili otrzymania rozkazu jazdy w przeciwnym kierunku do chwili osiągnięcia przez śrubę okrętową pełnej szybkości wstecz — odbywa się w ciągu ok. 12,5 sek. — od chwili otrzymania rozkazu. Czas ten rozkłada się jak następuje:

- 3,8 sek. — na odłączenie wzbudzenia, przerzucenie przełącznika kierunkowego i włączenie go z powrotem, przy jednoczesnym obniżeniu szybkości silników Diesel'a;
- 0,5 sek. — na samoczynną synchronizację generatorów;
- 4,6 sek. — na hamowanie silnika śrubowego, oraz
- 3,6 sek. — na rozruch silnika śrubowego i osiągnięcie pełnego biegu wstecz śruby.

Dla porównania nadmieniamy, że czas potrzebny dla wykonania podobnego manewru przy okręcie zaopatrzonym w turbogenerator oraz synchroniczny silnik do napędu śruby wynosi 38 sek., przy okrętach zaś zaopatrzonych w turbiny lub silniki Diesel'a bezpośrednio sprzężone ze śrubą — przeciętnie 33 sek. Dowodzi to, do jakiego stopnia giętki i łatwy do manewrowania jest układ diesel-elektryczny, przy którym nie należy się troszczyć o synchronizację.

Odnosnie do wagi, napęd diesel-elektryczny pozwala na zastosowanie szybkobieżnych, nieodwracalnych silników Diesel'a — znacznie lżejszych od silników Diesel'a do bezpośredniego sprzężenia ze śrubą. Silniki te muszą być z konieczności typu odwracalnego wymagającego potężnych butli sprężonego powietrza — dla wielokrotnych ruchów przy manewrowaniu okrętu.



Waga zaoszczędzona na silniku Diesel'a jest większa, niż waga urządzeń elektrycznych. W tabeli I podajemy porównanie wagi urządzenia napędowego o mocy  $2 \times 6300$  KM mierzonej na śrubach okrętowych w trzech rozwiązaniach, a mianowicie: „A” — silniki Diesel'a bezpośred-

nio sprzężone ze śrubami; „B” — diesel-elektryczny, po dwa silniki Diesel'a na każdej śrubie oraz „C” — napęd diesel-elektryczny po trzy diesle na każdej śrubie.

Tabela I.

Dane dotyczące silników Diesel'a	N a p ę d diesel — elektryczny		
	„A” 2 silniki główne, dwutaktowe odwracalne	„B” $2 \times 2 = 4$ diesel-prądnicie, nieodwracalne	„C” $2 \times 3 = 6$ diesel-prądnicie, nieodwracalne
Cylindry: . . .	$6 \times 750/1150$	$9 \times 600/700$	$8 \times 500/580$
Moc w efektywnych KM: . . .	$2 \times 6300$	$4 \times 3350$	$6 \times 2250$
Liczba obr./min.: . . .	120	250	300
Waga urządzenia napędowego łącznie z częścią elektryczną: . . .	910 ton = 100%	862 tony = 95%	743 ton = 82%



Rys. 4.  
Widok M/S „Wuppertal“.

Podczas gdy rozwiązanie „A” kosztowałoby na podstawie cen zagranicznych wytwórni 1, to rozwiązanie „B” kosztowałoby 1,16, rozwiązanie zaś „C” — 1,09.

Jak to udowodnimy dalej, stosunkowo nieznaczna dopłata za alternatywę „C” zostaje sownicie wynagrodzona przez obniżenie kosztów eksploatacyjnych.

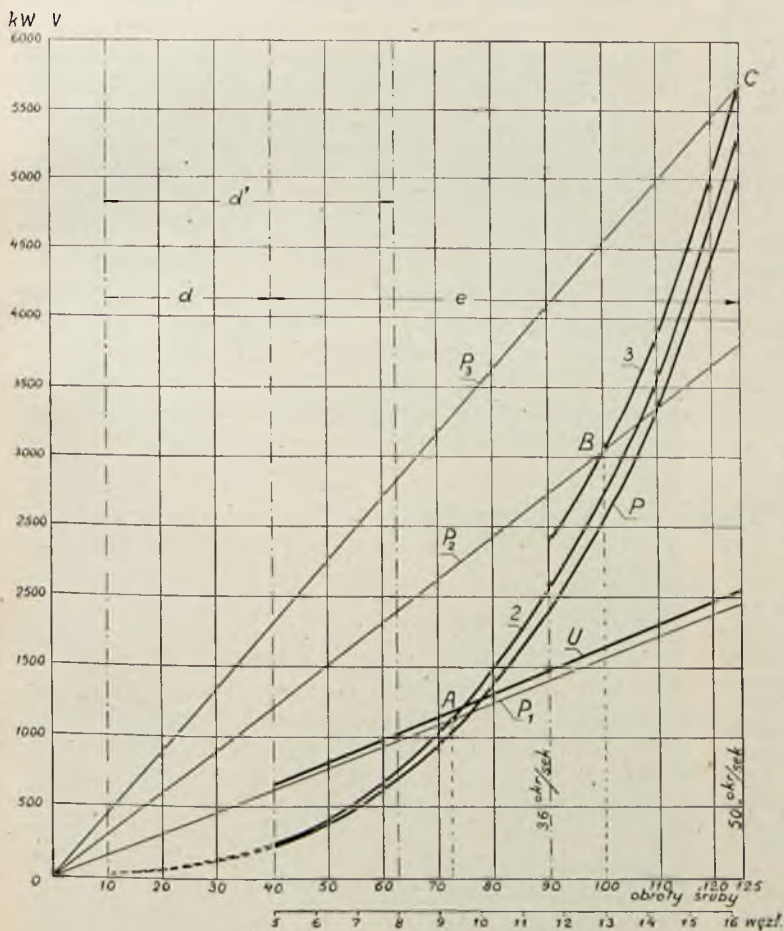
Należy podkreślić, że dla polskich okrętów przy obecnym stanie naszego przemysłu urządzenia napędowe w rozwiązaniu „A” musiałyby być całkowicie sprowadzone z zagranicy, podczas gdy zastosowanie rozwiązania „B” lub „C” pozwoliłoby na wykonanie elektrycznej części w kraju.

Aby dać dokładniejsze wyobrażenie o działaniu urządzenia diesel-elektrycznego, przytoczymy wyniki osiągnięte na niemieckim M/S „Wuppertal“.

Na rys. 3 podane są wykresy, sporządzone na podstawie wyników uzyskanych podczas normalnych rejsów M/S „Wuppertal” na trasie Europa — Australia (rys. 4). Urządzenie napędowe tego statku składa się z 3 silników Diesel'a po 2600 KM każdy przy 250 obr./min. bezpośrednio sprzężonych z 3 generatorami prądu trójfazowego o mocy 1900 kVA każdy, 2000 V, 50 okr./sek, 250 obr./min, 1 silnika synchronicznego (do napędu śruby okrętowej) o mocy 5000 kW (6800 KM) przy 125 obr./min, (liczba biegunów  $2p = 48$ ); na wspólnym wale z tym silnikiem mamy tu poza tym dodatkowo 1 silnik asynchroniczny, 72-biegunowy, o mocy 800 KM — dla jazdy na wolnych obrotach.

Podobnie, jak poprzednio na rys. 1, zaznaczone są na rys. 3 zasadnicze punkty pracy zespołów napędowych równa się momentowi oporowemu śruby okrętowej. Straty w przekładni, wyrażone są różnicą rzędnych krzywej „2” oraz krzywej „P”.

Jednym z ciekawszych momentów jest zasilanie okrętowej sieci oświetleniowej oraz mechanizmów pomocniczych przez główne zespoły diesel-elektryczne, co pozwala na zaoszczędzanie zespołów pomocniczych w czasie jazdy przy szybkościach śruby pomiędzy 90 a 125 obr./min. Przy obrotach śruby poniżej 90 obr./min — ze względu na spadek częstotliwości poniżej 36 okr./sek. i spo-



Rys. 3.

Wykresy mocy dla M/S „Wuppertal“.

A, B, C Zadane punkty pracy zespołów kiedy ich moment obrotowy równa się momentowi oporu śruby okrętowej; d — d' strefa regulacji przy pomocy dodatkowego silnika asynchronicznego 72-u biegunowego; e — strefa normalnej jazdy z regulacją szybkości okrętu przy pomocy regulatorów obrotów silników Diesel'a; P — moc pobierana przez śrubę okrętową; 2 — moc na sprzęgłach silników Diesel'a; U — napięcie; P<sub>1</sub> — moc jednego zespołu diesel-elektrycznego; P<sub>2</sub> — moc dwu zespołów; P<sub>3</sub> — moc trzech zespołów.



wodowanego tym migania światła oraz obniżenie obrotów mechanizmów pomocniczych, konieczne jest posiłkowanie się zespołami pomocniczymi. Moc pobierana przez sieć oświetleniową i mechanizmy pomocnicze określona jest różnicą rzędnych krzywej „3” oraz krzywą „2”.

Podajemy niżej tabelę II — podziału strat energii w przekładni na omówionym wyżej statku:

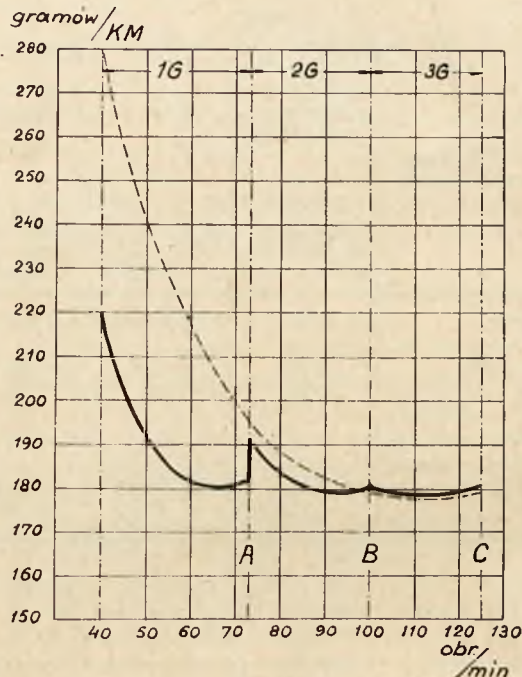
Tabela II.

Wyszczególnienie strat	Szybkości okrętu oraz liczba obrotów śruby okrętowej				
	16 węzłów 125 obr./min.	13 węzłów 100 obr./min.	11 węzłów 85 obr./min.	9 węzłów 70 obr./min.	6,5 węzła 50 obr./min.
Liczba zespołów pracujących	3	2	2	1	1
Moc na wale śruby kW	5.000	2.500	1.600	900	330
Straty silnika śrubowego kW . . . . .	140	70	50	37	23
Straty w kablach kW	10	5	3	2	1
Straty w generatorach kW . . . . .	150	68	46	30	14
Straty w pochwie śrubowej kW . . . . .	50	36	28	21	13
Moc na wałach silników Diesel'a kW .	5.350	2.679	1.727	990	381

Straty w pochwie śrubowej pochodzą od tarcia wału śrubowego w panewkach i dlatego też nie mogą być uważane za straty o charakterze elektrycznym; jeżeli więc odliczymy je od podanych wyżej strat przekonamy się, że sprawność elektrycznej części statku przy pełnym obciążeniu wynosi 94,4%, dla innych zaś poszczególnych biegów 95,6%; 95,2%; 93,7% oraz 90,5%.

Przy bezpośrednim sprzężeniu silników Diesel'a ze śrubami sprawność wynosi przeciętnie ok. 85%. Porównując tę sprawność z przytoczonymi wyżej wartościami

mi, widzimy, że straty zachodzące ze względu na podwójne przetwarzanie energii na skutek zastosowania przekładni elektrycznej zostają wynagrodzone przez oszczędności osiągnięte wskutek korzystniejszych warunków pracy silników Diesel'a oraz skasowania dłu-



Rys. 5.

Wykres zużycia paliwa w zależności od szybkości statku: — — — — dla instalacji o trzech silnikach Diesel'a; — — — — dla silnika Diesel'a, bezpośrednio sprzężonego ze śrubą; A, B, C — zasadnicze punkty pracy zespołów.

gich wałów śrubowych. Oszczędność tę, która odbija się na kosztach eksploatacji okrętu przez długie lata jego służby, ilustruje najlepiej wykres zużycia paliwa pokazany na rys. 5.

## Sygnalizacja nautyczna na Polskim Wybrzeżu

Inż. J. Kadenacy

**Streszczenie.** X Zjazd SEP, odbywający się na Bałtyku, poświęcony jest m. inn. zapoznaniu się szerokich kół elektryków polskich z naszym dorobkiem elektrotechnicznym na morzu i wybrzeżu polskim. Wskazane jest by elektrycy i radiotechnicy polscy dowiedzieli się, że urządzenia sygnalizacji nautycznej są u nas prawie w 100% zelektryfikowane i utrzymywane na należytych poziomach, oraz że przy wykonywaniu tych urządzeń uczystniczyła zarówno polska technika, jak i przemysł krajowy.

Artykuł omawia zadania sygnalizacji nautycznej oraz ważniejsze urządzenia do sygnalizacji nautycznej, jak latarnie morskie, nadajniki akustyczne oraz radio-latarnie. Omówiona jest sygnalizacja akustyczno-radiowa.

W drugiej części omówiona jest organizacja techniczna sygnalizacji nautycznej na wybrzeżu polskim oraz Stacja Sygnalizacji Nautycznej Gdynia, Hel i Rozewie.

### WSTĘP.

Bezpieczeństwo żeglugi na morzu wymaga, aby nawigator posiadał jak najwięcej urządzeń, umożliwiających mu szybkie i dokładne oznaczenie położenia statku.

Urządzeń takich znajdujemy na statku sporo; są to: kompas, chronometry, przyrządy do obserwacji astronomicznych, szybkościomierze (tzw. „logi”), przyrządy do mierzenia głębokości (tzw. „loty”) itp.; uzupełniają je ma-

py oraz wydawnictwa, w których zebrane są wszelkie informacje dotyczące żeglugi (tzw. „locje”).

Jednakże doświadczenie wykazuje, że w miejscach szczególnie niebezpiecznych lub ważnych dla żeglugi, jak np. w pobliżu skał, mielizn, brzegów, w wąskich przejściach, w wejściach do portów itp., — wszystkie wyżej wymienione urządzenia, znajdujące się na statkach, stają się niewystarczające i muszą być uzupełnione specjalnymi znakami na morzu lub na wybrzeżu. Jest to tym bardziej zrozumiałe, że orientowanie się za pomocą kompasu, mapy oraz pomiarów szybkości statku, nawet przy uwzględnieniu wszelkich poprawek, wymaga co pewien czas kontroli za pomocą innych sposobów orientowania się. Pomiarów astronomicznych wymagają niezachmurzonego nieba i dokonywania obliczeń. Orientowanie się podług zarysów brzegów nie jest pewne i nie może być stosowane w nocy. Wreszcie, w czasie mgły zupełnie zawodzi wszelka orientacja wzrokowa.

Aby wypełnić tę niebezpieczną lukę, od dawna już stosowane są na morzu tzw. znaki żeglarskie — w najróżniejszych postaciach, jak: pływające boje, statki latarnicze, światła, latarnie morskie, dzwony, syreny itp. Po woj-



nie światowej zaczęto prócz tego stosować syreny podwodne i tzw. radio-laternie.

Znaki żeglarskie rozstawione są na morzu lub na wybrzeżach w miejscach szczególnie ważnych dla żeglugi. Są one uwidocznione na mapach morskich, wszelkie zaś dane dotyczące ich położenia, organizacji ich pracy itp. zebrane są w specjalnych wydawnictwach, stale uzupełnianych. Znaki te tworzą system tzw. sygnalizacji morskiej lub nautycznej. Zastosowania elektrotechniki i radiotechniki w dziedzinie sygnalizacji nautycznej są rozległe i tworzą dziś dział całkowicie samodzielny.

Coprzawda popyt na te urządzenia sygnalizacyjne nie jest zbyt wielki, wymagania zaś odbiorcze ciężkie, to też w tym kierunku wyspecjalizować się mogły nieliczne tylko wytwórnie (ok. 10 ÷ 15 we wszystkich państwach świata). Twórczo zagadnieniami tymi zajmują się dziś tylko stosunkowo nieliczni specjaliści; tym nie mniej zagadnienia sygnalizacji nautycznej powinny zainteresować każdego elektryka, gdyż wiążą się one dosyć ściśle z różnymi ważnymi działami elektrotechniki i radiotechniki, jak: źródłami światła dużej mocy, elektroakustyką, goniometrią radiową, samoczynnymi urządzeniami elektrycznymi, specjalnymi maszynami elektrycznymi itp.

Latarnie morskie są najstarszymi znakami żeglarskimi. Są to silne światła umieszczone na znacznych

wzniesieniach — naturalnych lub sztucznych, w miejscach szczególnie ważnych dla żeglugi. Zasięg ich widzialności przy dobrej przejrzystości na morzu jest na ogół duży (do 20 ÷ 50 km); jest on uwarunkowany: wzniesieniem światła ponad poziom morza, mocą źródła światła, zdolnością skupiającą systemu optycznego latarni, a wreszcie stanem przejrzystości na morzu.

Dla wyróżnienia ich od jakichkolwiek innych świateł na wybrzeżu latarnie morskie świecą światłem przerywanym, według określonej charakterystyki (określona liczba błysków w jednostce czasu, — w określonych regularnych odstępach).

Jako źródła światła w dużych nowoczesnych latarniach morskich stosowane są przeważnie łuk elektryczny lub żarówka o b. dużej mocy (do 5 kW). Do zasilania mniejszych świateł, szczególnie nie dozorowanych, stosowany jest zwykle rozpuszczony acetylen.

Rys. 1 przedstawia aparaturę dużej latarni morskiej oświetlanej żarówką elektryczną, automatycznie wymienianą — w razie przepalenia się.

#### SYGNALIZACJA AKUSTYCZNA.

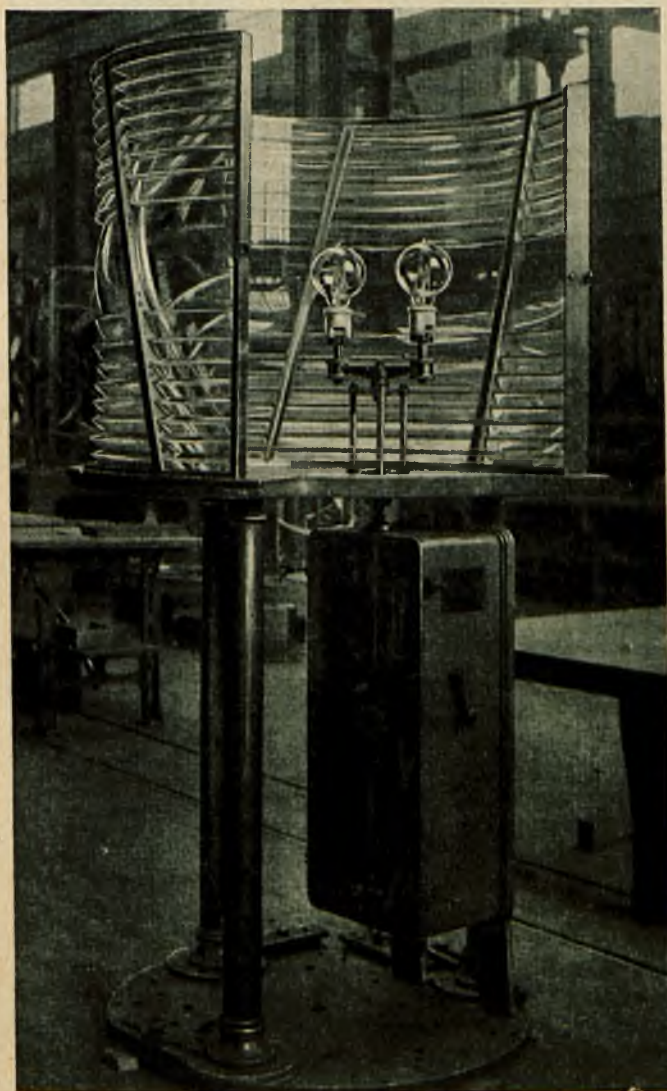
W czasie mgły na morzu orientowanie się wzrokowe zawodzi całkowicie, gdyż najsilniejsze nawet latarnie morskie o światłości do 10 000 000 świec już w odległościach większych od 1 ÷ 2 km stają się wówczas zupełnie niewidzialne. Dlatego też starano się oddawna zapewnić w czasie mgły żegludze inne sposoby orientacji, a mianowicie za pomocą sygnałów akustycznych.

Silny sygnał akustyczny o określonej charakterystyce uprzedza wówczas statek, że znajduje się on blisko określonego punktu — ważnego lub też niebezpiecznego dla żeglugi.

W tym celu stosowano już oddawna przeważnie sygnały nadawane przy pomocy silnych syren zasilanych sprężonym powietrzem; syreny te ustawiane najczęściej w pobliżu latarni morskich. Jednak syreny te posiadają sporo wad; sprawność ich jest niewielka i wynosi 5 ÷ 8%; wymagają one dużo miejsca, które w warunkach morskich jest zwykle bardzo cenne, itp. Rys. 2 przedstawia dużą syrenę pneumatyczną o zasięgu ok. 15 ÷ 20 km; wymaga ona do napędu swej sprężarki silnika o mocy 15 ÷ KM.

Nowoczesną akustyczną sygnalizację nautyczną zapoczątkował wynalazek Fessendena.

Zazwyczaj wszystkie urządzenia elektroakustyczne, jak słuchawki telefoniczne, głośniki itp., zbudowane są w ten sposób, że pracują możliwie zdala od rezonansu; jednocześnie ich sprawność przetwarzania energii elektrycznej w akustyczną nie jest wysoka. Pomysł Fessendena polegał na zbudowaniu elektrycznego



Rys. 1.

Aparatura dużej latarni morskiej wyposażona w samoczynne urządzenie do wymiany przepalonych żarówek.



Rys. 2.

Duża syrena pneumatyczna o zasięgu 15—20 km.



nadajnika akustycznego, w którym membrana i obwód elektryczny dostrojone były do rezonansu mechanicznego i elektrycznego z częstotliwością prądu zmiennego zasilającego nadajnik.

Zbudowany na tej zasadzie nadajnik akustyczny pozwalał otrzymywać duże moce akustyczne — rzędu kilkuset watów — przy sprawności wynoszącej ok. 50%. W pierwszym okresie swego rozwoju, który przypadł na czas wojny światowej, nadajniki tego typu stosowane były na okrętach wojennych do sygnalizacji podwodnej. Po wojnie zaczęto próbować stosować je, jako znaki żeglarskie, zatapiając w miejscach ważnych dla żeglugi i zasilając ze statków latarnicznych czy też brzegu. Rys. 3 przedstawia tego typu nadajnik czteromembranowy w chwili zatapiania go ze statku latarniczego.



Rys. 3.  
Podwodny czteromembranowy nadajnik akustyczny.

Ten jednak system sygnalizacji nautycznej nie znalazł szerszego zastosowania, gdyż wykazał sporo wad, z których najpoważniejszą była wielka nieregularność zasięgów. Doświadczenie zdobyte przy budowie nadajników podwodnych, szybko zostało wyzyskane przy budowie podobnych nadajników przeznaczonych do pracy w powietrzu. Obecnie zostały one w dużym stopniu udoskonalone i budowane są na różne częstotliwości i moce akustyczne do kilku kW. Posiadając zwartą i szczelną budowę, nadają się one specjalnie do sygnalizacji nautycznej, gdyż można je ustawiać niemal w dowolnym miejscu, nieraz bardzo daleko od źródeł zasilania. To też obecnie wypierają one całkowicie w sygnalizacji nautycznej starsze syreny pneumatyczne. Rys. 4 przedstawia tego typu nadajnik akustyczny o mocy akustycznej ok. 2 kW.

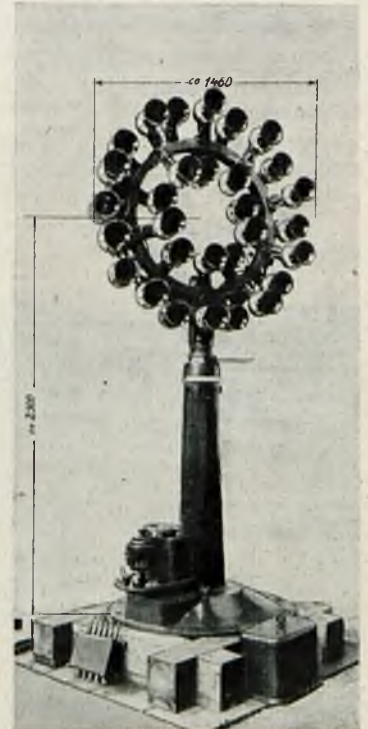


Rys. 4.  
Powietrzny nadajnik akustyczny o mocy ok. 2000 watów akustycznych.

Nadajniki te zwykle są zasilane z prądnic typu Alexandersona na częstotliwość akustyczną. Nadajniki na częstotliwość 300 okr./sek mogą być zasilane również ze statycznych przetwornic częstotliwości zasilanych bezpośrednio z sieci zmiennego 50 okr./sek.

Przeciętne zasięgi nadajników akustycznych są rzędu ok. 10 ÷ 15 km i uwarunkowane są częstotliwością ich tonu (wysokie tony absorbowane są silniej), mocą nadajnika oraz kierunkiem nadawania. Należy zaznaczyć, że tylko nadajnik skierowany pionowo, jak to pokazane jest na rys. 2, wypromieniowuje swą energję jednakowo we wszystkich poziomych kierunkach. Nadajnik natomiast skierowany poziomo (jak na rys. 4), wypromieniowuje maksimum energii w kierunku swej osi symetrii i w tym też, oczywiście, kierunku posiada on największy zasięg.

Trudność tę można ominąć, nadając nadajnikowi obrót dookoła osi pionowej, i wówczas we wszystkich kierunkach otrzymamy jednakowe zasięgi. Grupowe ustawienie większej liczby nadajników, o ile tylko zostało uskutecznione wg. pewnych reguł, powoduje bardzo silne skupienie energii dźwiękowej w kierunku osi symetrii. Nadając obrót takiej grupie nadajników, możemy przy nieznacznej energii osiągnąć we wszystkich kierunkach znaczne zasięgi. Syreny tego typu, zwane wahadłowymi, stosowane są u nas na wybrzeżu w Gdyni oraz na Helu — na tzw. Szwedzkiej Górcie. Rys. 5 przedstawia syrenę wahadłową pracującą na Helu.



Rys. 5.  
Syrena wahadłowa pracująca na Szwedzkiej Górcie na Helu.

#### RADIO-LATARNIE ORAZ SYGNALIZACJA AKUSTYCZNO - RADIOWA.

Zbudowanie dokładnego goniometru, nadającego się do zainstalowania na statkach, dokonało przewrotu w dotychczasowych metodach nawigacyjnych, gdyż nawet przy najbardziej niesprzyjających warunkach na morzu (np. podczas mgły) umożliwiło bardzo dokładne określenie położenia statku.

W kilku słowach z a s a d a pomiaru goniometrycznego jest następująca: po dostrojeniu odbiornika goniometru do sygnałów jakiegokolwiek nadawczej stacji radiowej o znanym położeniu, obracamy anteną ramową aż do zaniku tego sygnału, co następuje wówczas, gdy płaszczyzna ramy jest prostopadłą do prostej łączącej statek ze stacją. Mierząc kąt, jaki tworzy ta prosta z południkiem rzeczywistym, możemy ją wykreślić na mapie. Gdy dokonamy kilka takich pomiarów (co najmniej 2) i wykreślimy kilka takich prostych, wówczas przecięcie ich wyznaczy nam na mapie położenie statku.

W zasadzie do pomiarów tych można użyć sygnałów jakichkolwiek stacyj; o wiele jest jednak dogodniejsze



użycie do tego celu sygnałów specjalnych stacji, objętych ogólną organizacją sygnalizacji nautycznej; są to tak zwane morskie radio-laternie.

Budowane są one zazwyczaj w pobliżu latarni morskich i w czasie dobrej przejrzystości obsługują tylko statki znajdujące się po za zasięgiem latarni. W czasie mgły zastępują one natomiast w 100% latarnie dla wszystkich statków posiadających goniometry.

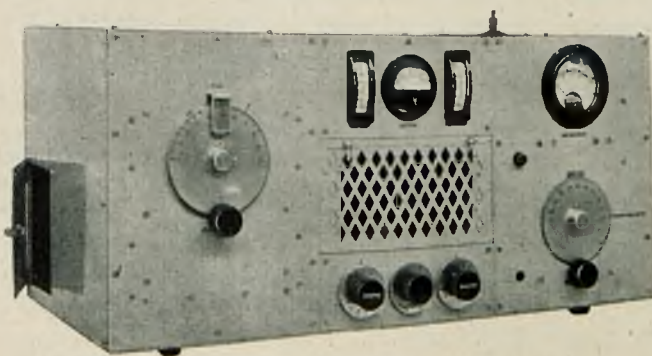
Chociaż radio-laternie z pośród wszystkich urządzeń sygnalizacji nautycznej posiadają najmniejszą moc, — zasięgi ich są największe i wynoszą średnio ok. 100 km. Dlatego też dla uniknięcia wzajemnych zakłóceń organizacja ich pracy musiała być uregulowana międzynarodowymi przepisami.

W chwili obecnej na Bałtyku obowiązują uchwały konferencji w Sztokholmie z r. 1933. Stosownie do tych uchwał radio-laternie podzielone są na grupy — po 3 stacje w każdej, — posiadające tą samą długość fali i częstotliwość modulacji. Stacje należące do tej samej grupy pracują jedna po drugiej, po ok. 2 minuty, po czym przez ok. 4 minuty są nieczynne. Podczas mgły stacje pracują stale, podczas dobrej zaś przejrzystości 2 razy na godzinę po 12 minut.

W ten sposób w ciągu 6 minut statek może zawsze określić swe położenie, w razie zaś potrzeby w ciągu następnych 6 minut powtórzyć jeszcze raz dokonane poprzednio pomiary.

Radio-laternie są stacjami całkowicie zautomatyzowanymi i sterowanymi przez dokładne zegary elektryczne. Są one zasilane bądź z sieci prądu zmiennego bądź też z akumulatorów o dużej pojemności. Do sterowania pracą stacji i automatycznego nadawania przepiślowych sygnałów służy automat, zwany kluczem lub znamiennikiem; jest to zestaw kół z nacięciami napędzany małym silnikiem elektrycznym. Rys. 6 przedstawia dwustopniowy nadajnik na prąd zmienny zastosowany na naszych radio-laterniach, rys. zaś 7 — ich klucz.

Zelektryfikowanie sygnalizacji akustycznej i zainstalowanie radio-laterni na stacjach sygnalizacji nautycznej umożliwiły stosowanie sygnalizacji akustyczno-radiowej, z której mogą korzystać statki mniejsze, nie posiadające goniometru, lecz tylko zwykły odbiornik radiowy. Zasada tego rodzaju sygnalizacji polega na dokładnie



Rys. 6.

Dwustopniowy nadajnik radiolaterni na prąd zmienny (Hel i Rożewie).

jednoczesnym nadawaniu sygnałów radiowych i akustycznych (sygnały zsynchronizowane). Wówczas — na podstawie opóźnienia sygnału akustycznego w stosunku do radiowego można dość ściśle określić odległość statku od nadajnika akustycznego.

Synchronizacja sygnałów nadajników elektrycznych nie naraża żadnych specjalnych trudności; dla syren

pneumatycznych jest ona trudniejszą i wymaga uzupełnień w ich mechanizmach rozrządnych; należy zaznaczyć, że syreny pneumatyczne na Helu i w Rożewiu posiadają zsynchronizowane sygnały.

O ile w syrenie wahadłowej zsynchronizujemy nie tylko sygnał, lecz i jej obrót, — wówczas można nie tylko określić odległość statku od syreny lecz i zmierzyć kąt, jaki z południkiem rzeczywistym tworzy prosta przeprowadzona przez syrenę i statek, określając następnie na podstawie tego położenie statku. Syreny wahadłowe ustawione w Gdyni, oraz na Szwedzkiej Górze na Helu umożliwiają stosowanie tej prostej metody nawigacyjnej.

#### SYGNALIZACJA NAUTYCZNA NA POLSKIM WYBRZEŻU.

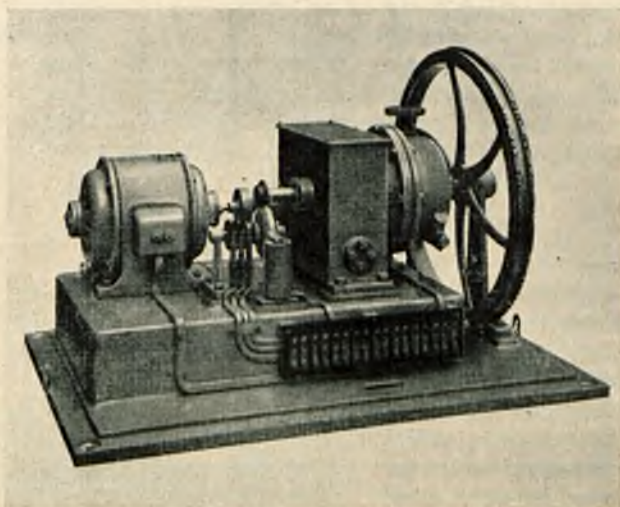
Wybrzeże Polskie posiada dwa ważne dla żeglugi punkty orientacyjne: Rożewie oraz koniec półwyspu Helskiego. Rożewie jest szczególnie ważne dla żeglugi po południowym Bałtyku, gdyż jest to główny punkt orientacyjny, przy mijaniu którego statki w większości wypadków zmieniają swój kurs. Już w XVII wieku istniało tu murowane wzniesienie, na którym palono ogień stanowiący prototyp latarni morskiej. Na początku XIX w. zbudowano w Rożewiu właściwą latarnię, którą zmodernizowano w 1910 r., nadbudowując wieżę i ustawiając na niej źródło potężnego światła (3 000 000 ÷ 6 000 000 świec) w postaci łuku elektrycznego 30 A, 80 V — zasilanego prądem z baterii akumulatorów. Jednocześnie ustawiono tam 2 bliźniacze zestawy do sygnalizacji akustycznej w postaci syren pneumatycznych (diafony). Z akumulatorów zasilano prócz łuku wszystkie pomocnicze urządzenia oraz oświetlano stację. Do ładowania akumulatorów i napędu sprzężarek do syren wybudowano elektrownię o dwóch bliźniaczych zespołach w postaci lokomobili o mocy 25 KM napędzającej prądnicę o mocy 15 KM do ładowania akumulatorów oraz sprzężarkę 10 KM. Cała ta instalacja, wykonana celowo i solidnie, przetrwała bez większych zmian do dnia dzisiejszego.

Na Helu palono również w dawnych czasach ogień, lecz bezpośrednio na ziemi. Na ślady tego ognia natrafiono w r. 1935 przy robotach ziemnych. W 1830 zbudowano tam wieżę, na której zainstalowano latarnię — na zwykłą lampę na knot, która dopiero w r. 1926 została wymieniona na lampę naftowo-żarową. W r. 1902 sygnalizacja świetlna została uzupełniona sygnalizacją akustyczną w postaci dwu bliźniaczych syren pneumatycznych (diafonów). Do ich zasilania służą 2 silniki spalinowe oraz 2 sprzężarki. Zespoły te znajdują się w oddzielnym budynku w odległości ok. 200 m od latarni.

Powstanie portu w Gdyni i wzrost obrotów portu w Gdańsku wymagało — prócz wyposażenia portu w Gdyni w nowoczesną sygnalizację nautyczną oraz pewnego zmodernizowania i uzupełnienia aparatury stacji w Rożewiu — poczynienia również poważnych inwestycji na Helu. Obecnie na ok. 7 000 statków, zawijających dorocznie do portów polskich, większość mija cypel Helski, płynąc wzdłuż szlaków przebiegających bardzo blisko brzegu. Do tej liczby należy dodać jeszcze drugie tyle statków rybackich oraz drobnych przybrzeżnych itp., wobec czego przyjdzie do wniosku, że przeciętnie prawie co kwadrans statek mija cypel. Tak ożywiony ruch, przy jednocześnie zdarzających się w ubiegłych latach osiadanjach statków na brzegu, wymagały postawienia urządzeń sygnalizacyjnych na Helu na wysokim poziomie technicznym.



Wszystkie urządzenia sygnalizacyjne na Polskim Wybrzeżu zgrupowane są w trzech tzw. Stacjach Sygnalizacji Nautycznej; są to: Gdynia, Hel i Rożewie. Wypożyczenie tych Stacji w nowe urządzenia techniczne i modernizowanie dawnych przeprowadzane było w następującej kolejności:



Rys. 7.

Klucz lub znamiennik radio-laterni na prąd zmienny ustawiony w Rożewiu.

Najpierw wyposażono Gdynię, co rozpoczęte zostało w r. 1928 ukończone zaś w r. 1930. Dalsze roboty polegały już tylko na przystosowaniu radio-laterni do wymagań konferencji w Sztokholmie.

Roboty na Helu rozpoczęte były w r. 1933; w chwili obecnej są one już prawie ukończone.

Modernizowanie i uzupełnianie aparatury na Rożewiu rozpoczęto w roku 1930 zainstalowaniem radio-laterni. Bardziej intensywne roboty rozpoczęto z chwilą, gdy Rożewie w r. 1937, otrzymało prąd z Gródka; roboty te są jeszcze w toku.

W chwili obecnej (początek 1938 r.) inwestycje techniczne dokonane na trzech tych Stacjach przedstawiają się w następujący sposób:

**Gdynia.** Stacja znajduje się u głównego wejścia do portu na końcu falochronu o długości przeszło 600 m. Mieści się ona w 2 budynkach i zasilana jest kablem z sieci miejskiej. W jednym z budynków zmontowano siłownię Stacji, w skład której wchodzi 2 zespoły bliźniacze do zasilania nadajników akustycznych oraz 2 zespoły do automatycznego sterowania pracą Stacji (2 zegary elektryczne i 2 klucze). W drugim budynku mieści się radio-laternia na prąd zmienny, przy czym jest ona uruchamiana i sterowana przez urządzenia sygnalizacji akustycznej; w tym samym budynku mieści się pokój dla dyżurnego Stacji oraz podręczny warsztat. Stacja Gdynia posiada następujące nadajniki akustyczne:

a. nadajnik podwodny o mocy ok. 1000 W akustycznych i częstotliwości 900 okr/sek; częstotliwość tę — zamiast ogólnie przyjętej 1050 okr/sek — wybrano z powodu bliskiego sąsiedztwa z nadajnikiem w Gdańsku o częstotliwości 1050 okr/sek i o sygnałach nie zsynchronizowanych z sygnałami Stacji Gdynia.

b. syrenę wahadłową o mocy ok. 1000 W akustycznych i częstotliwości 500 okr/sek, zmontowaną na maszynie.

Prócz powyższych nadajników Stacja posiada rezerwę w postaci elektrycznego nadajnika akustycznego po-

wietrznego o mocy ok. 1000 W akustycznych i 300 okr/sek oraz dzwonu uruchomianego sprężonym dwutlenkiem węgla. Wszystkie te urządzenia są wyrobu jednej ze znanych firm niemieckich.

Radio-laternia Stacji Gdynia posiada nadajnik jednostopniowy z modulacją anodową i jest zasilana przez zespół składający się z silnika zwartego — napędzającego prądnicę typu Alexandersona 375 okr/sek oraz z prostownika miedzianego. Całość — wyrobu krajowego.

**Hel.** Urządzenia Stacji Helskiej zgrupowane są w kilku miejscach, a mianowicie: a. na tzw. Szwedzkiej Górze w odległości ok. 3,5 km od latarni, b. w maszynowni Stacji, c. na latarni, d. w syrenowni oraz e w porcie.

a. Na Szwedzkiej Górze znajdują się:

1. 4-błyskowe światło, do którego została przystosowana dawna aparatura z Oksywia; jako źródło światła służy trójfazowa żarówka o mocy 1 500 watów;

2. światło rezerwowe ustawione obok z miniaturową optyką, zasilane acetylenem i obracane za pomocą silniczka gazowego;

3. syrena wahadłowa, 700 okr/sek, wielomembranowa o wybitnie kierunkowej charakterystyce, o mocy 250 watów akustycznych, obracająca się ruchem jednostajnym dookoła swej osi pionowej o kąt 330° — tam i z powrotem. Sygnał oraz obrót tej syreny zsynchronizowany jest z sygnałem radio-laterni stacji.

Kopułka latarni, wieża, kable zasilające oraz lokalna rozdzielnia automatyczna, sterowana impulsami nadawanymi z maszynowni stacji, są wyrobu krajowego.

b. W nowym budynku maszynowni ustawione są:

1. 2 radio-laternie — jedna na prąd zmienny, stale czynna, i druga starszego typu zasilana z baterii akumulatorów — rezerwowa;

2. 2 klucze (znamienniki) sterujące pracą stacji;

3. 2 zegary elektryczne, główne, do sterowania kluczy;

4. 2 przetwornice do zasilania syreny wahadłowej;

5. statyczna przetwornica do zasilania buczka w porcie;

6. zespoły do ładowania akumulatorów;

7. zespół: silnik Diesla — prądnica trójfazowa, która służy, jako rezerwowe źródło prądu do zasilania stacji, oraz

8. tablice rozdzielcze, urządzenia kontrolne itd.

Wszystkie urządzenia w maszynowni — prócz 2 przetwornic — są wyrobu krajowego.

c. Na latarni wymieniono światło naftowo-żarowe na żarówkę elektryczną, trójfazową o mocy 3000 watów.

d. W syrenowni (pomieszczeniu syren pneumatycznych): zainstalowano silnik trójfazowy, 10 kW do zasilania sprężarek syren oraz uzupełniono mechanizm obu syren urządzeniem synchronizacyjnym. Urządzenie i silnik — wyrobu krajowego.

e. W porcie zainstalowano buczek o częstotliwości 300 okr/sek zasilany ze statycznej przetwornicy i sterowany kluczami znajdującymi się w maszynowni.

Rożewie. Pierwszą inwestycją, jaką tu dokonano, było zainstalowanie radio-laterni zasilanej z baterii akumulatorów o napięciu 20 V. Następnie zsynchronizowano sygnały akustyczne syren pneumatycznych z sygnałami radiowymi. W roku ubiegłym nastąpiła dalsza przebudowa urządzeń. Pomorska Elektrownia Krajowa „Gródek“ doprowadziła do latarni linię wysokiego napięcia z Hallerowa — Wielkiej Wsi (ok. 8 km) i zainstalowała



transformator o mocy 50 kVA, ustawiając jednocześnie silnik o mocy 20 KM do napędu jednej z istniejących prądnic do ładowania akumulatorów stacji.

Drugi zespół lokomobila - prądnicą pozostał, jako rezerwa. Jednocześnie zainstalowano drugą radio-laternię na prąd zmienny tegoż typu, jak na Helu; jest ona stale czynna, przy czym dawna latarnia pozostaje, jako rezerwa. Dalsza przebudowa polegająca, o ile mi wiadomo, na zamianie łuku elektrycznego na żarówkę elektry-

czną i zainstalowaniu elektrycznej sygnalizacji akustycznej przewidziana jest na rok bieżący. Wszystkie te inwestycje są pochodzenia krajowego.

Na zakończenie pragnąłbym złożyć podziękowanie Inspektorowi Urzędu Morskiego p. L. Mistatowi za szereg cennych rad i informacji udzielanych mi w trakcie opracowywania niniejszego referatu.

## Fale ultradźwiękowe w zastosowaniu do łączności podwodnej

Inż. kpt. F. Czarniecki

**Streszczenie.** Na wstępie zostało omówione zjawisko piezoelektryczności odwrotnej ze szczególnym uwzględnieniem zachowania się kwarcu krystalicznego pod działaniem pola elektrycznego.

W dalszej części artykułu omówiono właściwości fal dźwiękowych i ultradźwiękowych oraz różnice zachodzące pomiędzy tymi falami, ich charakter i obliczenia szybkości rozchodzenia się tych fal w różnych ośrodkach, w szczególności zaś w powietrzu, wodzie i żelazie.

Zasadniczą część artykułu stanowią: budowa proektora oparta na wykorzystaniu właściwości kwarcu krystalicznego, zasady działania przyrządu wytwarzającego fale ultradźwiękowe oraz zasady analizatora optycznego stosowanego w różnych wypadkach łączności podwodnej.

Na zakończenie podano najistotniejsze przypadki zastosowania aparatów ultradźwiękowych jako niezawodnych i prawie że jedynych środków łączności podwodnej dla okrętów wojennych i statków handlowych.

### ZJAWISKO PIEZOELEKTRYCZNOŚCI ODWROTNEJ.

Chcąc mówić o łączności podwodnej, nie można pominąć zjawiska „piezoelektryczności odwrotnej“, które, jako zjawisko pochodne piezoelektryczności zwykłej, przyczyniło się do rozwoju fal ultradźwiękowych wykorzystanych do powyższego celu.

W roku 1817 uczoney francuski Haüy pierwszy zauważył, że niektóre minerały pod wpływem ciśnienia elektryzują się, to znaczy, że ścianki ich pokrywają się różnoimiennymi nabojami elektryczności. Do minerałów tych w pierwszym rzędzie należy kwarc; podobne własności wykazują poza tym cukier trzcinowy, blenda cynkowa i wiele innych. Tę własność elektryzowania się minerałów pod wpływem ciśnienia nazwano własnością piezoelektryczną, od greckiego słowa „piezein“ — ścisnąć.

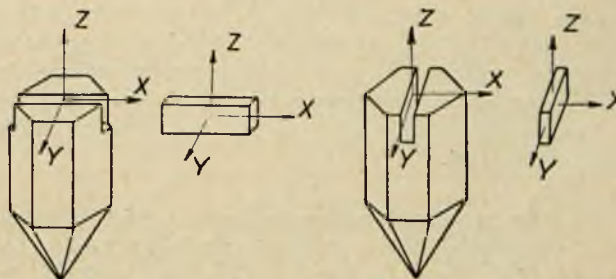
Odkrycie to wkroczyło w fizyce na drogę praktycznych zastosowań po dokonaniu szeregu prac Piotra i Jakuba Curie, jak również rodaczki naszej ś. p. Marii Skłodowskiej. Prace ich dotyczyły przede wszystkim piezoelektryczności kwarcu, jako kryształu najbardziej w naturze rozpowszechnionego.

Minerał kwarc, albo bezwodnik krzemowy ( $\text{SiO}_2$ ), jest powszechnie znanym minerałem, tworzącym znaczną część skorupy ziemskiej. Rzadziej występuje kwarc w postaci kryształu. W najprostszej swej postaci kryształy kwarcu posiadają kształt pryzmatu sześciennego, wyrosłego wzdłuż osi optycznej i zakończonego przynajmniej na jednym końcu przez ostrosłup sześcienny. Barwa kwarcu zmienia się poczynając od bezbarwnej do ciemnoniebieskiej — w zależności od zawartości soli w mineralu. Do celów piezoelektrycznych stosowane są zazwyczaj kryształy przezroczyste ze względu na pewność działania.

W zależności od temperatury kwarc istnieje w dwóch postaciach. Do temperatury  $570^\circ\text{C}$  kwarc występuje w tak zwanej postaci  $\alpha$ , po osiągnięciu zaś tej temperatury przechodzi on w postać  $\beta$ . Pomiędzy tymi po-

stacjami istnieje znaczna różnica, gdyż kwarc  $\alpha$  wykazuje własności piezoelektryczne, kwarc  $\beta$  natomiast własności tych nie posiada.

Z punktu widzenia krystalografii w kwarcu da się wyznaczyć trzy zasadnicze kierunki zwane osiami. Oś  $z$  (rys. 1 i 2) łącząca wierzchołki kryształu o wydłużonym z reguły kształcie, nosi nazwę osi optycznej, w prostym kącie do niej kierunku znajdują się trzy osie elektryczne  $x$ ; pozatem mamy tutaj trzy osie  $y$ , prostopadłe do przeciwnych boków sześciokąta, zwane osiami mechanicznymi.



Rys. 1.

Zasadnicze osie w kryształach kwarcu i płytka wycięta wzdłuż osi  $x$ .

Rys. 2.

Płytkę wyciętą z kryształu kwarcu wzdłuż osi  $y$ .

Prace braci Curie wykazały, że płytka kwarcowa wtedy tylko posiada własność piezoelektryczną, o ile jest ona wycięta w kryształach w ten sposób, że długość jej skierowana jest wzdłuż osi optycznej  $z$ , grubość zaś — wzdłuż osi elektrycznej  $x$  (rys. 1) lub osi mechanicznej  $y$  (rys. 2).

Jeżeli wyciętą w powyższy sposób płytkę kwarcową naciskać będziemy w kierunku jej grubości, to z jednej strony pokryje się ona warstwą elektryczności ujemnej, na przeciwległej zaś ścianie powstaną naboje elektryczności dodatniej. Naciskanie płytki w kierunku osi optycznej żadnego rezultatu nie daje.

W roku 1881 fizyk Lippmann zauważył, że płytka kwarcowa, o ile znajduje się w odpowiednim polu elektrycznym, ulega deformacjom natury mechanicznej, kurcząc się i wydłużając naprzemian. Inaczej mówiąc, o ile jedną ściankę płytki łądowną będziemy elektrycznością dodatnią, drugą zaś — elektrycznością ujemną, płytka znacznie drgać z tym większą siłą im większe będzie natężenie prądu ładowania. Drgając płytka kwarcowa spowoduje powstawanie fal, których wszelkie cechy charakterystyczne — z punktu widzenia fizycznego — odpowiadają falom akustycznym o wielkiej liczbie drgań, przekraczających granice słyszalności ucha ludzkiego.

Zjawisko odkryte przez Lippmanna nazywamy dzisiaj piezoelektrycznością odwrotną. Zjawisko to zyskało obecnie szerokie zastosowanie w praktyce.



## FALE ULTRADŹWIĘKOWE.

## Charakter i szybkość rozchodzenia się fal ultradźwiękowych.

Ucho ludzkie, średnio biorąc, czule jest na dźwięk o częstotliwości w granicach od 20 do 20 000 okresów na sekundę, i tylko u niektórych osobników skala słyszalności bywa czasami większa (zaczyna się od ok. 16 okresów i dochodzi do 24 000 okresów na sekundę; zwierzęta, w szczególności zaś psy, czule są na dźwięki o wyższej częstotliwości).

Jeżeli częstotliwość drgań leży w granicach słyszalnych przez nasze organa słuchowe, to fale, wywołane tymi drganiami, nazywamy falami dźwiękowymi; fale zaś pozaakustyczne, których częstotliwość przekracza granice słyszalności ucha ludzkiego, nazywamy falami ultradźwiękowymi.

W naturze spotykamy bardzo szeroką skalę dźwięków, mało dotąd znaną, a jeszcze mniej zastosowaną w praktyce. Drgania o częstotliwości przekraczającej 32 000 okr./sek. są absolutnie niesłyszalne i należą do zakresu fal pozadźwiękowych lub ultradźwiękowych.

Płytką kwarcu o grubości 10 mm, pobudzona do drgań odpowiednim prądem, wytwarza 287 000 drgań na sekundę, płytka zaś o grubości 1 mm wytwarza fale o liczbie 2 870 000 drgań na sekundę. Widzimy więc, że są to drgania wytwarzane przez oddziaływanie prądu elektrycznego na płytkę kwarcową i leżą daleko poza granicami słyszalności; mamy więc tu do czynienia z falami ultradźwiękowymi.

W samym charakterze rozchodzenia się fal dźwiękowych i ultradźwiękowych zachodzi zasadnicza różnica. Fale dźwiękowe rozpowszechniają się według sfer koncentrycznych jednakowo we wszystkich kierunkach (rys. 3). Natomiast fale ultradźwiękowe nie posiadają własności rozpowszechniania się w pewnym określonym kierunku, są więc falami kierunkowymi. Jak uczy doświadczenie, fale ultradźwiękowe tworzą stożek o bardzo ostrym wierzchołku, położonym w miejscu umieszczenia źródła A wytwarzającego te fale (rys. 4).

Prędkość rozchodzenia się fal dźwiękowych i ultradźwiękowych jest jednakowa. Jeżeli uwzględnimy tę okoliczność, że prędkość rozchodzenia się omawianych fal zależy od natury ośrodka, w którym głos się rozchodzi, — to możemy powiedzieć, że koniecznym warunkiem rozchodzenia się fal ultradźwiękowych, jest obecność przewodnika materialnego.

Przewodnikiem głosu bywa zazwyczaj powietrze. Głos jednak może się rozchodzić nie tylko w powietrzu, lecz także w wodzie, ziemi, drutach itp. W próżni, jak uczy fizyka, głos nie rozchodzi się wcale.

W praktyce spotykamy się z falami o różnych prędkościach rozchodzenia się w danym ośrodku. Przy tym samym rodzaju fal szybkość rozchodzenia się fali nie za-

leży ani od mocy wstrząśnienia, ani od ilości energii, zawartej w fali. Dlatego też zarówno fala wywołana wystrzałem jak i uderzeniem młotka, wymaga tego samego czasu, aby przebiegł od źródła powstania do ucha, w którym wywołuje wrażenie dźwięku.

Należy podkreślić, że prędkość rozchodzenia się fal nie ma nic wspólnego z prędkością lokalnego ruchu różnych cząstek ośrodka. A zatem ruch postępowy właściwy omawianym falom polega na posuwaniu się naprzód pewnego zaburzenia równowagi materii, a nie zaś materii samej.

Niezależnie od powyższego należy przypomnieć, że ciecze i gazy posiadają, jak wiadomo, tylko sprężystość objętościową, zmiany zaś

kształtu cząstek nie wzniciają w nich żadnej reakcji sprężystej. W cieczech lub gazach rozchodzić się mogą tylko fale przewodzące zgęszczenia i rozrzedzenia, a więc fale typu podłużnego, (mowa o falach polegających na sprężystym odkształceniu przewodnika). Natomiast fale powstające na powierzchni wody rozchodzą się pod działaniem ciężkości i są falami typu poprzecznego.

Szybkość rozchodzenia się fali w ośrodkach sprężystych zależy od dwóch czynników: od sprężystości i bezwładności. Ruch przechodzi tym łatwiej z jednej cząstki na drugą, im większa jest sprężystość ośrodka oraz im mniejsza jest jego gęstość.

Biorąc pod uwagę, że fale ultradźwiękowe są, jak wspomnieliśmy wyżej, falami podłużnymi, możemy na podstawie wzorów z fizyki obliczyć szybkości rozchodzenia się tych fal dla odpowiednich ośrodków.

## Obliczenie szybkości rozchodzenia się fal ultradźwiękowych.

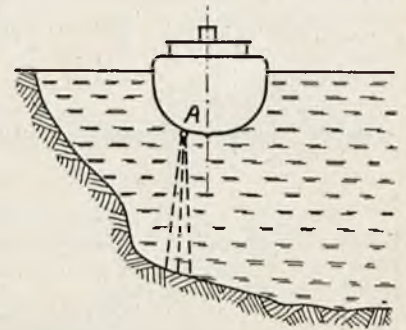
Przyjmujemy, że szybkość fali  $c$  zależy w istocie tylko od modułu sprężystości  $\sigma$  dla danego rodzaju odkształcenia, jakie fala wywołuje, oraz od gęstości  $d$  ośrodka. Zależność ta wyraża się w fizyce następującym wzorem:

$$c = \sqrt{\frac{\sigma}{d}} = \sqrt{\frac{\text{moduł sprężystości}}{\text{gęstość}}}$$

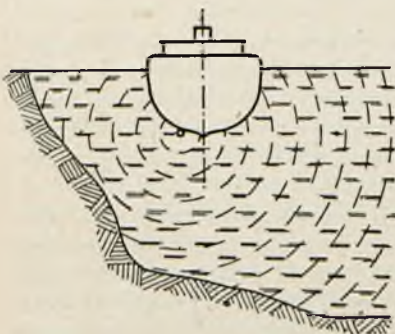
Modułem ściśliwości lub sprężystości  $\sigma$  powietrza dla małych zgęszczeń w stałej temperaturze jest sama prężność  $p$  powietrza. Powietrze ściśnięte odzyskuje w zupełności swą objętość, jaką posiadało przed zgęszczeniem.

Przy szybkich zmianach gęstości, jakie towarzyszą falom wywołanym przez nagłe wstrząśnienia, warunek stałości temperatury nie jest spełniony; powietrze nagłe zgęszczone ogrzewa się, rozrzedzone — ostyga. Zmiany temperatury towarzyszące tym odkształceniom czynią powietrze trudniej ściśliwym. Z tego powodu moduł ściśliwości nie równa się w tym przypadku ciśnieniu  $p$  lecz  $k \times p$ , gdzie  $k$  jest pewną liczbą zależną od rodzaju ośrodka.

Jeżeli ściśniemy powietrze tak szybko, aby towarzyszące zgęszczeniu rozgrzanie nie miało czasu ustąpić, wówczas okaże się, że wspomniane powietrze jest 1,405 razy trudniej ściśliwe, aniżeli przy wolnym zgęszczeniu,



Rys. 4. Sposób rozchodzenia się fal ultradźwiękowych w wodzie.



Rys. 3. Sposób rozchodzenia się fal dźwiękowych w wodzie.



gdy temperatura wyrówna się przez odpływ ciepła. A zatem moduł ściśliwości dla powietrza równa się:

$$\sigma = k \times p = 1,405 \cdot p.$$

Im większa jest wartość modułu ściśliwości  $\sigma$  tym trudniej ściśliwym jest danym materiałem, szybkość zaś — większa.

Dla porównania podamy wartości współczynnika  $k$  modułu ściśliwości  $\sigma$  oraz gęstości  $d$  dla różnych ciał, obliczone przy temperaturze 15° C, w kolejności zwiększającej się wartości modułu. Dla powietrza wartości te wynoszą:  $k = 1,405$ ;  $\sigma = 0,0014514 \cdot 10^6 \text{ Gr/cm}^2$ ; gęstość  $d = 0,001293 \text{ gr/cm}^3$ .

Nazwa ośrodka	Spółczynnik $k$	Moduł ściśliwości $\sigma$ $\times 10^6 \text{ Gr/cm}^2$	Gęstość $d$ $\text{gr/cm}^3$
Kauczuk	610	0,63	1,4
Rtęć	5 500	5,7	13,6
Eter	6 660	6,9	0,73
Alkohol	10 000	10,35	0,8
Woda	20 000	20,7	1,0
Szkło	580 000	400	2,5
Miedź	1 550 000	1 600	8,9
Żelazo	1 840 000	1 900	7,86

Z podanych wyżej wartości dla różnorodnych ciał, łatwo wywnioskować o prędkości rozchodzenia się fal podłużnych w tych ośrodkach. Jak widać z tabeli, współczynnik  $k$  wywiera zasadniczy wpływ na moduł sprężystości  $\sigma$ . Im  $k$  jest większe, tym szybkość rozchodzenia się fal ultradźwiękowych jest większa, gdyż, jak widać z podanych wyżej liczb, wartość  $d$ , która wchodzi do wzoru na szybkość, nie różnie proporcjonalnie do współczynnika  $k$ , zależnego od charakterystyki  $k$  danego ośrodka.

Zatrzymamy się bliżej na trzech typowych ośrodkach: powietrzu, wodzie i żelazie.

Suche powietrze przy temperaturze  $t = 0^\circ \text{C}$ , pod ciśnieniem  $p = 1$  atmosferze\*), posiada gęstość  $d = 0,001293 \text{ gr/cm}^3$ . A zatem szybkość rozchodzenia się fal w powietrzu będzie:

$$c = \sqrt{\frac{k \times p}{d}} = \sqrt{\frac{0,0014514 \cdot 10^6}{0,001293}} = 332 \text{ m/sek.}$$

Przy temperaturze powietrza  $t = 15^\circ \text{C}$  szybkość  $c = 341 \text{ m/sek}$ . Szybkość rozchodzenia się fal w powietrzu, zmierzona praktycznie przez członków Akademii Paryskiej w r. 1738, wyniosła około 340 m/sek. Podczas wiatru szybkość rozchodzenia się fal w powietrzu jest większa wzgl. mniejsza od szybkości w powietrzu nieruchomym, zależnie od tego, czy fale głosowe postępują z wiatrem, czy przeciw wiatru; fale bowiem unoszą się wraz z przewodnikiem, wskutek tego szybkość ich zmienia się o prędkość samego przewodnika.

Należy wreszcie zaznaczyć, że powietrze atmosferyczne (w stanie normalnym) jest 773 razy lżejsze od wody ( $1 : 0,001293 = 773$ ). Otaczające nas powietrze jest około 850 razy lżejsze od wody, gdyż temperatura jego jest zwykle wyższa od  $0^\circ \text{C}$ .

Szybkość rozchodzenia się fal ultradźwiękowych w wodzie, po uwzględnieniu modułu ściśliwości dla wody według prawa Hooke'a:

$$c = \sqrt{\frac{\sigma}{d}} = \sqrt{\frac{20,7 \cdot 10^6 \cdot 981}{1}} = 1425 \text{ m/sek.}$$

\*) atmosfera =  $1013000 \text{ dyn/cm}^2 = 1033 \text{ Gr/cm}^2$ .

gdzie

$$\sigma = \frac{p}{\theta} = \frac{1033}{1} \cdot 20,7 \cdot 10^6 \text{ Gr/cm}^2 = 20,7 \cdot 10^6 \cdot 981 \text{ dyn/cm}^2$$

przy czym

$$\theta = \frac{v - v'}{v} = \frac{1}{k}$$

gdzie:  $v$  — objętość pierwotna cieczy;  $v'$  — objętość po odkształceniu; dla wody przy temperaturze 15° C (z podanej wyżej tabeli)  $k = 20\,000$ .

Pomiary dokonane przez Colladon i Sturm na Jeziorze Genewskim dały wyniki nie wiele różniące się od powyższego, a mianowicie 1435 m/sek.

W wodzie morskiej, przy ciężarze właściwym wody 1,026 i temperaturze 15° C, szybkość rozchodzenia się fal wynosi ok. 1480 m/sek.

Szybkość rozpowszechniania się fal dźwiękowych w wodzie nie zależy od częstotliwości drgań wywołujących fale, lecz wyłącznie od składu chemicznego wody.

Pozostał jeszcze przypadek trzeci, a mianowicie: obliczenie rozchodzenia się fal w żelazie. Chodzi nam o to, z jaką szybkością nagłe wstrząśnienia — słyszalne czy też niesłyszalne dla naszego ucha — przewodzone bywają w ośrodku z żelaza. Po przeliczeniu na podstawie przytoczonych wyżej wzorów otrzymamy:

$$c = \sqrt{\frac{1900 \cdot 10^6 \cdot 981}{7,86}} = 4870 \text{ m/sek.}$$

Porównyując szybkości rozchodzenia się fal ultradźwiękowych w powietrzu, wodzie i żelazie, widzimy, że fale rozpowszechniają się w wodzie szybciej, niż w powietrzu. Szybkość rozchodzenia się fal w wodzie jest około 4,3 razy większa od szybkości rozchodzenia się fal w powietrzu. Jeszcze szybciej rozpowszechniają się fale w ośrodku z żelaza, gdyż ponad 14,6 razy szybciej, niż w powietrzu, oraz 3,4 razy szybciej, niż w wodzie.

Dla przypomnienia, z jakiego rzędu szybkościami mamy do czynienia, podamy — dla porównania — szybkości spotykane w praktyce — w metrach na sekundę.

Człowiek . . . . .	2,5
Okręt bojowy . . . . .	20
Pociąg osobowy . . . . .	25
Samochód . . . . .	35
Samolot bojowy . . . . .	110
Fala ultradźwiękowa w powietrzu	332 ÷ 340
Najszybszy pocisk armatni . . . . .	1 000
Fala ultradźwiękowa w wodzie . . . . .	1 425 ÷ 1 480
Fala ultradźwiękowa w żelazie . . . . .	4 870
Ruch ziemi dookoła słońca . . . . .	29 600
Światło w wodzie . . . . .	225 000 000
Światło w próżni . . . . .	300 000 000
Fala elektromagnetyczna . . . . .	300 000 000

Przy sposobności należy podkreślić, że w próżni wszelkie odmiany promieniowania posiadają jednakową szybkość; natomiast we wszystkich innych ośrodkach prędkość światła okazała się zależną od rodzaju promieniowania, czyli od barwy. Żadnego natomiast wpływu na szybkość fali nie wywiera ani natężenie promieniowania, ani też rodzaj źródła, z którego promieniowanie to pochodzi.

*Praktyczne korzyści fal ultradźwiękowych.*

Oddawna znany jest sposób mierzenia i badania głębokości dna morskiego przy pomocy słyszalnych fal dźwiękowych. Sposób ten polega na wysyłaniu dźwięków i odbieraniu echa odbitego od dna morskiego. Znając czas, jaki upłynął od chwili wysłania dźwięku do chwili odbio-

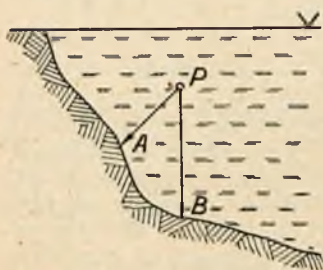


ru echa, oraz szybkość głosu w wodzie obliczano z pewną przybliżoną dokładnością głębokość dna morskiego.

Trudności techniczne przy falach dźwiękowych były rozmaite. Trudno więc było np. odróżnić powracające echo od wysyłanego dźwięku na nieznacznych głębokościach — rzędu 150 m, kiedy czas potrzebny do przebycia całkowitej drogi fali wynosi zaledwie 0,2 sekundy. Trudno było zmierzyć i wielkie głębokości, przekraczające 3 000 metrów, a to znów z powodu zbyt słabej energii słyszalnych fal dźwiękowych.

Z tych też względów Niemcy stosowali do pomiarów głębokości dna morskiego metodę Behm'a, polegającą na wybuchu fulminalu i dającej dużą siłę dźwięków, powstałych na skutek wybuchu. Małe pociski w formie torped zaopatrzonych w turbinki regulujące szybkość jednostajną w wodzie, były używane do pomiarów małych głębokości. Umieszczony w torpedzie ładunek wybuchał w chwili zetknięcia się torpedy z dnem morskim i pozwalał określić głębokość morza przy znanej szybkości torpedy w wodzie.

Gdybyśmy przy określaniu głębokości morza posługiwać się chcieli falami dźwiękowymi, wykorzystując znane z fizyki prawo odbicia fal dźwiękowych, to od razu za-



Rys. 5.  
Przebieg echa w przypadku pochyłego dna morskiego.

uważylibyśmy niedokładność pomiarów, wynikłą z ukształtowania się dna morskiego, oczywiście w przypadku pochyłego jego kształtu (rys. 5).

W tym przypadku (rys. 5) echo otrzymamy od dna morza najpierw po odbiciu się fali od punktu A, najbliższego położonego od miejsca aparatu nadawczo-odbiorczego, a następnie już nadejdzie echo od punktu B, położonego dalej od aparatu. Na podstawie tego

rodzaju pomiaru sądzić będziemy mylnie o głębokości morza w odniesieniu do punktu P, tj. miejsca umieszczenia aparatu nadawczo-odbiorczego, gdyż odległości  $P - A$  oraz  $P - B$ , nie są sobie równe.

Jeżeli chodzi o zachowanie tajemnicy przy pomiarze, to przy falach dźwiękowych zrobić tego nie jesteśmy w stanie, gdyż koncentryczne rozpowszechnianie się drgań dźwiękowych pozwala aparatom podsłuchowym przeciwnika przechwycić te drgania w dowolnym miejscu ustawienia aparatu podsłuchowego.

Pomijając niejednoczesność odbicia się, w przypadku nierówności dna oraz pomijając zdradzanie się z pomiarami z powodu koncentrycznego rozpowszechniania się fal, przy falach dźwiękowych, zachodzi tu jeszcze ta niedogodność, że posługiwać się musimy takimi aparatami odbiorczymi, w których słycać nie tylko odbite echo, lecz i wszelkie szmery, — nawet wynikające z biegu własnego okrętu.

Z powyższego widzimy, dlaczego fal dźwiękowych oraz aparatów opartych na zastosowaniu tych fal nie stosuje się obecnie na szeroką skalę, szczególnie zaś na okrętach wojennych.

Wszystkich tych ujemnych cech fal dźwiękowych unikniemy, stosując do pomiarów fale ultradźwiękowe, które dzięki swemu stożkowatemu rozchodzeniu się (rys. 4) zapewniają maksimum dyskrecji.

Wobec tego, że aparatura dostosowana do fal ultradźwiękowych nie odbiera szkodliwych szmerów, fale

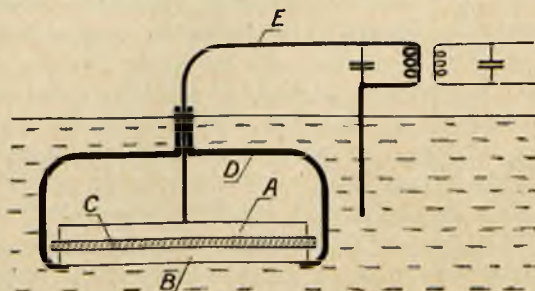
ultradźwiękowe lepiej nadają się do praktycznego użycia, szczególnie zaś na okrętach wojennych (łodzi podwodne), gdzie wymagane jest szybkie i dokładne, a przy tym bezwarunkowo dyskretne określenie głębokości dna.

Odkryte przez Lippmanna zjawisko piezoelektryczności odwrotnej przyczyniło się do szeregu rozważań i pomysłów technicznych przed wojną światową. W pierwszym rzędzie starano się skonstruować przyrząd do nawiązania łączności podwodnej, w szczególności zaś do określania głębokości dna morskiego, a następnie do wyszukiwania nieprzyjacielskich łodzi podwodnych.

Pierwszym, który zaczął pracować w tym kierunku był angiłk Richardson; nie udało mu się jednak skonstruować aparatu do praktycznego wykorzystania fal ultradźwiękowych. Sprawa nie osiągnęła dodatnich wyników dlatego, że prace pierwszych badaczy na tym polu prowadzone były w kierunku skonstruowania aparatu na zasadzie elektromagnetycznej.

W roku 1914, na początku wojny światowej, polak inżynier Chilowski zaproponował władzom francuskim swój wynalazek, polegający na tym, że za pośrednictwem drgań elektrycznych wywoływano drgania mechaniczne o tej samej częstotliwości; częstotliwość drgań wody odpowiadała przy tym jednej z pośród częstotliwości stosowanych w radiotechnice.

Uczony francuski profesor College de France M. Langevin, zastosował wynalazek inż. Chilowskiego do przyrządu, działającego na zasadzie zjawiska o charakterze elektrostatycznym — w przeciwieństwie do swych poprzedników usiłujących bezskutecznie rozwiązać zagadnienie na drodze elektromagnetycznej. Prof. Langevin skonstruował aparat nadawczo-odbiorczy w postaci specjalnego kondensatora, który z jednej strony ładowany był prądem o wysokiej — ultradźwiękowej — częstotliwości, z drugiej zaś strony stykał się bezpośrednio z wodą działając, jako tzw. „przyrząd śpiewający“, niesłyszalny jednakże dla ucha. Do budowy kondensatora użył prof. Langevin w charakterze dielektryka krystaliczny kwarc, który — jak już wiemy — posiada tę własność, że pod wpływem zmian pola elektrycznego kurczy się i rozszerza z tą samą częstotliwością co i drgania elektryczne ładujące ten kondensator. (piezoelektryczność odwrotna). Na okładki użyto dwóch płytek stalowych (A i B — rys. 6) dobrze dopasowanych i przyklejonych do płytki kwarcowej C.



Rys. 6.  
Układ połączeń projektorów do nadawania i odbioru fal ultradźwiękowych.

Przy zastosowaniu tego kondensatora do omawianego przyrządu, a następnie przy budowie samej ultradźwiękowej stacji nadawczo-odbiorczej dla korespondencji podwodnej pomiędzy okrętami współpracował z prof. Langevin francuski inżynier M. Florisson i z tego też powodu aparatury oparte na podstawie fal ultradźwiękowych noszą nazwę przyrządów Langevin-Florisson'a.



Kondensator o okładzinach stalowych i dielektryku z kwarcu krystalicznego, nazwany *prożektorem*, do nadawania i odbioru fal ultradźwiękowych, ma za zadanie przekształcanie drgań elektrycznych na drgania mechaniczne o tej samej częstotliwości i odwrotnie. Prożektor kwarcowy połączony jest kablem (E — rys. 6) z aparaturą nadawczo-odbiorczą, podobną do stosowanej w radiotechnice (rys. 7).

Do wytwarzania fal ultradźwiękowych przez prożektor stosowane są dwa sposoby wytwarzania drgań elektromagnetycznych o wysokiej częstotliwości, a mianowicie — za pomocą zamkniętego obwodu drgającego (drgania gasnące) oraz przy pomocy lampy katodowej trójelektrodowej o specjalnym układzie z obwodem drgającym — w tzw. układzie generatorowym (drgania niegasnące). Ponieważ aparat odbiorczy ma za zadanie odbieranie drgań elektrycznych wytwarzanych przez prożektor, więc przy drganiach elektrycznych gasnących wystarczy dla odbierania wzmacniacz i detektor, przy drganiach zaś niegasnących potrzebna jest do odbierania w odbiorniku — oprócz wzmacniacza i detektora — dodatkowa heterodyna, czyli mała stacja nadawcza o falach niegasnących, wytwarzająca falę zbliżoną pod względem długości do fali odbieranej.

Do pomiarów małych odległości wystarczy aparat nadawczo-odbiorczy na fale gasnące, dla dużych zaś odległości potrzebna jest większa moc wytwarzanych drgań elektrycznych, przesyłanych do prożektora i dlatego też stosuje się wówczas aparaty nadawczo-odbiorcze na fale niegasnące. Zadanie więc prożektora jest podobne do zadania anteny stacji radiowej, która przy nadawaniu przekształca prądy elektryczne o wysokiej częstotliwości na fale elektromagnetyczne, przy odbiorze zaś — przeciwnie fale elektromagnetyczne przekształca na prądy o wysokiej częstotliwości.

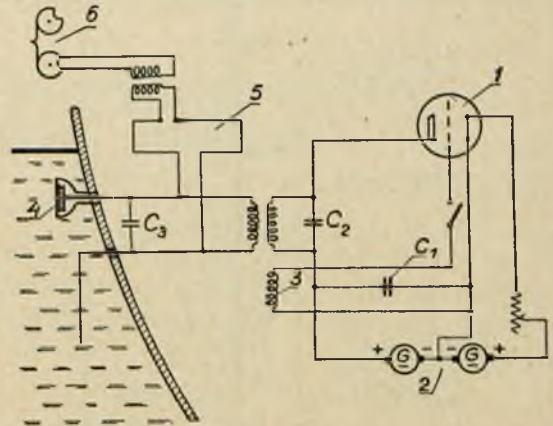
Do elektrod stalowych A i B prożektora dopływa prąd elektryczny o odpowiednim natężeniu, który służy do pobudzania płytki kwarcowej C do drgań. Prożektor umieszczony jest w specjalnej pokrywie stalowej D i zanurzony w wodzie (rys. 6), przy czym pokrywa stalowa jest tak pomyślana, aby prożektor dotykał wody jedną tylko okładziną stalową (na rys. 6 — okładzina B), druga natomiast okładzina stalowa A nie styka się z wodą; jest ona połączona z przewodem E doprowadzającym prąd lądowania.

W ten sposób skonstruowany prożektor, pod wpływem zmian pola elektrycznego emituje fale ultradźwiękowe o stożkowatym charakterze rozchodzenia się w danym ośrodku. Emisja tych fal stosownie do mierzonej odległości trwa ok. 0,001 sekundy. Echo odbite od dna morskiego napotyka wracając na kwarc znajdujący się już w stanie spoczynku, wywiera nań odpowiedni nacisk, zaznaczając w ten sposób chwilę swego powrotu, którą przy pomocy specjalnych przyrządów rejestruje się w miejscu wysyłania fal ultradźwiękowych. Układ połączeń przyrządu nadawczo-odbiorczego pokazany jest na rys. 7; opis ważniejszych części składowych przyrządu podany jest pod rysunkiem.

Biorąc pod uwagę szybkość  $c$  rozchodzenia się fal ultradźwiękowych w wodzie morskiej, wynoszącą ok. 1480 m/sek oraz czas  $t$  dzielący moment wysyłania fal ultradźwiękowych od chwili ich odbioru, możemy dokładnie określić odległość  $l$  od dna morza według wzoru:

$$l = \frac{c \cdot t}{2}$$

Obecnie istnieją do powyższego celu specjalne przyrządy automatyczne, wykazujące w każdej chwili głębokość morza (względnie odległość od miejsca odbicia) zarówno podczas postoju, jak i w czasie ruchu okrętu. Czułość tych aparatów jest tak duża, że nawet kreślą one automatycznie mapę drobnych nieregularności dna morskiego. Automatyczne rejestrowanie przy pomocy przyrządów piszących oddaje bardzo wielkie usługi nie tylko marynarce pod względem strategicznym, lecz i przy układaniu podmorskich kabli telefonicznych, redukując do minimum czas konieczny do badania dna morskiego.



Rys. 7.

Układ połączeń przyrządu nadawczo-odbiorczego. 1 — lampa katodowa trójelektrodowa; 2 — prądnicę prądu stałego do żarzenia katody lampy oraz do wytwarzania napięcia anodowego; 3 — cewka obwodu siatki dla sprzężenia zwrotnego z obwodem zamkniętym, drgającym z obwodem anodowym; 4 — prożektor; 5 — wzmacniacz, detektor i heterodyna; 6 — aparat samopiszący, dający wykres wskazań odległości;  $C_1$  — kondensator — filtr dla wyrównania napięcia anodowego;  $C_2$  — kondensator obwodu drgającego zamkniętego;  $C_3$  — kondensator olejowy o zmiennej pojemności dla regulowania częstotliwości drgań elektrycznych w obwodzie prożektora.

Przyrząd kreślący samoczynnie profil dna morskiego nosi nazwę analizatora optycznego (rys. 8). Przyrząd ten posiada odpowiednią podziałkę, dającą możliwość odczytu odległości w metrach, jakkolwiek faktycznie analizator mierzy czas pomiędzy nadaniem sygnału a odbiorem jego echa. Każdemu milmetrowi na linijce (podziałce) analizatora odpowiada dwumetrowa odległość. Po uruchomieniu ultradźwiękowej stacji nadawczo-odbiorczej wzdłuż linijki zaczyna poruszać się punkt świetlny ze stałą szybkością równą połowie szybkości rozprzestrzeniania się ultradźwięku w wodzie. Dla wody połowa szybkości poruszania się ultradźwięku w wodzie wynosi 740 m/sek, wobec czego punkt świetlny poruszać się będzie w odpowiedniej skali z szybkością 370 mm/sek, gdyż 1 mm skali linijki odpowiada dwumetrowej odległości.

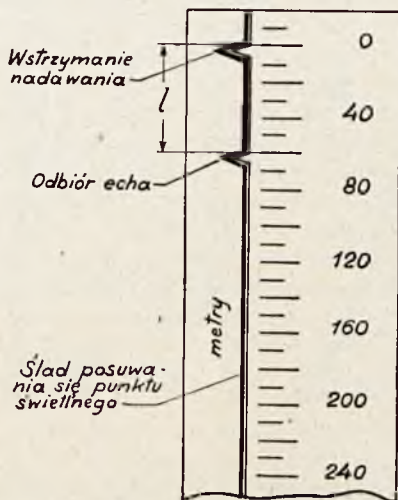
Ruch punktu świetlnego powodowany jest specjalnym przyrządem chronologicznym, którego zasada działania polega na tym, że w chwili przechodzenia punktu świetlnego przez zero przerwane zostanie nadawanie fal ultradźwiękowych przez prożektor. Opuszczając się ze stałą szybkością, punkt świetlny robi w tym czasie występ, poczem opuszcza się dalej. Gdy nadejdzie echo powstałe z odbicia, punkt świetlny robi ponownie występ — w tym miejscu, gdzie go zastanie echo.

Odległość  $l$  pomiędzy dwoma tymi występami (rys. 8) określa odległość mierzoną w danym punkcie. Jeżeli prożektor nastawiony będzie na dno, to odległość  $l$  określi nam głębokość morza; o ile natomiast prożektor nastawiony



wiony będzie na inną jakąś boczną przeszkodę, to liczba  $l$  określi nam odległość od tej przeszkody.

Echo daje różne kształty występujące na linii. Na podstawie kształtu występu możemy powiedzieć, czy na przykład dno morskie jest płaskie, czy też pochyłe lub skaliste. Jeżeli przyjmiemy pod uwagę, że za pomocą analizatora mamy możliwość skuteczniać jeden pomiar na sekundę, to czyniąc pomiary co sekundę, otrzymamy dokładne wyobrażenie o kształcie przedmiotu, od którego następuje odbicie.



Rys. 8.  
Widok skali analizatora optycznego.

Analizator optyczny połączony jest z aparatem samopiszącym, to też, jako wynik otrzymujemy wykreśloną na papierze nie tylko odległość, lecz i dokładny wykres kształtu przedmiotu, od którego następuje odbicie.

#### ZASTOSOWANIE PRZYRZĄDÓW DO ŁĄCZNOŚCI PODWODNEJ.

Podczas wielkiej wojny pierwsza Francja zastosowała aparaty kwarcowe do wyszukiwania nieprzyjacielskich łodzi podwodnych. Zastosowanie tych aparatów odegrało ważną rolę, broniąc wstępu nieprzyjacielskim łodziom podwodnym do portu w Tulonie. Aparaty zostały rozmieszczone po obu stronach na różnych głębokościach u wejścia do portu; na jednym brzegu aparaty zostały użyte, jako nadawcze, — po przeciwnej zaś stronie rozmieszczono równomiernie aparaty służące jedynie do odbioru fal ultradźwiękowych emitowanych przez aparaty nadawcze. Normalnie aparaty pracowały stale. W chwili, gdy odbiór któregoś z aparatów został przerwany, oznaczało to, że przed nim przeszła jakaś przeszkoda, nie pozwalająca na przejście falam wysłanym z aparatów nadawczych, co służyło sygnałem do alarmu.

Z dotychczasowych doświadczeń wynika, że fale ultradźwiękowe nie uzyskały jeszcze prawa obywatelstwa do komunikacji w powietrzu; tłumaczy się to tym, że fale ultradźwiękowe zbyt szybko nikną w powietrzu, będąc przezeń prawie że całkowicie zaabsorbowane. Dlatego też głębiny powietrzne dzielące samolot od ziemi nie mogą być mierzone przy pomocy fal ultradźwiękowych. Przeciwnie, dźwięki akustyczne (słyszalne) nadają się do tych pomiarów, gdyż szybkość głosu w powietrzu jest ok. 4,3 razy mniejsza, niż w wodzie, i powracające echo jest wskutek tego łatwe do odróżnienia. Na samolotach echo otrzymujemy dopiero po upływie jednej sekundy od czasu wysłania głosu z wysokości 150 metrów, po 10 zaś sekundach — na wysokość 1500 metrów. Należy zaznaczyć, że poważną przeszkodą, utrudniającą odbiór fal wysyłanych z samolotu stanowi hałas, spowodowany przez pracę silnika i śmigła.

Na zakończenie podamy przypadki, w których można zastosować aparaty ultradźwiękowe, jako niezawodny i prawie, że jedyny środek łączności podwodnej.

— 1. Łodzie podwodne używają aparatów kwarcowych do mierzenia i badania dna morskiego w razie konieczności tzw. położenia się na dnie; aparat więc jest tu użyty w charakterze sondy.

— 2. Aparaty ultradźwiękowe stosuje się do prowadzenia korespondencji podwodnej pomiędzy okrętami nadwodnymi i łodziami podwodnymi.

— 3. Przy pomocy aparatów ultradźwiękowych prowadzić możemy podsłuch podwodny.

— 4. Zawdzięczając kierunkowości aparatów ultradźwiękowych, możemy pod wodą określać kierunek szukanych obiektów; aparat w tym wypadku spełnia rolę goniometra podwodnego.

— 5. Aparat ultradźwiękowy możemy również wykorzystać w charakterze dalmierza podwodnego dla określania odległości odszukanych obiektów podwodnych.

— 6. Aparaty ultradźwiękowe oddają wreszcie bardzo wielkie usługi w czasie mgły przy pracy równoległej z radiostacją umieszczoną na przybrzeżnej latarni morskiej.

Niezależnie od tych zastosowań aparatów ultradźwiękowych do łączności podwodnej używa się ich obecnie prawie na wszystkich większych okrętach; posiadają je nawet bogatsi rybacy na kutrach rybackich, gdyż ułatwia im to odnajdywanie różnych gatunków ryb, które mają zwyczaj przebywania na odpowiednich głębokościach.

Reasumując powyższe, dochodzimy do wniosku, że aparaty ultradźwiękowe, aczkolwiek nie znalazły wszechstronnego zastosowania, w szczególności zaś nie są przydatne w lotnictwie, — to jednak odgrywają bardzo dużą rolę w marynarce wojennej i handlowej, gdyż obok głównego swego zadania, jako sondy i środka łączności podwodnej, — spełniać mogą wiele innych doniosłych funkcji taktycznych.



# **DZIAŁ SZKOLNICTWA**

## **i SŁOWNICTWA**

### **ELEKTROTECHNICZNEGO**

## **Prace Stowarzyszenia Elektryków Polskich w dziedzinie kształcenia i dokształcania zawodowego dorosłych**

Prof. inż. **D. Sokolcow**  
Przewodniczący Sekcji  
Szkolnictwa Elektrotechnicznego SEP

*Streszczenie.* Sprawa szkolenia i dokształcania monterów-elektryków oraz elektro-, tele- i radiotechników stała się zagadnieniem niezmiernie doniosłym, odczuwamy bowiem wielki brak wykwalifikowanych pracowników-elektryków wszystkich stopni — od robotnika fizycznego do inżyniera. Pracownicy zatrudnieni w zawodzie elektro-, tele- i radiotechnicznym bardzo często nie stoją na odpowiednim poziomie z punktu widzenia posiadanego przygotowania fachowego. Niezwykle szybki rozwój wszystkich dziedzin elektrotechniki, szczególnie zaś tele- i radiotechniki, wprowadzanie do praktyki elektrotechnicznej coraz to nowych rzeczy, o których nawet ci, którzy ukończyli szkołę zawodową o wyższym poziomie, nic w szkole nie słyszeli, wymaga dokształcania nawet wykwalifikowanych pracowników.

Ponieważ jednym z zadań Stowarzyszenia Elektryków Polskich, jako organizacji naukowo-technicznej obejmującej całokształt zadań elektrotechniki w Polsce, jest krzewienie wiedzy elektrotechnicznej, Stowarzyszenie dawno już zwróciło uwagę na zagadnienie kształcenia i dokształcania zawodowego, organizując dorywcze kursy dokształcające dla monterów-elektryków oraz systematyczne cykle odczytów-wykładów dla inżynierów i techników.

Artykuł zawiera zwięzły przegląd pracy dokonanej przez SEP na polu dokształcania zawodowego. Omówione są w ogólnym zarysie prace Sekcji Szkolnictwa Elektrotechnicznego, szczególnie jeżeli chodzi o zorganizowanie wieczorowych kursów dokształcających dla monterów. Nakreślony jest wreszcie program prac Sekcji na przyszłość — głównie w zakresie organizacji szkół i kursów dokształcających.

### **PIERWSZE KURSY I ODCZYTY.**

#### *Kursy dla monterów-elektryków.*

Pierwsze kursy dla monterów-elektryków zostały zorganizowane przy Oddziale Warszawskim SEP. w roku 1929. Miały one na celu udzielanie robotnikom-elektrykom niższych stopni ogólnych podstawowych wiadomości z elektrotechniki. Uczestników kursu było ok. 200.

Prowadzone w latach 1930 i 1931 kursy zostały już zorganizowane, jako systematyczne cykle wykładów na różne specjalne tematy, a mianowicie: materiały izolacyjne i technika wysokiego napięcia; aparaty pomiarowe i technika pomiarowa; budowa silników elektrycznych i prądnic; przesyłanie energii elektrycznej na odległość; napędy elektryczne i oświetlenie elektryczne.

Każdy z powyższych cykli obejmował 5 — 6 wykładów po 2 — 3 godz.; niektóre z nich uzupełniane były pokazami. Liczba uczestników wahała się od 60 do 100 na każdym z cykli. Organizacja spoczywała w rękach wykładowców. Finansowała imprezę tzw. Federacja Pracy — organizacja skupiająca rzemieślników,

przy której istniała sekcja elektryczna. Pewnej subwencji na ten cel udzieliło również Ministerstwo W. R. i O. P. Organizatorzy i prelegenci pracowali bezinteresownie. Poziom kursu był dość wysoki, przy czym brali w nim udział technicy oraz monterzy z dużą praktyką zawodową.

#### *Wykłady dla inżynierów-elektryków.*

Pierwsze cykle systematycznych wykładów dla inżynierów i technologów elektryków zostały zorganizowane przy Oddziale Warszawskim S.E.P. w r. 1933. Pomyślane one były, jako początek periodycznych cykli wykładów przeznaczonych dla inżynierów, którzy chcieliby uzupełnić swą wiedzę elektrotechniczną. Program wykładów obejmował: przewodnictwo elektronowe (2 godz.); najnowsze badania nad łukiem elektrycznym (2 godz.); maszyny elektryczne (4 godz.); transformatory (4 godz.); zadania i warunki pracy elektrowni i sieci wobec nowoczesnych wymagań elektryfikacyjnych (8 godz.); napęd elektryczny (4 godz.). Wykłady uzupełnione były licznymi przezroczkami, rysunkami i pokazami. Ogólna liczba słuchaczy wyniosła ponad 200 osób.

Następne systematyczne cykle wykładów dla inżynierów i technologów elektryków zorganizowane były przy Oddziale Warszawskim S.E.P. w latach 1936, 1937 i 1938. Poruszone na wykładach tematy dotyczyły najnowszych postępów w dziedzinie elektro-, tele- i radiotechniki oraz mechaniki. Prócz tego — ze względu na ścisły związek pomiędzy zagadnieniami rozpatrywanymi w fizyce współczesnej a szeregiem zagadnień z zakresu elektro-, tele- i radiotechniki — zostały zorganizowane w ostatnich latach cykle wykładów na aktualne tematy Fizyki Doby Współczesnej.

Praca inżyniera i technologa-elektryka, zajmujących albo mogących zajmować kierownicze stanowiska w przemyśle elektrotechnicznym oraz na placówkach eksploatacyjnych, elektryfikacyjnych itp., — wymaga od nich także orientowania się w zagadnieniach ekonomicznych oraz polityki gospodarczej, przemysłowej, handlowej i finansowej. To też w roku bieżącym został przez S.E.P. zorganizowany specjalny cykl odczytów ekonomicznych.

Wszystkie wspomniane wyżej wykłady utrzymane były na odpowiednio dla inżynierów i technologów wysokim poziomie, tworząc dla poszczególnych zagadnień zamkniętą całość. Wykłady z elektro-, tele- i radiotechniki oraz mechaniki połączone częściowo z ewi-



zeniami w odpowiednich pracowniach Politechniki Warszawskiej. Na tego rodzaju połączenie wykładów traktujących o technicznych zdobyczach ostatnich lat z ćwiczeniami w pracowniach zwrócona będzie w przyszłości specjalna uwaga. Wykłady dla inżynierów finansowane były wyłącznie przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich, przeważnie z wpływów uzyskanych od zapisanych na te wykłady słuchaczy.

Liczba słuchaczy na kursach dla inżynierów wynosiła na poszczególnych wykładach: w r. 1936: 100 — 150 osób, w r. 1937: 150 — 300 osób, oraz w r. 1938: 75 — 175 osób. Razem uczęszczały w r. 1938 na wykłady techniczne 1752 osoby, na wykłady zaś fizyczne — 892 osoby. Jak widzimy, zainteresowanie wykładami ze strony inżynierów i technologów jest bardzo wielkie.

#### PRACE

##### SEKCJI SZKOLNICTWA ELEKTROTECHNICZNEGO.

Już pierwsze kroki S.E.P. w zakresie organizacji kursów i wykładów dokształcających dla elektryków wszystkich stopni i specjalności wykazały, jak wielka jest ich potrzeba. Stało się jasne, że akcja ta powinna być prowadzona nie dorywczo — od przypadku do przypadku — lecz zorganizowana jako stała, systematycznie prowadzona akcja, i to nie tylko w stolicy, lecz i na prowincji — przy ścisłej współpracy Stowarzyszenia Elektryków Polskich z Ministerstwem Oświaty i władzami szkolnymi oraz z innymi zainteresowanymi Ministerstwami, jak również z przemysłem elektrotechnicznym — wytwórczym, instalacyjnym i eksploatacyjnym. Powinna ona przy tym obejmować nie tylko elektryków-silnopiętów, lecz w równej mierze tele- i radiotechników oraz mechaników, a także technologów i inżynierów.

W związku z tym w końcu roku 1936 została zorganizowana przy Stowarzyszeniu Elektryków Polskich specjalna, autonomiczna *Sekcja Szkolnictwa Elektrotechnicznego*, zadaniem której jest praca nad zagadnieniem należytej organizacji i rozwoju szkolnictwa elektrotechnicznego oraz wykładów i kursów dokształcających dla elektro-, tele- i radiotechników-monterów oraz technologów i inżynierów. W zakres jej działalności wchodzi również sprawa opracowania podręczników z elektrotechniki i pokrewnych jej dziedzin, a także wydawnictw dla dokształcania się elektryków o różnych stopniach wykształcenia.

Celem równoległego dążenia do osiągnięcia różnych — jednakowo ważnych — zadań Sekcji zostały zorganizowane przy Sekcji następujące komisje: Komisja kursów dokształcających, Komisja programowa i podręcznikowa oraz wydawnicza, Komisja referatowo-odczytowa, Komisja kwalifikacyjna oraz Komisja bezpieczeństwa.

Wszystkie te komisje rozpoczęły już swoje prace; pierwsze dwie pracują w ścisłym kontakcie z Ministerstwem Oświaty, Ministerstwem Przemysłu i Handlu oraz innymi zainteresowanymi Ministerstwami i Instytucjami; Komisja kwalifikacyjna — z Izbą Przemysłowo-Handlową, biorąc udział w pracach Komisji kwalifikacyjnej przy tej Izbie. Wreszcie Komisja bezpieczeństwa współpracuje z wzorcownią przy Muzeum Techniki i Przemysłu oraz z Komisją Bezpieczeństwa Pracy przy Ministerstwie Opieki Społecznej.

Najbardziej na razie posunęły się prace Komisji kursów dokształcających, która zorganizowała wieczorowe kursy dokształcające; zasługują one na bliższe omówienie.

#### WIECZOROWE KURSY DOKSZTAŁCAJĄCE.

Kursy te przeznaczone są dla monterów-instalatorów, monterów trakcyjnych oraz dla tele- i radiotechników. Program kursów obejmował 12 przedmiotów, przy czym każdy z trzech wyżej podanych zawodów obowiązywały specjalnie wymienione w programie przedmioty.

Czas trwania kursów wynosił przeszło 3 miesiące (od 21 stycznia do 9 maja). Wykłady odbywały się codziennie, prócz sobót, w godzinach wieczorowych (od godz. 18 do 21) — a to ze względu na to, że były one przeznaczone dla pracujących zawodowo. Łącznie liczba godzin wykładowych wynosiła 160. W przerwie pomiędzy wykładami a egzaminami odbył się szereg wycieczek do zakładów elektro-, tele- i radiotechnicznych.

Wykładowcami na kursie byli inżynierowie-specjaliści, mający w swej pracy zawodowej do czynienia z wykładanymi przedmiotami.

Kursy pomyślane zostały, jako normalna uczelnia, z obowiązującym uczęszczaniem na wykłady i repetycjami z przerobionych przedmiotów. Regulamin kursów przewiduje egzaminy końcowe, po zdaniu których z wynikiem co najmniej dostatecznym słuchacz otrzymuje świadectwo z ukończenia kursów z podaniem wyników poszczególnych egzaminów. Świadectwa te, chociaż nie posiadają żadnych formalnych uprawnień, będą jednakże miały znaczenie dla pracodawców, tym bardziej, że słuchaczami kursów są w 80% robotnicy delegowani z różnych zakładów. Wśród tych zakładów należy wymienić: Dyrekcję Okręgową Kolei Państwowych; Elektrownię Okręgu Warszawskiego; Państwowe Zakłady Lotnicze; Polskie Zakłady Philips; Krajowe Towarzystwo Telefunken; Wytwórnię Aparatów Elektrycznych K. i W. Pustoła; Zakłady Elektrotechniczne „Elektroautomat“; Zakłady Akumulatorowe „Tudor“; Polską Akcyjną Spółkę Telefoniczną; Fabrykę Kondensatorów inż. A. Horkiewicz; Polskie Fabryki Kabli i Walcownie Miedzi w Ożarowie; Tramwaje i Autobusy Miejskie w Warszawie i inne.

Przyjęto na kursy 256 osób, przy czym przeszło 250 osobom odmówiono przyjęcia z powodu braku miejsc. Przyjmowani byli wyłącznie monterzy, posiadający kilkuletnią praktykę w swym zawodzie oraz znajomość podstaw arytmetyki. Słuchaczami kursów są wyłącznie mężczyźni (z wyjątkiem jednej słuchaczki) w wieku od 23 do 45 lat. Zainteresowanie słuchaczy wykładami jest na ogół wielkie.

Inicjatywa i organizacja wieczorowych kursów dokształcających należy całkowicie do Sekcji Szkolnictwa S.E.P. Również finansowanie tych kursów wzięło na siebie Stowarzyszenie Elektryków Polskich — z wpłat za przesłuchanie kursów, oraz z opłat za skrypty i egzaminy. Opłata za cały kurs wynosiła zł. 35 oraz zł. 5 za egzaminy.

Kursy te, jako pierwsze kursy o typie szkoły, uruchomione przez Sekcję Szkolnictwa S.E.P., posiadają wprawdzie jeszcze szereg usterek i niedociągnięć, — stanowią one jednakże praktyczne doświadczenie, które Komisja kursów przyjmie za podstawę przy organizowaniu następnych kursów w Warszawie i na prowincji.

#### PROGRAM PRAC SEKCJI SZKOLNICTWA NA PRZYSZŁOŚĆ.

Pierwszy rok pracy Sekcji Szkolnictwa Elektrotechnicznego udowodnił wielką potrzebę tej placówki, jako centralnej, organizacyjnej i ogólnokierowniczej. Nie można jednakże poprzestać na samej tylko stolicy. Sek-



cja Szkolnictwa Elektrotechnicznego powinna rozszerzyć swą działalność na teren całej Polski, wskazując, jakimi drogami należy kroczyć, aby zadośćuczynić potrzebom ciągle wzrastającej liczby należycie wykształconych elektryków wszystkich stopni.

Ażeby móc dokładnie się zorientować w potrzebach i możliwościach w tym kierunku, Sekcja nawiązała kontakt z Ministerstwami: Oświaty, Przemysłu i Handlu, Spraw Wojskowych i Komunikacji oraz ze Związkiem Elektrowni, Przemysłu i Handlu Elektrycznego, jak również z oddziałami prowincjonalnymi S.E.P. W Łodzi już w roku ubiegłym powstało Koło Sekcji Szkolnictwa Elektrotechnicznego S.E.P., czynnie pracujące. Poza tym przedstawiciele Sekcji Szkolnictwa brali udział w Ogólnopolskim Zjeździe w sprawie Szkół Technicznych w Katowicach w dn. 28 i 29.XI. 1936 r. oraz w Zjeździe, który odbył się w Gródku w sprawie szkolenia uczniów i doksztalcania elektryków w dn. 24 — 26.IX. 1937 r.

Celem zorientowania się w liczbie robotników-elektryków różnych specjalności, o kształceniu i doksztalcaniu których może być mowa obecnie oraz w najbliższej przyszłości (w przeciągu lat 5-ciu), została opracowana w Ministerstwie Przemysłu i Handlu przy udziale Sekcji Szkolnictwa S.E.P. odpowiednia ankieta, rozesłana następnie do wszystkich placówek przemysłu przetwórczego i instalacyjnego w Polsce. Posiadane na razie dane statystyczne wykazują, że w polskim przemyśle elektrotechnicznym przetwórczym, instalacyjnym oraz w handlu elektrotechnicznym zatrudnionych było w roku 1937 razem ok. 25 000 pracowników fizycznych. Przyjmując, że co najmniej 20% z tej liczby potrzebuje doksztalcania, otrzymujemy liczbę ok. 5 000 pracowników, których należałoby doksztalać w dziedzinie elektrotechniki. W latach przyszłych, w związku z polepszeniem się koniunktury, liczba ta wzrastać będzie co najmniej o 10% rocznie. Należy także wziąć pod uwagę, iż posiadamy jeszcze pokaźny odsetek elektryków, pracujących w innych branżach przemysłu, korzystającego z energii elektrycznej.

Z powyższego widać, że, oprócz normalnych szkół zawodowych dla uczniów (małoletnich), należy zorganizować i uruchomić cały szereg stałych i częściowo dorywczych kursów doksztalcających na terenie całej Rzplitej.

Te szkoły i kursy częściowo mogą być zorganizowane na terenie większych placówek przemysłowych, które są w stanie same dostarczyć potrzebnej liczby słucha-

czy \*), częściowo zaś powstać muszą w pewnych ośrodkach przemysłowych, jako wspólne szkoły i kursy dla znajdujących się w tym okręgu zakładów elektrycznych.

Otóż jednym z poważniejszych punktów programu prac Sekcji Szkolnictwa Elektrotechnicznego jest właśnie organizacja, przy ścisłej współpracy z zainteresowanymi Ministerstwami i instytucjami, tego rodzaju szkół i kursów na terenie całej Polski. Będzie to wymagało opracowania programów nauczania oraz programów ćwiczeń w pracowniach, które powinny być bezwzględnie przy takich szkołach i kursach zawodowych zorganizowane i zajmować dość poważne miejsce w nauczaniu; poza tym stanie się konieczne opracowywanie podręczników i pomocy szkolnych.

Dla należytego zapoznania się z zagadnieniami z dziedziny szkolnictwa zawodowego za granicą oraz ich rozwiązaniem, Sekcja Szkolnictwa Elektrotechnicznego przez gromadzenie odpowiednich materiałów oraz prowadzenie studiów nad tymi zagadnieniami przez swych członków, wyjeżdżających za granicę stara się osiągnąć jak najlepsze wyniki swej pracy. Z tego też względu Sekcja Szkolnictwa interesuje się międzynarodowymi kongresami, poświęconymi kształceniu technicznemu i wieźmie m. inn. udział w Międzynarodowym Kongresie Kształcenia technicznego i Handlowego, który odbędzie się w Berlinie w dniach 25 — 29 lipca b. r.

Wszystkie te prace Sekcji Szkolnictwa Elektrotechnicznego związane są z pewnymi, dość znacznymi, wydatkami. Do chwili obecnej Stowarzyszenie Elektryków Polskich nie korzystało z żadnych dotacji przeznaczonych na te prace. Jednakże rozszerzenie programu i terenu prac, wyjazdy na prowincję, udział w kongresach międzynarodowych, prace nad ustaleniem programów, akcja wychowawcza itp. wszystko to wymagać będzie znacznych środków materialnych, którymi Stowarzyszenie na razie nie rozporządza. To też jasnym jest, że zainteresowane w pracy Sekcji Szkolnictwa Elektrotechnicznego Ministerstwa oraz instytucje społeczne i przemysłowe winny przyjść Sekcji ze stałą pomocą.

\*) Godnym naśladowania przykładem takiej szkoły jest zorganizowana przy Pomorskiej Elektrowni Krajowej „Gródek“ 3-letnia szkoła dla ślusarzy i monterów-elektryków.

## Zagadnienie specjalizacji w szkolnictwie elektrotechnicznym

Prof. Mieczysław Pożaryski

Świat pracy w zawodzie elektrotechnicznym daje się podzielić na kilka odrębnych działów; są to:

1. elektrownie i sieci elektryczne, jako obiekt w ruchu;
2. instalacja — budowa elektrowni i sieci;
3. wytwórnie maszyn i przyrządów elektrycznych, oraz
4. urządzenia telekomunikacyjne (budowa i ruch).

W każdym z tych działów pracują elektrotechnicy należący do trzech różnych poziomów; są to: rzemieślnicy, technicy i inżynierowie.

Inny jest zakres pracy w każdym z powyższych działów, inne są wymagane uzdolnienia, inne są potrzebne w każdym z nich specjalne wiadomości.

Rzemieślnik powinien mieć dla każdego działu odrębne wyrobienie i usprawnienie w wykonywaniu robót, pra-

ownik umysłowy — odrębne nastawienie umysłu i woli. Każdy z nich powinien posiadać przy tym pewien zasób wiadomości przystosowanych do zakresu wykonywanych czynności.

Stąd wynika *potrzeba specjalizacji*.

Jednakże obok tych wiadomości i uzdolnień specjalnych każdy pracownik powinien również posiadać pewne *wykształcenie ogólne*, którego zasięg będzie różny dla różnych poziomów pracy zawodowej.

Odpowiednio do trzech różnych poziomów, na których pracują elektrotechnicy, istnieją trzy poziomy w szkolnictwie elektrotechnicznym: mamy tu szkoły rzemieślnicze, szkoły dla techników oraz szkoły dla inżynierów.

Zacznijmy od rozważenia, jak powinny być zorganizowane i czego mają uczyć szkoły rzemieślnicze.

Najracjonalniejszym typem elektrotechnicznych szkół



rzemieślniczych są szkoły organizowane przy warsztatach pracy. Tu od razu jest nieunikniona daleko idąca specjalizacja. Elektryk rzemieślnik, pracujący przy instalacjach elektrycznych, powinien przede wszystkim kształcić się w dziedzinie tych instalacji; inny, pracujący w warsztacie, powinien np. poznać szczegóły budowy najczęściej stosowanych maszyn elektrycznych, dokładnie poznać uzwojenia; jeszcze inny, pracujący w laboratorium probierczym, powinien nauczyć się dobrze miernictwa elektrycznego i poznać sposoby badania maszyn i przyrządów elektrycznych.

Gdyby warunki życiowe przerzuciły pracownika z jednej dziedziny w inną, to wtedy nieuniknione jest docucanie się nowego fachu, gdyż nauczyć się wielu rzeczy „na zapas” nie sposób.

Takie postawienie sprawy, moim zdaniem, byłoby najwłaściwsze, ale wymagałoby stworzenia wielu szkół, albo też wielu oddziałów w jednej szkole.

U nas byłoby o to trudno. W naszych warunkach, gdzie szkoła rzemieślnicza znajduje się poza zakładem wytwórczym czy instalacyjnym, i służy wielu przedsiębiorstwom, których pracownicy do tej szkoły uczęszczają, — nie pozostaje nic innego, jak ułożenie takiego programu, aby różni zawodowcy zdobyli w szkole przynajmniej wiadomości podstawowe wszystkim potrzebne, zdobyć szczegółowych zaś wiadomości wypadnie pozostawić samouctwu.

Dobrze by było jednak, celem podniesienia wykształcenia rzemieślnika-specjalisty na wyższy poziom, dla tych co ukończyli wspomnianego typu elektryczną szkołę rzemieślniczą ogólną, organizować od czasu do czasu kilkumiesięczne kursy specjalne, a więc np. kurs instalacyj elektrycznych domowych i fabrycznych, kurs dźwignów elektrycznych, kurs nawijania maszyn, kurs kolejnictwa elektrycznego, kurs telefonii automatycznej itp. Przy tym w miarę możliwości niektóre dziedziny powinny być nauczane praktycznie, zwłaszcza o ile uczeń w swej pracy zarobkowej nie ma na razie dostatecznej możliwości zetknięcia się z odpowiednią praktyką.

W ten sposób możnaby personel rzemieślniczy dokształcać i podnosić wartość jego pracy.

A teraz zwrócimy się do szkolenia techników elektryków.

Szkoły średnie elektrotechniczne mają przygotować pracowników umysłowych na średnim poziomie, posiadających obok sprawności w obliczeniach i projektowaniu urządzeń doskonałą umiejętność sporządzania rysunków i posługiwania się nimi. To też w tych szkołach wypada przeznaczyć sporo czasu na wygimnastykowanie umysłu i wyrobienie oka i ręki przy kreśleniu technicznym.

Chcąc jednak, aby uczeń kończący średnią szkołę elektryczną od razu był przydatny do pracy zawodowej i aby zakład czy przedsiębiorstwo zaraz miało z niego korzyść, należy wprowadzić przynajmniej w ostatnim roku nauczania specjalizację co najmniej na elektrotechników silnoprządowych i telekomunikantów, gdyż tylko wtedy mogą być dostatecznie uwzględnione przedmioty wchodzące w zakres wszystkich współczesnych urządzeń elektrycznych, należących do danego działu.

Silnoprządowcy powinni zapoznać się z urządzeniami sieci elektrycznych wysokiego napięcia i wielostronnym zastosowaniem prądu elektrycznego w przemy-

śle, a więc różnego rodzaju napędem elektrycznym i grzejnictwem elektrycznym.

Telekomunikanci mają do poznania obszerną dziedzinę radiotechniki i telefonii automatycznej łącznie z liniami dalekosiężnymi.

Bardziej wąskiej specjalizacji szkoła dać nie może. Mogą tu pomóc tylko: praktyka, samouctwo oraz specjalne kursy dokształcające, których wielki brak jest na tym poziomie.

Do zakresu prac techników należy jeszcze działalność techniczno-handlowa, czy to w charakterze akwizytora, czy też kierownika handlowo-technicznego. Szkoła daje podstawy dla tej działalności, a specjalizację — życie. Odpowiednich kursów brak u nas, a przydałyby się bardzo.

Średnie wykształcenie techniczne można w pewnych wypadkach zorganizować jeszcze inaczej. Gdy jest wielkie przedsiębiorstwo o charakterze specjalnym zatrudniające setki pracowników, to słusznym wydaje się zakładanie szkół z programem nauczania ściśle przystosowanym do potrzeb tego przedsiębiorstwa. Takie są np. szkoły państwowe telekomunikacyjne.

Byłyby, oczywiście, do pomyślenia inne jeszcze szkoły tego rodzaju, jak np. szkoła instalacyj prądów silnych, albo np. szkoła budowy maszyn elektrycznych. Będą one jednak miały raczej bytu dopiero przy odpowiednim rozwoju elektryfikacji kraju oraz rozwiniętym i zasobnym przemyśle.

Dla osiągnięcia możliwie lepszych wyników nauczania powyższa specjalizacja jest niewątpliwie pożądana i korzystna, szczególnie wobec postępującego rozwoju wszystkich dziedzin techniki i stale zwiększającego się zakresu przedmiotów nauczania.

Przejdźmy wreszcie do szkolnictwa wyższego.

Poglądy na kształcenie inżynierów-elektryków są różne, wynikające często z historycznego rozwoju nauczania w tej dziedzinie. Przed kilkudziesięciu laty inżynierów-elektryków nie było wcale; byli tylko inżynierowie-mechanicy cokolwiek obeznani z ówczesnymi, skromnymi zresztą, zastosowaniami prądu elektrycznego.

Potem przez długi szereg lat, a tu i owdzie i dziś jeszcze, elektrotechnika stanowi sekcję na wydziale mechanicznym. To też nic dziwnego, że nauki mechaniczne do ostatnich czasów zajmują nieraz większą część wykształcenia przyszłego inżyniera-elektryka.

Dopiero w ostatnich latach, gdy zakres i liczba wykładanych przedmiotów bardzo poważnie zaczęły się rozrastać, spostrzeżono, że niesposób jest bez znacznego przedłużenia czasu trwania studiów zachować na wydziałach elektrycznych większości przedmiotów wykładanych na wydziałach mechanicznych. Przekonano się, że nawet same podstawy nauczania dla elektryka muszą być inne, gdyż inny jest świat, w którym pracuje jego umysł.

Najbardziej podstawowe nauki, jak matematyka i fizyka, mogą być dla obu wydziałów wspólne, lecz już takie przedmioty, jak mechanika, wytrzymałość materiałów i części maszyn, muszą mieć układ odrębny dla elektryków i mechaników. To też dziś często już od pierwszego roku, uczymy inżyniera-elektryka nieco inaczej, niż mechanika.

Gdy już uznaliśmy konieczność tej odrębności w nauczaniu na wydziale elektrycznym w porównaniu do wydziału mechanicznego, przejdźmy do różniczkowania inżynierów-elektryków na specjalności.



Na tym najwyższym poziomie nauczania zagadnienie wąskiej specjalności przedstawia się zupełnie inaczej, niż na obu poziomach poprzednio omówionych. Zadania, jakie ma przed sobą inżynier-elektryk są znacznie szersze od tych, które powierzamy technikom, i z tego powodu ogólne podstawy elektrotechniki muszą być ujęte tu znacznie obszerniej i muszą obowiązywać wszystkich, niezależnie od specjalności.

Inżynier-elektryk nieraz może być powołany do decydowania o doniosłych sprawach, gdzie może się zetknąć z różnymi działami elektrotechniki. To też działalność twórcza jego umysłu musi mieć podstawy jak najszersze. Zdobyte dziś doświadczenia w elektrotechnice prądów słabych nieraz mogą przydać się w urządzeniach prądów silnych.

W naszych warunkach nie możemy jednak zakończyć wykształcenia inżyniera-elektryka, dając mu obszerne, lecz ogólne, wiadomości z różnych dziedzin elektrotechniki. Życie wymaga i na tym poziomie nauczania pewnej specjalizacji już na ławie szkolnej. A więc jeden student powinien obrać instalacje prądów silnych, drugi — budowę maszyn elektrycznych, trzeci — telekomunikację drutową, czwarty — radiotechnikę. Taki, początkujący nawet, specjalista będzie niewątpliwie bardziej pożyteczny w praktyce, niż młody inżynier mający tylko zupełnie ogólne wykształcenie zawodowe. Początkujący specjalista będzie już bowiem posiadał sposób wiadomości szczegółowych i w pewnym stopniu będzie wdrożony do metod i charakteru prac dotyczących dziedziny, w której się specjalizuje.

Wobec małej liczby badawczych placówek przemysłowych w naszym kraju, obok istnienia szeregu początkujących wytwórni w dziedzinie elektrotechnik, ważnym jest, aby młody inżynier już w uczelni zdobył taki zakres wiadomości i przeszedł taką praktykę w laboratoriach, która pozwoliłaby mu wydatnie wpłynąć na pomyślny rozwój krajowych placówek przemysłowych. Inżynier odpowiednio

przygotowany w szkole często może oddać znaczne usługi wytwórniom w dziedzinie rozszerzenia i udoskonalenia ich produkcji.

Zadanie kształcenia inżynierów-elektryków nie kończy się w chwili wydania im dyplomu. Niezbędne jest ciągle dalsze doksztalcanie przez okresowo powtarzane kursy specjalne, które uwzględniałyby rozwój wiedzy w każdej dziedzinie — aż do chwili ostatecznej. Co roku należy organizować wykłady i ewent. nawet ćwiczenia laboratoryjne, które dałyby sposobność inżynierom praktycznie pracującym zapoznawania się z postępami w tych dziedzinach, które ich szczególnie mogą interesować.

Żywe słowo i osobiste zetknięcie się z wybitnymi specjalistami nieraz więcej dać mogą, niż artykuł przeczytany w piśmie fachowym.

Kursy tego rodzaju mają do spełnienia jeszcze inne zadanie. Inżynier, pracujący niemal dzień cały w wąskim zakresie powierzonych mu czynności, traci zwykle styczność z działami pokrewnymi. Kursy więc mogą mu dać również sposobność zapoznania się ze stanem wiedzy w różnych dziedzinach tego samego zawodu. Tego rodzaju wiadomości w wielu przypadkach mogą pokierować pracą inżyniera na właściwe tory.

Tą drogą można również w pewnej mierze uzupełnić brak wykształcenia gospodarczego naszych inżynierów.

Z powyższych rozważań wynika, że na wszystkich poziomach nauczania elektrotechniki potrzebna jest specjalizacja.

Technik jednak, a szczególnie inżynier — dobry specjalista osiągnie wtedy tylko najlepsze wyniki swej pracy zawodowej, gdy praca jego będzie wspomagana przez wiadomości z pokrewnych działów elektrotechniki. Słowem, specjalizujemy się, ale nie zasklepiajmy się zbyt w naszej pracy codziennej.

## Organizacja zajęć laboratoryjnych w szkołach elektrotechnicznych

Inż. Piotr Ciechanowicz  
Państwowe Liceum Elektryczne w Wilnie

*Streszczenie.* Autor omawia czynniki wpływające na stan umysłowy uczniów podczas zajęć w pracowni elektrotechnicznej, przechodząc następnie do omówienia właściwej organizacji zajęć w laboratorium. Rozpatrywana jest sprawa liczebności poszczególnych grup, przebiegu ćwiczeń, przydziału czasu na poszczególne czynności i organizacji pracy w zespole, po czym omówiona jest rola kierownika ćwiczeń.

Na wstępie pragnąłbym zaznaczyć, że poruszony temat obejmuje przede wszystkim niższe i średnie szkoły elektrotechniczne, tj. — wdg. obecnej nomenklatury — gimnazja i licea elektryczne, przy czym pod nazwą „zajęcia laboratoryjne“, należy rozumieć w pierwszym rzędzie zajęcia w pracowni w zakresie ćwiczeń z miernictwa elektrycznego oraz badania maszyn elektrycznych.

Szkoła, jako ośrodek nauczania i wychowania ucznia, winna o ba te momenty, a więc zarówno nauczanie, jak i wychowanie, jednakowo uwzględnić w organizacji zajęć laboratoryjnych, licząc się z materiałem

uczniowskim, który może być mniej lub więcej zdolny, pracowity, leniwy, bierny itp., a który powinien — mimo wszystko — przerobić tematy ćwiczeń objęte programem nauczania, zdobywając przynajmniej pewne minimum podstawowych wiadomości z danego przedmiotu. Jeżeli więc stawiamy sobie za cel nauczanie i wychowanie ucznia w szkole, to zrozumiałym się staje, że przy organizacji ćwiczeń nie możemy pominąć milczeniem wszystkiego tego, co może wpływać dodatnio lub ujemnie na stan umysłowy i psychiczny ucznia. Starać się więc będziemy czynniki ujemne sprowadzić do minimum, dodatnie zaś — spotęgować do maksimum. Czynniki te w ogólności — poza właściwą organizacją ćwiczeń — będą w pierwszym rzędzie:

- lokal, w którym mieści się laboratorium; jego oświetlenie i ogrzewanie;
- stan urządzeń i sprzętów oraz stopień przystosowania sprzętu i urządzeń do zamierzonych ćwiczeń;
- regulamin laboratorium oraz



— personel nauczycielski tj. kierownik i instruktorzy.

Omówimy każdy z tych czynników po kolei.

Lokal przeznaczony na pracownię nie może być przypadkowy lub — co gorsza — obrany z konieczności z braku miejsca przy ciasności pomieszczeń. Musi on być z góry przewidziany i ustalony co do swych rozmiarów, dostawany do liczby ucni odrabiających ćwiczenia. W pełni warunek ten bywa spełniony jedynie przy nowobudowanych się lokalach szkolnych. Przy odpowiednich rozmiarach lokal na laboratorium musi posiadać dobre oświetlenie dzienne; bardzo dobre rozwiązanie daje światło boczne i górne jednocześnie; pracownia musi być zabezpieczona przed wilgocią, posiadając odpowiednio utrzymaną temperaturę w granicach od 12 — 15° Celsjusza.

Zarówno rozmieszczenie stoisk i maszyn, jak i wykonanie całego wnętrza, musi mieć na uwadze — poza racjonalnością urządzenia — jeszcze i stronę estetyczną, tak aby uczeń z chwilą wejścia do pracowni odczuwał chęć pozostawania w niej przez czas dłuższy. Stan urządzeń i sprzętów pracowni musi pozostawać w stanie stałej używalności, tzn., że konserwacja sprzętu i urządzeń winna być prowadzona stale — do czego potrzebny jest odpowiedni personel pomocniczy. Należy dbać przy tym o utrzymanie jak największej czystości. Czas ferij szkolnych należy poświęcić na przeprowadzenie generalnego remontu maszyn i przyrządów, wzgl. na ustawienie nowych jednostek lub też bardziej celowe ich przegrupowanie.

Każde nowe ćwiczenie winno być kilkakrotnie przerobione przez kierownictwo pracowni, zanim zostanie objęte programem, a to zarówno celem ustalenia najdogodniejszych warunków pomiarowych oraz doboru najważniejszego sprzętu, jak i dla ustalenia ewentualnych „niespodzianek“ jakie od czasu do czasu mogą się zdarzyć. Z kolei poruszymy sprawę regulaminu.

Regulamin zawiera wskazówki i uwagi dotyczące sposobu odrabiania ćwiczeń oraz zachowania się uczniów w pracowni. Wskazówki co do ćwiczeń winny być proste, zrozumiałe dla uczniów i łatwe do przestrzegania; punkty porządkowe regulaminu muszą zawierać pewne minimum niezbędne dla zachowania porządku oraz pewnej harmonii wśród pracujących i mające na oku ich bezpieczeństwo.

Kierownik ćwiczeń jest odpowiedzialny za ułożony program materiału oraz możliwie jasne jego wyłożenie na lekcjach poprzedzających właściwe ćwiczenia, będąc obowiązany do udzielania wskazówek w czasie samych ćwiczeń. W równej mierze jest on poza tym odpowiedzialny za zaszczepienie uczniom zamiłowania do zespołowej pracy laboratoryjnej, za obudzenie w nich możliwie największego zainteresowania tematem i dopilnowanie ogólnego porządku w powierzony mu pracowni.

Rola instruktora winna się ujawniać w opiekowaniu się sprzętem — przyrządami i maszynami; chodzi tu przede wszystkim o usuwanie najmniejszych uszkodzeń, które — nieusunięte na czas — hamują bieg dalszych ćwiczeń oraz o dopomaganie kierownikowi podczas samych zajęć przez wydawanie uczniom przyrządów i ich odbieranie, kontrolę układów połączeń, przyjmowanie sprawozdań itp.

Jasnym jest, że zaniedbanie któregokolwiek ze wspomnianych wyżej czynników musi spowodować zmniejszenie sprawności nauczania, gdyż nie ulega kwe-

stii, że nieodpowiedni lokal (ciasny, wilgotny, źle oświetlony lub niedostatecznie ogrzany) wpłynie rozluźniająco na dyscyplinę uczniów. Podobnie niedopasowanie sprzętu do ćwiczeń lub niestaranna jego konserwacja wpływa ujemnie na wynik ćwiczenia, a nieraz wręcz uniemożliwia jego wykonanie. Nieprzestrzeganie regulaminu powoduje zamęt w pracowni, niebezpieczeństwo uszkodzenia kosztownych przyrządów, lub też niebezpieczeństwo zagrażające życiu uczniów (wysokie napięcie) itp.

Obecnie przejdziemy do omówienia właściwej organizacji zajęć laboratoryjnych. Zajęcia te przeważnie odrabiane są zespołowo; jakkolwiek zespół, teoretycznie biorąc, może się składać z jednej osoby — ucznia, to jednak, pomijając w tym wypadku trudności i koszty realizacji pracowni, w której liczba stanowisk równałaby się liczbie ucni, wątpliwym byłoby, czy tego rodzaju jednoosobowe grupy byłyby celowe pod względem sprawności nauczania, który to czynnik przy organizowaniu zajęć w pracowni winniśmy przede wszystkim mieć na uwadze. Poza tym zadania laboratoryjne, w których występuje konieczność dokonywania jednoczesnych odczytów na większej nieraz liczbie przyrządów pomiarowych, nie mogłyby być w ogóle wykonane prawidłowo przez grupę jednoosobową. Zachodzi więc pytanie, z ilu też osób winien składać się zespół — grupa? Na to pytanie można odpowiedzieć — na podstawie wieloletniego doświadczenia, — że grupa winna się składać z dwóch — trzech, a najwyżej czterech osób. Walory pracy są wówczas znakomite, o ile, oczywiście, są one w pełni wykorzystane przez kierownika ćwiczeń oraz samą grupę. Po pierwsze każda jednostka zespołu ma możliwość sprawdzenia swych umiejętności w czasie pracy i nabrania zaufania do dokonywanych przez siebie odczytów, pomiarów i obliczeń, które są stale poddawane wzajemnej kontroli i krytyce, co przy jednoosobowej grupie nie miałoby miejsca. Po drugie wieloosobowa grupa uczy ucznia współpracy z innymi przez zachowanie pewnej organizacji zespołowej i dyscypliny. Praca zespołowa w grupach bardzo licznych (np. po 7 lub więcej osób) — zwłaszcza przy zajęciach z zakresu miernictwa elektrycznego o małej liczbie przyrządów i „stanowisk“ — z reguły mija się z celem, gdyż wówczas stykają się bezpośrednio z zadaniem przeważnie jednostki najbardziej czynne i zdolne, reszta zaś z konieczności zachowuje się mniej lub więcej biernie, nie biorąc często żadnego wręcz udziału w wykonywaniu zadania — po prostu ze względu na panujący przy stoisku tłok oraz niemożność bezpośredniego zetknięcia się z przyrządami.

Ponieważ każdy z uczniów musi samodzielnie opracować dany temat w postaci sprawozdania, zachodzi pytanie, czy w pracy zespołowej każdy uczeń ma wykonać wszystkie czynności związane z przebiegiem ćwiczenia, czy też ma się ograniczyć do kilku z pośród nich? A jeżeli ma miejsce ta druga alternatywa, — to czy wskutek tego praca ucznia nie stanie się do pewnego stopnia niekompletną? Otóż ważne to zagadnienie reguluje całkowicie wewnętrzny regulamin pracy zespołowej, który dokładnie ustala, w jaki sposób grupa ma dane ćwiczenie przeprowadzić, przy czym schemat ten pozostaje dla wszystkich mniej — więcej ćwiczeń stały.

Weźmy, jako przykład, dowolne ćwiczenie z zakresu miernictwa elektrycznego. Uprzednio grupa zapoznaje się na lekcji z teoretycznym uzasadnieniem ćwiczenia — tzw. zasadą pomiaru, z jego znaczeniem praktycznym, schematem oraz technicznym przebiegiem wykonania. Po przyjsciu do pracowni i zajęciu stoiska każdy



z uczestników zespołu notuje w brulionie temat i datę, rysuje ideowy układ połączeń i wyszczególnia sprzęt oraz przyrządy. Po sprawdzeniu brulionów przez kierownika ćwiczeń grupa może już otrzymać odpowiednie przyrządy i sprzęt, po czym wszyscy uczestnicy grupy zapoznają się dokładnie z praktyczną stroną używalności przyrządów i sprzętu — co do zacisków, obwodów, stałych przyrządów, skal itp., — przystępując następnie do wykonania układu połączeń. Praca przy łączeniu układu prowadzona jest pojedynczo kolejno przez każdego z uczniów zespołu; każdy uczeń ma całkowitą inicjatywę i możliwość samodzielnej pracy i wykonuje ją, kierując się narysowanym w swym brulionie układem połączeń, — inni natomiast w tym czasie obserwują i kontrolują go, — każdy według swego brulionu. Po wykonaniu połączeń każdy z obserwatorów ma obowiązek sprawdzenia układu i ewentualnego wskazania błędów, które wykonywujący połączenia uczeń może uwzględnić lub też nie. Ostatecznie układ sprawdzany jest przez kierownika ćwiczeń lub instruktora, który ustala stopień za połączenie — nie grupie, lecz uczniowi, który wykonał połączenie i jest całkowicie odpowiedzialny za połączenia. Powyższe czynności przydzielane są kolejno na następne ćwiczenie uczestnikom grupy — według alfabetu.

Po sporządzeniu układu połączeń i sprawdzeniu go przez kierownika, grupa może przystąpić do wykonywania pomiarów; poprzedzać je winna krótka repetycja ze znajomości techniki przebiegu ćwiczenia oraz prawidłowego odczytywania na przyrządach. Tu role uczestników zespołu znów zostają podzielone; po przygotowaniu protokołu pomiarów każdy z uczniów zajmuje miejsce i wykonywa czynności przydzielone mu przez kierownika ćwiczeń, jak: odczytywanie, wykonywanie czynności pomocniczych związanych z przebiegiem ćwiczenia itp. Każdy z uczeni notuje odczyt tego tylko przyrządu, którego wskazania odczytał. W przypadku wadliwego funkcjonowania sprzętu lub niejasności grupa zwraca się do kierownika ćwiczeń, wzgl. do instruktora. Po zakończeniu ćwiczenia uczniowie grupy dzielą się odczytanymi pomiarami, po czym, nie rozłączając połączeń, sporządzają obliczenia, tabele i wykresy. Po przyjęciu wyników przez kierownika ćwiczenie można uważać za zakończone. Na podstawie danych z przebiegu ćwiczenia każdy — w domu — na podstawie swego brulionu układa sprawozdanie. Tak wygląda w ogólnych zarysach organizacja pracy w zespole oraz jej przebieg.

Jeżeli chodzi o organizację zajęć laboratoryjnych, jako całości w odniesieniu czy to do miernictwa elektrycznego, czy też do badania maszyn elektrycznych, to zajęcia te należy tak zorganizować, aby dały one jak największy współczynnik sprawności nauczania przy całkowitym wykorzystaniu czasu przeznaczanego na pracownię. Programy szkolne przewidują pewną liczbę godzin na zajęcia praktyczne. Według dotychczasowych zwyczajów w szkołach elektrotechnicznych starego typu program tych zajęć układany był przez nauczyciela danego przedmiotu, który wybierał tematy ćwiczeń najważniejsze i najważniejsze, kierując się przy tym nie tylko przedmiotem nauczania, lecz i środkami materialnymi, którymi szkoła rozporządzała przy wyposażeniu pracowni w sprzęt oraz przyrządy odpowiednie i niezbędne do zamierzonych ćwiczeń. Nieraz zatem musiano rezygnować w danym roku z pewnych ćwiczeń, aby ćwiczenia te móc wprowadzić w latach następnych, gdy szkoła zaopatrzy się w odpowiednie przyrządy itp.

Obecnie — w związku z ujednostajnieniem typu szkół elektrotechnicznych i wydaniem programów — sprawa

przedstawia się o tyle inaczej, że wykaz ćwiczeń został ściśle ustalony. Jednakże programy tych ćwiczeń nie zdążyły jeszcze przejść przez ogień życiowej krytyki — w świetle stosowanej dotychczas organizacji zajęć — wobec tego tematem naszym nie będzie podanie organizacji tak ujętej, aby dla z góry zadanej liczby godzin oraz narzuconego programem materiału, dała ona możliwość jego zrealizowania tj. przerobienia z uczniami w czasie zajęć w pracowni. Omówimy tu natomiast organizację zajęć laboratoryjnych w oderwaniu od ilości narzuconego programem materiału oraz liczby godzin przeznaczonych w rozkładzie zajęć na przerobienie tego materiału.

Nauczyciel, któremu powierzono prowadzenie zajęć praktycznych z danego przedmiotu, z konieczności musi zapoznać klasę z przedmiotem, ze sposobem odrabiania ćwiczeń, z organizacją pracy zespołowej oraz z regulaminem pracowni. Następnie wybiera on tematy najłatwiejsze, z teorią których klasa już się zapoznała, objaśniając szczegółowo każdy temat — tak, aby — nie pozostawało żadnych wątpliwości teoretycznych, ani praktycznych, odnoszących się do danego tematu; objaśnić należy tyle tematów, ile jest grup w danej klasie (zazwyczaj 3 lub 4); przy większej liczbie uczniów (np. ponad 30) klasę należy rozbić na dwie równoległe grupy — zarówno ze względu na miejsca w laboratorium, jak i — szczególnie — z uwagi na jej personel. Uczniowie prowadzą notatki w specjalnie do tego celu przeznaczonym brulionie, w którym notują później przerabiane w pracowni ćwiczenia.

W niektórych wypadkach można pójść na pewną odmianę, objaśniając jeden tylko temat — z tym, że wszystkie grupy przerabiać będą następnie jednocześnie ten jeden temat, po czym przejdą z kolei do dalszych. Jest to metoda dobra, lecz wymagająca wielkiej ilości sprzętu i przyrządów, które umożliwiłyby jednoczesne zrealizowanie szeregu jednakowych tematów.

Po przerobieniu objaśnionych uprzednio ćwiczeń w zajęciach praktycznych robi się przerwę na objaśnienie dalszych tematów itd.

Poza krótkimi (kontrolnymi) repetycjami — przed rozpoczęciem ćwiczenia oraz po jego zakończeniu — prowadzi się jeszcze repetycje okresowe z przerobionych w danym okresie ćwiczeń. Repetycje te przeprowadza się z materiału umieszczonego w sprawozdaniach uczniów. Ma to na celu jaknajczęstsze powracanie do tego samego tematu, przez co dane zagadnienie może być łatwiej opanowane przez ucznia. Grupa, która z tych czy innych względów opóźniła się w wykonaniu ćwiczeń, ma możliwość odrobienia ich podczas repetycji okresowych.

Poruszyć tu wypada jeszcze kilka zagadnień, które w ten czy inny sposób łączą się ze sprawą organizacji zajęć w laboratorium; mam na myśli:

- sposób kompletowania zespołów (grup) uczniów,
- zakres swobody pracy zespołów oraz
- ingerencję kierownika ćwiczeń.

Mając na uwadze jak największą wydajność nauczania, należałoby kompletować zespoły według zdolności uczniów oraz ich zamiłowania do pracy, dążąc do tworzenia zespołów możliwie jednolitych, co ułatwiałoby pracę zespołową. Otrzymamy jednakże wówczas zespoły o różnej możliwości i zdolności pracy wykonawczej, uzyskując tym samym różne poziomy nauczania, nieraz różniące się znacznie jeden od drugiego. Chcąc tego uniknąć, kierownik ćwiczeń musi ingerować, pracując nad jednymi grupami (słabsze) więcej, nad innymi (mocniejsze) — mniej, celem wyrównania poziomów grup w klasie. Czy taki sy-



stem jest racjonalny — trudno powiedzieć; jest to temat do dyskusji. Dobry wynik zależy jednakże w dużej mierze od możliwości realizacji powyższej metody.

Druga sprawa dotyczy *stopnia swobody w pracy zespołu*. Można więc np. dać uczniom na stoisku z góry przygotowany i dobrany sprzęt oraz przyrządy. Drugi sposób polegałby na tym, aby uczniowie danego zespołu — na podstawie teoretycznej znajomości tematu — sami wybrali przyrządy i zgromadzili cały sprzęt na stole, po czym możnaby im pozwolić na przystąpienie do pracy; sposób ten jest bezwzględnie bardziej kształcący, lecz wymaga na przeprowadzenie danego ćwiczenia znacznie więcej czasu. Na ogół należałoby może ograniczać swobodę zespołu przy zajęciach początkowych z miernictwa elektrycznego, dając mu następnie większą swobodę w starszych klasach przy odrabianiu zajęć z maszyn elektrycznych.

*Ingerencja nauczyciela* przy przerabianiu ćwiczeń, jak wynika z powyższego, jest konieczna. Polega ona na udzielaniu uczniom wskazówek dotyczących przebiegu ćwiczenia oraz na pouczaniu i kierowaniu pracą zespołową — w takim jednakże stopniu, aby samodzielność zespołu nie była zbyt hamowana.

Tematy do zajęć praktycznych muszą być tak dobrane, aby je można było skończyć w ciągu trzech godzin lekcyjnych. Czas, rozbity na poszczególne czynności dla typowego tematu, wyglądałby wówczas, jak następuje:

- 1. sporządzenie układów połączeń oraz wykazu sprzętu i przyrządów . . . . . 15 min.
- 2. sprawdzenie przez kierownika brulionów i krótka repetycja przed rozpoczęciem ćwiczenia . . . . . 15 min.

- 3. dobranie przyrządów i sprzętu oraz wykonanie układów połączeń . . . . . 30 min.
- 4. sprawdzenie układu połączeń i krótka repetycja . . . . . 10 min.
- 5. wykonanie pomiarów . . . . . 30 min.
- 6. wypełnienie tabel i obliczeń; wykonanie wykresów itp. . . . . 20 min.
- 7. repetycja końcowa . . . . . 15 min.

Razem: 135 min.

Pozostały czas — ok. 40 minut — zużywa się na pokrycie strat wynikających z tytułu zwłoki (jeden kierownik — kilka zespołów) i ewentualnych przekroczeń czasu w pozycjach górnych.

Oczywiście, nie wszystkie ćwiczenia dadzą się zamknąć w tym rozkładzie, a to ze względu na swój charakter, — jak np. ładowanie lub wyładowanie akumulatorów, rozdział strat w żelazie itp.

Na zakończenie należy zaznaczyć, że nauczyciel, któremu przydzielona zostanie pewna liczba godzin na wykonanie programu zawierającego nadmierną liczbę tematów, zmuszony będzie, chcąc wykonać program, do poczynienia szeregu oszczędności na czasie, aby móc wszystko przerobić. Organizacja ćwiczeń w tym wypadku będzie niewłaściwa, gdyż nie zawsze będzie miała na uwadze największą sprawność nauczania.

Forsowanie ilości materiału kosztem skrócenia poszczególnych czynności przy zajęciach praktycznych i spowodowany tym pośpiech nie jest w żadnym razie wskazany. To też okoliczność ta winna być brana pod uwagę przy opracowaniu programów zajęć praktycznych.

## Kilka uwag o wprowadzaniu podstawowych pojęć przy nauczaniu elektryczności i o roli fizyki w nauczaniu w liceach zawodowych

Dr. Witold Majewski

*Streszczenie.* W artykule poruszono bardzo pobieżnie dwa zagadnienia. Jedno — o charakterze czysto dydaktycznym — dotyczy sposobu wprowadzania do nauczania elektryczności zasadniczych pojęć, definicji i praw. Zestawione zostały dwa poglądy, które zarysowały się w tej sprawie wśród sfer pedagogicznych, do których dołączono pewne uwagi krytyczne. Sprawa ta powinna zainteresować zarówno nauczycieli fizyki, jak i elektrotechniki. Drugie zagadnienie — o charakterze bardziej ogólnym — dotyczy roli fizyki w nauczaniu zawodowym. Jest ono na czasie w związku z reformą naszego szkolnictwa średniego oraz organizowaniem liceów zawodowych.

### ZASADNICZE POJĘCIA I PRAWA W NAUCZANIU ELEKTRYCZNOŚCI.

Wybitny fizyk doby współczesnej Schrödinger, mówiąc w jednym ze swych odczytów [13] o wpływie środowiska i kultury na rozwój nauki, powiedział, iż jedną z cech obecnych czasów jest potrzeba przewrotu — upodobanie do swobody i braku praw. „We wszystkich dziedzinach kultury ludzkiej, zagadnieniach politycznych, społecznych, religijnych i estetycznych wyłaniają się dziś — w o wiele większym stopniu niż kiedykolwiek — poważne wątpliwości, czy dotychczasowe wierzenia i opinie oraz środki dotychczas stosowane są słuszne i właściwe. To dążenie do obalania istniejącego porządku rzeczy objawia się w szczególności w nieuznawaniu autorytetów, a już

najmniej autorytetów opartych wyłącznie na tradycji. Żądamy prawa do samodzielnego sprawdzania“.

Podobne tendencje dają się zauważyć i w szkolnictwie. Szukamy wciąż nowych dróg wychowawczych, nowych metod nauczania, zbyt szybko i pochopnie odrzucając to, co stosowane było poprzednio. Nie ulega wątpliwości, że życie wciąż idzie naprzód, zmieniają się otaczające nas warunki, a w związku z tym wszystko musi ulegać pewnym zmianom, pewnej ewolucji. Stąd nie wynika jednak, że wszystko to, co stosowane było dawniej, użnać należy za bezwzględnie szkodliwe i złe.

Ostatnimi czasy, w związku z olbrzymim rozwojem zastosowań technicznych wykorzystujących właściwości *prądów elektrycznych*, powstała wśród pedagogów dążność do rozpoczynania nauczania elektryczności od pojęcia prądu. Dotychczas naukę elektryczności rozpoczynano od elektrostatyki. Na podstawie prawa Coulomba definiowano ładunek elektryczny; następnie wprowadzano pojęcia potencjału oraz napięcia jako różnicy potencjałów, po czym określano natężenie prądu jako ilość elektryczności przepływającej przez dany przekrój przewodnika w ciągu jednostki czasu; wreszcie następowało przejście do praw Ohma, Joule'a i Faraday'a. Powyższy sposób definiowania oraz kolejność wprowadzania zasadniczych pojęć w nauczaniu elektryczności były ogólnie przyjęte i powtarzały się bez zmian we wszystkich podręczni-



kach fizyki i elektrotechniki — nie zależnie od poziomu nauczania. Rozpoczynanie nauki elektryczności od pojęcia prądu wywołało konieczność wprowadzenia *zasadniczych zmian* zarówno w definicjach podstawowych pojęć, jak i w kolejności wprowadzania ich do nauczania.

Różnorodność projektowanych rozwiązań tego dydaktycznego zagadnienia jest bardzo duża. Prawie każdy z nowoczesnych podręczników fizyki czy elektrotechniki rozwiązuje te sprawy w sposób swoisty. Wszystkie one dają się w głównych zarysach sprowadzić do dwóch: jednego — przyjętego w programach naszego Ministerstwa W. R. i O. P. oraz drugiego — spotykanego w większości podręczników francuskich. Nim jednak przejdę do pobieżnego omówienia dwóch tych typowych rozwiązań, podam kilka ogólnych uwag o wielkościach fizycznych i ich jednostkach, co w pewnej mierze ułatwi zdanie sobie sprawy ze znaczenia zmian proponowanych w nauczaniu elektryczności. Opierać się będę przy tym na poglądach ogólnie znanych i dawno przyjętych w fizyce <sup>1)</sup>.

Przy ilościowym opisywaniu jakiegoś zjawiska przyrody dążymy zazwyczaj do tego, aby za pomocą wzorów matematycznych ustalić pewne zależności, istniejące pomiędzy charakterystycznymi dla niego wielkościami fizycznymi, które są wynikami pewnych pomiarów fizycznych. Pod nazwą *wielkość fizyczna* rozumiemy to, co może być ilościowo zmienne <sup>2)</sup>. Przykładami wielkości fizycznych będą np. długość, masa, siła, energia, natężenie prądu, potencjał itp. Wielkość fizyczna jest zazwyczaj określona przez pewne wyrażenie matematyczne, które symbolicznie można przedstawić jako:

$$W = F(x, y, z \dots) \dots \dots (1)$$

i które daje nam wynik działań matematycznych nad innymi wielkościami  $x, y, z, \dots$ , uprzednio zdefiniowanymi lub przyjętymi za podstawowe. Równanie (1) może być więc uważane jako *definicyjne równanie* wielkości  $W$ . Należy zaznaczyć, iż byt fizyczny posiadają jedynie obserwowane zjawiska; wielkości fizyczne są natomiast tworam i teoretycznymi naszego umysłu, posiadającymi cechę dowolności. Tak więc np. istota prędkości lub przyspieszenia tkwi w pewnym wyrażeniu matematycznym, natomiast byt fizyczny ma sam ruch, dla którego pojęcie to zostało stworzone <sup>3)</sup>. W każdym konkretnym przypadku wielkość fizyczna jest przedstawiona przez pewną liczbę, wskazującą, ile razy dana wielkość jest większa od wielkości tego samego rodzaju, przyjętej za jednostkę. Liczba ta zależy nie tylko od samej wielkości fizycznej, lecz i od wyboru jednostki i dlatego przy liczbie piszemy jeszcze pewien symbol, określający wybraną jednostkę (np. 5 cm, 6 A, 2 V itd.). Należałoby więc stale odróżniać samą wielkość fizyczną od liczby wyrażającej ją, mówiąc np.: „liczba wyrażająca długość danego ciała“, „liczba wyrażająca natężenie prądu“ itp. Taki sposób mówienia jest jednakże w praktyce niewygodny, w niektórych zaś bardziej skomplikowanych przypadkach trudny do przeprowadzenia i dlatego zwyczajowo przyjęła się skrócony sposób wyrażania: długość ciała 5 cm, natężenie prądu 6 A itp., kiedy nie odróżnia się wielkości fizycznej od liczby wyrażającej ją. Ma to tę niedogodność, iż może powodować powsta-

nie pewnych złudzeń co do istnienia jakiegoś metafizycznego znaczenia wielkości fizycznych <sup>4)</sup>.

Pomiędzy wielkościami fizycznymi zdefiniowanymi przez równanie definicyjne typu (1) mogą zachodzić pewne związki stanowiące treść praw fizycznych, które przedstawić możemy w postaci:

$$W = \Phi(u, v, t \dots) \dots \dots (2)$$

W klasycznej metodzie nauczania elektryczności prawo Coulomba było równaniem definicyjnym dla ładunku elektrycznego, prawo Ohma — dla oporu, prawa zaś Joule'a i Faraday'a były związkami pomiędzy uprzednio zdefiniowanymi już wielkościami.

Zasadniczo nic nie stoi na przeszkodzie, by odwrócić bieg rzeczy i równanie (2) przyjęc za równanie definicyjne, a równanie (1) uważać za wyrażające związek między już zdefiniowanymi wielkościami. Według nowych prądów nurtujących w metodach nauczania elektryczności prawa Faraday'a, Ohma i Joule'a przyjmuje się za równania definicyjne dla wielkości fizycznych: natężenia prądu, napięcia i oporu <sup>5)</sup>. W podanej niżej tabeli <sup>6)</sup> zestawiono równania definicyjne, oznaczając grubszym drukiem wielkość definiowaną.

Dawny program (metoda klasyczna)	Obecny program	Autorowie francuscy
$F = \frac{e^2}{r^2}$ (Coulomb)	—	—
$L = e \varphi$	—	—
$U = \varphi_1 - \varphi_2$	—	—
$i = \frac{e}{t}$	$m = kit$	$m = kit$
$i = \frac{U}{R}$ (Ohm)	$Q = 0,24 U it$ (Joule)	$Q = 0,24 i^2 R t$
$m = kit$ (Farady)	—	—
$Q = 0,24 U it = 0,24 i^2 R t$ (Joule)	$\frac{U}{i} = R$	$\frac{U}{i} = R$

Według nowego programu nauczania prawo Joule'a jest równaniem definicyjnym dla napięcia, prawo Ohma — dla oporu. W większości podręczników francuskich z prawa Joule'a definiuje się opór, z prawa Ohma — napięcie.

Określiwszy w ten lub inny sposób wielkości fizyczne, można w dalszym ciągu przejść do określenia ich jednostek. Wartość wyrażenia (1) będzie — zależnie od wyboru jednostek występujących w nim wielkości ( $x, y, z, \dots$ ) — przedstawiać miarę wielkości pochodnej  $W$  w wybranym układzie jednostek. Podkreślimy tu za prof. Pogorzelskim [12], iż *temu samemu zjawisku fizycznemu możemy podporządkować różne wielkości*. I tak np. zjawisku prądu elektrycznego możemy podporządkować bądź wielkość zwaną natężeniem prądu w układzie elektrostatycz-

<sup>4)</sup> Por. W. Pogorzelski [12], Witkowski [15] — str. 6; Kotarbiński [6] — str. 353.

<sup>5)</sup> Daje to możliwość oparcia każdej definicji o konkretne doświadczenie. Nadmienię, iż panujące obecnie tendencje oparcia nauczania fizyki wyłączone na metody laboratoryjne, unikanie wprowadzania pojęć abstrakcyjnych uważam za niesłuszne, co starałem się wyjaśnić w poprzednich swych artykułach [8, 10].

<sup>6)</sup> Tabela została zaczerpnięta z artykułu Z. Chrapływego [1]. W tabeli tej przez  $\varphi$  oznaczono wartość potencjału w danym punkcie;  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$  oznaczają potencjały w punktach, pomiędzy którymi mierzy się napięcie,

<sup>1)</sup> Opieram się tu przede wszystkim na artykule Prof. Dr W. Pogorzelskiego [2], poza tym na pracach Chwolsona [2], Kotarbińskiego [6] i Witkowskiego [15].

<sup>2)</sup> Chwolson [2] — str. 18: „Eine Grösse wird das genannt, was man sich *quantitativ* veränderlich denken kann“.

<sup>3)</sup> Por. W. Pogorzelski [12].



nym, bądź też inną wielkość fizyczną, zwaną natężeniem prądu w układzie elektromagnetycznym. Natężenia prądu w obu tych układach nie należy więc traktować, jako tej samej wielkości fizycznej, utożsamiając natężenie prądu z samym prądem, tj. ruchem elektryczności, który nie jest wielkością, lecz *zjawiskiem przyrody*. Opierając się na powyższych uwagach, należy wyrazić bardzo poważne zastrzeżenia co do sposobu urzeczywistnienia wytycznych Ministerstwa W. R. i O. P. oraz nowych tendencji w nauczaniu elektryczności w naszych podręcznikach szkolnych, opracowanych według nowego programu dla klasy IV gimnazjum ogólnokształcącego. Zastosowane w nich metody wprowadzania do wykładu zasadniczych pojęć z kursu elektryczności są *niezadowalające* i w konsekwencji prowadzące do szeregu nieścisłości i niejasności, wytwarzając niebywały chaos w wiadomościach nabywanych przez ucznia <sup>7)</sup>.

Przykładem bardziej odpowiedniego wprowadzania zasadniczych pojęć z elektryczności, choć również nie pozbawionych pewnych usterek, może służyć książka z Collection Armand Colin pt. *Éléments d'électricité*, napisana przez Ch. Fabry, profesora Sorbony [3]. Wspomnę jeszcze, iż w *Revue Générale d'Electricité* (zeszyt listopadowy r. 1937) ukazał się artykuł docenta Uniwersytetu we Fryburgu P. Lombossy [7], w którym autor opisuje, w jaki sposób należałoby do elementarnego wykładu elektrotechniki wprowadzać podstawowe pojęcia z elektryczności, uwzględniając wymaganą przy tym ścisłość naukową. Proponowany sposób, choć konsekwentnie rozbudowany, budzi jednak również pewne zastrzeżenia.

Z powyższego widzimy, iż rozpoczynanie wykładu elektryczności od pojęcia prądu, chociaż *w zasadzie możliwe* i z wielu względów może nawet i pożądane — *nie znalazło* jednak dotychczas jeszcze *należytego rozwiązania, wolnego od wszelkich usterek zarówno z dydaktycznego, jak i z naukowego punktu widzenia*.

#### ROLA FIZYKI W NAUCZANIU ZAWODOWYM.

Jest sprawą bezsporną i przez nikogo nie kwestionowaną, iż fizyka stanowi podstawę wszelkich nauk technicznych, które śmiało możnaby objąć jedną ogólną nazwą *fizyki stosowanej*. Związek pomiędzy fizyką współczesną a techniką omówiłem w jednym z poprzednich artykułów [8], w którym podkreśliłem, iż w czasach obecnych zainteresowania techniki najnowszymi badaniami fizyki, nawet zdawałoby się bardzo abstrakcyjnymi, stają się coraz żywsze, zmuszając nieraz inżynierów do zaznajamiania się z metodami pracy fizyków. *Fakt ten nie może pozostać bez wpływu i na nauczanie w szkołach zawodowych* <sup>8)</sup>.

Nauczanie fizyki w szkołach zawodowych (liceach) może być rozpatrywane z dwu — skrajnie odmiennych — punktów widzenia.

Fizykę uważać można za przedmiot, na którego lekcjach uczniowie nabywają wszystkich tych podstawowych wiadomości, które potrzebne są do nauki przedmiotów zawodowych. Wykład fizyki musi być wówczas prowadzony w ten sposób, aby na lekcjach przedmiotów zawodowych można było od razu przystępować do rozpatrywania zagadnień czysto technicznych, bez potrzeby wszelkich wstępów i dygresyj z dziedziny fizyki. Wymagałoby to ścisłej korelacji pomiędzy pracą wykładowcy fizyki a wykładowcami przedmiotów zawodowych oraz rozpatrywania na

lekcjach fizyki niektórych zagadnień pod kątem widzenia ich zastosowań w technice. Nauczyciel fizyki musiałby wówczas posiadać nie tylko gruntowne wiadomości z fizyki, lecz również i pewne, chociażby ogólne, wiadomości z techniki oraz być obznajmionym z metodami pracy stosowanymi w laboratoriach technicznych.

Można jednakże sprawę nauczania fizyki w liceum zawodowym ująć inaczej. Przyjmując, iż uczniowie wynieśli z gimnazjum pewne wiadomości z fizyki, można uważać, iż dalsze uzupełnienia tych wiadomości w zakresie niezbędnym dla danego przedmiotu zawodowego powinni oni uzyskać na lekcjach tych przedmiotów. Nauczyciel przedmiotu zawodowego poświęca na ten cel kilka lekcji wstępnych lub — w miarę potrzeby — robi odpowiednie dygresje podczas swego wykładu dla omówienia potrzebnych mu wiadomości z fizyki; a więc np. na lekcjach elektrotechniki uczniowie nabywają podstawowe wiadomości z nauki o elektryczności w odpowiednim zakresie itp. W ten sposób fizyka mogłaby być „rozparcelowana“ pomiędzy poszczególne przedmioty zawodowe, do omówienia zaś na lekcjach fizyki pozostałyby jedynie niektóre oddzielne zagadnienia, które mogłyby być potraktowane monograficznie. W związku z faktem, iż *wydajność techniki jest dziś w dużym stopniu uzależniona od możliwości szybkiego przyswajania najnowszych zdobyczy fizyki i wykorzystania ich w zastosowaniach praktycznych*, należałoby na te monograficzne wykłady zwrócić specjalną uwagę. Chodziłoby tu o zaznajomienie uczniów w ogólnych zarysach z metodami pracy współczesnej fizyki i jej badaniami, rozpatrując je przy tym z punktu widzenia możliwości wcześniejszego lub późniejszego ich wykorzystania przez technikę. Trzebałoby być również w miarę możliwości przygotowywać uczniów do umiejętnego wykorzystywania badań naukowych przy rozwiązywaniu zagadnień technicznych oraz do rozpatrywania ich w oparciu o szersze podstawy naukowe. Przy tak zakreślonych celach nauczania fizyki jest rzeczą oczywistą, iż jej nauczanie może się odbywać tylko w III-iej klasie licealnej <sup>9)</sup>, gdy uczniowie nabędą już pewnych wiadomości z matematyki oraz specjalnych przedmiotów zawodowych. Poprowadzone w ten sposób nauczanie fizyki nie będzie łatwe do zrealizowania, a to ze względu na brak odpowiednio wykwalifikowanych nauczycieli, a przede wszystkim ze względu na brak podręczników. A jednak mam wrażenie, iż wcześniej czy później *potrzeby życia zmuszą* do takiego właśnie podejścia do nauczania fizyki w szkołach zawodowych. *Przemawia za tym cały dotychczasowy rozwój nauk zarówno technicznych, jak i fizycznych*.

Na poparcie tego punktu widzenia przytoczę, iż przymysł zagraniczny dawno się zorientował, jak wielkie korzyści można odnieść z badań naukowych, organizując szereg instytutów naukowo-badawczych (AEG, Telefunken, Philips, RCA itp.), w których pod kierunkiem wybitnych fizyków prowadzone są badania o dużej wartości naukowej. W przedmowie do dzieła „*Angewandte Atomphysik*“ [16] prof. dr Rudolf Seeliger zaznacza, iż *elektrotechnika w dzisiejszym swym rozwoju wyszła już poza ramy zjawisk objętych przez fizykę klasyczną*, ogarniając zupełnie nowe dziedziny zjawisk, często jeszcze nie zbadań przez „czystą“ fizykę. Wskutek tego korzystanie przez technika ze specjalnych prac naukowych, przeznaczonych przede wszystkim dla fizyków, staje się nieraz

<sup>7)</sup> Por. artykuły prof. dr M. Jeżewskiego [4, 5].

<sup>8)</sup> Por. moje artykuły [8, 10].

<sup>9)</sup> A nie w I-iej, jak to przewiduje program Ministerstwa W. R. i O. P. (por. [17]).



koniecznością, co bez odpowiedniego przygotowania — ze zrozumiałych względów — napotkać musi na duże trudności. Fakt ten należy mieć na względzie przy szkoleniu techników w liceach zawodowych, których zadaniem jest przecież przygotowanie młodzieży do świadomej i wydajnej pracy w charakterze pomocników inżynierów<sup>10</sup>). *Sprawa odpowiedniego nauczania fizyki w szkołach zawodowych jest — według mego zdania — sprawą wielkiej doniosłości dla rozwoju naszego przemysłu elektrotechnicznego, o ile tylko mamy ambicje uniezależnienia się w tej dziedzinie od zagranicy.*

Z opracowanych przez Ministerstwo W. R. i O. P. wytycznych dla autorów programów dla liceów elektrycznych wynika, iż nauczaniu fizyki nadano tam rolę pośrednią pomiędzy obu wymienionymi wyżej stanowiskami. Cały szereg działów usunięto z fizyki, dołączając je do odpowiednich przedmiotów zawodowych. Na przejście reszty materiału przeznaczono 6 godzin tygodniowo w klasie I-ej. Ten stan rzeczy nie wydaje mi się pomyślny. Przede wszystkim zachodzi obawa, iż uczniowie, przechodząc pewien wybrany dział fizyki, nie zdążą jeszcze nabyć potrzebnych im wiadomości z odpowiedniego działu przydzielonego do przedmiotu zawodowego, które to wiadomości są konieczne dla zrozumienia zjawisk rozpatrywanych na lekcjach fizyki. Tak np. przy omawianiu przepływu elektryczności w cieczech i gazach potrzebne są wiadomości z działu o prądach elektrycznych w przewodnikach metalicznych, które uczniowie uzyskać mają — według programu — na lekcjach elektrotechniki, rozpoczynających się dopiero w drugim półroczu w klasie I-ej itp. Obawiam się, iż wskutek tego nauczyciel fizyki zmuszony będzie ująć niektóre zjawiska w sposób czysto opisowy i jakościowy, co nie byłoby z korzyścią dla z a w o d o w e g o wykształcenia uczniów. Poza tym program fizyki, jak na I-szą klasę liceum, wydaje się zbyt obszerny i w czasie dla niego przeznaczonym nie da się należycie przerobić, tym bardziej, iż uczniowie posiadać będą zbyt małe jeszcze przygotowanie ogólne i zawodowe.

Na zakończenie nasuwa się drobna uwaga co do *nomenklatury* zastosowanej w programach. Czy nie byłoby racjonalniej takie przedmioty, jak matematyka, fizyka, język polski i religia, objąć nazwą przedmiotów ogólnokształcących czy ogólnych, a nie, jak to figuruje w programie, nazywać je „przedmiotami pomocniczymi, ściśle związanymi z zawodem“ lub „bezpośrednio nie związanymi z zawodem“. Nazwy te są dość długie i, jak mi się

<sup>10</sup>) W wytycznych opracowanych przez Ministerstwo W. R. i O. P. zaznaczono, że szkoła powinna dążyć „do wychowania młodzieży na zamiłowanych do pracy t w ó r c z e j obywateli, zwłaszcza w obranym zawodzie...“. Porównaj [11] i [17].

wydaje, nie bardzo odpowiadające rzeczywistości stanowi rzeczy. W szkole z a w o d o w e j *matematyka i fizyka*, w każdej zaś szkole na terenie Rzeczypospolitej Polskiej — *język polski* — nie są chyba przedmiotami pomocniczymi.

#### Literatura.

[1] Z. Chrapływy. O wprowadzaniu wielkości i jednostek elektrycznych w klasie IV. Fizyka i Chemia w Szkole. 8. Nr. 4, 1937, str. 407.

[2] O. D. Chwolson. Lehrbuch der Physik t. I. Mechanik und Messmethoden, Braunschweig, 1918.

[3] Ch. Fabry. Eléments d'Électricité. Collection Armand Colin (section Physique). Paris.

[4] M. Jeżewski. W sprawie nauczania elektryczności w nowym gimnazjum. Fizyka i Chemia w Szkole. 8. Nr. 3, 1937, str. 318.

[5] M. Jeżewski. W sprawie nauczania elektryczności w gimnazjum. Fizyka i Chemia w Szkole. 9. Nr. 1, 1937, str. 49.

[6] T. Kotarbiński. Elementy teorii poznania, logiki formalnej i metodologii nauk. Lwów, 1929.

[7] P. Lambossy. Notions, lois et formuletes fondamentales en électrotechnique. Sur une méthode d'exposition destinée à l'enseignement élémentaire. Revue Générale de l'Électricité. 42. Nr. 21, 1937, str. 647.

[8] W. Majewski. O wpływie rozwoju techniki na metody nauczania fizyki w szkole średniej. Fizyka i Chemia w Szkole. 9. Nr. 1, 1937, str. 19.

[9] W. Majewski. O fizyce technicznej i możliwościach jej rozwoju w Polsce. Przegl. Elektr. zesz. 11, 1937.

[10] W. Majewski. Kilka uwag o metodzie nauczania fizyki w liceach. Przegl. Elektr. zesz. 8, 1937.

[11] J. Patkowski i S. Szczeniowski. W sprawie programów fizyki w liceach pedagogicznych i zawodowych. Fizyka i Chemia w Szkole. 8. Nr. 2, 1937, str. 223.

[12] W. Pogorzelski. Wielkości fizyczne i ich wymiary. Przegl. Elektr., zesz. 15 i 16, 1934 r.

[13] E. Schrödinger. O wpływie środowiska na rozwój nauk przyrodniczych. (Zagadnienia współczesnej nauki). Warszawa, 1933.

[14] W. Staszewski. Międzynarodowy kongres nauczania doświadczalnego w Paryżu. Fizyka i Chemia w Szkole. 9. Nr. 1, 1937, str. 80.

[15] A. Witkowski. Zasady Fizyki, tom I. Warszawa 1929. (Opracowane przez W. Dziewulskiego, J. Patkowskiego, W. Staszewskiego i J. Weyssenhoffa).

[16] Rudolf Seeliger. Angewandte Atomphysik 1938 r.

[17] Adam Bedyński. Licea zawodowe. Warszawa, 1938 r.



# Pisownia Polska nazw jednostek elektrycznych

## Centralna Komisja Słownictwa Elektrotechnicznego

„Dbałości o schludność czy wytworność i o rodzimość szaty językowej i jej kroju nie zaliczymy chyba do niepotrzebnego marnowania czasu i pracy, papieru i druku“.

A. Brückner (Walka o język).

### 1. PISOWNIA NAZWISK OBCYCH.

Pisownia nazwisk obcych nie jest czymś nietypowym nawet wtedy, kiedy chodzi o samą osobę, noszącą dane nazwisko, a nie tylko o różne wyrazy, pochodzące od nazwiska.

W języku polskim utarła się już w większym lub mniejszym stopniu pisownia polska bardzo wielu obcych nazwisk i to nie tylko wówczas, gdy pisownia obca znacznie odbiega od fonetycznej pisowni polskiej, jak np. w nazwiskach *Szekspir*, *Waszyngton*, *Wolter*, *Molier*, *Monteskiusz*, *Szopen*, *Kalwin*, *Bokacjusz*, *Machiawel* (lub *Makiawel*), *Szyler* (niekiedy *Szyller*), *Gete* i in. (zamiast *Shakespeare*, *Washington*, *Voltaire*, *Molière*, *Montesquieu*, *Chopin*, *Calvin*, *Boccacio*, *Macchiavelli*, *Schiller*, *Goethe* itd.), lecz i wtedy, gdy różnica w pisowni jest niewielka, np. *Balzac*, *Petrarka*, *Luter* i in. (zamiast *Balzac*, *Petrarca*, *Luther* itd.).

Powody takiego spolszczania pisowni bywają różne: chęć uprzyświecenia trudnej pisowni głośnych nazwisk tym, którzy nie znają obcego języka (np. *Szekspir*), chęć uzgodnienia pisowni z wymawianiem wyrazu przez Polaka (np. *Kalwin*, *Szopen*), wreszcie chęć uniknięcia dużych trudności i niekonsekwencji przy odmianie nazwisk. Ten trzeci powód jest bardzo ważny, ponieważ deklinacja wszelkich rzeczowników jest przyrodzoną właściwością i potrzebą języka polskiego. Musimy np. napisać „dzieła *Petrarki*“ (nie *Petrarci*), „zachwyca się *Balzakiem*“ (nie *Balzaciem*), choćbyśmy w mianowniku pisali *Petrarca*, *Balzac*. Ulega również zniekształceniu i daje raczej dziwolązny twór mieszany nazwisko *Voltaire*, gdy zechcemy „pisać o *Voltaire*“, „zarzucać *Voltaire*“ itd. Przykłady te dowodzą, jak trudno jest utrzymać w naszym języku oryginalną pisownię obcego nazwiska w innych przypadkach poza mianownikiem. Światowe języki zachodnio-europejskie, w których przypadki tworzą się za pomocą przyimków, powyższych trudności nie znają (the works of *Petrarca*, les oeuvres de *Petrarca*, die Werke von *Petrarca*).

Zmiana pisowni obcego nazwiska nie jest jednak bynajmniej zjawiskiem wyłącznie polskim, lecz spotyka się i w innych językach, choć w mniejszym, oczywiście, stopniu, o ile chodzi o języki, w których ostatni z wymienionych wyżej powodów roli nie odgrywa. Oto np. nazwisko włoskie *Petrarca* Francuzi piszą *Pétrarque*, Anglicy zaś *Petrarch*. Nazwiska włoskie *Boccacio*, *Correggio*, *Tasso*, *Macchiavelli* mają w języku francuskim odpowiedniki: *Boccace*, *Le Corrège*, *Le Tasse*, *Machiavel* itd. Również Anglicy piszą *Machiavel*. Nazwisko dobrze znanego we Francji króla Leszczyńskiego Francuzi piszą *Leczński* (i wymawiają „Lekzęski“). Niemcy piszą *Kalvin* zamiast *Calvin* itd.

Pisownia ulega zmianie dla przytoczonych wyżej powodów przede wszystkim w nazwiskach często używanych, powszechnie znanych, a więc przeważnie dawniej-

szych. Zmiana pisowni obcego nazwiska bynajmniej nie jest objawem lekceważenia osoby, posiadającej to nazwisko, lecz przeciwnie, jest świadectwem jej popularności w danym kraju.

Istnieje jeszcze jeden powód, dla którego bardzo często zmienia się pisownię nazwisk obcych i to nie tylko dawniejszych, lecz i współczesnych. Powodem tym są odstępności graficzne obcego języka i związana z nimi trudność wymawiania. Pisownię nazwisk zmieniamy wówczas, gdy jej oryginalna forma wymaga specjalnych znaków, nieużywanych lub niezrozumiałych w kraju piszącego, np. liter łacińskich, zaopatrzonych w dodatkowe kropki, kreski, ogonki. Cudzoziemiec nie potrafi stosować obcych znaków w sposób poprawny i nie umie sobie poradzić z ich wymową. Z powyższych względów w języku polskim piszemy np. *Benesz*, *Czerny*, *Jokaj* itd. zamiast *Beneš*, *Černý*, *Jókai* itd. W krajach zachodnio-europejskich z tych samych względów piszą nasze nazwiska w następującej postaci: *Kosciuszko*, *Kollontaj*, *Dombrowski*, *Zeromski*, *Sklodowska* itd., nazwisko pisarza norweskiego piszą *Bjoernstjerne-Bjoernson* (lub przez ö) zamiast *BjØrnstjerne-BjØrnson* itd.

Z językoznawców naszych najdalej bodaj w polszczeniu pisowni nazwisk obcych posuwa się prof. A. Brückner. Wprawdzie w swych rozważaniach teoretycznych nad historycznym rozwojem pisowni polskiej Brückner nie pochwała przyjętego u nas zwyczaju zmieniania pisowni obcej, w praktyce jednak zaleca zatrzymać imiona utarte w dawnej spolszczonej postaci i sam nie tylko szeroko stosuje liczne ogólnie używane formy polskie, lecz wprowadza również niejedną nową formę, pisząc\*) np. *Beza*, *Boalo*, *Dalambert*, *Lafonten*, *Rasyn*, *Renjar*, *Russo*, *Bakon*, *Jung*, *Bismark*, *Leibnic*, *Marks* itd. (zamiast *Béze*, *Boileau*, *d'Alembert*, *La Fontaine*, *Racine*, *Regnard*, *Rousseau*, *Bacon*, *Young*, *Bismarck*, *Leibnitz*, *Marx* itd.). Córkę Niemca J. J. Dellofa Flemminga (przyszłą żonę gen. Adama Czartoryskiego) prof. Brückner nazywa *Flemminzanką*. Podobnie pisze prof. Brückner i nazwy geograficzne: *Awinion*, *Bazyleja*, *Brunświk*, *Bryzgowja*, *Fryburg*, *Getynga*, *Gryzonja*, *Lejda*, *Lowanjum*, *Moguncja*, *Norymberga*, *Oksford*, *Poczdam*, *Sprewa*, *Szlezwik-Holsztyn*, *Turyngja*, *Wandea*, *Wirtembergja* itd. (zamiast *Avignon*, *Basel*, *Braunschweig*, *Breisgau*, *Freiburg*, *Göttingen*, *Grisons*, *Lejden*, *Louvain*, *Mainz*, *Nürnberg*, *Oxford*, *Potsdam*, *Spree*, *Schleswig-Holstein*, *Thüringen*, *Vendée*, *Württemberg* itd.). Nawet do miejscowości bardzo mało znanych prof. Brückner stosuje pisownię spolszczoną, pisze bowiem *Witenberg* (saski), *Kenigsztajn* (miejsce uwiezienia Jana Stanisława Jabłonowskiego) zamiast *Wittenberg*, *Koenigstein*.

\*) Ob. dwutomowe „Dzieje literatury polskiej w zarysie“ (III wyd. 1921 r.) oraz trzytomowe „Dzieje kultury polskiej“ (1931 r.).



## 2. PISOWNIA WYRAZÓW POCHODNYCH, UTWORZONYCH OD NAZWISK OBCYCH.

Gdy mówi się o osobach, to obok zmienionej pisowni nazwiska obcego można, oczywiście, używać i używa się również formy oryginalnej danego nazwiska. Gdy zaś mówimy o *rzeczach* lub *pojęciach*, których nazwy utworzono od nazwisk obcych, wówczas zmiana pisowni, a częściowo i brzmienia obcego nazwiska jest zjawiskiem przeważnie stałym i znacznie częstszym. Rzecz to zupełnie zrozumiała najpierw dlatego, że wtedy mamy do czynienia z imionami pospolitymi, których obieg w języku jest bez porównania większy, niż obieg samych nazwisk, a następnie dlatego, że odpowiednie nazwy rzeczy lub pojęć tworzy się z obcego nazwiska najczęściej przez dodanie różnych miejscowych końcówek, przyrostków, przedrostków itd., że się z tych nazw formuje czasowniki i przymiotniki, że się je odmienia, jednym słowem dlatego, że wtedy wyraz przyswaja się, nabiera cech właściwych językowi miejscowemu.

Oto kilka przykładów spolszczenia pisowni nazwisk obcych wówczas, gdy samo nazwisko bez żadnych dodatków ani okrojów jest użyte na oznaczenie pewnych rzeczy lub pojęć: *wolter* (fotel), *hawelok* (płaszcz), *prysznic*, *bojkot*, *sylweta*, *nikol* (pryzmat polaryzacyjny) itd. Zachowanie w tych wyrazach oryginalnej pisowni (voltaire, havelock, priessnitz, boycott, silhouette, nicol itd.) byłoby w polszczyźnie rzeczą dziś już niemożliwą. A oto przykłady wyrazów, które są utworzone od nazwisk obcych przez dodanie polskich przyrostków i końcówek: *szekspirowski*, *wolterianizm*, *szowinistyczny*, *bajronista*, *luteranowski*, *kalwinizm*, *furieryzm*, *marksyzm*, *maltuzjanizm*, *machiawelski*, *makadamizować*, *pasteryzowany*, *gilotyna*, *garybaldczyk*, *dagerotyp*, *galwanizować*, *rentgenowski* itp. I tu utrzymanie oryginalnej pisowni nazwiska obcego (Shakespeare, Voltaire, Chauvin, Byron, Luther, Calvin, Fourier, Marx, Malthus, Macchiavelli, MacAdam, Pasteur, Guillotin, Garibaldi, Daguerre, Galvani, Roentgen) byłoby przeważnie niepodobieństwem, albowiem język polski nie nosi nie tylko takich hybryd, jak np. *shakespeareowski*, *voltairianizm*, *chauvinistyczny*, *guillotina*, lecz nawet takich odchyłeń od pisowni i wymowy polskiej, jak *galwanizować*, *pasteuryzowany* lub *garybaldczyk*.

Powyższe wyrazy trzeba pisać na sposób wyrazów czysto polskich bądź dlatego, że samo nazwisko już otrzymało pisownię polską, bądź też dlatego, że, jak mówi prof. J. Łoś, „już osłabł związek pomiędzy nimi a imionami własnymi do tego stopnia, że wydają się, jakby były zwykłymi wyrazami pospolitemi“ (Pisownia polska, 1923, str. 45). Można się spotkać z pisownią „instytut *pasteurowski*“, gdyż tu związek z osobą Pasteura jest bliski i bezpośredni, nie piszemy jednak „*pasteuryzacja* mleka lub piwa“, lecz „*pasteryzacja* mleka lub piwa“, gdyż tu mamy do czynienia z szeroko rozpowszechnionym zwykłym wyrazem pospolitym, oznaczającym cały świat specjalnych procesów, czynności i urzędzeń. O tych procesach, czynnościach i urzędzeniach, a nie o osobie Pasteura myślimy w przeważającej ilości przypadków, używając wyrazu „*pasteryzacja*“.

O przytoczonych wyżej przykładach można powiedzieć, że podają one wyrazy, które utarły się w języku samorzutnie, w sposób naturalny i powstały bez specjalnej intencji uczenia właściciela nazwiska. Nie inaczej jednak postępujemy w polszczeniu nazwisk obcych wówczas, gdy świadomie tworzymy nazwę jakiegoś przedmiotu od nazwiska wybitnej osobistości w celu uwiecznienia tego nazwiska. Całą kopalnię przykładów, ilustrujących

polshczenie pisowni terminów naukowych takiego właśnie pochodzenia, można znaleźć w mineralogii, gdzie, jak wiadomo, setki, jeżeli nie tysiące minerałów mają nazwy, utworzone od nazwisk znakomitych ludzi. I polshczenie to nie jest żadną inowacją ostatnich czasów, albowiem już Feliks Drzewiński, prof. uniwersytetu wileńskiego, zapoczątkował taką pisownię w swym podręczniku, wydanym w 1816 roku (tzn. przed 122 laty), pisząc np. *lomonit*, *szelin*, *witeryt* itd. (od nazwisk Gillet-Laumont, Scheele, Withering). Poszedł w jego ślady i Hieronim Łabęcki, w którego dziele z 1848 roku znajdujemy dalsze terminy, pisane po polsku: *broszantyt*, *getyt*, *kordjeryt*, *murczysonit*, *tomsonit*, *wawelit*, *wiwjanit*, *wokelinit* (od nazwisk Brochant de Villiers, Goethe, Cordier, Murchison, Thomson, Wavel, Vivian, Vauquelin). Współcześni mineralodzy, prof. J. Morozewicz i prof. T. J. Wojno, trzymają się tej samej pisowni i podają prócz powyższych takie np. nazwy, jak: *bledyt*, *bombiczyt*, *brukit*, *bulanżeryt*, *cynkenit*, *dżefersonit*, *ewansyt*, *gelenit*, *karnalit*, *kizeryt*, *mileryt*, *nordenszeldyn*, *sylianit*, *szeferyt*, *szrajbersyt*, *szreteryt*, *sztajnmanit*, *zysmondyn* itd., itd., (od nazwisk: Blöde, Bombicci, Brooke, Boulanger, Zinken, Jefferson, Evans, Gehlen, Carnall, Kieser, Miller, Nordenskiöld, Siliman, Schaffer, Schreibers, Schrötter, Steinmann, Sismonda itd.).

Analogiczne przekształcenie pisowni obcej rozciąga się również na nazwy pochodzenia geograficznego, np. *manczesterski*, *szampański*, *żyronduści* itd. (od Manchester, Champagne, Gironde itd.).

W innych językach również obserwujemy dostosowywanie pisowni wyrazów, utworzonych od nazwisk obcych (a nawet swoich), do wymowy, ducha i potrzeb praktycznych języka. Francuzi piszą: *pétrarquisme*, *machiavéliser*, *faradique* itd. (od Petrarca, Macchiavelli, Faraday itp.), piszą nawet *silouette* (bez *h* od Silhouette). Anglicy piszą: *machiavellian*, *faradisation*, *mackintosh* (tkanina nieprzemakalna, której wynalazca chemik nazywał się MacIntosh; rozmyślnie dodano literę *k*, gdyż rzeczownik pospolity „macintosh“ wymawiano by niezgodnie z brzmieniem nazwiska; *makintoshem* nazywa się również płaszcz z tkaniny nieprzemakalnej). Niemcy piszą: *Makadam* (nawierzchnia dróg), *Nikotin* (alkaloid tytoniowy), *Lomonit* (minerał) itd. od nazwisk MacAdam, Nicot, Laumont itd.).

Nie da się zaprzeczyć, że w języku polskim zmiana pisowni obcych nazwisk lub wyrazów, utworzonych od obcych nazwisk, występuje częściej niż w światowych językach zachodnio-europejskich. Tłumaczy się to tym, że różnica w dziedzinie form, praw i nawyknień językowych między naszym językiem a głównymi językami Zachodu jest znacznie większa niż różnice, istniejące wśród tamtych języków. Ponieważ znakomite nazwiska pochodzą przeważnie z tamtych języków, więc jest rzeczą zrozumiałą, że na Zachodzie przy przenoszeniu ich z kraju do kraju ulegają one mniejszym zmianom niż przy przenoszeniu ich do Polski, nie mówiąc już o tym, że we własnym kraju przeważnie żadnym zmianom nie ulegają.

Gdyby było odwrotnie, to jest gdyby Polska lub wogóle Słowiańszczyzna głównie dostarczała światu wielkich ludzi, to prawdopodobnie Zachód częściej przekształcałby pisownię obcych nazwisk niż Polska. Że pisownia nazwisk polskich nie uniknęłaby przekształceń, świadczy choćby taki drobny przykład: jeżeli nazwisko naszego bohatera narodowego piszą na Zachodzie przeważnie *Kosciuszko*, to znaczy zmieniają tylko na *s* literę *ś*, której nie rozumieją i dla której nie mają czcionek,



to już nazwę góry Kościuszko w Australii upraszczając cudzoziemcy sobie jeszcze dalej, spotykamy bowiem w obcych językach takie formy, jak: *Kosciusko*, *Kosciuzko*, *Kosciusco* itd. Pochodzi to stąd, że w tym przypadku związek z osobą wielkiego Polaka jest znacznie słabszy, a naturalne parcie do usunięcia trudności ortograficznych i trudności wymowy znacznie silniejsze. W Stanach Zjednoczonych istnieje miasto, którego oficjalna nazwa ma postać *Kosciusko*.

Odrębności języka polskiego i jego wymagania w stosunku do wyrazów obcych, większe niż w głównych językach zachodnich, wypływają z różnych okoliczności. Oto niektóre z nich:

— 1) język polski nie ma w swym alfabecie liter *q*, *v*, *x*, szeroko rozpowszechnionych na Zachodzie; litery *c* i *y* u nas oznaczają przeważnie inny dźwięk niż w tamtych językach;

— 2) nie mamy w swym języku takich zespołów, jak *oe*, *ou*, *ph*, *th* itp.;

— 3) język nasz nie zna liter niemych, np. *e*, *h*;

— 4) możemy przy pomocy swoich liter dość blisko oddawać najróżnorodniejsze dźwięki obcych języków i to w sposób jednoznaczny. Nie we wszystkich językach jest to możliwe. Niemcy np. nie mogliby zmienić na modłę niemiecką pisowni takich wyrazów, jak *Ingenieur*, *Journal* itp., gdyż nie mają litery na oznaczenie dźwięku *ž*;

— 5) język polski ma wielkie bogactwo przyrostków i końcówek i bardziej rozwiniętą fleksję;

— 6) język nasz nie posiada zupełnie właściwości np. języka niemieckiego, w którym dziesiątki lat mogą tkwić wyrazy obce w nietkniętej oryginalnej pisowni i to nie tylko te, które pochodzą od obcych nazwisk (*Chauvinismus*, *guillotiniieren* itp.), lecz i wszelkie inne żywcem przeniesione z cudzego języka, np. *Bureau* (obecnie już Büro), *Coiffeur*, *Friseur*, *Jongleur*, *Journal*, *Champignon*, *Chef*, *Noblesse*, *Portemonnaie*, *Souffleur*, *Vaudeville*, *Relais*, *Booster*, *Receiver*, *Shunt*. Przeciwnie, nasz język posiada bardzo rozwiniętą skłonność i wielką zdolność szybkiego przyswajania obcych wyrazów i urabiania ich na własną modłę.

### 3. JĘZYKOWE UZASADNIENIE SPOLSZCZONEJ PISOWNI NAZW JEDNOSTEK ELEKTRYCZNYCH.

Do rzędu wyrazów obcego pochodzenia, które utworzono od nazwisk obcych i które otrzymały pisownię spolszczoną, należą nazwy jednostek elektrycznych.

Przedstawione wyżej pokrótce właściwości języka polskiego, jego przyrodzone prawa, wymagania i tendencje, jego tradycje i nawyki, utrwalone od dawna w stosunku do wyrazów obcego pochodzenia w ogóle, do pisowni zaś wyrazów utworzonych od obcych nazwisk w szczególności, wreszcie jego żywotne potrzeby praktyczne usprawiedliwiają w zupełności pisownię jednostek w formie spolszczonej, zalecanej przez Centralną Komisję Słownictwa Elektrotechnicznego.

Pisownia ta nie zawiera żadnego nowatorstwa ortograficznego. Na pytanie zasadnicze, czy nazwy jednostek elektrycznych posiadają tę cechę, która według Akademii Umiejętności uprawniałaby do spolszczenia ich pisowni, a którą przytoczyliśmy wyżej w sformułowaniu prof. J. Łosia, musimy dać odpowiedź bezwzględnie twierdzącą. Nazwy jednostek elektrycznych to „zwykłe wyrazy polspolite“. Nikt, używając ich, nie myśli i nie pamięta o związku tych wyrazów z nazwiskami pewnych osób, jak nikt normalnie nie myślał o częściach naszego ciała, używając jednostek długości *łokieć* lub *stopa*. Traktujemy

jednostki elektryczne po prostu jako zwykłe miary. Niektóre z nich, jak *wolt* i *kilowat*, są tam, dokąd już dotarła elektryfikacja, nieomal tak popularne, jak metr i kilogram, bo używają ich już nie tylko specjaliści elektrotechnicy, lecz wszystkie sfery społeczeństwa, stykające się z elektrycznością. Posługują się nimi nawet ludzie, którzy nie podejrzewają, że wyrazy te są utworzone od nazwisk i którzy nie wiedzą, że istniał jakiś *Volta* lub *Watt*. Każdy Polak wymawia wyraz *wat* (kilowat) zupełnie tak samo, jak najpospolitszy wyraz „bat“ i odmienia oba wyrazy jednakowo. Oczywiście, nie wszystkie ustalone dotąd międzynarodowe jednostki elektryczne są jednakowo rozpowszechnione. Mamy między nimi takie, które dotychczas są w użyciu głównie wśród elektrotechników, lecz i tu mają do czynienia z nimi nie tylko wykształceni inżynierowie, lecz i najprostszy monterzy. Przez fizykę wyrazy te wkraczają do szkół ogólnokształcących. Można utrzymywać, że nazwy wszystkich jednostek elektrycznych, nawet najmniej rozpowszechnione, są więcej znane i używane w społeczeństwie, niż np. nazwy minerałów, którym powszechnie przyznano pisownię polską już przed 122 laty.

Spolszczenie pisowni jednostek elektrycznych jest dokonane ściśle w granicach, zakreślonych warunkami konieczności i dostateczności. Nie uległy żadnej zmianie w porównaniu z pierwowzorem angielskim tylko dwie jednostki: *farad* i *gilbert*, gdyż oba te wyrazy doskonale nadają się do naszego języka.

Zmiany, których dokonano w pisowni nazwisk obcych przy spolszczaniu nazw jednostek elektrycznych, dają się sprowadzić do następujących pięciu punktów.

1) *Usunięto litery, nieznane w alfabecie polskim*, a mianowicie, *v*, *x*, *è*,  $\text{\textcircled{O}}$  i zastąpiono je najbliższymi odpowiednikami polskimi.

Wskutek tego piszemy:

*wolt*, *maksweł*, *amper*, *ersted*.

Zachowanie obcych liter w wyrazie jest niezawodnie największą cechą jego obcości. Język nasz jednak przy odmianie wyrazu często wprowadza doń długą część czysto polską. Otrzymuje się wtedy twór, w którym obca litera jest niejako wtrącona do czysto polskiego wyrazu i wskutek tego jeszcze mocniej kłuje oko polskie: *volcie*, *voltów*, *voltach*, *voltami* itp.

Analogiczne przekształcenie oryginalnej pisowni nazwiska przez zamianę litery spotykamy w języku hiszpańskim, gdzie np. z wyrazu *watt* zrobiono *vatio*. Drugim przykładem takich samych zmian w szeregu języków zachodnio-europejskich jest jednostka natężenia pola magnetycznego. Za nazwę jednostki służy duńskie nazwisko *Ørsted*. Początkowa litera tego nazwiska w jego oryginalnej postaci jest nieznaną w innych językach i dlatego zastąpiono ją w szeregu języków zespołem samogłosek *oe*, który w szczególności w języku niemieckim jest bardzo rozpowszechniony (= *ö*) i odpowiada co do brzmienia literze duńskiej *Ø*. Otrzymano w ten sposób formę *oersted*. Ta transkrypcja niemiecka nadaje się dla języka francuskiego, gdzie zespół *oe* spotyka się w takich wyrazach, jak *oeil*, *oeuvre* itd., nadaje się również dla języka angielskiego, gdzie zespół ten jest znany przeważnie z dawnych wyrazów łacińskiego pochodzenia (*oekonomy*, *foederal*, *foetus* itd.), lecz nie nadaje się dla języka polskiego, który nie zna dźwięku, odpowiadającego niemieckiemu *oe* (= *ö*), i nie zna tego zespołu liter. Ponieważ nas pisownia *oersted* nie obowiązuje, więc mamy prawo, a wobec własnego języka i wobec polskich ele-



ktrotechników, nie obeznanym z obcymi językami, mamy obowiązek zastąpić duńską literę Ø najbliższym odpowiednikiem polskim. Jest nim litera e i dlatego po polsku nazwę jednostki piszemy *ersted*. Nie możemy pisać *oersted*, już choćby dlatego, że język nasz przecież nawet z wyrazów pochodzenia niemieckiego stale ruguje dźwięk i litery *oe*. Wszak mówimy i piszemy *frebłówka*, *rentgenowski* itd. (od Froebel, Roentgen itd.). Pisząc natomiast *ersted*, jesteśmy w zgodzie z dawną tradycją języka: nazwę np. wyspy *Grønland* Niemcy, Francuzi i in. przerebili na *Groenland*, my zaś piszemy *Grenlandia*. Mineralodzy polscy już od kilkudziesięciu lat piszą *erstedyt* (mineral, nazwany tak na cześć tegoż fizyka duńskiego). Podobnie piszą mineralodzy: *bledyt*, *szeleteryt*, *getyt* itd. (od nazwisk Blöde, Schrötter, Goethe itd.). Prof. Brückner pisze *Kenigsztajn*; *Getynga* i in. (Königstein; Göttingen i in.).

Należy podkreślić, że dokonana w językach zachodnio-europejskich zamiana duńskiej pojedynczej litery Ø na zespół *oe* jest przekształceniem sięgającym co najmniej tak daleko, jak zastąpienie u nas *v* pojedynczego przez *w* podwójne w wyrazie *volt*. Litera Ø w języku duńskim jest traktowana nie jako lekka odmiana litery *o*, lecz jako znak całkiem odrębny, umieszczony na samym końcu alfabetu, tj. po literze *z*.

Prof. Brückner zamienia litery *v*, *x*, *è* na polskie *w*, *ks*, *e*, między innymi, w takich np. obcych nazwiskach i nazwach geograficznych: *Wolter*, *Kalwin*, *Marks*, *Oxford*, *Moljer*, *Beza* itd. (zamiast *Voltaire*, *Calvin*, *Marx*, *Oxford*, *Molière*, *Bèze* i in.).

2) *Zmieniono litery, które wprawdzie istnieją w języku polskim, lecz oznaczają w nim inny dźwięk niż w oryginalnie nazwiska.*

Zmieniono *c* na *k* w wyrazie *coulomb* i *j* na *dź* w wyrazie *joule*; w obu tych wyrazach zmieniono *ou* na *u*. W ten sposób otrzymaliśmy formy polskie: *kulomb* i *dźul*.

Analogicznych zmian dokonali w pisowni jednostek elektrycznych Hiszpanie, którzy przerebili *joule* na *julio*.

W mineralogii można znaleźć bardzo dużo przykładów analogicznych przekształceń, stosowanych już od kilkudziesięciu lat, np. *kordieryt*, *karnalit*, *dżefersonit*, *dżemsonit*, *dżonstonit*, *bulanżeryt* itd. (od nazwisk: *Cor-dier*, *Carnall*, *Jefferson*, *Jameson*, *Johnston*, *Boulanger* itd.).

Prof. Brückner w pisowni nie tylko wyrazów pochodnych, jak np. *petrarkiści*, lecz nawet samych nazwisk obcych, wprowadza identyczne zmiany. Literę *c* zmienia na *k*: *Bakon*, *Balzak*, *Kalwin*, *Barklaj* zamiast *Bacon*, *Balzac*, *Calvin*, *Barclay*; *obce ou* pisze przez *u*: *Jung*, *Russo*, zamiast *Young*, *Rousseau*. Z tych samych przyczyn zmienia angielskie *y* na *j* (*Jung* zamiast *Young*), niemieckie *z* na *c* (*Leibnic* zamiast *Leibniz*), francuskie *gn* na polskie *nj* (*Renjar* zam. *Regnard*), francuskie *oi*, *ai*, *eau* na polskie *oa*, *e*, *o* (*Boalo*, *Lafonten*, *Russo*, zamiast *Boileau*, *La Fontaine*, *Rousseau*).

3) *Zniesiono końcowe e nieme i h prawie nieme; ponieważ niemych liter język nasz nie zna. W ten sposób otrzymaliśmy:*

*amper*, *dźul*, *om*.

Odrzucenie niemego *e* na końcu dwu pierwszych wyrazów byłoby nieodzowne nawet wtedy, gdyby innych przekształceń te same wyrazy nie doznały.

Analogiczne przekształcenia znajdujemy w terminologii mineralogicznej: *gelenit*, *tomsonit*, *dżonstonit* itd. (od nazwisk: *Gehlen*, *Thomson*, *Johnston* itd.).

Podobnie Czesi usunęli *e* na końcu wyrazu *ampère*, pisząc *ampër*. Podobnie uczynił to prof. Brückner w nazwiskach: *Moljer*, *Wolter* i in. Literę *h* powszechnie usunięto z nazwiska *Luter* (zamiast *Luther* \*).

4) *Zniesiono spółgłoski podwójne.*

Według ogólnych zasad pisowni polskiej podwójną spółgłoskę zachowujemy w wyrazach przyswojonych obcego pochodzenia tylko tam, gdzie się ją wyraźnie, energicznie i przeciągle wymawia; we wszystkich innych przypadkach pisze się, bez względu na etymologię, spółgłoski pojedyncze. Musimy więc pisać:

*makswel*, *gaus*, *wat*

podobnie, jak od dawna piszemy pojedyncze spółgłoski w wyrazach: *iluminacja*, *ilustracja*, *kolega*, *esencja*, *misja*, *kasa*, *klasa*, *proces*, *komitet* itd.

W pierwszym przypadku trzech podanych wyżej terminów spółgłoska podwójna występuje w oryginale na końcu wyrazu, tj. tam, gdzie jej Polacy w ogóle nie wymawiają. Lecz i w innych przypadkach tych wyrazów nie słyszymy w mowie polskiej spółgłoski podwójnej. Na przykład w zwrotach „jednego *makswela*“, „jednego *gausa*“, „jednemu *watowi*“ Polak wymawia litery *l*, *s* i *t* tak, jak w wyrazach: *elaborat*, *usadowić*, *atom*, nie zaś jak w wyrazach: *bullat*, *wyssać*, *brutto*.

W terminologii mineralogicznej znajdujemy liczne przykłady analogicznych zmian: *karnalit*, *mileryt*, *ulmanit* itp. (od nazwisk: *Carnall*, *Miller*, *Ullmann* itp.).

Hiszpanie również skasowali drugie *t* w wyrazie *watt*, pisząc *vatio*.

Prof. Brückner pisze przez pojedynczą spółgłoskę *Makjawel*, *Getynga* i in., zamiast *Macchiavelli*, *Göttingen* i in.

5) *Okrojono wyraz w jednym jedynym wypadku, kiedy oryginalna obca forma nie dałaby się utrzymać w wyrazie spolszczonym.*

Stało się to z jednostką indukcyjności, mającą w oryginale angielskim postać *henry*. W języku polskim nadałoby wyrazowi formę *henr*. Jest to zmiana w niczym nie osłabiająca związku jednostki z nazwiskiem amerykańskiego uczonego. I tej zmiany nie można uznać za nielegalną wobec analogicznych przekształceń w innych językach. Przypomnijmy, że z nazwisk *Volta* i *Faraday* zrobiono dla prostej wygody *volt* i *farad* nawet w rodzinnych krajach tych mężów. Inne języki dokonały znów przekształceń przez dodanie własnych końcówek, nawet w pierwszym przypadku liczby pojedynczej. Rosjanie np. piszą *farada*, uważając tę nazwę za rzeczownik rodzaju żeńskiego. Hiszpanie zaś całemu szeregowi jednostek dodali własną końcówkę *io*: *amperio*, *voltio*, *ohmio*, *vatio*, *faradio*, *julio* itd.

Konieczność odrzucenia w wyrazie *henry* końcowej litery *y* staje się jasną, jeżeli sobie uprzytomnić, jakie trudności nastęrcza w języku polskim forma *henry* przy odmianie tego wyrazu. Wszak pisano nawet „jednego *milihenry'a*“, „dwa *milihenry'e*“ itd., próbowano również odmieniać ten wyraz tak, jak się odmienia nazwisko *Henry* (tzn. na wzór imienia *Onufry*): *henrego*, *henremu* itd. Język nasz domaga się odmiany w sposób następujący: *henra*, *henrowi*, *henrem*, *o henrze*, *henry* (taką postać powinien mieć pierwszy przypadek liczby mnogiej, nie zaś pojedynczej), *henrów*, *henrom*, *henrami*, *henrach*. Widzimy stąd, że we wszystkich przypadkach angielska końcówka *y* (w wymowie zbliżona raczej do *i*) zanika, na jej miejsce zaś ukazuje się w deklinacji *polska* końców-

\*) Znaczenie litery *h* w wyrazie *Luther* jest, oczywiście, inne niż w wyrazie *Ohm*.



ka *y* (w pierwszym przypadku liczby mnogiej). W takich warunkach dla pierwszego przypadku liczby pojedynczej narzuca się wprost forma *henr*. Mówimy więc i piszemy: 1 mili*henr*, 2 mili*henry*.

Przodkowie nasi dla analogicznych przyczyn z nazwisk *Montesquieu*, *Boccaccio* i in. zrobili *Monteskjusz*, *Bokacjusz* i in.

#### 4. ZARZUTY PRZECIWKO SPOLSZCZONEJ PISOWNI JEDNOSTEK ELEKTRYCZNYCH.

Przeciwko spolszczonej pisowni jednostek elektrycznych podnoszono szereg zarzutów. Przeciwnicy tej pisowni utrzymują, że:

- 1 pisownia ta nie jest pisownią ściśle fonetyczną;
- 2 nie respektuje pamięci wielkich uczonych;
- 3 odbiega od „międzynarodowej“ pisowni jednostek;
- 4 może sprowadzić pewne drobne nieporozumienia;
- 5 nie da się pogodzić z przynależnością naszą do kultury zachodniej.

Na podstawie swych wywodów krytycy spolszczonej pisowni domagają się, aby Stowarzyszenie Elektryków Polskich, które obecnie uznaje tylko tę pisownię, zmieniło ją na obcą lub przynajmniej dopuściło obok niej do równoległego użytku również pisownię obcą.

#### 5. OCENA PISOWNI SPOLSZCZONEJ Z PUNKTU WIDZENIA FONETYCZNEGO.

Wprawdzie przeciwnicy pisowni spolszczonej, której zasady wyluszczone wyżej w p. 3, przyznają, że spolszczenia nazw jednostek elektrycznych dokonano „fachowo, według wszelkich reguł gramatycznych, fonetycznych i w ogóle językowych, bez zarzutu“, wprawdzie sami stwierdzają, że ściśle fonetycznej pisowni wyrazów obcego pochodzenia być nie może, gdyż w obcych językach spotykają się dźwięki, dla których ścisłych odpowiedników nie znajdziemy ani w dźwiękach ani w literach polskich, jednak oponenci, nazywając dotychczasową pisownię polską „zbliżoną do fonetycznej“, wytykają szereg wad takiej pisowni, obniżających w ich oczach jej wartość.

Z powodu tych zarzutów należy wyjaśnić, że pisownia jednostek, której się obecnie trzymamy, ma być przede wszystkim *pisownią polską*, to znaczy zgodną z zasadami, przyjętymi w języku polskim przy pisaniu wszelkich w ogóle wyrazów tego języka, pisownia zaś polska, jak wiadomo, nie jest pisownią ściśle fonetyczną: piszemy np. *sad*, *grób* it.p., choć wymawiamy te wyrazy *sat*, *gróp* it.d. Jeżeli więc w stosunku do wyrazów czysto polskich pisownia polska nie jest ściśle fonetyczna, to nie potrzebuje być fonetyczną również w stosunku do wyrazów obcych, a zwłaszcza wyrazów pochodzących od nazwisk obcych. Przy ustalaniu pisowni spolszczonej jednostek elektrycznych traktowano te wyrazy jako wyrazy polskie, choć pochodzące z obcego języka, i liczono się przede wszystkim z ich wymową *polską*, dla której znów nie tylko możliwości dźwiękowe naszej mowy, lecz i tradycja ustaliły całkiem określone zwyczaje.

W szczególności z powodu wyrazów angielskiego pochodzenia oponenci podkreślają, że zgodnie z *angielską* wymową powinno by się zmienić literę *w* na *u* w wyrazach takich np. jak *wat*, *makswel*, to znaczy pisać *uat*, *meksuel*, gdyż taka pisownia byłaby bliższa do wymowy angielskiej. Uwaga jest tyle niesłuszna, że gdybyśmy tak

uczynili, to wtedy zasłużylibyśmy na rzeczywiście poważny zarzut nowatorstwa i niezgodności z tradycją języka oraz od wieków przyjętą metodą polszczenia dźwięku angielskiego, oznaczanego literą *w*. Nigdy po polsku nie pisano *Uiklef*, *Uoszyngton*, *Uilson*, jak nie pisano *Uestminster*, *uigowie*, *uist*, *uagon*, lecz zawsze mówiono i pisano, *Wiklef*, *Waszyngton*, *Wilson*, *Westminster*, *wigowie*, *wist*, *wagon* it.d. Nie wymawiają przecież *kilouat* i zwolennicy obcej pisowni jednostek, a przecież przy spolszczaniu pisowni chodzi nam przede wszystkim o zgodność jej z *polską* wymową, nie zaś o oddanie odcieniów obcej wymowy. Nie chcąc zbaczać z drogi, wytkniętej przez naturalny rozwój pisowni polskiej wyrazów obcych, przez rozwój, który usiłuje ustalić rozsądny kompromis między wymaganiami fonetyki i grafiki, musimy pisać *wat* i *makswel* przez *w*, a nie przez *u*. W mineralogii mamy analogicznie utworzone polskie terminy: *witeryt*, *waszyngtonit* it.d. (od nazwisk: *Withering*, *Washington* it.d.).

Co do terminu *om* wskazano, że prawidłowa *niemiecka* wymowa wymaga przywrócenia w nim *h*. Nie można zaprzeczyć, że obecność w środku wyrazu *ohm* litery *h* wywiera w języku niemieckim wpływ na wymowę wyrazu, lecz jest to wpływ, którego Polak, nieobeznany z niemieczyzną, nie potrafi uchwycić ani zrozumieć. Nie mamy w polszczyźnie środków do oddania tego odcienia, który w wymowie niemieckiej nadaje wyrazowi *ohm* litera *h*. Nie ulega jednak kwestii, że z dwu wyrazów: *om* i *ohm*, odczytanych po polsku, pierwszy daje brzmienie bez porównania bliższe od oryginału niemieckiego, a ściśle odpowiadające polskiej wymowie, o co nam przecież przede wszystkim chodzi. Wszak w drugim wyrazie Polak wymówi literę *h* tak, jak ją wymawia w wyrazach: *Bohdan*, *wahnięcie*, *ohłobla*, *bląszczy* it.d.

Istotą pisowni spolszczonej jest nie to, że ona jest fonetyczna, czy „zbliżona do fonetycznej“, lecz to, że jest polska czyli taka, przy której nazwy jednostek jedynie mogą stać się wyrazami polskimi, do czego przede wszystkim dążymy.

#### 6. UCZCZENIE WIELKICH LUDZI ZA POMOCĄ PISOWNI JEDNOSTEK ELEKTRYCZNYCH.

Zarzuca się pisowni polskiej to, że nie respektuje ona pamięci wielkich uczonych, których nazwiska wzięto do tworzenia nazw jednostek elektrycznych. Zarzut to niesłuszny, albowiem pisownia polska *w zasadzie* respektuje pamięć tych uczonych w tym samym stopniu, co i pisownia innych języków.

Historycznie nie tak było, że powstał kiedyś projekt uczczenia wielkich fizyków i w tym celu umyślnie nazywać ich imionami jednostki elektryczne, lecz przeciwnie, zaszła potrzeba nadania nazw szeregowi nowych jednostek i wtedy zdecydowano nie wynajdywać nowych terminów z wyrazów znanych (nie nazywać np. jednostki mocy „koniem elektrycznym“ na wzór „konia mechanicznego“), lecz stworzyć zupełnie nowe wyrazy, czerpiąc dla nich *pierwiastki* z nazwisk wielkich uczonych. Uważano, że w ten sposób *przy sposobności* uczci się pamięć tych ludzi. Wybrano więc drogę, na którą np. mineralodzy wkroczyli o kilkadziesiąt lat wcześniej.

Głównym celem akcji międzynarodowej przy ustalaniu międzynarodowych nazw jednostek było ujednostajnienie na całym świecie *miar* elektrycznych, to jest powszechne wprowadzenie jednostek, odpowiadających tej samej definicji, bo w tej właśnie dziedzinie istniał przed tym chaos bardzo szkodliwy. Sprawą bardzo pożyteczną, lecz raczej uboczną, było ustalenie faktów *nazw*, które by



we wszystkich językach były bliskobrzmiące; temu warunkowi nazwy miar starodawnego typu (stopa, koń, pied, cheval, foot, horsepower, Fuss, Pferdekraft) nie odpowiadały, mogły natomiast odpowiedzieć wyrazy zupełnie nowe, dla których źródłosłowu poszukano w nazwiskach znakomitych ludzi, co do czego zresztą inicjatywa powstała w różnych krajach jeszcze przed porozumieniem międzynarodowym. Sprawa *uczczenia* wielkich ludzi stała w powyższej akcji *na trzecim planie*. Powoływanie się na uchwały Konferencji Londyńskiej, dotyczące określenia jednostek elektrycznych, jest zgoła zbyt bezczelne, gdyż nikt w Polsce treści uchwał nie kwestionuje, nikt np. nie proponuje, aby amper był równy 1/9 zamiast 1/10 jednostki c.—g.—s. Przytoczenie uchwał jest w danym razie nawet szkodliwe, gdyż bliżej nie wtajemniczony w sprawę lub nie dość uważny czytelnik może odebrać mylne wrażenie, że to Konferencja uchwaliła właśnie dla całego świata obowiązkowe pisanie *volt* przez *v*, *ampere* z *e* na końcu, *watt* przez dwa *t*, *ohm* przez *h*, czego nie było i nawet zamiaru takiego nie było.

Polska przyjęła nie tylko wielkości jednostek według uchwał międzynarodowych, lecz i ich nazwy utworzone od nazwisk zasłużonych fizyków. Pisownię zaś tych jednostek dostosowaliśmy do wymagań i potrzeb języka polskiego zupełnie tak samo, jak inne narody dostosowały ją do wymagań własnych języków.

Cześć dla wielkich ludzi ma być hasłem ideowym walki, wszczętej z pisownią spolszczoną. W myśl tego hasła przeciwnicy pisowni spolszczonej ustalają na pozór prostą zasadę: „nazwy jednostek .... mają być pisane .... ściśle zgodnie z pisownią historycznych nazwisk“, lecz ponieważ taka zasada urzeczywistnić się nie da w żadnym języku więc ją też redukują i to bardzo daleko. Robią wyjątek dla jednostek „*volt*“ i „*farad*“, gdyż pisanie *volta*, *faraday* byłoby sprzeczne z uchwałami międzynarodowymi; robią wyjątek dla tych odchyłeń w pisowni, których wymagają języki angielski i niemiecki: usunięcie akcentu w wyrazie *ampère* i zamiana *Ø* na *oe* lub *ö* w wyrazie *Ørsted*; specjalnie zaś dla języka polskiego robią dodatkowy wyjątek w deklinacji: pozwalają na odchylenia w końcówce we wszystkich przypadkach prócz pierwszego przypadku liczby pojedynczej (np. żąda się, aby pisać 1 ampere, w pozostałych zaś 13 przypadkach liczby pojedynczej i mnogiej zezwala się pisać według pisowni spolszczonej, tj. bez końcowego *e*, a więc ampera, amperowi itd). W wyniku więc propozycja ta sprowadza się do dwu następujących reguł dla pisowni polskiej: 1) w pierwszym przypadku liczby pojedynczej obowiązuje zachowanie tych odchyłeń od ścisłej pisowni nazwiska, które przyjęto w tym właśnie przypadku w dwu głównych językach germańskich i nie ma żadnej koncesji dla języka polskiego; 2) w pozostałych przypadkach liczby pojedynczej i mnogiej ma być przestrzegana ta sama zasada, jednocześnie jednak dopuszczono zmianę *końcowych* liter zgodnie z wymaganiami polskiej deklinacji. Prosta więc na pozór zasada w praktyce, jak widzimy, przeistacza się ze względów językowych w przepisy sztuczne i skomplikowane, które jednak w rezultacie siłą rzeczy doprowadzają do stosowania dla niektórych jednostek (amper, henr) pisowni spolszczonej we wszystkich przypadkach prócz pierwszego przypadku liczby pojedynczej i do znacznego zniekształcenia w niektórych przypadkach innych jednostek (np. *volcie*, *wacie*).

Widzimy więc, jak niewdzięcznym środkiem do uczczenia wielkich ludzi jest pisownia wyrazów, pochodzących od nazwisk tych ludzi, i to niewdzięcznym we wszystkich językach, w szczególności zaś w słowiańskich. Wi-

dzimy również, że proponowana zasada utrzymania oryginalnej pisowni w nieskazitelnej formie jest nieziszczalna. Prawa żywego języka zmuszają do ograniczenia czci dla wielkich ludzi w rzeczownikach niekiedy tylko do jednego przypadku na czternaście, a i to tylko przez dokonanie pewnego gwałtu nad językiem oraz przez wprowadzenie specjalnych dodatkowych przepisów gramatycznych, czyli przez zagmatwanie pisowni. Cała walka z pisownią spolszczoną, rozpoczęta pod szczytnym hasłem czci dla wielkich ludzi, w praktyce sprowadza się do *połowicznej* ochrony tych form, które wytworzyły się w głównych językach germańskich, a które już są częściowo skażeniem oryginalnej pisowni nazwisk. Gdy się zważy z jednej strony to, jak ograniczony zakres może mieć uczczenie wielkich ludzi za pomocą pisowni jednostek elektrycznych, a z drugiej strony to, jakie trudności pociąga za sobą nawet niezupełnie ściśle trzymanie się pisowni oryginalnej, to wartość wysiłków, zmierzających do zburzenia istniejącego dziś stanu rzeczy w pisowni jednostek, wydaje się bardzo problematyczną.

Oponenty, wysuwając na plan pierwszy ideę uczczenia wielkich mężów za pomocą nazw jednostek elektrycznych, ujmują tę sprawę bardzo jednostronnie, albowiem w uzewnętrznieniu swej czci ograniczają się jedynie do wrażeń wzrokowych i zupełnie gardzą wrażeniami słuchowymi, przywiązują całą wagę jedynie do pisowni, usiłując nie dopuścić do dalszych zmian w polskiej pisowni ponad te skażenia oryginalnego nazwiska, których dokonano w języku angielskim i niemieckim, i pozostawiają zupełną swobodę dowolnego zniekształcenia wyrazu w mowie, jakkolwiek sami przyznają, że uchwały międzynarodowe troszczyły się przede wszystkim o brzmienie nazw jednostek, a nie o ich grafikę.

Trudno jest przyłączyć się do oświadczenia oponentów, że niech sobie ludzie wymawiają te nazwy jak chcą, byleby pisali je zgodnie, a raczej możliwie zgodnie z oryginalną, tj. cudzoziemską formą nazwiska obcego. Można być zdania (i należy przypuszczać, iż większość wielbicieli wielkich fizyków jest zdania), że raczej przez bliską do oryginału wymowę obcego nazwiska lepiej uczcimy wielkiego człowieka, niż przez ortodoksyjne trzymanie się obcej pisowni, utrudniającej poprawne wymawianie. Można tak sądzić dlatego, że w życiu nazwy jednostek wymawiamy bez porównania częściej niż je piszemy i że wraz w ciągu wieków w żywej mowie lepiej się przechowuje i ulega wolniejszym przemianom niż w pisowni. Trudno pojąć, dlaczego oponenty oburzają się na postać graficzną *dżul*, a zgadzają się na wymawianie tego wyrazu z polską „*joule*“. Pomińmy tutaj praktyczne ujemne skutki różnorakiego wymawiania nazwy miary, jaką jest *dżul*, przy porozumiewaniu się ludzi, lecz zapytajmy, czy maltretowanie wielkiego nazwiska w mowie przez szeroki ogół, tak jak to czynią nieoświeceni czytelnicy z nazwiskami bohaterów francuskich romansideł, nie przynosi uszczerbku czci dla wielkiego człowieka. Czy ten monter, który z książki przyzwyczaił się do „*joula*“ (wymawianego z polską) domyślił się, że to jest właśnie Joule, gdy *ustyszy* to nazwisko wymówione z angielska. Pojąć nie można, dlaczego według twierdzenia oponentów „*przez pisownię dżul* sfery mało inteligentne zatracają wszelkie poczucie związku między nazwą jednostki a nazwiskiem“, a przez wymawianie z polską „*joule*“ tego poczucia nie zatracą, a raczej pojąć nie można, skąd je w tym drugim przypadku w ogóle nabędą.

Oponenty oświadczają, że gdyby uchwałą międzynarodową jakaś jednostka miała być nazwaną od nazwiska polskiego, sprawiającego swym brzmieniem obcym naro-







narodowa“, nazywają się „zwolennikami pisowni między-narodowej“, domagają się wprowadzenia u nas „pisowni międzynarodowej“.

Zarówno przytoczone wyżej wyjaśnienia, jak i przytoczone oświadczenie samych oponentów stwierdzają ponad wszelką wątpliwość, że nie ma żadnej pisowni, która by była kiedykolwiek ogłoszona lub mogłaby być dziś uznana za pisownię międzynarodową. To, co oponenti nazwali pisownią „międzynarodową“, jest jedną z licznych używanych w świecie pisowni, przez nich wybraną. Według ogólnej definicji przeciwników spolszczonej pisowni, pisownia będzie „międzynarodowa“, jeżeli „nazwy jednostek w pierwszym przypadku liczby pojedynczej będą pisane, z wyjątkiem „volt“ i „farad“, ściśle zgodnie z pisownią historycznych nazwisk, na których pamiątkę zostały utworzone. Jednocześnie jednak oponenti rezygnują częściowo ze „ściśłości“ nawet w pierwszym przypadku liczby pojedynczej, dopuszczając te odchylenia, których wymagają dwa główne języki germańskie. „Ścisłość“ wymagałaby pisania *ampère*, *Ørsted*, oponenti jednak włączyli do „międzynarodowej“ pisowni formy *ampere*, *oersted*, traktując te odchylenia jako „zupełnie drobne“. Są one rzeczywiście nieliczne, lecz bynajmniej nie są drobne i są to już właśnie *wszystkie* odchylenia, jakich wymagają języki angielski i niemiecki.

Przeciwnicy pisowni spolszczonej powołują się na pisownię jednostek, stosowaną w obcych językach. Przeglądając pisownię w dwudziestu ważniejszych językach europejskich, oraz godząc się na odróżnienie języka „norweskiego“ od duńskiego (co nie jest słuszne, gdyż w Norwegii językiem literackim jest język duński), widzimy że stosuje się dwanaście różnych pisowni, i że pisownia, zwana przez oponentów „międzynarodową“, stosuje się tylko w jednym języku, mianowicie w owym właśnie „norweskim“. Pisownia zaś, którą oponenti zalecają nam i która jest (według nich) pisownią „międzynarodową“ z „zupełnie drobnymi odchyleniami“, jest stosowana tylko w sześciu językach: angielskim, niemieckim, portugalskim, rumuńskim, tureckim i węgierskim.

Przeciwnicy pisowni spolszczonej surowo oceniają w niej wszelkie odchylenia od pisowni zwanej przez nich „międzynarodową“ (pisanie *wolt* przez *w* zamiast *v*, usunięcie końcowego *e* z wyrazu *amper*), lecz jednocześnie są, jak widzieliśmy, tolerancyjni względem odchyłeń od tej „międzynarodowej“ pisowni w innych językach. Nawet pisownię czeskosłowacką, w której nie tylko odrzucono *e* końcowe wyrazu *ampere*, lecz i „l'accent grave“ przerobiono na „l'accent aigu“, zaliczono do pisowni „międzynarodowej“. Wskutek tak daleko posuniętej pobłażliwości dla obcych języków rozszerzono do trzynastu liczbę języków, które rzekomo przyjęły pisownię „międzynarodową“, i naliczono setki milionów ludności w tych krajach, które piszą według pisowni rzekomo „międzynarodowej“, przeciwstawiając im zaledwie 25 milionów ludzi (poza Polską) w tych krajach, które piszą inaczej. Statystyka ta, niestety, również zawiera niedokładności, niekorzystne dla pisowni „niemiędzynarodowych“, albowiem w samej Hiszpanii liczba ludności wynosi 24 miliony. Poza tym włączono do statystyki angielską Amerykę Północną, lecz wyłączono z niej hiszpańską Amerykę Południową, a wszak samym językiem hiszpańskim mówi na świecie przeszło 80 milionów ludzi.

Jak należy oceniać tak chętnie tolerowaną przez oponentów zamianę w obcych językach duńskiej litery Ø na oe lub ö, wyjaśniono wyżej w p. 3. Tu wypada wyjaśnić, że dopuszczone przez oponentów skasowanie akcentu

w wyrazie *ampère* nie jest żadną błahostką ortograficzną. Bez akcentu powyższy wyraz traci zupełnie fizjonomię francuską i duch francuski i w oczach Francuza staje się wyrazem obcym, który zgoła inaczej musi być odczytany niż nazwisko „*Ampère*“. Pisownia francuska wymaga litery *è* w tym wyrazie z taką samą bezwzględnością, z jaką pisownia polska wymaga np. zakończenia *ch* w siódmym przypadku liczby mnogiej wszystkich naszych rzeczowników: *ojcach*, *nogach*, *latach* itd. Usunięcie akcentu w wyrazie *ampère* razi oko Francuza tak samo, jak raziło by oko Polaka usunięcie litery *c* w powyższym miejscowniku tj. pisanie *ojcah*, *nogah*, *latah*. Analogia znieskształcenia jest zupełna zarówno pod względem wzrokowym, jak i słuchowym. Toteż ci, co nie mogą znieść zamiany *v* na *w* w wyrazie *volt*, winni uważać zamianę *ampère* na *ampere* za jeszcze większą profanację nazwiska, a już zamiana *ampère* na *ampér*, jak to uczynili Czesi, winna być uznana za czyn wręcz okropny.

Przeciwnicy pisowni spolszczonej niesłusznie wyolbrzymiają te odchylenia, które wprowadził język polski (np. zamianę *v* na *w* w wyrazie *volt*) i bagatelizują te, których dokonano w językach germańskich lub w języku czeskim.

Z faktu, że w oficjalnych tekstach kongresów międzynarodowych, które ustalały jednostki, zastosowano dwie różne pisownie (*ampère* po francusku i *ampere* po angielsku), oponenti wysnuwają zupełnie dowolny wniosek, że „co najwyżej“ co do akcentu w nazwie *ampère* pozostawiona jest swoboda. Sądząc z tego, jak się zachowały w późniejszym czasie inne języki względem pisowni jednostek, słuszniejszy byłby wniosek, że w ogóle co do pisowni pozostawiono zupełną swobodę. W językach angielskim i francuskim powstała różnica tylko w jednym wyrazie, gdyż nie było potrzeby wprowadzania wówczas dalszych różnic. Potrzeba taka nie powstawała i później po prostu dlatego, że nazwiska brano z języków spokrewnionych między sobą w poważnym stopniu dzięki udziałowi i pośrednictwu języka angielskiego, który wiąże języki germańskie z romańskimi. Z 10 nazwisk, które dały nazwy jednostkom elektrycznym, 4 należą do przedstawicieli narodów, mówiących po angielsku (Watt, Joule, Henry, Maxwell), 2 nazwiska należą do Francuzów (*Ampère*, Coulomb), 2 do Niemców (Ohm, Gauss), 1 do Duńczyka (*Ørsted*) i 1 do Włocha (Volta)\*. Nic dziwnego, że w tym zbiorze nazwisk (wśród których Joule i Henry są prawdopodobnie francuskiego pochodzenia), większość języków germańskich i romańskich nie potrzebuje dokonywać licznych przeróbek ortograficznych, lecz w innych językach, które nie należą do powyższej grupy języków, albo, choć należą, lecz mają swoiste odrębności w ortografii (język hiszpański), zmiany są liczniejsze i tym liczniejsze, im język jest dalszy od tamtej grupy. Każdy język skorzystał z prawa przerabiania pisowni w takim zakresie, w jakim mu to było potrzebne. To samo uczynili i Polacy w swoim języku i ganić za to ani nas, ani innych narodów nie należy.

Z faktu, że dla kilku języków, które dostarczyły nam nazw na jednostki i które są między sobą dość spokrewnione, można by wyśrodkować pewną pisownię, wymagającą dla siebie w *tych* językach *nielicznych* koncesyj ortograficznych, bynajmniej nie wpływa tytuł do ogłoszenia takiej właśnie pisowni za międzynarodową,

\*) Pisowni *simens* ani dawni P.K.E., ani S.E.P. nie proponowały.



gdź od innych języków może ona zażądać zbyt wielkich i zbyt licznych ofiar \*).

Przeciwnicy pisowni spolszczonej oświadczali w swym memoriale, że pisownia, którą oni nazwali „międzynarodową“, ma widoki stać się obowiązującą dla wszystkich języków z mocy uchwały Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej. Do przepowiadanej uchwały jednak nie doszło. Przeciwnie, Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna, zalecając, ujednostajnienie pisowni we wszystkich językach, podzieliła całkowicie w swej oficjalnej uchwale pogląd Polskiego Komitetu Elektrotechnicznego, że ujednostajnienie nie powinno posuwać się dalej, niż na to pozwalają przepisy i tradycje pisowni danego języka.

Oponenci oświadczają z powodu dobrowolnego i świadomego przyjęcia przez elektryków polskich pisowni spolszczonej, iż są ludzie w Polsce, którzy ten stan rzeczy odczuwają jako „nieznośny ucisk, równy uciskowi wiary i języka“. Dopatrujemy się zbyt wielkiej przesady w patosie tych słów. Natomiast sądzimy, iż właśnie narzucenie przez jakieś ciało międzynarodowe pisowni angielsko-niemieckiej tym językom, dla których ona się nie nadaje, byłoby rzeczywiście zgoła niedopuszczalnym uciskiem międzynarodowym. Na szczęście niebezpieczeństwa takiego nie ma, jak świadczy powyższa uchwała. Wystar-

\*) Stosowanie proponowanej przez oponentów pisowni „międzynarodowej“ w niektórych językach, nie należących do jądra germańsko-romańskiego (np. w tureckim), niekoniecznie świadczy o przystąpieniu do niej danego języka, lecz może być również skutkiem nieuporządkowania w tym języku sprawy pisowni jednostek.

czy przejrzeć pisownię nazw jednostek elektrycznych w różnych językach, żeby się przekonać, że tak zwana przez autorów pisownia „międzynarodowa“ jest dla szeregu języków nie do przyjęcia i że powszechne wprowadzenie jej jest prawie nieziszczalne.

## 8. POCHODZENIE PISOWNI SPOLSZCZONEJ.

Pisownia spolszczona nie jest tworem sztucznym, nie jest pisownią wymyśloną i narzuconą przez zaślepionych doktrynerów, teoretyków, fanatyków lub szowinistów. Pisownia ta powstała samorzutnie, rozwijała się organicznie i zgodnie z zasadami i duchem języka, przebiegała normalną drogą rozwoju, na której ustala się pisownia nasza wyrazów obcego pochodzenia w ogóle i siłą własnej wartości i naturalności utarowała sobie drogę do powszechnego stosowania.

Poniżej podajemy w postaci tablicy zestawienie dzieł polskiej literatury elektrotechnicznej, fizycznej, ogólnotechnicznej i ogólnej, z którego można się zorientować, kiedy i przez kogo była lub nie była stosowana pisownia spolszczona najdawniejszych i najważniejszych jednostek elektrycznych.

Tablica ta, nie roszcząca pretensji do zupełności, lecz sporządzona bez żadnych tendencji jednostronnych, usiłuje objąć możliwie dużą ilość dzieł i autorów, przytacza również niektóre wydawnictwa drugorzędne, lecz charakterystyczne (jak np. katalog firmowy z przed 30 lat), mające świadczyć, dokąd już dawno wkroczyła pisownia spolszczona.

## 1. KSIĄŻKI ELEKTROTECHNICZNE.

1) Thompson S. P. Elektryczność i magnetyzm. Tłom. J. J. Boguski, Warszawa 1885 . . . . .	ohm	wolt	amper	watt	kulomb	—	zul
2) Jamieson A. Zasady magnetyzmu i elektryczności. Przekł. St. Stetkiewicz. Warszawa 1897.	om	volt	amper	watt	—	—	—
3) Straszewicz Z. Światło elektryczne. Warszawa 1898 . . . . .	om	wolt	amper	wat	kulomb	—	—
4) Biernacki W. Nowe dziedziny widma. Warszawa 1898 . . . . .	om	Volt	amper	—	—	—	—
5) Dzieślewski R. Encyklopedia elektrotechniki (Litogr.) Lwów 1898 . . . . .	Ohm	Volt	Amper	Watt	Coulomb	Henry	—
6) Lutosławski M. Prąd elektryczny. Warszawa 1900 . . . . .	Ohm	Volt	Amper	Watt	kulon	—	Joule
7) Ruśkiewicz T. Tramwaje i koleje elektryczne. Warszawa 1901 . . . . .	ohm	volt	amper	watt	—	—	—
8) Szapiro B. Oświetlenie elektryczne. Warszawa 1901 . . . . .	ohm	volt	amper	watt	—	—	—
9) Przepisy dla urządzeń elektr. zasilanych z Miejsk. Zakładu Elektr. we Lwowie 1903 . . . . .	ohm	volt	amper	wat	—	—	—
10) Pożaryski M. Krótkie wskazówki z elektrotechniki dla techników. Warszawa 1903 . . . . .	om	wolt	amper	wat	kulon	—	dżaul
11) Cennik firmy „Akc. Tow. Kowalski i Trylski“ w Warszawie z r. 1904 . . . . .	—	wolt	amper	watt	—	—	—
12) Faterson L. i Kühn A. O indukcyjnych miernikach elektryczności. Warszawa 1905 . . . . .	—	volt	amper	watt	—	—	—
13) Pożaryski M. Zasadnicze pojęcia i teorie współcz. nauki o elektro-magnetyzmie. Warszawa 1905 . . . . .	—	wolt	amper	—	kulon	—	joul
14) Rosenberg E. Elektrotechnika prądu silnego. Tłum. Z. Straszewicza. Warszawa 1905, I wydanie . . . . .	om	wolt	amper	wat	—	—	—
15) Merczyng H. Teoria prądu elektrycznego. Warszawa 1905 . . . . .	ohm	volt	amper	—	kulon	henry	—
16) Roessler G. Elektromotory o prądzie stałym. Tłum. L. Rudowskiego i M. Tepichta. Warszawa 1906 . . . . .	om	wolt	amper	wat	—	—	—
17) Rothert A. prof. Polit. Lwowskiej. Orzeczenie fachowe i projekt budowy centralnej stacji elektr. dla król. woln. m. Przemysła, Lwów 1909 . . . . .	—	wolt	amper	watt	—	—	—
18) Gayczak T. O niebezpieczeństwie elektryczności. Lwów 1911 . . . . .	ohm	wolt	amper	—	—	—	—



19) Gustawicz B. Podręcznik elektrotechniczny. Lwów 1913 . . . . .	om	wolt	amper	wat	kulomb	—	dżaul
20) Drewnowski K. Pomiar elektrotechniczne. Lwów 1914 . . . . .	ohm	volt	amper	watt	—	henry	—
21) Wysocki S. Urządzenia elektryczne do siły i światła. Warszawa 1914 . . . . .	om	wolt	amper	wat	—	—	—
22) Kühn A. Przemysł elektrotechniczny i elektryfikacja ziem polskich. Warszawa 1915 . . . . .	—	—	amper	wat	—	—	—
23) Pożaryski M. Podstawy naukowe elektrotechniki. Warszawa 1915 . . . . .	om	wolt	amper	wat	kulomb	henry	dżaul
24) Gerard E. i De Bast O. Elektryczność w zadaniach. Przełoż. J. Kamiński. Warszawa 1917 . . . . .	om	wolt	amper	wat	kulomb	henry	dżaul
25) Günther W. Motor elektryczny w drobnym przemyśle. Lwów 1917 . . . . .	om	volt	amper	wat	—	—	—
26) Vietze A. Elektryczność w rolnictwie, czyli co rolnik postępowy o elektryczności wie-dzieć powinien? Nakład c. k. Namiestnictwa, Centrali Krajowej dla gospodarczej odbudo-wy Galicji. Lwów 1918 . . . . .	om	wolt	amper	wat	—	—	—
27) Gnoiński K. Elektrotechnika prądów słabych. Warszawa 1918 . . . . .	om	wolt	amper	watt	kulomb	Henry	—
28) Drewnowski K. Podstawy elektrotechniki. (litogr.). Warszawa 1918 . . . . .	om	wolt	amper	wat	kulomb	henry	dżaul
29) Arlitewicz T. M., Kraushar J., Kühn A., Mech K., Wysocki S. „W sprawie elektryfikacji Pol-ski“, pod redakcją A. Kühna. Warszawa 1919. . . . .	—	wolt (volt)	amper	wat (watt)	—	—	—
30) Kalendarz elektrotechniczny na 1919 i 1920 rok pod red. St. Wysockiego. Warszawa. Wy-dawnictwo Związku firm elektrotechn. . . . .	om	wolt	amper	wat	—	—	—
31) Drewnowski K. Przyrządy i pomiary elektro-techniczne (litogr.). Warszawa. 1923 . . . . .	om	wolt	amper	wat	kulomb	henr	dżaul
32) Sokolnicki G. Elektryczny napęd obrabiarek. Lwów, 1923 . . . . .	—	—	—	wat <sup>1)</sup>	—	—	—
33) Hensel G. Elektrotechnika w zadaniach. War-szawa, 1923 . . . . .	om	wolt	amper	wat	kulomb	henr	joul
34) Wysocki Odroważ St. Obliczanie przewodów elektrycznych. Wydawn. Związku Elektrow-ni Polskich, s. a. (1925) . . . . .	om	wolt	amper	wat	—	henr	—
35) Fryze S. Elektrotechnika ogólna (litogr.). — Lwów, 1926 . . . . .	om	wolt	amper	wat	kulomb	henry	dżaul
36) Pożaryski M. Pomiary elektryczne w techni-ce. Warszawa, 1928 . . . . .	om	wolt	amper	wat	—	—	—
37) Sokolnicki G. Elektryfikacja Polski. Prze-myśl, 1929 . . . . .	—	wolt	—	wat <sup>1)</sup>	—	—	—
38) „Elektryk“, podręcznik kieszonkowy elektro-techniki prądu silnego pod red. prof. M. Po-żaryskiego. Warszawa, 1933 . . . . .	om	wolt	amper	wat	kulomb	henr	dżaul

## 2. PODRĘCZNIKI FIZYKI.

39) Tomaszewski F. i Kawecki A. M. Fizyka, podręcznik dla wyższych klas szkół średnich. Kraków, 1904 . . . . .	Ohm	Wolt	Amper	Watt	Kulomb	—	—
40) Witkowski A. Zasady fizyki, tom III. War-szawa, 1912 . . . . .	ohm	wolt	amper	watt	kulomb	—	joule
41) Natanson W. i Zakrzewski K. Nauka fizyki, podręcznik przeznaczony do użytku uczniów klas wyższych szkół średnich, tom III. War-szawa, s. a. . . . .	ohm	wolt	amper	watt	kulomb	—	joule
42) Materiały do polskiego słownictwa fizyczne-go (Pol. Tow. Fiz.), 1929 . . . . .	om	wolt	amper	wat	—	henr	—
43) Kalinowski S. Fizyka. Warszawa, 1929 . . . . .	om	wolt	amper	wat	kulomb	henry	dżul

## 3. SŁOWNIKI ELEKTROTECHNICZNE.

44) Niemiecko-polski słowniczek wyrazów tech-nicznych i terminów naukowych z dziedziny magnetyzmu, elektryczności i elektrotechni-ki. Darmsztadt, 1901 . . . . .	—	—	amper <sup>2)</sup>	wat <sup>3)</sup>	—	—	—
45) Niemiecko-polski słowniczek elektrotechnicz-ny, wydany staraniem młodzieży polskiej, kształcącej się w Darmsztadzie. Przejrany i uzupełniony przez grono elektrotechników Lwowskiego Towarzystwa Politechnicznego. Darmsztadt, 1902 . . . . .	om	volt	amper	wat	—	henry	—
46) Zerański T. i Lutosławski M. Materiały do słownictwa elektrotechnicznego. Warszawa, 1904 . . . . .	om	wolt	amper	wat	kulon kulomb	henry	Joule (dżaul)



47) Słownik elektrotechniczny niemiecko-polski. Wydawn. Sekcji Elektrotechn. Tow. Politechn. Lwów, 1911. (Słownictwo) <sup>4)</sup> , zalecone przez V Zjazd Techn. Polsk. we Lwowie w r. 1910	—	—	—	—	—	—	—
48) Opisowy słownik elektrotechniczny S. Wysockiego według słownictwa „Przeglądu Technicznego“, przyjętego przez Koło Elektr. w Warszawie w myśl uchwały V Zjazdu Techn. Polsk. Warszawa, 1917	om	wolt	amper	wat	—	henry	—
49) Słownictwo elektrotechniki teoretycznej, opracow. przez Komisję Słown. przy Kole Elektrotechników. Warszawa, 1918	cm	wolt	amper	wat	kulomb	henry	dżaul
50) Wysocki S. Terminy elektrotechniczne, przyjęte jako obowiązujące ogół elektrotechników polskich na Nadzwyczajnym Zjeździe Techników w 1917 r., na I-ym Zjeździe Elektrotechników w 1919 r. i na II-im Zjeździe Elektr. w 1921 r., Warszawa	om	wolt	amper	wat	—	henr	—
51) Zerański T. Słownik elektrotechniczny do praktycznego użytku w biurach, składach i fabrykach elektrot. Warszawa, 1921	om	wolt	amper	wat	—	henr	—
52) Wysocki S. Słownik elektrotechniczny polsko-czesko - rosyjsko - francusko - angielsko - niemiecki. Warszawa, 1929	om	wolt	amper	wat	kulomb	henr	dżaul
53) Elektrotechnický Slovník (Elektrotechnický Svaz Československý). Praha, 1932	om	wolt	amper	wat	kulomb	henr	dżul

#### 4. SŁOWNIKI OGÓLNO-TECHNICZNE.

54) „Technik“, Podręcznik, opracowany według niem. pierwowzoru, wydaw. przez stowarzyszenie „Hütte“. Warszawa, 1908	om	wolt	amper	wat	kulomb	henry	dżaul
55) Stadtmüller K. Niemiecko-polski słownik techniczny. I wyd. Kraków, 1913	om (ohm)	wolt	amper	wat	kulomb (kulon)	henry	dżul
56) To samo — II wyd. 1923	om	wolt	amper	wat	kulomb (kulon)	henr	dżaul
57) Stadtmüller K. Słownictwo rzemieślnicze, dział instalacyjny. Kraków, 1922	—	—	amper <sup>5)</sup>	wat <sup>6)</sup>	—	—	—

#### 5. SŁOWNIKI I ENCYKLOPEDIE OGÓLNE.

58) Księga ilustrowana wiadomości pożytecznych. Wydawn. M. Arcta. Warszawa, 1899	om	wolt	amper	watt	kulomb	—	—
59) Orgelbranda S. Encyklopedia Powszechna z ilustracjami i mapami (16 tomów). Warszawa, 1898—1904	om	wolt	amper	watt	kulomb	—	—
60) Karłowicz J., Kryński A. A. i Niedźwiedzki W. Słownik Języka Polskiego (8 tomów). — Warszawa, 1900—1927.	om	wolt	amper	wat (watt)	kulomb	—	—
61) Arcta M. Słownik ilustrowany języka polskiego, wydanie III. Warszawa, 1929.	om	wolt	amper	wat (watt)	kulomb	henr	dżaul (Joule)

1) kilowatogodzina. 2) amperogodzina. 3) watogodzina. 4) Nazw jednostek osobno nie ma, lecz są wyrazy: ampermetr, amperzwoje, omowy, woltmetr, watmetr. 5) amperogodzina. 6) watogodzina.

Z tablicy widzimy, że pisownia spolszczona jest tak stara, jak same jednostki. Zjawiała się już przed pół wiekiem. Znajdujemy ją już pod piórem prof. J. J. Boguskiego w książce, która wyszła jeszcze w 1885 roku, to jest w 3—4 lata po międzynarodowym ustaleniu samych nazw na kongresie 1881 r. Widzimy, że od tego czasu pisownia spolszczona stale była stosowana przez różnych autorów w obu zaborach z mniejszą lub większą konsekwencją w zależności od osobistych zapatrywań piszących, co jest rzeczą najzupełniej zrozumiałą wobec braku wszelkiego porozumienia zbiorowego lub dyrektyw jakiegos autorytetu. Przez pierwszych 20 lat istniał chaos i przemieszanie pisowni polskiej z obcą, jednak z wyraźnym zarysowującą się przewagą na rzecz pisowni spolszczonej. Na przełomie dwu stuleci w związku z ruchem, zmierzającym do stworzenia i ustalenia słownictwa elektrotechnicznego, zwrócono uwagę również i na pisownię. Pisownia polska zna-

lazła się wtedy pod opieką ludzi, pracujących nad słownictwem, lecz zupełna dowolność i chaos w pisaniu istniały po dawnemu. Powszechnie uważano stan ten za nieznośny i odczuwano naturalną potrzebę usunięcia nieładu przez ujednostajnienie pisowni.

Częściowy krok w kierunku usankcjonowania pisowni spolszczonej zrobił V Zjazd Techników Polskich we Lwowie w r. 1910, gdzie wprawdzie specjalnie jednostkami się nie zajmowano, lecz w szeregu wyrazów złożonych zastosowano pisownię spolszczoną (arpermetr, woltmetr, watmetr, omowy). Ostatecznie jednak sprawę załatwił dopiero Nadzwyczajny Zjazd Techników Polskich w Warszawie, który 13 kwietnia 1917 r. postanowił „przyjąć jako obowiązujące od dnia dzisiejszego cały ogół elektrotechników polskich terminy następujące: wolt, amper, om, farad, wat“<sup>\*</sup>). Zjazd ten również „polecił Kołu Elektrotechników w Warszawie utworzyć stałą Komisję Centralną



słownictwa elektrotechnicznego, której obowiązkiem będzie: c) czuwanie nad tym, aby uchwały Zjazdu były ściśle wykonywane“ \*).

Tak więc pisownia spolszczona obowiązuje moralnie elektryków polskich już 21 lat i nabrała mocy obowiązującej jeszcze przed powołaniem do życia Centralnej Komisji Słownictwa Elektrotechnicznego, której postawiono jako zadanie prace nad całokształtem spraw języka elektrotechnicznego.

W dwa lata później Pierwszy Zjazd Elektrotechników Polskich w Warszawie uchwałą z dnia 9 czerwca 1919 r. dorzucił do powyższego spisu jednostek, jako terminów „obowiązujących odąd ogół elektrotechników polskich“ jeszcze wyraz *henr* \*\*). Tenże Zjazd „zwrócił się do przedstawicieli władz rządowych, do profesorów, autorów prac z dziedziny elektrotechniki i do firm elektrycznych, aby przed wprowadzeniem terminów z dziedziny elektrotechniki zechcieli się porozumiewać z Centralną Komisją Słownictwa Elektrotechnicznego, a to w celu osiągnięcia możliwej jednolitości w tym słownictwie“ \*\*\*). Tenże Zjazd powołał do życia Stowarzyszenie Elektrotechników (obecnie Elektryków) Polskich, którego organem stała się wtedy Centralna Komisja Słownictwa Elektrotechnicznego. Tenże zjazd powitał powstanie w tym samym 1919 roku „Przeglądu Elektrotechnicznego“, który później stał się organem S. E. P. i którego redakcja przez cały czas swego 15-letniego istnienia ściśle wykonywała postanowienia obu wymienionych zjazdów. Aż do roku 1933 na łamach Przeglądu Elektrotechnicznego stosowano wyłącznie polską pisownię, a obca, jeżeli kiedykolwiek była użyta, to tylko chyba przez przypadkowe przeoczenie Redakcji.

Centralna Komisja Słownictwa Elektrotechnicznego stała i stoi dotychczas na straży pisowni spolszczonej, ustalonej na dwu wymienionych zjazdach, i czyni to nie tylko ze względów formalnych, tzn. nie tylko dlatego, że tak jej nakazują uchwały zjazdów, lecz również z głębokiego przekonania, że ta pisownia jest dobra, uzasadniona i jedynie możliwa. Słuszność takiej opinii znajduje potwierdzenie w tym, że po ujednostajnieniu pisowni polskiej rozpowszechniła się ona wśród elektryków polskich z zadziwiającą szybkością i jednomyślnością, pomimo właściwej naszemu charakterowi narodowemu niesforności i lekkomyślności.

W r. 1925, tj. przed 13 lat, pisownia polska spotkała się z dalszą aprobatą ciała zbiorowego. Utworzony w r. 1924 Polski Komitet Elektrotechniczny, który na swym zebraniu organizacyjnym postanowił „uznać Centralną Komisję Słownictwa Elektrotechnicznego przy Stowarzyszeniu El. Polskich jako miarodajną dla postanowień P.K.E.“ w zakresie słownictwa \*\*\*\*) przyjął pisownię spolszczoną w całości, dodając do 6 wymienionych wyżej jednostek dwie dalsze: *kulomb* i *dżaul*. W późniejszym czasie Centralna Komisja Słownictwa Elektrotechnicznego ustaliła w porozumieniu z Angielskim Komitetem Elektrotechnicznym, który znów wydał swą opinię w porozumieniu z angielskimi uczonymi fizykami i lingwistami, że wła-

ściwsze brzmienie jednostki jest „*dżul*“. Pozostałe 4 jednostki (makswel, gaus, ersted i gilbert) wprowadzono jako jednostki *międzynarodowe* uchwałą Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej dopiero w 1930 roku. Dla tych jednostek Centralna Komisja Słownictwa Elektrotechnicznego zaproponowała zgodnie z kierunkiem, wytkniętym w poprzednich uchwałach polskich, oraz dla otrzymania jednolitej pisowni dla całego układu jednostek również pisownię spolszczoną.

I oto w ostatnim czasie grupa poważnych osób ze świata elektrotechnicznego polskiego, przyznając, że spolszczenie jest ze strony językowej bez zarzutu, wypowiedziało wojnę pisowni spolszczonej, tej pisowni, która, jak widzimy, ma już półwiekową tradycję, jest uświęconą uchwałami polskich zjazdów technicznych z przed 21 i 19 lat i dziś jest już przyjęta, można powiedzieć, powszechnie nie tylko w świecie elektrotechnicznym, lecz i w całym życiu polskim poza sferą elektrotechniczną. Żąda się od nas obalenia poprzednich uchwał polskich i wprowadzenia pisowni obcej na miejsce lub obok pisowni spolszczonej. Rzut oka na podaną wyżej tabelicę pozwoli od razu ocenić, jak daleko posuwają się żądania oponentów. Oponenti domagają się np. wprowadzenia pisowni *ampere*, tj. wprowadzenia takiej postaci wyrazu, jakiej w ciągu 57 lat istnienia jednostki natężenia prądu nikt, jak się zdaje, ani razu w Polsce nie zastosował, przynajmniej nie udało nam się pomimo pilnych poszukiwań znaleźć ani jednego wydawnictwa polskiego, w którym byłaby zastosowana pisownia *ampere*. Z tablicy widać, że nawet autorzy, którzy przed 34 — 39 laty stosowali pisownię, na ogół obcą, nigdy nie używali formy *ampere*, lecz zawsze pisali po polsku *amper* lub co najwyżej *Amper* przez duże A (prof. Dzieślewski w 1898 r., p. B. Szapiro w 1901 r.). Propozycja przeciwników pisowni polskiej jest więc rzeczywiście nowatorstwem, które, jak widzieliśmy, płynie z doktrynerskiej zasady obowiązkowego zachowania jedynie w pierwszym przypadku liczby pojedynczej (na 14 przypadków obu liczb) pisowni angielsko-niemieckiej w imię oddania w ten sposób czci zasłużonemu fizykowi francuskiemu. To jest wszak jedyny argument, przytaczany na uzasadnienie żądań oponentów.

Jako objaśnienie do podanego wyżej tabelarycznego przeglądu zastosowania pisowni spolszczonej, należy zaznaczyć, że umieszczono w niej dla oszczędności miejsca tylko siedem najdawniejszych jednostek. Nie podano z dawnych jednostki „*farad*“ wobec tego, że pisownia tej jednostki spolszczeniu nie podlega i sporów nie następcza; nie podano również czterech najnowszych jednostek wobec tego, że w literaturze, zwłaszcza dawnej, nazwy te spotykamy niezmiernie rzadko. Należy wszakże nadmienić, że z wydawnictw, wymienionych w tablicy podają:

<i>makswel</i> Nr Nr: 23, 38, 53	ersted Nr Nr: 38, 53
<i>maxwell</i> Nr: 35	ersztet Nr: 23
<i>gaus</i> Nr Nr: 23, 24, 31 36, 38, 43, 53, 60	gilbert Nr Nr: 38, 53
<i>gauss</i> Nr Nr: 35, 40	dźilbert Nr: 23

### 9. DLACZEGO BRONIMY PISOWNI SPOLSZCZONEJ.

\*) Por Przegląd Techniczny, 1917 r., str. 153.  
\*\*) Ob. Przegląd Elektrotechniczny, 1919, str. 19 i 65. Uchwałę tę Zjazd powziął na wniosek Komisji zjazdowej, w której uczestniczyli: Z. Berson, K. Drewnowski, W. Günther, Jaroszyński, Krąkowski, A. Olendzki, M. Pożaryski, J. Rzewnicki i S. Wysocki z Warszawy, R. Dzieślewski, T. Gayczak, K. Januszkiewicz i G. Sokolnicki ze Lwowa, Bilke z Radomia, K. Dubeltowicz i T. Żerański z Krakowa, Dilyon z Łodzi, Maruszewski z Lublina.

\*\*\*) Przegląd Elektrotechniczny, 1919, str. 19.

\*\*\*\*) Przegląd Elektrotechniczny, 1924, str. 201.

Pierwszym powodem, dla którego ogólnokrajowa organizacja elektryków polskich oświadczyła się za spolszczoną pisownią jednostek elektrycznych i dla którego przeważająca część (można powiedzieć, ogół) elektryków polskich pisownię tę konsekwentnie stosuje, jest naturalne pragnienie i pożyteczne dążenie, aby język polski posiadał polskie wyrazy na nazwy, które, będąc terminami naukowo-technicznymi, są już dziś w społeczeństwie cywilizowanym potrzebne do powszechnego użytku. Nie tyl-



ko polski specjalista-elektryk, lecz każdy członek społeczeństwa polskiego powinien troszczyć się o to, aby język polski posiadał *swoje* wyrazy na oznaczanie miar, które, jak volt, kilowat i in. należą dziś do najbardziej pospolitych w życiu codziennym. Przy zachowaniu pisowni obcej (*volt*, *ampère* czy *ampere* itd.) celu tego nie osiągniemy, albowiem wyraz, napisany według obcej pisowni, nie jest i nie może być wyrazem polskim.

Całemu ogółowi polskiemu, a elektrykom polskim przede wszystkim powinno zależeć na tym, aby nazwy jednostek elektrycznych były włączone do skarbnicy języka polskiego, aby znalazły miejsce w słownikach języka polskiego. W obcej szacie nazwy te do słowozbioru polskiego dostępu nie znajdują. Wyraz polski nie może być pisany literami nieznanymi w polskim alfabecie (nie może np. zawierać liter *v* i *x*, jak wyrazy *volt*, *maxwell*). Nie będzie również nigdy uznany za wyraz polski obcego pochodzenia taki wyraz, który jest wprawdzie napisany literami istniejącymi w polskim abecadle, lecz w którym litery te mają być wymawiane inaczej niż to przyjęto w polszczyźnie (jak np. wyrazy *coulomb*, *joule* i in.). Takie są „przyzwyczajenia i tradycje“ języka polskiego\*).

Elektrycy polscy dumni mogą być z tego, że jedyna od czasów Lindego wielka skarbnica mowy polskiej, a mianowicie ośmiotomowy „Słownik Języka Polskiego, ułożony pod redakcją J. Karłowicza, A. Kryńskiego i W. Niedźwiedzkiego“, który zaczął wychodzić w r. 1898 i ukończony został w r. 1927, zawiera szereg jednostek elektrycznych. Z wyluszczonych wyżej przyczyn pomnikowe dzieło to podaje nazwy jednostek, oczywiście, w pisowni spolszczonej. Jeszcze przed rokiem 1900, to znaczy prawie na 20 lat przed uchwałą zjazdu elektryków polskich i powstaniem Centralnej Komisji Słownictwa Elektrotechnicznego, słownik ten zamieścił nazwę jednostki natężenia prądu w formie *amper*, a nazwę jednostki magnetycznej w formie *gaus*. Jeszcze przed 1902 rokiem słownik ten podał nazwę jednostki ładunku pod postacią *kulomb*. Za nimi w miarę tego, jak się ukazywały dalsze tomy, poszły *om*, *wat* (obok *watt*), *wolt*.

Żądanie, abyśmy nazwy jednostek pisali w obcej formie (np. *volt* zamiast *wolt*) jest równoznaczne z dążeniem do zachowania obcego charakteru wyrazu, bo wyrazy pospolite o obcej pisowni, figurujące w polskim tekście, traktujemy zawsze jako wyrazy obce i przeważnie nawet wyodrębniamy je za pomocą cudzysłowu, kursywy itd. Mielibyśmy z wyrazami (jak *amper*, *wolt*, *wat*, *om*), które są przeznaczone nie dla szcuplego grona specjalistów, lecz wprost do powszechnego i codziennego użytku, z wyrazami, z których niektóre już dziś są używane w społeczeństwie polskim na każdym kroku i przetrwają może całe wieki, z wyrazami, które (jak *amper*, *om*, *wat*) otrzymały już u nas *brzmienie* właściwe mowie polskiej, a odmienne od oryginalnego i które odmieniamy we wszystkich przypadkach obu liczb na modłę polską, jednym słowem z wyrazami, które już dziś uważamy za najzupełniej spolszczone, postępować tak, jak postępujemy np. z wyrazami *gymkhana*, *week-end*, *five o'clock*, *foyer*, *régime*, *curriculum vitae*, *Übermensch*, *Katzenjammer*, *Zu-*

*kunftsstaat* itp. wtrąconymi przypadkowo do polskiego tekstu?

Drugim powodem, dla którego bronimy pisowni spolszczonej, są potrzeby życia, potrzeby praktyki elektrotechnicznej. Chcemy, żeby k a z d y Polak, a nie tylko ten, który zna kilka obcych języków, mógł i umiał poprawnie posługiwać się w piśmie nazwami jednostek elektrycznych. Zachowanie obcej pisowni wyrazu niezawodnie utrudnia stosowanie terminu tym szerokim rzeszom, które muszą z niego korzystać, a które nie znają i nie mogą znać obcych języków. Utrzymywanie obcej pisowni jednostek elektrycznych jest więc sprzeczne z interesami elektrotechniki i praktycznymi potrzebami życia. W imię czego mielibyśmy to czynić? Żeby nie zatracać związku z nazwiskiem uczonego, — odpowiadają nam zwolennicy pisowni obcej. Pisząc *volt* zamiast *wolt*, wzmagamy związek jednostki z nazwiskiem uczonego Włocha bardzo niewiele, natomiast dla polskiej praktyki elektrotechnicznej stwarzamy pewną trudność, nie mówiąc już o gwałcie, dokonywanym nad przepisami gramatycznymi języka ojczystego. Wyraz *volt* utworzono nie po to, żeby nam stale przywoływał na pamięć postać Aleksandra Volty, lecz przede wszystkim po to, żebyśmy mieli jednostkę do mierzenia napięcia i z niej korzystali. Główna troska nasza powinna być skierowana nie na pielęgnowanie oryginalnej pisowni, lecz na ułatwienie korzystania z terminu tym, którzy mają z nim do czynienia jako ze swym narzędziem pracy. Obca pisownia wyrazu jest, jak powiedzieliśmy, nie ułatwieniem, lecz przeszkodą w tym względzie. Dla człowieka, nie obeznanego z obcymi językami, mechaniczne zapamiętanie pisowni kilkunastu obcych wyrazów najróżnorodniejszego typu jest rzeczywiście dużą trudnością. Wszak z pośród Polaków, nawet znających doskonale trzy główne języki zachodnioeuropejskie, na pewno co najmniej 94% nie napisze poprawnie w oryginalnej pisowni takich dobrze znanych wykształconemu człowiekowi nazw geograficznych, jak Kopenhaga, Lizbona, Gwadalquivir i tysiące innych. Utrzymanie w pamięci form *Kjøbenhavn*, *Lisboa*, *Guadalquivir* itp. sprawiałoby im istotnie kłopot nielada. Monterowi takie same trudności następczą wyrazy *volt*, *ohm*, *ampère* itp.

Oponenci przytaczają następującą opinię F. Kohlrauscha, wypowiedzianą jeszcze w 1884 r. z powodu wprowadzenia przezeń w języku niemieckim pisowni *Amper* zamiast *ampère*: „Oznaczeń, które powinny być przystępne dla każdego robotnika, nie wolno pisać, oczywiście, obcą ortografią“. Elektrotechnika była wtedy dopiero w zarodku. Dziś, po upływie 50 lat powyższa uwaga uczonego niemieckiego nabiera szczególnego znaczenia. Nikt nie do wiedzie, że używanie w tekstach polskich form obcych (*volt*, *ampère*, *ohm*, *watt* itd.) da choć najmniejszą korzyść praktyczną, natomiast śmiemy twierdzić, że pisownia spolszczona jednostek elektrycznych, wprowadzając porządek i ułatwienie w nauczaniu i popularyzacji elektrotechniki, ma swoją pożyteczną stronę. Również można utrzymywać, że wartość żadnego artykułu naukowego ani o jotę nie zmniejszy się, jeżeli autor napisze *wolt*, *amper*, *om* itd., nie zaś *volt*, *ampère*, *ohm* itd., jak tego domagają się oponenci.

Bronimy z całym przekonaniem pisowni spolszczonej nie tylko dlatego, że ma ona już półwiekową tradycję, że znajduje sankcję w przepisach Polskiej Akademii Umiejętności i w praktyce innych gałęzi nauki (terminologia mineralogiczna), nie tylko dlatego, że nie jest sprzeczna z żadnymi uchwałami ani zwyczajami międzynarodowymi i że jest jedynym środkiem do wcielenia nazw jednostek

\*) Tradycje te i przyzwyczajenia są tak silne, że pod ich wpływem liczni Polacy obcego pochodzenia zmieniali pisownię nawet swych własnych rodowych nazwisk, że wymienimy tu kilka przykładów z pośród literatów i publicystów: *Pol*, *Struwe*, *Kenig*, *Sztyrmer*, *Pilz* itd., których pierwotna postać była *Pohl* (porówn. *Ohm!*), *Struwe*, *König*, *Stürmer*, *Pilz* itd. Matka Wincentego Pola pochodzenia francuskiego pisała się *Lonszan* (pierwotne nazwisko *Longchamps*).



elektrycznych do języka polskiego, lecz i dlatego, że pisownia ta sama przez się jest dobra, że jest jednoznaczna, że jest dla każdego Polaka łatwa. Spolszczenie pisowni daje nawet mało wykształconemu Polakowi możliwość łatwego wypisania się bez błędu, możność poprawnego użycia każdej jednostki w dowolnym przypadku i w dowolnie zbudowanym zdaniu. Ustalenie pisowni, zgodnej z zasadami języka polskiego, a więc pisowni dostępnej i zrozumiałej dla każdego Polaka, usuwa z języka tak szpetne dla oka polskiego formy, jak *110 Volt, 5 Henry* itd., które nie są, jak mniemają niektórzy, żadnymi formami międzynarodowymi, lecz są formami wyłącznie niemieckimi\*). Wreszcie spolszczenie pisowni usuwa występujące nieraz trudności wymawiania nazw jednostek elektrycznych. Znany jest powszechnie kłopot z wymawianiem (przy zachowaniu obcej pisowni) nazw *joule* (dżul, dżaul czy żul?) i *gilbert* (*gilbert, żyłbert* czy *dżyłbert?*). Jednostkę *henry* również czytają niekiedy błędnie na modłę francuską (jak imię francuskie *Henri*). Usunięcie wątpliwości co do wymawiania nazw jednostek jest okolicznością, której nie należy nie doceniać. Jest ono, jak już wyjaśniono wyżej, środkiem do uwiecznienia wielkiego nazwiska w jedynym prawdziwie wiekotrwałym muzeum, mianowicie w żywej mowie ludzkiej.

Oponenci wysuwają przeciwko zamianie litery *v* na *w* w wyrazie *wolt* zarzut (drobny zresztą według ich własnego oświadczenia), że przy takiej zamianie powstaje niezgodność między symbolem naukowym na oznaczenie wolta (litera *V*), a początkową literą wyrazu *wolt*, co może spowodować pomyłki z tego powodu, że początkowa litera wyrazu *wolt* jest znów identyczna z symbolem przyjętym na oznaczenie wata (litera *W*).

Niezawodnie, zgodność skrótu symbolicznego, przeznaczanego do tekstów naukowych, z początkową literą w nazwie jednostki byłaby rzeczą pożądaną, lecz rozbieżność powyższa nie jest o tyle istotna, żeby dla niej wyrzekać się tych korzyści, które daje spolszczenie pisowni jednostek elektrycznych. Zresztą za możliwość powyższej pomyłki nie może ponosić odpowiedzialności spolszczona pisownia jednostek. Pomyłkę powyższą może spowodować jedynie nieuctwo tych, dla kogo symbole są przeznaczone. W przeciwnieństwie do pisowni nazw jednostek ich skróty symboliczne mają rzeczywiście międzynarodową moc obowiązującą (również w Polsce) i ten, kto chce je stosować, powinien wiedzieć, jak się to czyni. Przestrzeganie międzynarodowo przepisane sposobu stosowania znaku międzynarodowego na oznaczenie jednostki napięcia (duże *V* bez kropki i tylko po liczbach cyfrowych) oraz przyjęty powszechnie sposób skracania nazw jednostek (mała litera z kropką) wystarczą, żeby wyłączyć możliwość nieporozumień we wszelkich tekstach. Nieporozumienia np.

\*) Niemiecka pisownia:

*110 Volt, 10 Ampere, 1000 Ohm, 40 Watt, 5 Joule* itd. robi na pierwszy rzut oka wrażenie, że Niemcy przez uszanowanie dla nazwisk uważają nazwy jednostek elektrycznych za rzecz nietykalną i że dlatego właśnie używają tych nazw stale w nienaruszonej postaci pierwszego przypadku liczby pojedynczej (tj. bez żadnych końcówek) i w dodatku piszą je dużą literą. Tymczasem pisownia powyższa nie ma nic wspólnego z czcią dla geniuszów. Wypływa ona wyłącznie z ogólnych przepisów gramatyki niemieckiej, ustalonych dla wszelkich miar, choćby one były czysto niemieckie, to znaczy z tych samych przepisów, które każą Niemcom pisać:

*110 Pfund, 10 Zoll, 3 Fuss, 1000 Mark* itd.

I tu musi być duża litera na początku, jak w każdym rzeczowniku, a nazwa jednostki nie podlega deklinacji. W gramatykach innych języków zachodnich ogólnie znanych podobnego przepisu nie ma.

na tabliczkach znamionowych są mało prawdopodobne jeszcze z tego powodu, że znormalizowane wartości cyfrowe napięć są ogólnie znane.

Należy zaznaczyć, że rozbieżność między symbolem naukowym jednostki, a początkową literą nazwy tej jednostki zdarza się dość często w różnych językach i żadnych narzekań nie wywołuje. Verband Deutscher Elektrotechniker przyjął skrót międzynarodowy *cm*, a jednocześnie nakazuje swym członkom pisać, zgodnie z wymaganiami gramatyki niemieckiej, *Zentimeter*. Podobnie kalorię Niemcy oznaczają w skrócie *cal*, piszą zaś cały wyraz w postaci *Kalorie* itd. Hiszpanie używają litery *W* na oznaczenie wata, a jednocześnie piszą tę jednostkę *vatio*. Włosi stosują znaki międzynarodowe *kW, hW* na oznaczenie kilowata i hektowata, lecz piszą zgodnie z prawidłami swej gramatyki *chilowatt* i *ettowatt*. Zresztą rozbieżność taką dopuściła sama Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna, ustalając jako znak jednostki om grecką literę  $\Omega$ , oraz jako znak „godziny“ literę *h*, choć początkowa litera wyrazu jest w różnych językach różna: godzina, Stunde, ora (włoski).

Broniąc pisowni spolszczonej, całą siłą sprzeciwiamy się narzucaniu polskim elektrykom obcej pisowni jednostek, albowiem pozbawiłaby ona nas tych korzyści, które są związane z pisownią polską, i stworzyłaby bez żadnego pożytku zbyt dużo trudności. Specjalnie zaś jesteśmy przeciwni tej rzekomo „międzynarodowej“ pisowni, którą proponują oponenci, albowiem ta pisownia jest wyjątkowo wadliwa. Jest ona niekonsekwentna i zbyt skomplikowana. Założeniem jej ma być wierne zachowanie w nazwie jednostki oryginalnej pisowni nazwiska w imię czci dla wielkich ludzi, lecz sami projektodawcy od razu tę wierzność pisowni redukują do jednego przypadku na 14 przypadków, istniejących w deklinacji polskiej, a następnie i w owym jedynym przypadku zalecają kilka odstępstw. Te specjalnie wymyślane prawidła ortograficzne pisania jednostek według projektu oponentów nie każdy zapamięta i nie każdy zrozumie.

Nikt nie rozumie, dlaczego będzie uchybieniem pamięci wielkiego Francuza odrzucenie końcowego *e* jedynie w wyrazie *ampere*, a nie będzie żadnym uchybieniem odrzucenie tego *e* w wyrazach *ampera, amperowi* itd. To też rozumowanie logiczne, wychodzące z założenia o czci dla geniuszów, doprowadzi pod piórem niejednego z piszących do takich dziwoląznych postaci, jak *ampere'a, ampere'owi, 100 ampere'ów* itd. Tak samo trudne jest do uzasadnienia względami na szacunek dla nazwiska zachowanie końcowego *y* w pierwszym wyrazie liczby pojedynczej wyrazu *henry* i opuszczenie tej litery w innych przypadkach. Nikt nie rozumie, dlaczego pisanie przez *w* wyrazu woltometr\*) gdzie nazwisko uczonego występuje w całości, nie jest poczytywane przez oponentów za obrazę jego pamięci, natomiast zastąpienie przez *w* litery *v* w zwrocie „po jednym volcie“, gdzie tylko trzy pierwsze litery pozostały z oryginalnego nazwiska, jest zniewagą wielkiego człowieka. Gdzie będzie w łańcuchu wyrazów *wolt, woltowy, woltomierz, voltaiczny, woltometr* ta granica, która ma oddzielać wyrazy, pisane przez *v*, od wyrazów, pisanych przez *w*? W wyniku dopuszczonej przez oponentów niekonsekwencji przyjęcie proponowanej przez nich pisowni doprowadziłoby, wbrew ich intencjom, do takich postaci, jak *voltowy, woltomierz, woltometr, voltaiczny* itd. (a za nimi do form *galvanometr, galvanizacja* itd.), to znaczy spowodowałoby pisownię elektrotechniczną na manowce.

\*) Por. „Przegl. Elektr.“, 1933 r., str. 802 i nast.



Oponenti żądają, aby w razie nieprzyjęcia ich pisowni, jako jedynej, dopuszczono ją przynajmniej do *równoległego* użytku obok pisowni spolszczonej. Takiemu wnioskowi należy się przeciwstawić jeszcze energiczniej niż zastąpieniu dotychczasowej pisowni spolszczonej, już mocno utrwalonej w literaturze polskiej, przez nową pisownię obcą, proponowaną przez oponentów. Przyjęcie powyższego wniosku nie tylko wyrządziło by polskiej literaturze elektrotechnicznej dotkliwą krzywdę pod względem językowym, lecz byłoby sprzeczne z jedną z zasadniczych idei, tkwiących w programie działalności Stowarzyszenia Elektryków Polskich. Wszak Stowarzyszenie nasze uważa bodaj za najważniejsze swoje zadanie pracę normalizacyjną, ortografia zaś nie jest niczym innym, jak właśnie normalizacją w dziedzinie piśmiennictwa. Do normalizacji tej języki kulturalne przywiązują dużą wagę i zajęły się nią na kilkaset lat przed powstaniem normalizacji w technice. W Niemczech i wielu innych krajach pisownia jest ustalona w drodze państwowych przepisów urzędowych. Miałożby Stowarzyszenie, powołane do działalności normalizacyjnej w elektrotechnice i wprowadzające normy dla przemysłu elektrotechnicznego, niszczyć własnymi uchwałami normy przyjęte od 21 lat w piśmiennictwie elektrotechnicznym?

Oczywiście, żadne normy, w tej liczbie i normy ortograficzne, nie mogą być i nie są wieczne. Mogą one z biegiem czasu ulegać zmianom, lecz jedynie zmianom na lepsze. Propozycje oponentów warunkowi temu nie odpowiadają. Oponenti nie udowodnili pożytku wysuniętej przez nich reformy. Zaprojektowana przez nich pisownia nie jest udoskonaleniem, lecz jest pogorszeniem pisowni obecnej. Przyjęcie pisowni oponentów byłoby w dziedzinie normalizacji ortograficznej nie postępem, lecz krokiem wstecz. Przeciż uchwały zjazdów technicznych z r. 1917 i 1919 wypłynęły z odczuwanej głęboko potrzeby położenia kresu istniejącej wówczas dwoistości w pisowni jednostek elektrycznych: z jednej strony rozpowszechniła się już szeroko pisownia spolszczona, pisownia naturalna, powstała samorzutnie i przyjęta przez wielu wybitnych autorów polskich, z drugiej strony byli liczni jeszcze elektrycy, którzy z różnych powodów stosowali i to w najrozmaitszej formie, pisownię obcą. Czynili to, na przykład, dlatego, że się nigdy nie interesowali językiem i jego kulturą, a jednocześnie byli zapatrzeni we wzory obce, najczęściej niemieckie, na których głównie kształcił się polski ogół elektrotechniczny.

Uchwały zjazdów z przed 21 i 19 lat miały na celu przez wprowadzenie jednostajności w pisowni usunięcie raz na zawsze tych wątpliwości, tych trudności i tego zamętu, które istniały w kołach elektrotechnicznych, dawniej i wskutek których ustawicznie szukano i domagano się wyjaśnień i wskazówek w zakresie pisowni. Zjazdy te dokonały chlubnego dzieła ujednostajnienia pisowni jednostek u progu naszej wskrzeszonej państwowości właśnie w tym samym czasie, kiedy prof. A. Brückner wydał swą książkę „Walka o język“ (Lwów, 1917). W książce tej autor pisze: „zwracamy się głównie przeciw zbytniej dowolności, walczymy o większą jednostajność; żądamy przede wszystkim zgody jakiegokolwiek, żeby tylko powszechnej i obowiązującej wszystkich. Rozbieżności umysłowej nie usuniemy przenigdy; natomiast winniśmy przeprowadzić, czym rychlej tym lepiej, jednolitość językową, znamionującą piśmiennictwo każdego wielkiego narodu“ (str. 2). W szczególności zaś z powodu chaosu w pisowni Brückner mówi tamże: „jednolitość pisowni, acz złej, zawsze przedkładać należy rozbieżności pisowni choćby naj-

lepszej“ (str. 4), a w innym miejscu objaśnia, iż celem jego pracy jest chęć przyczynienia się do tego, aby „przynajmniej wypływające coraz, jak wąż morski, zagadnienie pisowniowe z porządku dziennego raz już usunąć, zgodzić się na byle jaką, ale jednolitą pisownię“ (str. 8). Powinniśmy być dumni, że zjazdy nasze osiągnęły zgodę i to nie na byle jaką, lecz właśnie na najlepszą pisownię.

I oto po 21 latach od czasu ujednostajnienia pisowni proponuje się nam wrócić do dwoistości. Gdybyśmy w myśl wniosku oponentów dopuścili dziś do równoległego użytku dwie różne pisownie, to by wynikiem tej uchwały był jedynie taki sam chaos w pisanu i wymawianiu nazw jednostek elektrycznych, jaki istniał kiedyś. Dalszym wynikiem byłoby to, że opinia publiczna, która zamętu nie znosi, ponownie zaczęłaby się domagać zaprowadzenia ładu w różnorodnych sposobach pisania i wymawiania jednostek elektrycznych. I wtedy ponownie przekonalibyśmy się, że najlepszym, a raczej jedynym środkiem na usunięcie zła byłoby wprowadzenie pisowni spolszczonej takiej samej, jakiej dziś broni Centralna Komisja Słownictwa Elektrotechnicznego S. E. P. Czyż zamiast kroczyć naprzód każde pokolenie polskich elektryków ma wracać na to samo miejsce, od którego zaczynało swą pracę pokolenie poprzednie?

Oponenti istnienie ujednostajnionej pisowni nazywają przymusem. Tyczasem we wszystkich krajach kulturalnych dążenie do jednolitości w pisowni jest największą troską społeczeństwa i im kraj stoi wyżej pod względem kultury, a swobody obywatelstwa są w nim rozleglejsze, tym surowsze są przepisy ortograficzne, a społeczeństwo z tym większą karnością ich przestrzega. Prof. Brückner w cytowanej wyżej książce bardzo gorąco nawołuje do ujednostajnienia pisowni polskiej, oświadczając, że „miejsce przeróżnych wątpliwości i dowolności winny zająć zasady stałe, obowiązujące... każdego, kto się pióra dotknie, jeżeli nie chce zdradzić braku najpierwotniejszej oglady“ (str. 3). Prof. Brückner przemawia stanowczo przeciwko takiej pisowni, która zostawia „zbyt wiele miejsca dowolności, nie przeprowadza ściśle *jednej* zasady, chwieje się w tę i ową stronę“ (str. 4). Głos swój prof. Brückner podniósł w zaraniu odnowionej państwowości polskiej, uważając, że do sprostania powstałym w tym momencie nowym zadaniom potrzebny jest „język wolny od zaśnienienia cudzoziemszczyzną, co go nieraz szpeciła, wolny od nierównomierności w pisowni, co mu chluby nie przynosiła“ (str. 5).

Należy tu jeszcze nadmienić, że trudno byłoby uzasadniać projekt równoległego istnienia dwu różnych pisowni tym, że jedna miałaby być przeznaczona dla uczonych, druga dla prostactwa, albowiem sprawa dotyczy jednostek technicznych, praktycznych, które w jednakowej mierze obchodzą zarówno bardzo wykształconego technika, jak i montera, jak, w kilku przypadkach, również każdego obywatela kraju. Teoretykom, nie wkraczającym w dziedzinę zastosowań technicznych elektryczności, jednostki nasze są zupełnie niepotrzebne (w licznych, a tak cennych dziełach Ludwika Silbersteina nie udało nam się znaleźć ani jednego przypadku nawet wymienienia naszych jednostek). Nikt by nie przeprowadził należytej granicy między dziedziną zastosowania jednej a drugiej pisowni, a więc zamęt byłby nieunikniony. Odróżnianie w pisowni arystokracji i demokracji byłoby nie na miejscu, gdyż uwłaszczałoby wiedzy technicznej.

Jak wyjaśniono wyżej, Centralna Komisja Słownictwa Elektrotechnicznego nie jest twórczynią, lecz jest strażniczką pisowni spolszczonej jednostek elektrycznych. Gdy zajdzie potrzeba spolszczenia nowych jednostek, to



zadaniem tej właśnie Komisji jest ustalenie polskiej postaci wyrazu. Komisja nie stoi i nigdy nie stała na stanowisku doktrynerskim i kierując się w swej pracy jak najdalej posuniętą oględnością, uważa, że potrzeba spolszczenia jest tym większa i pilniejsza, im szersze są sfery, które z terminu mają korzystać, i im częstsze jest użycie terminu przez te sfery. Mniejsza lub większa łatwość spolszczenia jest okolicznością, która opóźnia lub przyspiesza spolszczenie. Komisja jest zdania, że gdyby wprowadzono nową nazwę jednostki, która jest przeznaczona jedynie dla szczupłego grona uczonych specjalistów i ma nawet wśród nich obieg niewielki, a w dodatku jest trudna do spolszczenia, to w tym przypadku mogłaby być utrzymana obca postać pisowni aż do czasu, gdy autorzy, wrażliwi na czystość i poprawność pisowni polskiej, zaczęli odczuwać potrzebę wprowadzenia pisowni spolszczonej. Póki to nie nastąpi, nowa jednostka może być traktowana jako wyraz całkowicie obcy (w rodzaju wymienionych wyżej przykładów foyer, week-end itd.) i wyodrębniana cudzysłowem, kursywą lub w inny sposób. Innymi słowy, Komisja uważa, że pisownia nowych jednostek elektrycznych, utworzonych od obcych nazwisk, może, a niekiedy nawet powinna przebyć w wolniejszym lub szybszym tempie taką samą ewolucję, jaką przechodzą wszystkie wyrazy przyswojone obcego pochodzenia: z początku obcy przybysz zachowuje w pisowni swą oryginalną formę, z biegiem czasu otrzymuje szatę polską. O ile wyraz nie jest skazany dość jednomyślnie na odrzucenie np. wskutek istnienia dobrego odpowiednika polskiego, to nadchodzi chwila, kiedy pisownia spolszczona znajduje uznanie powszechne i aprotabę najwyższych autorytetów językowych, pisownia zaś obca zanika.

Oto przykłady wyrazów obcych, których pisownia spolszczona jest przyjęta zarówno przez Słownik Języka Polskiego (Karłowicza, Kryńskiego i Niedźwiedzkiego), jak i przez Polską Akademię Umiejętności: *kolokwium, rygorozum, solfedzio, konto, konklawe, kuriozum, kwakier, wernisaż, metrampaż, mityng* itd. Słownik pisze również *faksymile*, a Akademia wprowadziła świeżo *piure*. W oryginalne wyrazy powyższe mają formy następujące: *colloquium, rigorosum, solfeggio, conto, conclave, curiosum, quaker, vernissage, metteur en pages, meeting, facsimile, purée*. Przykłady powyższe świadczą, że nawet wyrazy o obliczu *wybitnie* obcym z biegiem czasu otrzymują w potocznym użyciu pisownię spolszczoną.

Sprawa wprowadzenia polskiej pisowni w nazwach jednostek elektrycznych, utworzonych od nazwisk, o tyle różni się od przedstawionego wyżej przebiegu wciskania się do polszczyzny wyrazów obcych, że pierwiastek obcy musi być przyjęty wobec pochodzenia wyrazu od nazwiska, i że proces spolszczenia pisowni może być szybszy, jeżeli opiekę nad pisownią roztaczają koła bezpośrednio zainteresowane, mianowicie sami elektrycy.

## 10. PISOWNIA SPOLSZCZONA A KULTURA ZACHODNIA.

Oponenti, występując za wprowadzeniem u nas pisowni obcej, czynią to, według ich własnego oświadczenia, nie ze względów językowych, nie ze względu na interesy elektrotechniki polskiej (nauki czy praktyki elektrotechnicznej), lecz ze względu na pietyzm dla nazwisk wielkich ludzi oraz ze względu na honor Polski i jej miejsce wśród narodów kulturalnych. Oponenti przedstawiają sprawę w ten sposób, jak gdyby o tych względach zapomniano lub je zlekceważono przy ustalaniu pisowni spolszczonej. Wyżej już wyjaśniono, że pisownia polska jedno-

stek elektrycznych bynajmniej nie powstała „tylko w imię drugorzędного pietyzmu w stosunku do przestrzegania czystości odmian gramatycznych“, jak mylnie utrzymują oponenti. Pisownia ta nie jest tworem grona zaślepińców, którzy poza poprawnością form gramatycznych świąta nie widzą. Ci, którzy wprowadzili pisownię spolszczoną, którzy ją stosują i którzy jej bronią, nie byli i nie są ignorantami w sprawach najogólniejszych ideałów kultury narodowej i ogólnoludzkiej (oczywiście, nie wyłączając kultury języka) i na pewno nie gorzej od oponentów pamiętają o czci, należynej geniuszom.

Oponenti twierdzą, że sprawa pisowni jednostek jest przede wszystkim „kwestią techniczną i jak we wszystkich sprawach języka technicznego, tak i tu ostatnie słowo nie należy do znawców języka“. Uwaga ta jest niezrozumiała, boć przecież żadni zawodowi językoznawcy, językoznawcy z poza świata technicznego spolszczonej pisowni jednostek nam nie narzucali i do jej formalnego wprowadzenia u nas nie wtrącali się (choć ją aprobowali i sami przyjęli). Przeciwnie, pisownia ta jest dziełem samych techników i „ostatnie słowo“ co do niej wyrzekły właśnie zjazdy techniczne. Czyżby uwagę powyższą należało rozumieć w ten sposób, że od głosu w sprawie pisowni, „jak i we wszystkich sprawach języka technicznego“ winni być odsunięci ci z techników, którzy bliżej znają język? Z takim poglądem trudno byłoby się zgodzić. Zgadamy się natomiast najzupełniej z oponentami, że sprawa pisowni jednostek elektrycznych „nie jest czysto fachową językową“ i że w tej sprawie odgrywają rolę „najbardziej zakorzenione pierwiastki wychowania, tradycyji, przyzwyczajęń, a nawet wierzeń“. I właśnie dlatego jesteśmy za pisownią spolszczoną. Wszak nikt nie zaprzeczy, że zagadnienie dotyczy także języka i to przede wszystkim języka polskiego, a więc powinniśmy chyba uwzględnić „tradycje i przyzwyczajenia“ tego właśnie języka. Oponenti zaś, przeciwnie, stojąc na stanowisku „tradycyji i przyzwyczajęń“, są zapatrzeni we wzory obcych języków i dochodzą do wniosku, że tamtych wzorów należy się ślepo trzymać. Na tym polega różnica.

Oponenti ujmują i przedstawiają sprawę pisowni nazw jednostek w ten sposób, jak gdyby chodziło o pisownię nazwisk pewnych ludzi. W oczach oponentów zmiana pisowni wyrazu, utworzonego od nazwiska, jest to samo, co zmiana pisowni samego nazwiska. W rzeczywistości nazwa jednostki i nazwisko uczonego są to dwie rzeczy różne. W większości rozważanych jednostek przypadkowo nazwa jednostki jest identyczna z nazwiskiem, lecz zawsze mogą być i w rzeczywistości są przypadki, kiedy nazwa jednostki jest tylko kawałkiem nazwiska (volt, farad). Nazwiska są imionami własnymi, nazwy jednostek są imionami pospolitymi, są nazwami dla pewnych pojęć fizycznych. To nie pisownia spolszczona „stara się zrobić z obcych nazw polskie słowa pospolite“. Nazwy jednostek są ze swej natury imionami pospolitymi i to nie tylko w polskim języku, lecz we wszystkich językach. I jak we wszystkich językach, tak i w polskim języku i gramatyka zupełnie inaczej traktują imiona własne, a inaczej imiona pospolite. Toteż najzupełniej bezpodstawne jest powoływanie się oponentów na ustęp książki Brücknera „Walka o język“ (str. 113—117) i ich twierdzenie, że na podstawie tego ustępu zarówno pisownia spolszczona jednostek, jak i proponowana przez oponentów pisownia obca „są gramatycznie prawidłowe i dlatego wybór między nimi nie jest kwestią językową“.

Dla wiadomości tych, którzy nie mają możności zajrzeć do wymienionej książki, zaznaczamy tu, że ani wska-



zany przez oponentów ustęp, ani inne ustępy książki (np. str. 76—83) w najmniejszym stopniu nie upoważniają do takiego wniosku, jaki oponenti z niego wysnuli. Winniśmy wyjaśnić, że książka Brücknera nie jest gramatyką języka polskiego, zawierającą obowiązujące dziś prawidłą językowe, lecz jest dziełem, poświęconym najpierw wytknięciu tych licznych niekonsekwencji, które język nasz w ciągu kilku wieków swego istnienia popełnił, a następnie wyłuszczeniu przez autora jego własnych poglądów, niekiedy bardzo oryginalnych i śmiałych, wyłącznie na użytek tych autorytetów, które miałyby się zająć uporządkowaniem polskiej gramatyki.

Prof. Brückner, poddając w książce swej bardzo surowej krytyce setki niewłaściwych według niego zjawisk w języku, rozprawia się również ostro z pisownią wyrażając obcego pochodzenia, w tej liczbie nazwisk obcych i słów od nich utworzonych, lecz z powodu swych ciętych uwag o pisowni słów obcych sam oświadcza: „oceniwszy taką pisownię wedle jej zasług istotnych, nie myślimy nawracać czy nawoływać do poprawy, do przeistoczenia jej wedle ogólnej zasady — niech tak już zostanie na pamiętkę naszego zbytniego i zbędnego poufaleństwa się z obczyzną“ (str. 79). A więc autor nie liczył na to, aby nawet sfery, powołane do wprowadzania zmian w pisowni, mogły na podstawie jego uwag zasadniczo zmienić istniejący stan rzeczy w zakresie pisowni wyrazów obcych. Tym bardziej wywody autora nie mogą upoważnić ani poszczególnej osoby, ani nawet takiej instytucji, jak Stowarzyszenie Elektryków Polskich, do samowolnego wprowadzania pisowni, którą prof. Brückner uważałby za właściwszą, a która całkiem odbiega od stosowanej obecnie. I nie tylko to. Prof. Brückner w imię gorąco głoszonej przezeń karność sam nie stosuje pisowni, którą wolałby widzieć w języku polskim, a nawet, jak to wynika z przykładów obficie przytoczonych wyżej w rozdziale I, sam bardzo szeroko używa w swych późniejszych dziełach tej właśnie pisowni nazwisk obcych, którą w książce „Walka o język“ w nielitościwy sposób wyszydza.

Dla uniknięcia nieporozumień należy z naciskiem tu zaznaczyć, że ani zjazdy techników, ani S.E.P. nigdy nie zmieniały pisowni żadnego obcego nazwiska, o ile chodziło właśnie o *nazwisko*. W wydawanym przez S. E. P. „Słownictwie Elektrotechnicznym Polskim“ pisownia nazwisk jest zachowana w postaci ściśle oryginalnej: prawo *Coulomba* (str. 9), prawo *Ohma*, prawo *Kirchhoffa*, prawo *Joule'a*, zjawisko *Seebecka* (str. 14), zjawisko *Peltiera*, zjawisko *Thomsona*, zjawisko *Volty* (nie ma możliwości inaczej napisać, jak przyznaje prof. Brückner z powodu *Zoli*), zjawisko *Kelvina* (str. 15), prawo *Bjota-Savarta*, reguła *Ampère'a* (str. 18), prawo *Lenza*, prawo *Faradaya* (str. 19). Wprawdzie na podstawie stuletniej „tradycji i przyzwyczajenia“ można by niejedno z wymienionych nazwisk napisać po polsku (np. *Volta* \*), *Kulomb*, *Kelwin*, zamiast *Volta*, *Coulomb*, *Kelvin*, skoro powszechnie się pisze *Volter*, *Kalwin*, *Luter* itd. zamiast *Voltaire*, *Calvin*, *Luther* itd.), lecz nikt w polskim świecie elektrotechnicznym nigdy nie proponował i nie proponuje tak pisać, słusznie uważając, że nie jest rzeczą elektryków występować z decyzjami co do pisowni *nazwisk*. Ta sprawa pozostaje więc poza dyskusją.

\*) Stanisław Chlebowski w swojej „Fizyce dla szkół wyższych gimnazjalnych i realnych“, wydanej we Lwowie w r. 1870, pisał istotnie nie tylko *voltaizm*, *voltaiczny*, *woltometr*, lecz i *Volta* (nazwisko). Międzynarodowych jednostek elektrycznych wtedy jeszcze nie było.

Inaczej natomiast rzecz się ma z nazwami jednostek, które przede wszystkim są miarami, nie zaś pomnikami, wystawionymi wielkim ludziom (pomnikami wielkich ludzi są one o tyle tylko, że nazwiska ich tworzą źródłosłów wyrazu), i to miarami, z których nie jedną dziś już winniśmy zaliczyć do miar *powszechnych* i *powszednich*. Tu właśnie „tradycje i przyzwyczajenia“ języka polskiego w ogóle, uświęcone w przepisach Polskiej Akademii Umiejętności, i półwiekowa tradycja pisowni samych jednostek elektrycznych wręcz nam nakazują trzymanie się pisowni spolszczonej.

Oponenti zalecają nam wprowadzenie do imion pospolitych ogólnego użytkowania liter *q*, *v*, *x*, powołując się na żyjące jeszcze pokolenie, które „uczyły się alfabetu polskiego wraz z tymi literami“.

Co do litery *q* twierdzić tego stanowczo nie można, albowiem jeszcze w roku 1594 Nowy Charakter Polski J. Januszowskiego pisał: *Q litera non uluntur Poloni, qui recte scribere norunt; sed loco eius K ponunt: np. kwiczę, kwaterka, kwartał, kwokam, sekwestr, pluskwa, skwarno, paskwil*“ (przycząmy według Lindego t. II, str. 1286); po polsku to znaczy: „litery *Q* nie używają Polacy, którzy umieją pisać poprawnie, lecz zamiast niej piszą *K*, np. kwiczę itd.“.

Literę *v* zaczęli wypierać z języka polskiego już na początku 16-go stulecia (tj. przed 400 laty) drukarze (przeważnie Niemcy), którzy w braku przepisów „z góry“ sami zajęli się normalizacją pisowni \*). Oni to zgola niepotrzebnie zastąpili literę *v* literą *w*, co do której Januszowski pisał w 1594 roku, „że się u nas wzięła z niemieckiego; jeno już tężej u nas idzie, jak u Niemców“ \*\*). Już Linde w swym słowniku (1807—1814 r.) żadnego wyrazu na *v* nie podaje, uważając tę literę za nieistniejącą w abecadle polskim, i nawet wyrazy żywcem przeniesione do nas z łaciny pisze przez *w*: *wotum*, *wice-* itd. To samo czyni, oczywiście, „Słownik“ Karłowicza, Kryńskiego i Niedzwiedzkiego.

Co się tyczy litery *x*, to ta najdłużej w języku przetrwała. Linde (t. VI, str. 576) pisał o niej w 1814 r.: „*X* mało używamy; rychlej miasto niego piszemy *ks*“. Ostatecznie litera *x* znikła z abecadła polskiego w r. 1891 na mocy uchwały Akademii Umiejętności, która co do używania *x* w imionach pospolitych ustaliła przepis następujący: „należy zaniechać go zupełnie, używać zaś według brzmienia *ks* lub *gz*: tekst, egzamin“.

Taka jest historia powyższych trzech liter. Ta okoliczność, że się te litery spotyka w książkach polskich, np. w obcych imionach własnych (Vauban, Verdun, Verhaeren itd.) w wyrazach pospolitych całkowicie obcych, to znaczy nie przyswojonych przez nas, lecz wtrąconych do tekstu polskiego (vel, vide, verte itd.), dalej w pewnych nazwiskach na znak ich dawności (np. Axentowicz), we wzorach matematycznych itd., niczego nie dowodzi i nie może upoważnić technika do stosowania tych liter w wyrazach pospolitych ogólnego języka polskiego, w dodatku w wyrazach o wielkim obiegu jak *wolt*. Wszak i greckich liter używamy we wzorach matematycznych, do numeracji rozdziałów itd., a przecież nie wprowadzamy ich z tego tytułu do wyrazu polskiego. Jeżeli Polska Akademia Umiejętności lub inne ciało powołane wprowadzi trzy wymienione litery (*q*, *v*, *x*) do abecadła polskiego, to będziemy posłusznie wtedy pisać nie tylko *volt*, lecz i *Warszawa*, *Vavel*, *vieviórka*, *vrzód*, *vąsy* itd., nie tylko *maxwel* lecz i *xiążka*, *xiężyc*, *axamit*, nie tylko *quadrant*, *quintal*,

\*) Brückner A. Dzieje kultury polskiej, t. II, str. 274.

\*\*\*) Przycząmy za Lindem (t. VI, str. 120).



lecz i *quota, quarta*. Póki jednak to nie nastąpi, my, technicy, nie mamy prawa wtłaczać do wyrazu, mającego zająć miejsce wśród wyrazów polskich, liter nieznanych w dzisiejszym abecadle polskim, gdyżby to nam właśnie poczytano za swawolę.

A już za coś zgoła niedopuszczalnego uważamy myśl, aby nam jakiś kongres międzynarodowy mógł nakazać pisanie w następującej postaci wyrazów, które chcemy uważać za wyrazy polskie i które muszą być polskimi: *ampère* lub *ampere*, *volt*, *coulomb* itd. Ani my sami, ani tym bardziej obcy nie mają prawa wprowadzać anarchii do naszej pisowni. Do czegoż by to doprowadziło? Dziś nam międzynarodowy kongres elektryków narzuci, rzekomo w imię czci dla głośnych nazwisk, kilka lub kilkanaście jednostek elektrycznych w formie zupełnie obcej „tradycjom i przyzwyczajeniom“ oraz przepisom gramatycznym języka polskiego; za rok uczyni to samo już z setkami wyrazów międzynarodowy kongres mineralogów, wyrzucając z języka naszego formy, istniejące w nim już od 120 lat, i nakaze pisać np. *vauquelinit* zamiast *wokelinit* (od nazwiska Vauquelin) itd. Za dwa lata międzynarodowy kongres włókienników zażąda od nas, znów w imię czci dla głośnych nazwisk, abyśmy pisali: *Girardów*; albo „pracować przy *jacquardzie*“ itd., co ma oznaczać nasz *Zyrardów* i *zakard* (warsztat tkacki)\*. Gdzie będzie koniec temu (mówiąc słowami Brücknera) „zaśnięceni języka cudzoziemszczyzną, co go nieraz szpeciła“? I czy taką pisownię udałoby się utrzymać w języku na dłuższą metę? Nie udałoby się. I nie tylko dlatego, że przeciwstawili by się jej miłośnicy języka, dbający o jego schludność, dość liczni w polskim świecie technicznym, lecz przede wszystkim nie udałoby się ze względów praktycznych, bo przy setkach i tysiącach wyrazów pospolitych, które są utworzone od nazwisk i w których zachowana jest oryginalna pisownia najróżnorodniejszych języków, nieraz mało znanych ogółowi, nawet wykształceni ludzie nie wiedzieliby często, do jakiej narodowości należy nazwisko, a więc nie wiedzieliby również, jak wyraz należy wymówić, a gdyby pochodzenie nazwiska było nawet znane, to nieznanomość mało rozpowszechnionych języków stanowiłaby trudność w odczytaniu. Potrzebny byłby więc osobny klucz, objaśniający bądź pochodzenie nazwiska, bądź wymowę, a więc znów wróciłibyśmy do pisowni spolszczonej, wbrew bowiem opinii oponentów jesteśmy zdania, że naturalną dążnością naszą jest ujednostajnienie nie tylko pisowni, lecz i wymowy i że zarówno uczony, jak i prostak nie lubi stać nieporadnie przed napisanym wyrazem, którego nie umie odczytać.

Zwalczając pisownię spolszczoną jednostek elektrycznych, oponenti nazywają takie formy, jak *amper*, *wolt*, *om*, *wat* itp. barbaryzmami, przyrównyując je do takich wyrazów, jak *śrubstak*, *gwintbor*, *sznajdyza* itp., i twierdzą, że pisownia spolszczona świadczy „nie o czym innym, jak o przyswajaniu sobie obcych terminów ze słuchu w czasach, kiedy jeszcze nauka obcych języków nie bardzo była w modzie, nie bardzo władano piórem“.

Tu oponenti pomieszali kilka rzeczy. Zestawienie *wolta* czy *oma* ze *śrubstakiem* i in. oznaczałoby, że opo-

nenci uważaliby za dobre w języku polskim takie np. zdanie, w którym nie ma pisowni spolszczonej: „robić śruby i nakrętki na *schraubstocku* za pomocą *schneideeisenów* i *gewindebohrerów*“. A przecież oponenti niezawodnie wspólnie z nami uważają wyrazy *śrubstak*, *sznajdyza* i *gwintbor* za szpetne formy językowe nie dla ich pisowni, lecz dla ich brzmienia i budowy, zgoła obcej językowi polskiemu. Analogii z jednostkami elektrycznymi nie ma, gdyż w nazwach jednostek właśnie w pierwiastku wyrazu i jego brzmieniu tkwi przedmiot naszego szacunku.

Następnie barbaryzmy powstawały w języku polskim licznie właśnie w czasach, kiedy nauka obcych języków była wśród Polaków nie tylko „modą“, lecz potrzebą nieodzowną i zjawiskiem powszechnym, — w czasach, kiedy na dworze królewskim, który wywierał duży wpływ na życie umysłowe kraju, rej wodzili cudzoziemcy, w czasach, kiedy Polacy uczyli się tylko w językach obcych, czy to w szkołach (w Polsce i za granicą), czy bezpośrednio od cudzoziemców, przede wszystkim Niemców, którymi miasta nasze były wprost zalane, — w czasach, kiedy przodkowie nasi świetnie władali piórem, tylko, niestety, nie po polsku, lecz przeważnie po łacinie, a później po francusku, ojczystego zaś języka nawet najbardziej wykształceni Polacy niekiedy nie znali należycie ani w piśmie, ani w mowie. I dopiero wtedy barbaryzmy zaczęły zanikać, gdy „moda“ na obce języki ustała.

Wreszcie po raz pierwszy w memoriale oponentów spotykamy się z nazywaniem „barbaryzmami“ wyrazów obcego pochodzenia, urobionych na modłę polską i wcielonych do języka na stałe, za to tylko, że zastosowano w nich pisownię spolszczoną. Gdyby stać na takim stanowisku, to by może ze 3/4 słów języka polskiego należało zaliczyć do kategorii „barbaryzmów“. Natomiast pamiętamy, że do bardzo niepięknych zjawisk w języku przeszłości należał tak zwany „makaron“ XVI—XVII wieku, tj. tekst łaciński z wplecionymi wń słowami polskimi najczęściej o końcówkach łacińskich, np. *szlichtam*, *czapkam*, na *rękas* itd. (ob. Brückner, Dzieje Kultury Polskiej, t. II, str. 610). Wyrazy *ohmów*, *coulombami*, *volcie*, *joulów* itd., wplecione w tekst polski są *zewnątrznie*, jako wyrazy obce z polskimi końcówkami, odwróceniem tamtego „makaronu“ i tak samo rażą nasze oko. Wskutek tego raczej nazwy jednostek napisane według pisowni obcej zasługiwałyby na miano „barbaryzmów“. Wszak właśnie makaronizmami nazywamy zanieczyszczenie pisma (lub mowy) wyrazami cudzoziemskimi.

Niesłusznie oponenti pisowni spolszczonej twierdzą, że ta pisownia „*nadaje językowi cechę niekulturalną*“, natomiast pisownia obca, której wprowadzenia domagają się oponenti, stworzy tytuł do „*zaliczenia ich i ich narodu do kultury zachodniej*“.

„Kultura zachodnia“ nie może aprobeować nieliczenia się z kulturą języka ojczystego i nie „za cenę“ kilku odstępstw od „tradycji i przyzwyczajzeń“ w pisowni własnego języka można być zaliczonym do tej kultury. Naród może siedzieć nie na pograniczu między Zachodem a Wschodem, lecz na Wschodzie, na Dalekim Wschodzie, może jego językowi braknąć nie tylko trzech liter alfabetu łacińskiego, lecz w ogóle może on z tego alfabetu nie korzystać, a mimo to miejsce wśród narodów o kulturze zachodniej może mu być przyznane (Japonia). Im wyższy jest poziom kultury („zachodniej“) narodu, tym ostrzejsze są wymagania co do ścisłego przestrzegania przepisów pisowniowych i tym gorliwiej tępiona jest niejednostajność w pisowni. I dlatego właśnie ze stanowiska „kultury zachodniej“ nie policzonoby nam za zasługę wprowadzenie

\*) Co do tych dwu przykładów warto zanotować tu, że świeżo wydany „Larousse du XX siècle“: 1) podaje nazwę naszej osady fabrycznej w postaci przekręconej *Zyrardow*, (a więc nie poprawia jej na *Girardow*) i bez zgorznienia objaśnia czytelników, że miasto otrzymało taką nazwę na cześć Philippa de Girard, i 2) nadmieniam, że nazwę warsztatu tkackiego piszą we Francji niekiedy również przez *t* na końcu, tzn. *jacquart*, choć wynalazca nazywał się *Jacquard*.



zamętu dwupisowniowego zamiast pisowni, ujednostajnionej przed 21 laty.

Oponentci żałują, że nie posiadamy w swym abecadle litery łacińskiej *v*, a opanowani jesteśmy przez literę niemiecką *w*. Naturalnie, zamiana w pojedynczego na *w* podwójne była w polszczyźnie najzupełniej zbyteczna, lecz stało się to przed czterema wiekami i nie przez pisanie *volt* zamiast *wolt*, albo, co jeszcze gorsze, *volt* obok *wolt* prowadzi droga do zmiany „tradycji i przyzwyczajzeń”, uświęconych przez wieki. Wyrugowanie z naszego języka litery *v* stwarza rzeczywiście pewne niedogodności językowe, lecz brak tej litery nie przynosi ujemnej kulturze narodu. Żaden poważny człowiek o kulturze zachodniej nie oceni z tego powodu kultury naszej za nisko, jak nie będzie uważał za nic zdrożnego, że w Polsce, wskutek właściwości językowych ojciec, matka i córka mogą mieć różne nazwiska (Fleming, Flemingowa, Fleminżanka), jak nie policzy również Niemcom za dowód niekulturalności tego, że piszą dużą literą nie tylko *Gott*, lecz również *Dieb*, *Räuber*, *Schurke*, albo że liczbę 127534 czytają wbrew logice i ogólnemu zwyczajowi innych narodów *sto siedem i dwadzieścia tysięcy pięćset cztery i trzydzieści*.

Inne zmiany, proponowane przez oponentów w ogólnej pisowni polskiej, jak oznaczanie przez *c* dźwięku *k* (*coulomb*), lub przez *j* dźwięku *dź* (*joule*), jak oznaczanie dźwięku *u* przez *ou* (*coulomb*, *joule*), jak wprowadzanie *e* niemego (*ampere*, *joule*) i inne, nie mogą mieć nawet żadnego historycznego usprawiedliwienia i dlatego bezwzględnie zasługują na odrzucenie, zwłaszcza, gdy zmiany te mają pociągnąć za sobą dwoistość pisowni.

Oponentci określają mianem „niekulturalnej” pisownię spolszczoną nie tylko wtedy, gdy pisownia ta odbiega od oryginalnej pisowni wielkiego nazwiska, ale i wtedy nawet, gdy jednostka nie pochodzi od żadnego nazwiska, lecz my ją piszemy inaczej niż „większość kulturalnych narodów”. Wynika stąd, że oponentom chodzi przede wszystkim o ślepe naśladowanie obczyzny. Na tej zasadzie wysuwają żądanie, abyśmy również *lux* pisali w postaci *lux* dlatego tylko, że w uchwale międzynarodowej, ustalającej wielkość i nazwę (lecz nie pisownię) tej jednostki i zredagowanej po francusku, użyto litery *x* i że inne języki piszą *lux*. Stojąc na takim stanowisku, wykrylibyśmy „niekulturalną” pisownię we wszystkich niemal językach. Niekulturalna np. będzie niemiecka pisownia wyrazu *Zentimeter* i włoska we wszystkich jednostkach złożonych z *chilo*, jak *chilometro*, *chilogramma*, *chilowatt* itd., gdyż „większość kulturalnych narodów” pisze *centymetr* przez *c*, wielokrotność *kilo* =  $10^3$  przez *k* (u nas *kilometr*, *kilogram*, *kilowat* itd.).

Domaganie się ze strony oponentów, abyśmy nawet w wyrazie *lux* utrzymali literę *x*, świadczy to tym, że to nie tylko w imię poszanowania wielkich nazwisk oponentci wszczęli wojnę ze spolszczoną pisownią nazw jednostek elektrycznych. Żądania oponentów zmierzają najwyraźniej ku wprowadzeniu we wszystkich językach identycznej, jakiejś kosmopolitycznej, pisowni *wszelkich* jednostek międzynarodowych w ogóle. Trzymanie się takiej ujednostajnionej pisowni będzie w ich mniemaniu świadectwem przynależności do narodu kulturalnego.

Nie zatrzymując się tu ani nad oceną słuszności takiego poglądu, ani nad potrzebą i pożytkiem ujednostajnienia pisowni *wszelkich* jednostek międzynarodowych, wskażemy tu tylko na nieiziszczalność takiego ujednostajnienia. Wystarczy zwrócić uwagę, że nawet te trzy podstawowe jednostki (*centymetr*, *gram*, *sekunda*), na których jest zbudowany nasz układ jednostek (układ c.-g.-s.),

nie mają w pięciu najwięcej na świecie rozpowszechnionych („kulturalnych”) językach zachodnio-europejskich (francuskim, angielskim, niemieckim, hiszpańskim i włoskim) ujednostajnionej pisowni. Przeciwnie, każdy z wymienionych języków stosuje *swą własną* pisownię, odmienną od innych, jak widać z następującej tablicy:

Franc.	centimètre	gramme	seconde
Ang.	centimeter	gram	second
Niem.	Zentimeter	Gramm	Sekunde
Hiszp.	centimetro	gramo	segundo
Włoski	centimetro	grammo, gramma	secondo

Wprowadzie pisownia „centymetra” w hiszpańskim i włoskim języku jest jednakowa (*centimetro*), za to Włosi mają aż dwie pisownie dla wyrazu „gram”, obie odmiennie od pisowni czterech pozostałych języków (*grammo*, *gramma*). Ogółem na trzy podstawowe jednostki mamy w pięciu światowych językach 15 odmiennie napisanych wyrazów! Zamiana u nas *x* na *ks* w wyrazie *lux* nie jest doprawdy głębszą modyfikacją, niż występująca w powyższej tablicy zamiana *c* na *Z*, lub *c* na *k* i *g*, lub zredukowanie dwóch *m* do jednego, lub odrzucenie końcowych liter, lub ich zamiana. I, o ile nam wiadomo, powyższa rażąca różnorodność pisowni żadnych trudności ani narzekań nie wywołuje. Nikt i nic nie cierpi z tego powodu, że nawet trzy podstawowe jednostki w nauce współczesnej nie mają pisowni, która by zebrała już nie „większość kulturalnych narodów”, stawianą nam przez oponentów za wzór, lecz choćby ze dwa jakiegokolwiek języki z pięciu światowych języków zachodnio-europejskich.

## 11. O JEDNOSTKACH ZŁOŻONYCH.

Oponentci poruszają z dziedziny pisowni jednostek elektrycznych jeszcze jedną kwestię, która nie dotyczy już odchyżeń od oryginalnej pisowni nazwisk. Oponentci domagają się mianowicie usunięcia środkowego *o* w nazwach takich jednostek złożonych, jak *amperogodzina*, *kilowatogodzina*, *woltoamper*, *kilogramometr* itd., to znaczy żądają wprowadzenia następujących form: *amper-godzina*, *kilowat-godzina*, *woltamper*, *kilogrammetr* itd. Na uzasadnienie swego żądania oponentci przytaczają następujący argument: „bo nazwy te wyrażają po prostu iloczyn dwóch wielkości, a nie coś pośredniego między wartością mnożnika i mnożnej”.

Trudno zrozumieć, dlaczego obecność litery łącznikowej *o* w powyższych wyrazach ma im nadawać charakter „czegoś pośredniego” między obu składowymi częściami wyrazu. Wszak litery *o* ogólnie używa się w polszczyźnie do tworzenia wyrazów złożonych i np. wyraz *węglowodór* bynajmniej nie oznacza niczego pośredniego między węglem a wodorem. Podobne rzecz się ma z takimi wyrazami, jak *parostatek*, *gwiazdozbiór*, *ogniomistrz*, *korkodąb*, nie mówiąc już o licznych wyrazach typu *wodowskaz*, *piorunochron*, *muchomór*, *korkociąg*, *listonosz*, *koniokrad*, *kątomierz* itp.

Tworzenie wyrazów złożonych przy pomocy litery łącznikowej *o* należy do dawnych „tradycji i przyzwyczajzeń” języka polskiego i, przeciwnie, tworzenie takich wyrazów przez proste sklejenie dwu rzeczowników w pierwszym przypadku, jak to czynią Niemcy i Anglicy, jest na ogół obce naszemu językowi. Niemcy mówią *Dampfboot*, *Pferdedieb* itd., mogą więc mówić i *Kilowattstunde*, *Voltampere*, Anglicy mówią *steam-boat*, *horse-*



stealer it.d., mogą więc mówić i *kilowatt-hour*, *volt-am-pere*. My nie moglibyśmy powiedzieć za ich przykładem „parastatek“, „koźłodzię“ it.d., jak nie moglibyśmy powiedzieć „węgielwodór“ (Kohlenwasserstoff), „wodawska-żnik“ (Wasserzeiger) itd.

Wprawdzie w gwarze rzemieślników polskich, którzy żywcem przejmowali terminologię od Niemców, były i są jeszcze w użyciu wyrazy, utworzone na modłę niemiecką (*werkcajg*, *werkfirer*, *werkmajster*, *werk mistrz* it.d.), lecz są to przeważnie wyrazy typu „*gwintbor*“, słusznie potępiane przez samych oponentów. Wyrazy *zegarmistrz* (któremu udało się uzyskać prawo obywatelstwa), *tancmistrz*, *baletmistrz* it.p., należą do tej samej kategorii i są takiego samego pochodzenia. Za wzór do tworzenia nowych wyrazów złożonych służyć one jednak nie mogą.

Język polski zna poprawne formy, złożone z dwu rzeczowników bez litery łącznikowej *o*, lecz są to formy, których używa się wówczas, gdy drugi rzeczownik jest bliższym określeniem pierwszego i które traktuje się jako dwa wyrazy, albowiem w przypadkowaniu odmieniamy obie części zespołu. Do takich form należą np. *inżynier-elektryk*, *lekarz-dentysta*, *król-bohater*, *miasto-ogród* itd. Odmieniamy je w następujący sposób: inżyniera-elektryka, inżynierowi - elektrykowi itd. Formy takie ze względu na swe znaczenie nie nadają się do zastosowania w nazwach jednostek złożonych, zakwestionowanych przez oponentów, a gdybyśmy je tam zastosowali, to wypadłoby mówić np. kilowata-godziny, kilowatowi-godzinie, 1000 kilowatów-godzin, 100 kilowatów-amperów itd.

W szczególności co do jednostek złożonych należy stwierdzić, że właśnie w nazwach jednostek, które, jak kilowatogodzina, woltoamper i in., wyrażają iloczyn dwu jednostek prostszych, od dawna utarły się w polszczyźnie formy, które zawierają *o* w środku i które powinniśmy uznać za jedynie poprawne. Przed wprowadzeniem miar metrycznych mówiono *stopofunt* (foot-pound, Fusspfund — odpowiednik dzisiejszego kilogramometra). *Kilogramometrem* już bardzo dawno zastąpiono używany niekiedy z początku *kilogrammetr*. Nie jest to jednostka elektryczna i Polski Komitet Normalizacyjny przyjął ją w postaci *kilogramometr*. Od dawna mówimy i piszemy *konio-godzina*. W technice kolejowej stale są w użyciu takie jednostki, jak *osiokilometr*, *wozokilometr* lub *wagonokilometr* itp.

Jak formy *końgodzina*, *ośkilometr*, *wózkilometr* itd., utworzone na wzór wyrazów niemieckich *Pferdekraftstudne*, *Achsenkilometer*, *Wagenkilometer* itp., a więc np. zwroty *100 końgodzin*, *1000 ośkilometrów* itp., raziłyby ucho, wrażliwe na zgodność wyrazu z dawnymi „przyzwyczajeniami i tradycjami“ języka polskiego, tak samo niewłaściwe byłoby w polszczyźnie proponowane przez oponentów postaci *ampergodzina*, *kilowatgodzina*, *wolt-amper*.

Formy *amperogodzina* i *kilowatogodzina* były przyjęte na Zjeździe Techników Polskich w 1917 roku razem z jednostkami *wolt*, *amper* itd. Przyjęto wówczas i jednostkę *woltamper*. Później spostrzeżono błąd w tym wyrazie i w znakownictwie Polskiego Komitetu Elektrotechnicznego przyjęto w 1925 r. sprostowaną formę *woltoamper*.

## 12. STRESZCZENIE I WNIOSKI.

— 1. Spór idzie nie o pisownię *nazwisk wielkich ludzi*, lecz o pisownię *nazw jednostek*, które są imionami pospolitymi, miarami, pojęciami fizycznymi.

— 2. Pisowni *nazwisk* nigdy żadne uchwały elektryków polskich nie tykały. Przeciwnie, Centralna Komisja Słownictwa Elektrotechnicznego S. E. P. ściśle zachowuje w swych pracach oryginalną pisownię *nazwisk* (Ampère, Volta, Ohm, Coulomb, Joule itd.), jakkolwiek spolszczona pisownia znakomych *nazwisk obcych* (np. Wolter, Kalwin, Szekspir, Waszyngton, Luter i wiele innych) jest u nas od dawna w użyciu, jako znak popularności *nazwiska*, i nie unikają tej pisowni najświatlejsi przedstawiciele polskiego świata umysłowego, nie sprzeciwia się jej również Polska Akademia Umiejętności.

— 3. Wyrazy *pochođne*, utworzone od głośnych *nazwisk obcych*, o ile mają większe rozpowszechnienie w języku, otrzymują w zasadzie zawsze pisownię spolszczoną zgodnie z ogólną i dawną praktyką polską i przepisami Polskiej Akademii Umiejętności (*rentgenowski*, *galwanizować*, *pasteryzacja* itd.). Lecz nawet wówczas, gdy wyrazy mało wybiegają poza sferę specjalistów, polski świat naukowy już od 120 lat stosuje spolszczoną pisownię w wyrazach, które uczeni zmuszeni są tworzyć sztucznie i masowo i w których za osnowę bierze się głośne lub zasłużone *nazwisko* z myślą uwiecznienia go w ten sposób (przeszło tysiąc terminów mineralogicznych).

— 4. *Nazwy jednostek elektrycznych* są również wyrazami pochodnymi, utworzonymi przez uczonych sztucznie od głośnych *nazwisk*. I tu uważano, że użycie *nazwiska* za materiał na potrzebny nowotwór będzie pewną formą uczczenia *nazwiska*, obchodzono się tu jednak z *nazwiskiem* mniej oględnie, niż to się dzieje np. przy nadawaniu *nazw ulicom*, albowiem na *nazwę jednostki*, jeżeli prosta wygoda tego wymagała, brano po prostu *ułamek nazwiska* (*volt*, *farad*).

— 5. *Nazwy jednostek elektrycznych* muszą być zaliczone do wyrazów *szeroko rozpowszechnionych* w języku, gdyż obracają się one już nie tylko w świecie elektrotechników. *Jednostki elektryczne* już nie są dziś miarami dla użytku uczonych lub specjalistów. Są one już przedmiotem nauczania w szkole średniej (ob. dwa powszechnie używane w Polsce gimnazjalne podręczniki fizyki, — W. Natansona i K. Zakrzewskiego oraz S. Kalinowskiego). Niektóre z *jednostek*, jak *wolt* i *wat* (*kilowat*, *kilowatogodzina*), zyskują w naszych oczach popularność w życiu codziennym społeczeństwa niemal taką, jak *metr* i *kilogram*.

— 6. Wskutek tak wielkiego rozpowszechnienia *jednostek elektrycznych* w języku nie tylko *mogą* one otrzymać pisownię spolszczoną zgodnie ze zwyczajami naszego języka i przepisami ortograficznymi Akademii, lecz *muszą* ją otrzymać, gdyż takie wyrazy powinny być włączone na stałe do słowozbioru języka *polskiego*. Przy zachowaniu zaś obcego oblicza wyrazu jest to niemożliwe, albowiem wyraz, zawierający litery nieznanne w dzisiejszej polszczyźnie, lub litery, które są wprawdzie znane, lecz mają być wymawiane inaczej, niż to przyjęto w polszczyźnie, jest traktowany jako niepożądany obcy przybysz, jako raczej natręt i nie jest dopuszczany do słowników języka *polskiego* (por. słowniki Lindego oraz Karłowicza, Kryńskiego i Niedźwiedzkiego). Zaliczenie *nazw jednostek elektrycznych* do wyrazów *polских* jest dziś nie tylko ambicją elektryków, lecz jest wręcz potrzebą ogółu polskiego, a więc nadanie tym jednostkom szaty polskiej jest już *koniecznością*.

— 7. Spolszczona pisownia *nazw jednostek elektrycznych* narzuca się sama przez się z dwu powodów: 1) *nazwy* te w *wymowie Polaka* uległy zupełnemu spolszczeniu: nikt u nas nie wymawia francuskiego wyrazu *coulomb* przez *ą* na końcu, lecz wymawia wyraźnie *kulomb*,



nikt nie używa na początku wyrazu *amper* francuskiego dźwięku nosowego, nieznanego w polszczyźnie, nikt nie oddaje niemieckiego brzmienia litery *h* w wyrazie *ohm*, nikt nie wymawia dźwięku *s* w wyrażeniu *jednego gausa*, jak w wyrazie *ssać*, lecz każdy wymawia tak, jak w wyrazie *sam* itd.; 2) również przypadkowanie nazw jednostek odbywa się w mowie Polaka według prawideł języka polskiego, tzn. nie tylko przez dodanie polskich końcówek, lecz i przez zamianę liter w osnowie wyrazu, np. przez zamianę *t* na *c* w wyrazach *wat*, *wolt*: *wacie*, *wolcie*. Pozostawienie w takich warunkach pisowni obcej w początkowej części wyrazu prowadzi do form, które są barbaryzmami.

— 8. Ze strony formalnej nie ma żadnych przeszkód do stosowania pisowni spolszczonej. Nie ma uchwał międzynarodowych, które by zabraniały nam stosowania pisowni spolszczonej lub nakazywały przestrzeganie pewnych przepisów w pisowni jednostek. Nie ma pisowni jednostek elektrycznych, która byłaby w przeszłości ogłoszona w świecie naukowym za jedyną pisownię międzynarodową, lub którą można by w przyszłości logicznie i bezboleśnie dla poszczególnych języków przyjąć jako jedyną dla całego świata i obowiązującą cały świat.

— 9. Uchwały międzynarodowe głoszą tylko, *jak wielka* ma być każda jednostka elektryczna i wprowadzają dla nich nazwy, utworzone od nazwisk wielkich fizyków, co do pisowni zaś tych nazw pozostawiają wszystkim językom zupełną swobodę. Każdy kraj, każdy naród korzysta z przysługującego mu prawa przystosowania pisowni jednostek do właściwości i wymagań swojego języka w całej pełni, tj. w takiej mierze, w jakiej to jest dla poszczególnych języków potrzebne. W spolszczeniu pisowni nazw jednostek elektrycznych nie należy więc dopatrywać się żadną miarą objawu jakiegś wyjątkowej samowoli polskiej.

— 10. Różnice w pisowni jednostek elektrycznych w językach romańsko-germańskich są rzeczywiście *nie-liczne* (choć nie zawsze, bo np. pisownia hiszpańska znacznie odbiega od pisowni innych języków romańskich), lecz tłumaczy się to nie żadnym podporządkowaniem się tych języków jakiemuś przepisowi lub jakiegś wyższej idei, lecz po prostu tym, że te języki *nie potrzebowały* wprowadzać licznych odrębności, gdyż nazwiska są wzięte z tych właśnie języków, a ponadto języki same są między sobą spokrewnione. Im język jest dalszy od tych, które nam dostarczyły wielkich nazwisk, tym odchylenia w pisowni jednostek od oryginalnej pisowni nazwisk są liczniejsze i głębsze.

— 11. Odchylenia w pisowni jednostek od pisowni oryginalnej nazwiska, wpływające z właściwości poszczególnych języków, powinny być traktowane poważnie, jako objawy naturalne, i nie mogą być uważane jako uwłaczanie pamięci wielkich ludzi lub jako dowód niekulturalności piszącego. Wszak nie tylko w pisowni jednostek elektrycznych i nie tylko w pisowni wszelkich innych wyrazów pochodnych, utworzonych od nazwisk, lecz w pisowni *samych nazwisk* języki wszystkich narodów, przodujących w dziedzinie kultury, uznają licencje ortograficzne i gdyby korzystanie z tych licencji miało świadczyć o braku kultury, to by wypadło niejednokrotnie najświetniejszych współtwórców kultury ogólnoludzkiej zaliczyć do ludzi „niekulturalnych“.

— 12. Właściwości poszczególnych języków bywają tak odrębne, ich „tradycje i przyzwyczajenia“ tak głębokie, wymagania w zakresie pisowni tak surowe, karność zaś w pielęgnowaniu tradycji i przyzwyczajenia języka

oraz w przestrzeganiu przepisów pisowniowych bywa u narodów o najwyższej kulturze tak wielka, że marzyć nie można o tym, aby się wszystkie narody zgodziły na jednakową pisownię jednostek nawet wtedy, gdyby miała ona opierać się na ścisłym zachowaniu oryginalnej pisowni nazwisk; tym bardziej nie można liczyć na powszechne przyjęcie pisowni, która byłaby, jak np. pisownia oponentów, sztucznym tworem, wypośredkowanym z pisowni kilku języków.

— 13. Ujednostajnienie pisowni jednostek elektrycznych na całym świecie nie tylko jest niemożliwe z powodu zbyt dużych trudności językowych, lecz jest ono zgoła niepotrzebne ani dla nauki, ani dla techniki, ani dla życia gospodarczego. Wszak nawet trzy podstawowe jednostki układu c. — g. — s. mają w pięciu najbardziej kulturalnych językach świata piętnaście odmiennych postaci! Jak wiadomo, świat nie odczuwa z tego powodu żadnego uszczerbku. Doskonale więc może istnieć analogiczny stan rzeczy i w dziedzinie jednostek elektrycznych. Przeciwno chaosowi i nieporozumieniom w literaturze naukowo - technicznej zaradzono już sobie w wystarczający sposób przez przyjęcie międzynarodowych skrótów jednoliterowych na oznaczenie jednostek (*A* = amper, *V* = wolt, *W* = wat itd.). Świat naukowy potrafi dawać wniosłość świadectwa jedności kulturalnej różnych krajów i narodów, lecz najsumniejsze hasła solidarności intelektualnej nie skłoniłyby go do pogwałcenia „tradycji i przyzwyczajenia“, panujących w poszczególnych językach, dla reformy, której wartość jest bardzo wątpliwa.

— 14. Pisownia spolszczona jednostek elektrycznych, której się obecnie trzymamy, jest tworem naturalnym, powstała w języku samorzutnie drogą niejako biologicznego procesu językowego i rozpowszechniła się dzięki swej niezaprzeczonej wartości. Pisownia obca, która według propozycji oponentów powinna tamtą zastąpić lub zająć miejsce obok tamtej, jest tworem sztucznym, wymyślonym przy biurku, a więc tworem, jakiego żywy język zazwyczaj nie pozwala sobie narzucić.

— 15. Pisownia spolszczona ma już 50-letnią przeszłość, tj. jest tak stara, jak same jednostki elektryczne. Zrodziła się pod piórem wybitnych techników i stopniowo rozpowszechniła się w literaturze elektrotechnicznej, a niezależnie od tego i bez żadnej propagandy przyjęła się w literaturze ogólnej (słowniki, encyklopedie i in.). Gdy tylko niepodległość zaczęła świecić narodowi polskiemu i na wszystkich polach rozpoczęła się gorączkowa praca twórcza, pierwszym nieomal krokiem polskiego świata elektrotechnicznego było przyjęcie (na zjazdach 1917 i 1919 r.) pisowni spolszczonej „jako obowiązującej całej ogół elektrotechników polskich“. W r. 1925 Polski Komitet Elektrotechniczny rozszerzył listę jednostek o spolszczonej pisowni. W ten sposób pisownia ta odniosła zupełne zwycięstwo, jakkolwiek okoliczności były po temu bardzo niesprzyjające, gdyż języki cudzoziemskie wraz z wiedzą elektrotechniczną podsuwały elektrykom polskim, kształconym przeważnie za granicą, wzory obce w sposób niezwykle natarczywy.

— 16. Stosowana przez elektryków polskich spolszczona pisownia jednostek elektrycznych nie zawiera żadnego nowatorstwa ortograficznego i jest w zgodzie zarówno z ogólnymi zasadami pisowni polskiej, ustalonymi w przepisach Polskiej Akademii Umiejętności, jak i z pisownią, której się trzymają najwybitniejsi językoznawcy, jak wreszcie i z dawnymi tradycjami pisowni polskiej. Nie ma w dokonanej spolszczeniu żadnych uchybień przeciw prawom i nawykniom naszego języka. Zmiana ory-



ginalnej pisowni nazwiska jest utrzymana w granicach niezbędności.

— 17. Pisownia spolszczona nie gwałci w niczym żadnych uchwał, ani zaleceń, ani zwyczajów międzynarodowych. W jej wprowadzeniu nie ma żadnej samowoli Polaków. Uczyniliśmy w zasadzie to samo, co inne narody. Odchylenia od oryginalnej pisowni nazwisk są u nas rzeczywiście liczniejsze niż w większości języków germańskoromańskich, lecz wynika to z dwu przyczyn: 1) nazwiska, wzięte z tamtych języków, są nam najzupełniej obce, 2) język nasz posiada właściwości zgoła inne, niż tamte języki.

— 18. Wprowadzenie pisowni spolszczonej usprawiedliwiamy nie tylko tym, że *mieliśmy prawo* dokonać spolszczenia, że dokonaliśmy go *poprawnie* z językowego punktu widzenia i że spolszczenie było koniecznością dla otrzymania słów *polskich* na nazwy jednostek, lecz również tym, że pisownia spolszczona wpływa z potrzeb życia, z potrzeb praktyki elektrotechnicznej. Pisownia ta jest jednoznaczna, prosta, łatwa, pozwala każdemu, nawet mniej wykształconemu, używać jednostek elektrycznych w piśmie bez błędu, usuwa raz na zawsze trudności, wątpliwości, zamęt i potrzebę ciągłych wyjaśnień, czyli te wszystkie kłopoty, z którymi jest związane stosowanie pisowni obcej, wprowadza porządek i jednostajność zarówno w pisaniu, jak i w wymawianiu nazw jednostek. Dzięki tym zaletom pisownia spolszczona jest drobnym przyczynkiem, ułatwiającym szersze rozpowszechnianie w Polsce wiadomości z dziedziny elektrotechniki.

— 19. Wszelka pisownia obca, przeciwnie, pozbawia nas polskich wyrazów na jednostki elektryczne, które są dziś bardzo ważnymi nazwami fizycznymi nie tylko dla specjalistów. Pisownia taka nastęrcza trudności w poprawnym używaniu jednostek w piśmie nawet ludziom wykształconym, gdyż nieuniknione w polszczyźnie zaopatrywanie obcego wyrazu w polskie przyrostki i końcówki prowadzi do form niezwykłych w języku polskim. Dla ludzi mniej wykształconych jest stanowczo za trudna do opanowania również ze względu na obcą fonetykę i grafikę odbiegającą od polskiej.

— 20. Pisownia obca stosowana i proponowana przez oponentów, jest obciążona wszystkimi wadami, które wymieniono wyżej. Zaprojektowana w imię poszanowania oryginalnej pisowni obcych nazwisk, pisownia ta zasady tej nie przestrzega. Jest ona czymś pośrednim między pisownią obcą, pielęgnującą ściśle ortografię nazwiska, a pisownią spolszczoną. Jest ona w istocie pisownią angielską (pisownia niemiecka jest taka sama, z wyjątkiem liter początkowych, które w niemieczyźnie są duże), lecz jest nią *tylko w pierwszym przypadku liczby pojedynczej*, tj. w tym przypadku, w którym jednostki w polszczyźnie występują niezmiernie rzadko. W pozostałych przypadkach obu liczb projektodawcy zmuszeni są przyjąć pisownię spolszczoną dla końcowej części wyrazów, gdyż tu lawina morfologicznych wymagań języka polskiego miażdży doszczętnie wszelkie formy obce. Oponenti proponują nam w pierwszym przypadku liczby pojedynczej formę *ampere*, która jest w oczach Francuza poważnym skażeniem oryginalnej pisowni nazwiska i której w Polsce przez lat 50 istnienia jednostki nikt, zdaje się, ani razu nie użył; we wszystkich pozostałych przypadkach obu liczb wyrazu „ampere“ oponenti godzą się na pisownię spolszczoną. Nikt nie zrozumie logiki w pisowni, która w imię czei dla oryginalnej formy nazwiska każe pisać *volt* obok *woltometr*. Wszak i nazwa tego przyrządu ma za cel uwiecznienie nazwiska Volty.

— 21. Pisownia spolszczona zajęła dominujące stanowisko w polskiej literaturze elektrotechnicznej jeszcze

przed uchwałami zjazdu techników polskich z przed 21 lat. Uzyskawszy sankcję oficjalną na zjazdach technicznych, pisownia spolszczona szybko dotarła tam, gdzie jej przedtem nie stosowano. Jeżeli jeszcze i dziś można spotkać u nas obcą pisownię jednostek elektrycznych, to jest to wynikiem przeważnie niedbalstwa, obojętności lub ignorancji w sprawach językowych w ogóle, to znaczy obcą pisownię spotykamy najczęściej w tekstach, w których na stronę językową nie zwraca się żadnej albo prawie żadnej uwagi. Wypadki świadomego lekceważenia pisowni spolszczonej wskutek nieuznawania jej należą do zjawisk sporadycznych i rzeczywiście zgoła wyjątkowych. Pisownię spolszczoną stosują dziś niemal powszechnie autorzy polscy z dziedziny wiedzy elektrotechnicznej. Jedyne duże czasopismo elektrotechniczne w Polsce „Przegląd Elektrotechniczny“ stosuje wyłącznie pisownię spolszczoną od początku swego istnienia, tj. od 19 lat. W ślad za nim poszły „Wiadomości Elektrotechniczne“, czasopismo popularne, powołane do życia w r. 1933. Pisownię spolszczoną przyjęli fizycy najbardziej obok elektryków zainteresowani w tej sprawie: prof. Witkowski wprowadził ją do swych „Zasad“ (wprawdzie częściowo) jeszcze przed 26 laty, w podręcznikach fizyki dla szkół średnich pisownia ta (również częściowo) zjawiła się przed 34 laty (Tomaszewski i Kawecki), nowsze podręczniki fizyki gimnazjalnej przyjęły ją prawie w całości (S. Kalinowski). Przyjęto je również w swych „Materiałach“ Polskie Towarzystwo Fizyczne. Z podręcznikami pisownię spolszczoną wprowadzono do szkół zarówno zawodowych, jak i ogólnokształcących. Pisownia spolszczona zajęła od dawna miejsce we wszystkich słownikach technicznych, w tej liczbie w słownikach wielojęzycznych, posiadających dział polski (słowniki Wysockiego i czeskiego „Svazu“). Stosują ją niemal powszechnie poważniejsze dzieła i czasopisma ogólnotechniczne („Przegląd Techniczny“ i in.). Przed 39 laty „Słownik Języka Polskiego“ ułożony pod redakcją J. Karłowicza, A. Kryńskiego i W. Niedźwiedzkiego, włączył do języka polskiego jednostki elektryczne w pisowni spolszczonej. W tym samym czasie 16-tomowa encyklopedia Orgelbranda podała jednostki elektryczne przeważnie w pisowni spolszczonej. W ślad za tymi wydawnictwami poszły inne wydawnictwa polskie o charakterze ogólnym. Wydawnictwa rządowe i teksty ustawodawcze używają pisowni spolszczonej („Monitor Polski“ i „Dziennik Ustaw Rz. P.“). Dziś można uważać pisownię spolszczoną za przyjętą niemal powszechnie. Zakres i stopień tego rozpowszechnienia w słabym jeno stopniu ilustruje tablica, podana wyżej w rozdziale 8.

— 22. Jeżeli sobie uprzytomnimy, skąd się wzięła pisownia spolszczona jednostek elektrycznych, jakie ma znaczenie i do jakiego doszła rozpowszechnienia, to przyjdziemy do wniosku, że usunąć dziś tę pisownię i zastąpić ją pisownią obcą znaczyłoby popełnić czyn burzycielski tam, gdzie naturalny instynkt i świadome dążenie kilku pokoleń dokonały rzeczy potrzebnej i uznawanej ogólnie za dobrą i pożyteczną; zmienić dziś pisownię spolszczoną na pisownię obcą znaczyłoby iść przeciw żywiołowemu prądowi życia. Przedsięwzięcia takie zazwyczaj z góry są skazane na niepowodzenie. I całe szczęście, że tak jest, bo wprowadzenie obecnie pisowni obcej cofnęłoby nas do stanu z przed 40 lat, kiedy elektrycy polscy silnie odczuwali potrzebę ujednostajnienia pisowni w tym kierunku, w którym zostało ono dokonane przez przyjęcie pisowni spolszczonej.

— 23. Przy wyborze pisowni jednostek elektrycznych — między pisownią obcą i spolszczoną — względ na nazwisko, od którego utworzono nazwę jednostki, nie może



mieć rozstrzygającego znaczenia. Przekonanie, że odchylenie się w nazwie jednostki od pisowni oryginalnej nazwiska uchyla czci człowieka, który to nazwisko nosił, i to tak dalece uchyla, że człowiek kulturalny nie powinien sobie na taką zmianę pozwalać, jest wynikiem wyjątkowego przeczulenia na tym punkcie poszczególnych osób i nie odpowiada ogólnemu zapatrywaniu na tę sprawę ani u nas, ani w innych krajach.

Gdy chodzi o wyraz, który ma być włączony na stałe do pewnego języka i ma w nim obracać się często, to o pisowni wyrazu muszą decydować przede wszystkim wymagania tego właśnie języka. Nie można uznać za argument na korzyść wzoru obcego faktów, że tego wzoru trzyma się kraj o większym zaludnieniu, lub o bogatszej literaturze elektrotechnicznej, lub o wyższej kulturze ogólnej. Jak niewolnicze naśladownictwo wzoru obcego w dziedzinie pisowni nie jest świadectwem wysokiego poziomu kultury, tak odmienny sposób pisania nie jest świadectwem ciemnoty, jeżeli ten odmienny sposób jest wynikiem odrębności języka, jego przyrodzonych właściwości i zupełnej obcości nazwiska.

Wprowadzenie dziś pisowni obcej wytworzyłoby zamieszanie nawet wśród ludzi wykształconych. Gramatyka każdego języka rozwija się z biegiem czasu w kierunku uproszczenia i ułatwienia pisowni. Wprowadzenie pisowni obcej byłoby działaniem w odwrotnym kierunku, byłoby stworzeniem gmatwaniny i utrudnień, gdyż zmuszałoby Polaka do uwzględniania przy pisaniu po polsku pisowni kilku obcych języków naraz.

— 24. Jeżeli zamiana pisowni spolszczonej, używanej obecnie prawie powszechnie, na pisownię obcą czy to proponowaną przez oponentów, czy jakąkolwiek inną, byłaby rzeczą nieuzasadnioną, niepotrzebną, a nawet szkodliwą, to oficjalne dopuszczenie pisowni obcej do *równoległego* użytku obok pisowni spolszczonej, jak tego domagają się oponenti, byłoby złem jeszcze większym. Świadome wprowadzenie dwoistej pisowni przeczyłoby samemu przeznaczeniu przepisów ortograficznych, których celem jest właśnie tępienie nieznośnej różnorodności, a osiągnięcie pożądanej jednostajności w pisaniu. Usankcjonowanie dwu różnych pisowni przywróciłoby ten zamęt, który kiedyś dawał się we znaki elektrykom polskich i który zanikł wyraźnie, gdy przez przyjęcie, niejako urzędowe, pisowni spolszczonej sprawa została uporządkowana. Po pewnym czasie znów, jak przed kilkudziesięciu laty, ogół elektryków zacząłby żądać zaprowadzenia ładu w różnorodnych sposobach pisania i wymawiania nazw jednostek elektrycznych i znów wrócilibyśmy do pisowni spolszczonej jako jedynej.

Żądanie, aby pisownię obcą dopuścić obok pisowni spolszczonej na pewien czas, by życie samo wskazało, która z nich jest racjonalniejsza, to znaczy, by się praktycznie przekonać, która zwycięży, nie liczy się z tym, że współzawodnictwo między obu sposobami pisania zaczęło się przed pół wiekiem, tj. od razu po narodzinach samych jednostek, że trwało przeszło trzydzieści lat i skończyło się bezwzględna porażką pisowni obcej. Powtarzanie takich zawodów bez żadnej widocznej potrzeby i bez żadnej nadziei, aby wynik ich był inny niż poprzednio, nie zasługuje na najmniejsze poparcie.

Musi również być odrzucona myśl równoległego istnienia dwu oficjalnych pisowni po to, by jedna (obca) była przeznaczona dla uczonych, druga (spolszczona) dla prostaków. Pisownia terminów technicznych w ogóle, elektrotechnicznych zaś w szczególności i właśnie tych

terminów, o których jest mowa, nie nadaje się do stosowania pod dwoma postaciami. W tym wielkim procesie społecznym, gospodarczym i naukowym, który się nazywa elektryfikacją, nie potrafilibyśmy wyodrębnić terenu, dla którego dałoby się usprawiedliwić pielęgnowanie pisowni obcej, i to żadnej, ani tej, która by zachowała oryginalną pisownię, ani tej (z „odchyleniami“), którą proponują oponenti.

— 25. Ponieważ wyrugowanie pisowni spolszczonej z języka, tj. zastąpienie jej pisownią obcą, jest dziś sprawą nie tylko niepotrzebną, szkodliwą, lecz i beznadziejną, i ponieważ dwu pisowni być nie powinno i nie może, pozostaje więc jedno: stosowanie wyłącznie pisowni spolszczonej, tej pisowni, która powstała przed 50 laty i która na podstawie dobrowolnej uchwały poważnego zbiorowego ciała technicznego już od 21 lat „obowiązuje cały ogół elektrotechników polskich“.

Posiadamy dziś w języku polskim układ jednostek elektrycznych najzupełniej uporządkowany zarówno co do wymowy, jak i co do pisowni nazw tych jednostek. Jest on bardzo dobry. Nie można mu zrobić żadnego zarzutu, który by nas zniewalał do zarzucenia go lub zrewidowania. W ciągu pięciu dziesiątków lat swego istnienia pisownia spolszczona zapuściła głębokie i rozłożyste korzenie na gruncie zarówno teoretycznej, jak i praktycznej elektrotechniki; mocne odnogi tych korzeni tkwią już w innych gałęziach wiedzy i w wielu dziedzinach współczesnego życia naszego. Nie przysłużylibyśmy się elektrotechnice polskiej i nie przyczynilibyśmy się do jej postępu, gdybyśmy dziś ten stan rzeczy obalili, gdybyśmy dziś swój cenny dorobek własnymi rękami podważyli.

Możemy sobie wyobrazić poszczególne elektryka polskiego, który nie chce stosować spolszczonej pisowni jednostek elektrycznych bądź dlatego, że nie jest przekonany o jej wartości, bądź dla innych powodów. Może on pisać nazwy jednostek elektrycznych, jak mu się podoba, lecz tylko tam, gdzie nie wchodzi to w kolizję z wolą „ogółu elektrotechników polskich“, tego ogółu, który dotychczas uważa za „obowiązujące“ dla siebie uchwały zjazdowe z 1917 i 1919 r. w sprawie spolszczonej pisowni jednostek elektrycznych, który chce ich w karność przestrzegać i który zajmuje takie stanowisko nie ze względów formalnych, lecz w głębokim przeświadczeniu o jego słuszności i pożytku.

Stowarzyszenie zaś Elektryków Polskich, jako ciało zbiorowe, reprezentujące obecnie „ogół elektrotechników polskich“, nie ma najmniejszego powodu unieważniać dziś uchwał, powziętych przed 21 i 19 laty przez zjazdy techniczne. Spełniając swą misję w rozwoju polskiej elektrotechniki, Stowarzyszenie nie ma prawa stwarzać szkodliwego chaosu w piśmiennictwie elektrotechnicznym polskim przez oficjalne uznanie dwoistej pisowni jednostek elektrycznych, i nie może dopuścić obcej pisowni w swych wydawnictwach, w tej liczbie i we własnym organie, „Przeglądzie Elektrotechnicznym“, który w ciągu swego 19-letniego istnienia przyczynił się w znacznym stopniu do ujednostajnienia pisowni jednostek elektrycznych. Czasopismo to i nadal powinno być szkołą i wzorem porządku w dziedzinie polskiego piśmiennictwa elektrotechnicznego, nie zaś siewcą nieładu; powinno być na polu elektrotechniki i nadal opiekunem języka polskiego, i nie może stać się rozsądnikiem w języku elektrotechnicznym „cudzoziemszczyzny, co go nieraz szpeciła“, lub krzewicielem „nierównomierności w pisowni, co mu chluby nie przynosiła“.



# Z DZIEDZINY ELEKTRYFIKACJI

## Obrót energii elektrycznej w kwietniu r. b.

Spadek wytwórczości energii to wyraźny symptomat obniżania się koniunktury gospodarczej.

Jeżeli jeszcze u schyłku minionego roku były nadzieje na wiosenne ożywienie się obrotu energii, to obecnie okazuje się dostatecznie jasno, jako zjawisko powszechne, że w bieżącym roku wahania produkcji energii wykazują silniejszą lub słabszą, ale zgodną tendencję ku dołowi we wszystkich niemal gałęziach produkcji przemysłowej. Tendencje depresyjne, ogarniające niemal cały świat i znajdujące swoje odbicie w procentowych zmianach wytwórczości energii, są widoczne z tablicy I, (opartej na materiałach, zaczerpniętych z Biuletynu majowego belgijskiego towarzystwa „Sofina“).

Tablica I.  
Procentowe zmiany wytwórczości energii

K r a j	miesiące	1937/36	1938/37
Stany Zjednoczone I + częściowo II	styczeń	+ 6,5	- 5,3
	luty	+ 4,2	- 5,9
	...	...	...
	grudzień	- 7,4	
Kanada I	styczeń	+ 10,8	- 1,7
	luty	+ 10,7	- 4,2
	marzec	+ 12,9	- 6,4
	...	...	...
Belgia I + II	styczeń	+ 7,6	+ 2,3
	luty	+ 9,2	- 2,0
	marzec	+ 13,7	- 5,7
	...	...	...
Anglia I	styczeń	+ 10,4	+ 9,5
	luty	+ 6,6	+ 10,2
	marzec	+ 18,3	+ 1,8
	...	...	...
Francja I	styczeń	- 0,1	+ 14,6
	luty	+ 3,4	+ 8,9
	...	...	...
	grudzień	+ 14,7	
Szwajcaria I	styczeń	+ 1,2	+ 7,5
	luty	+ 1,4	+ 4,2
	...	...	...
	grudzień	+ 8,4	
Dania ok. 66% całej wytwórczości	styczeń	+ 22,4	+ 18,7
	luty	+ 28,6	+ 2,4
	...	...	...
	grudzień	+ 27,3	
Holandia I	styczeń	+ 6,7	+ 7,1
	...	...	...
	grudzień	+ 9,1	
	Niemcy I	styczeń	+ 18,3
luty		+ 15,8	+ 12,0
marzec		+ 16,5	+ 17,2
kwiecień		+ 23,7	+ 11,4
Włochy I + II	grudzień	+ 21,6	
	styczeń	- 11,5	+ 21,2
	...	...	...
	grudzień	+ 29,4	
Polska I + II	styczeń	+ 15,5	+ 10,5
	luty	+ 11,0	+ 13,5
	marzec	+ 19,0	+ 16,5
	kwiecień	+ 23,5	+ 9,5
	...	...	...
	grudzień	+ 18,0	

Uwaga: I — zakłady zawodowe,  
II — zakłady przemysłowe.

Dane obejmują skale %-we wahań produkcji energii w szeregu krajów ze Stanami Zjednoczonymi i Kanadą na czele w poszczególnych miesiącach bieżącego i ubiegłego roku. Poza tym dla każdego kraju zostały wskazane dane za grudzień 1937 r. celem zorientowania się w przebiegu wahań wytwórczości energii w całym roku 1937 oraz w wahaniami zaznaczających się przy przejściu od grudnia 1937 r. do następnych miesięcy w bieżącym roku.

Z tablicy widać charakterystyczny objaw dla wszystkich bez wyjątku krajów, zarówno totalnych, jak i liberalnych, że styczeń bieżącego roku jest miesiącem zdecydowanego wejścia gospodarki światowej w okres przesilenia, od stycznia bowiem przyrosty energii wszędzie są słabsze od grudniowych.

Przechodząc do poszczególnych krajów, można skonstatować, że w Stanach Zjednoczonych okres trwania koniunktury jeszcze ogarniał 1-y kwartał ub. roku, a grudzień już wykazał deficyt (kurczenie się produkcji), postępujący w bieżącym roku.

Analogiczne objawy kryzysu wykazują Kanada i Belgia — oba kraje wysoce uprzemysłowane.

W pozostałych krajach można jeszcze obserwować w bieżącym roku przyrosty dodatnie, lecz z miesiąca na miesiąc tempo wyraźnie słabnie, przy czym nieraz zaznaczają się raptowne skoki, jak np. w Anglii (w styczniu r. b. przyrost 9,5%, a w marcu zaledwie 1,8%), lub w Danii (w styczniu r. b. przyrost 18,7%, a w lutym już tylko 2,4%). Ogólnie biorąc, z zestawienia wynika, że z wyjątkiem Francji oraz Niemiec można we wszystkich krajach zaobserwować dość wydatną obniżkę produkcji energii na skutek kurczenia się wytwórczości przemysłowej.

Rosnące trudności gospodarcze nie ominęły Polski. Elektryfikacja Polski nie idzie jeszcze wielkimi krokami przez kraj. Na razie jesteśmy w pełni trwania koniunktury, jednakowoż tempo przyrostu wytwórczości energii w porównaniu z rokiem ubiegłym wykazuje niewątpliwie osłabienie, wynikające z faktu, że okres ożywienia gospodarczego świata mamy już za sobą. W kwietniu r. b. musimy się zadowolić już tylko 9,5% przyrostem wobec 23,5% w roku poprzedzającym, z czego przypada 16% na

Tablica II.  
Energia w 10<sup>3</sup> kWh

lata	1936 r.		1937 r.		1938 r.		
	I+XII	I+XII	I-IV	różnica %-wa do kwiet. r. ub.	I+IV	IV	różnica %-wa do kwiet. r. ub.
A. Energia wytworzona							
ogółem	2 867	3 355	1 063	+ 23,5	1 196	299	+ 9,5
w tym zakł. zawod.	1 120	1 365	440	+ 26	523	126	+ 16
przemysł.	1 747	1 990	623	+ 22	673	173	+ 5
B. Energia rozporządzalna							
ogółem	2 883	3 375	1 068	+ 23,5	1 205	301	+ 9,5
w tym zakł. zawod.	1 052	1 226	399	+ 22	455	110	+ 12
przem.	1 831	2 149	669	+ 24	750	191	+ 8,5

Ciąg dalszy na str. 429.



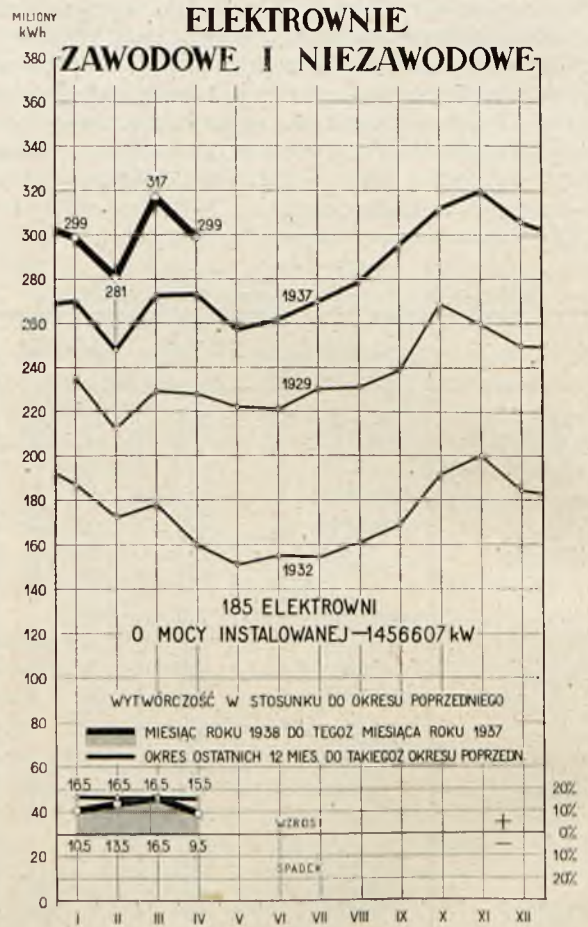
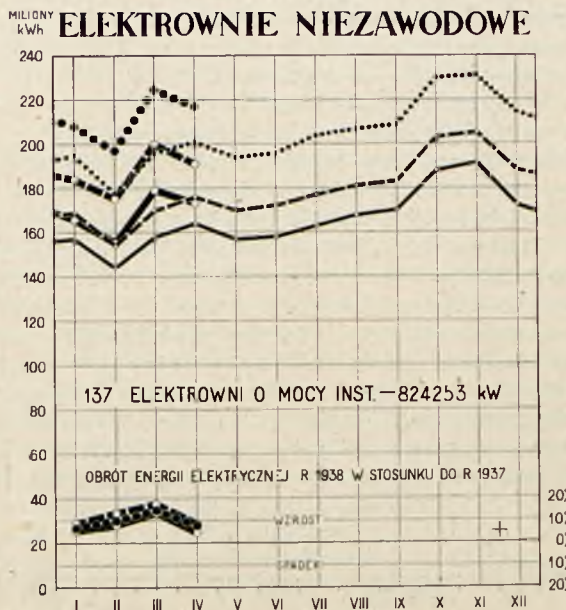
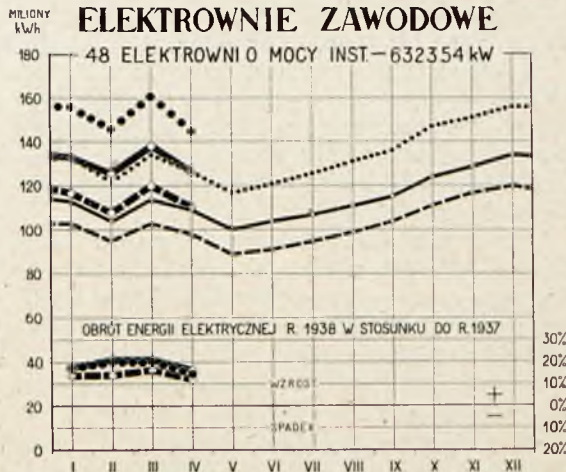
# MINISTERSTWO PRZEMYSŁU I HANDLU BIURO ELEKTRYFIKACJI STATYSTYKA ELEKTRYCZNA

Rok IX

MIESIĘCZNY OBRÓT ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Kwiecień 1938

**Elektrownie (185) o mocy instalowanej ponad 1000 kW (ok. 94% wytwarzności).**



ENERGIA WYTWORZONA

ENERGIA ROZPORZĄDZALNA

CAŁKOWITA PO WYMIANE

ELEKTROWNIE o mocy instalowanej ponad 1000 kW	Liczba zakładów	Moc instalowa- wana kW	Własna wytwarzność		Wymiana energii z innymi elektrowniami		Rozporządzalna energia			
			1000 kWh	przyrost %	otrzyma- no 1 000 kWh	oddano	całkowita rb. (4 + 5)	przyrost %	po oddaniu innym elektrowniom rb. (4 + 5 - 6)	przyrost %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>I + II</b>	<b>185</b>	<b>1 456 607</b>	<b>298 730</b>	<b>+ 9,5</b>	<b>63 617</b>	<b>61 345</b>	<b>362 347</b>	<b>+ 10,5</b>	<b>301 002</b>	<b>+ 9,5</b>
<b>I Zawodowe</b>	<b>48</b>	<b>632 354</b>	<b>125 804</b>	<b>+ 16,0</b>	<b>19 740</b>	<b>35 750</b>	<b>145 544</b>	<b>+ 14,5</b>	<b>109 794</b>	<b>+ 12,0</b>
1) Okręgowe	O	23 361 270	81 635	+ 15,0	14 652	32 182	96 287	+ 13,0	64 105	+ 8,5
2) Lokalne	L	25 271 084	44 169	+ 17,0	5 088	3 568	49 257	+ 18,0	45 689	+ 17,5
<b>II Niezawodowe</b>	<b>137</b>	<b>824 253</b>	<b>172 926</b>	<b>+ 5,0</b>	<b>43 877</b>	<b>25 595</b>	<b>216 803</b>	<b>+ 8,0</b>	<b>191 208</b>	<b>+ 8,5</b>
1) Kopalnie węgla	W	39 377 895	72 517	— 1,0	14 370	22 255	86 887	+ 1,5	64 632	+ 4,0
2) Huty	H	13 94 103	22 714	+ 12,0	14 048	3 301	36 762	+ 9,5	33 461	+ 2,0
3) Fabryki chemiczne	Ch	14 114 911	36 982	+ 13,5	10 714	—	47 696	+ 19,5	47 696	+ 19,5
4) Fabryki włókiennicze	Wł	17 45 506	10 042	+ 2,0	1 400	—	11 442	+ 6,0	11 442	+ 6,0
5) Cukrownie	Ck	22 61 733	131	— 8,5	21	—	152	— 4,5	152	— 4,5
6) Papiernie	P	6 54 890	13 897	— 2,0	1 205	—	15 102	+ 1,5	15 102	+ 1,5
7) Cementownie	Cm	8 33 011	10 328	+ 27,0	—	39	10 328	+ 27,0	10 289	+ 27,5
8) Pozostałe zakłady przem.	R	16 28 624	3 984	+ 9,0	448	—	4 432	+ 6,0	4 432	+ 6,0
9) Trakcyjne	T	2 13 580	2 331	— 3,0	1 617	—	4 002	+ 7,5	4 002	+ 7,5



zakłady zawodowe, a zaledwie 5<sup>o</sup>/o — na zakłady przemysłowe. Analogicznie wskaźnik produkcji przemysłowej w kwietniu przewyższa poziom z kwietnia r. ub. zaledwie o 9<sup>o</sup>/o. Nikły procent podkreśla tendencje depresyjne, których dalszą ewolucję trudno przewidzieć.

Obrót energii w kwietniu charakteryzuje tablica II. Sygnalizowane na tym miejscu poprzednio wahania koniunkturalne, zarysowujące się u progu poczynań gospodarczych, przybrały na sile w kwietniu.

Oslabienie aktywności całego przemysłu występuje z faktu 8,5<sup>o</sup>/o przyrostu energii rozporządzalnej, niemal 3-krotnie słabszego od 24<sup>o</sup>/o w kwietniu ub. roku — (dla zakładów przemysłowych). W poszczególnych gałęziach przemysłu, z wyjątkiem fabryk chemicznych i cementowni, <sup>o</sup>/o-ty przyrostu są niezmiernie niskie, poniżej średniej 8,5<sup>o</sup>/o.

W zakresie energii wytworzonej, pogorszenie się sytuacji w zakładach zawodowych nie występuje tak jaskrawo: przyrost wytwórczości energii wynosi 16<sup>o</sup>/o wobec 26<sup>o</sup>/o w kwietniu r. ub. Udział zakładów zawodowych w łącznej wytwórczości energii wyniósł 42,2<sup>o</sup>/o.

Przeciętna wytwórczość energii na dzień kalendaryzowy zarówno w kwietniu, jak i w całym okresie 4-miesięcznym (styczeń — kwiecień) wyniosła 10 miln. kwh

Wzmagająca się z miesiąca na miesiąc, w okresie letnim, akcja uprzemysławiania kraju oraz przeprowadzania wielkich robót publicznych niewątpliwie osłabi tendencje depresyjne, idące z zachodu do Polski, wpływając dodatnio na dalszy wzrost produkcji przemysłowej, a tym samym na kształtowanie się obrotu energii w kierunku ponownej poprawy i ożywienia.

E. U.



Z dniem 1 czerwca r. b. ustąpił ze stanowiska redaktora „Przeglądu Elektrotechnicznego” p. inż. Wacław Pawłowski, który poświęcił naszemu czasopismu 19 lat pracy, z początku jako najbliższy współpracownik redakcyjny ówczesnego redaktora p. prof. M. Pożaryskiego, od roku zaś 1927 jako właściwy redaktor przy zachowaniu przez p. prof. Pożaryskiego naczelnego kierownictwa pisma. Za czasów redaktorstwa p. Pawłowskiego „Przegląd” znacznie rozszerzył ramy swego programu, pogłębił wartość praktyczną materiału podawanego czytelnikom, a jednocześnie rozrósł się pod względem średniej objętości rocznika prawie trzykrotnie. Obejmując oficjalne stanowisko redaktora „Przeglądu”, p. inż. Pawłowski w numerze z dnia 1 stycznia 1927 r. ogłosił odezwę, w której jako główny cel swych dążeń wskazał „utrzymanie czasopisma na poziomie wymagań szerokich sfer elektrotechnicznych polskich przy takim doborze i układzie treści, aby czytelnik miał obraz życia elektrotechnicznego we wszystkich jego przejawach, zarówno w Polsce, jak i zagranicą”. Stwierdziwszy, iż dzięki poparciu użytkowników Redakcji przez stale wzrastające grono współpracowników ze sfer technicznych, przemysłowych, handlowych i rzad-

kowych „czasopismo staje się coraz to bardziej zbliżonym do życia i coraz to bardziej wszechstronnym” i, pragnąc nadać „Przeglądowi” „cechy organu, w którym przede wszystkim potrzeby Polski byłyby uwzględniane w sposób najbardziej pełny i wyczerpujący”, p. redaktor W. Pawłowski zwrócił się do współpracowników pisma z apelem, ujętym w lapidarnym okrzyku: „faktów nam potrzeba, nie literatury!” W tejże odezwie p. redaktor W. Pawłowski oświadczył, iż uważa „Przegląd Elektrotechniczny” za „własność moralną elektrotechników polskich” i za jeden ze środków do urzeczywistnienia elektryfikacji na ziemiach Polski. W chwili, kiedy p. inż. W. Pawłowski, który tak dobrze rozumiał zadania naszego pisma, zmuszony jest z powodu złego stanu zdrowia porzucić obowiązki redaktora „Przeglądu”, Wydawnictwo Czasopisma składa ustępującemu Redaktorowi serdeczne podziękowanie za jego długoletnią i w polskich warunkach bardzo ciężką pracę.

## STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH

### X WALNE ZGROMADZENIE S. E. P. NA BAŁTYKU.

Biurowo Stowarzyszenia Elektryków Polskich rozesłało w dniu 13 czerwca do wszystkich członków S. E. P., S. T. P. i Z. P. I. E. szczegółowe programy X Walnego Zgromadzenia oraz deklaracje do zgłoszenia udziału w Zjeździe i wycieczkach. Prócz tego rozesłane zostały deklaracje GAL do wypełnienia dla uzyskania paszportu zbiorowego dla osób zapisanych na wycieczkę do Szwecji.

**1) Opłaty.** Wpisowe na Zjazd wynosi dla członków S. E. P., S. T. P. i Z. P. I. E. oraz wojskowych i urzędników państwowych zł. 10, dla pań towarzyszących i studentów zł. 5. Goście płacą wpisowe zł. 15. Opłaty za wycieczki w Szwecji wynoszą zł. 30. Termin wnoszenia tych opłat upływa 3 lipca b. r. Opłaty za wycieczkę na m/s „Piłsudski” winny być wniesione do 15 czerwca b. r. Nie wniesienie tych opłat do dn. 15 czerwca będzie uważane za rezygnację.

#### 2) Wycyfowanie się z wycieczki do Szwecji.

Stosownie do ogłoszenia w Nr. 8 „Przeglądu Elektrotechnicznego” z dnia 15 kwietnia (str. 212) w razie

wycofania się z wycieczki do Szwecji pobierane będą opłaty w związku z kosztami jakie to dla S. E. P. pociąga. Do 15 czerwca potrącano z wpisanego 5<sup>o</sup>/o kosztu zamówionego miejsca, od 15 czerwca potrąca się 10<sup>o</sup>/o kosztu miejsca oraz zatrzymuje się wpłacone sumy dopóki zwolnione miejsce nie zostanie zajęte przez kogo innego.

**Uwaga.** Po 15 czerwca żadne zamiany zarezerwowanych kabin dokonywane nie będą.

#### 3) Termin zgłoszeń na Zjazd.

Termin odsyłania deklaracji zjazdowych i zgłoszenia udziału w wycieczkach w Szwecji i w Gdyni upływa **dnia 3 lipca**. Dokumenty zjazdowe, kupony na wycieczki, bilety na okręt i t. p. wysyłane będą jedynie tym osobom, które do dnia 3 lipca uiszczą **wszystkie opłaty**, tj. wpisowe, opłaty za wycieczki w Szwecji i za wycieczkę na m/s „Piłsudski” oraz dla pozostających w Gdyni — wpisowe i opłaty za wycieczki w Gdyni.

**Uwaga.** Pozostało jeszcze kilkadziesiąt wolnych miejsc w kabinach 2-u osobowych i 4-ro osobowych na



M/S „Piłsudski“ na wycieczkę do Szwecji w cenie od 126,— do Zł 270,— od osoby.

Zgłoszenia prosimy kierować pod adresem: Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Warszawa, Królewska 15, tel. 553-60, wewn. 2.

#### 4) Program X Walnego Zgromadzenia S. E. P. na Bałtyku.

**Wtorek, 26 lipca.**

Od godz. 7.30 odbywać się będzie w górnej sali gmachu Dworca Morskiego odprawa celna. Wszyscy uczestnicy wycieczki do Szwecji we własnym interesie proszeni są o wcześniejsze zgłaszanie się do odprawy, aby odjazd okrętu mógł się odbyć punktualnie. Zwłaszcza Panie proszone są najuprzejmiej o wyręczenie swych Mężów i Braci, którzy będą zajęci na posiedzeniu plenarnym S.E.P., aby załatwiły za siebie i za nich formalności celne z walizkami.

Osoby, które przyjadą w ciągu odbywających się uroczystości otwarcia zjazdu, kierowane będą bezpośrednio do odprawy celnej wejściami i przejściami bocznymi, aby nie przeszkadzali w Nabożeństwie i podczas otwarcia zjazdu.

8.30. Nabożeństwo w hallu Dworca Morskiego odprawi Proboszcz Portowy ks. Sękiewicz.

9—11. Uroczyste otwarcie X Walnego Zgromadzenia Stowarzyszenia Elektryków Polskich na Bałtyku w hallu Dworca Morskiego w Gdyni.

##### Program otwarcia.

1. Zagajenie i wybór dwu asesorów Walnego Zgromadzenia.
  2. Przemówienie powitalne Prezesa S.E.P. p. inż. Alfonsa Hoffmanna.
  3. Uchwalenie tekstów telegramów do Pana Prezydenta R. P., do Pana Marszałka Polski i do pp. Ministrów.
  4. Przemówienia powitalne przedstawicieli władz.
  5. Odczyt statutowy Prezesa S.E.P.
  6. Referaty: inż. Leon Gąssowski p. t. „O warunkach niezbędnych dla rozwoju przemysłu elektrotechnicznego“, oraz prelegenta z Oddziału Wybrzeża Morskiego S.E.P. — o Gdyni.
  7. Zamknięcie części 1-szej plenarnego zebrania.
- Bezpośrednio po zamknięciu zebrania nastąpi zakrępowanie 770 uczestników wycieczki S.E.P. do Szwecji na m/s „Piłsudski“.

O godz. 12-**ej** nastąpi odjazd statku. Program Zjazdu w tym miejscu dzieli się na dwie części:

##### Część I. Dotyczy osób jadących do Szwecji.

**Część II. Dotyczy osób pozostających na ten czas w Gdyni.**

#### CZEŚĆ I. WYCIECZKA DO SZWECJI.

Godz. 12. Odjazd m/s „Piłsudski“ do Sztokholmu.

13 — 15. Lunch w dwu kolejkach. I — od 13 do 14; II — od 14 do 15. Przydział do jadalni, stołu i kolejki jedzeniowej zaznaczony jest na biletach okrętowych w zależności od zajmowanej kabiny.

16 — 18. **Posiedzenia grup referatowych:**

a) Posiedzenie Grupy Elektryfikacyjnej w Wielkim Salonie na pokładzie spacerowym na rufie statku — przewodniczy inż. Stanisław Gołębiowski.

b) Posiedzenie Grupy Szkolnictwa Elektrotechnicznego w pokoju pań (sala B) na pokładzie A na rufie statku — przewodniczący inż. Włodzimierz Kotelewski. (Rufa — tylna część statku).

19 — 20. Obiad w dwu kolejkach jak lunch. (I — od 19 do 20; II — od 20 do 21).

**Sroda, 27 lipca.**

8. Przyjazd m/s „Piłsudski“ do Sztokholmu.

10.30. Zbiórka na nadbrzeżu, skąd nastąpi odjazd autobusami celem zwiedzenia miasta, poszczególnych zakładów przemysłowych i zabytków. Uczestnicy podzieleni zostaną na grupy podług następującego programu. (Liczba uczestników w poszczególnych grupach ograniczona z wyjątkiem Grupy E). Najprzód wysiadają na ląd uczestnicy wycieczek technicznych A, B, C i D, a dopiero potem uczestnicy wycieczki turystycznej E, która odjeżdża autobusami ostatnia.

**A. Grupa A (przedsiębiorstwa elektryczne).**

Grupa zwiedzi:

L. M. Ericssons Telefonfabrik — produkcja aparatów telefonicznych i automatycznych central telefonicznych.

Liliehholmens Kabelfabrik, Västberga — produkcja kabli, przewodów i kondensatorów.

Luth & Rosen — produkcja silników przekładniowych, elektrowciągów, elektrycznych wuzków, specjalne szkolenia spawania elektrycznego.

**B. Grupa B (wyposażenie elektrowni).**

Grupa zwiedzi:

Stockholm Angkraftwerk — centrala parowa nad portem Värtan.

Stacja transformatorowa w Solvalla na 220 kV.

Zakończenie długiej linii przesyłowej, która doprowadza energię elektryczną z elektrowni wodnej w Szwecji Północnej do okolic Sztokholmu.

Apotekarnas Mineralvattenfabrik — nowoczesnie urządzona zelektryfikowana fabryka wód mineralnych.

**C. Grupa C (technika prądów słabych).**

Grupa zwiedzi:

L. M. Ericssons Telefonfabrik — produkcja aparatów telefonicznych i automatycznych central telefonicznych.

Automatyczna Centrala Telefoniczna przy Jakobsbergsgatan — nowoczesna centrala telefoniczna dla śródmieścia Sztokholmu.

Lotnisko w Bromma — nowoczesne urządzenie radiowe dla lotnisk.

**D. Grupa D (racjonalne stosowanie elektryczności).**

Grupa zwiedzi:

Wystawę propagandową — elektrowni sztokholmskiej przy ulicy Regeringsgatan 11.

Zakłady Związku Kooperatyw — na wyspie Håstholmen — m. in. napęd elektryczny dużego młyna oraz fabrykacja elektryczna tzw. chleba szwedzkiego (knäckebröd).

Majątek Malmvik na wyspie Lovön — majątek zelektryfikowany według częściowo nowych zasad.

Następnie grupa ta połączy się z grupą E (grupą pań) i zwiedzi pałac w Drottningholm, rezydencję królewską w stylu barokowym, pochodzącą z XVI wieku, wraz ze znajdującym się tamże budynkiem teatralnym.

Poza tym grupy A, B, C, objadą miasto autobusami i obejrzą zabytki. Również grupa D będzie miała możliwość obejrzenia kilku bardziej ciekawych budowli, mostów itd., między jednym a drugim etapem zwiedzania.

Lunch poszczególne grupy spożyją w czasie trwania objazdu, a to: Grupa A w restauracji Metropol, grupa B w restauracji Stallmästargarden, grupa C w restauracji na lotnisku Bromma i grupa D w restauracji Mosebacke lub restauracji Gondolen przy Slussen.

**E. Grupa E (turystyczna).**

Grupa ta nie zwiedzi żadnych zakładów przemysłowych, natomiast zwiedzi:



Zamek królewski — położony w centrum miasta, zbudowany w XVII wieku według planów architekta Tessin'a. Obecnie rezydencja królewska.

Stadshuset — jedna z najbardziej monumentalnych nowoczesnych budowli Szwecji. Siedziba władz miejskich, posiada oprócz lokali biurowych sale reprezentacyjne i salę zebrań rady miejskiej.

Pałac w Drottningholm — rezydencja królewska w okolicy Stockholmu, położona na wyspie nad rzeką Mälaren. Pałac zbudowany jest w stylu barokowym i pochodzi z XVI wieku. Otoczony jest pięknym parkiem.

Grupa spożyje lunch w oberży w Drottningholm.

Poza tym grupa ta zwiedzi Stockholm autobusami.

#### Uwaga dla wszystkich grup:

W każdym autobusie będzie przewodnik, objaśni odnośnie poszczególnych zakładów przemysłowych udziela specjalnie do tego celu wyznaczeni fachowcy.

17.00. Poszczególne objazdy autobusami zakończą się przy Skansen. Jest to słynne etnograficznie kulturalno-historyczne muzeum na wolnym powietrzu w Stockholmie. Poza różnymi eksponatami muzeum uczestnicy będą mieli możliwość zobaczyć pokaz szwedzkich tańców ludowych w strojach regionalnych. Uczestnicy następnie podejmowani będą podwieczorkiem w Skansen, urządzonym przez Szwedzki Komitet Przyjęcia.

18.30. Powrót na statek pieszo, tramwajem lub statkami w małych grupach.

19.30. Obiad na statku.

20.30. Przyjęcie wydane przez Zarząd Główny S.E.P. dla członków Szwedzkiego Komitetu.

Wieczór wolny do dyspozycji. Udzielane będą informacje o rozrywkach, koncertach, restauracjach itp. Ułatwione będą zbiorowe przejazdy do Saltsjöbaden, podmiejskiej miejscowości letniskowej.

#### Czwartek, 28 lipca.

Dzień przeznaczony na wycieczki poza Stockholmem. Uczestnicy również w tym dniu podzieleni zostaną na grupy, które zwiedzą następujące miejscowości i ośrodki przemysłowe:

**F. Grupa F (Västerås) ASEA** (liczba uczestników ograniczona do 250 osób).

7.30. Zbiórka na nadbrzeżu, odjazd autobusami na dworzec.

8.00. Odjazd specjalnym pociągiem do Västerås.

10.00. Przyjazd do Västerås.

10.10. Uczestnicy podzieleni zostaną na mniejsze grupy, które pod specjalnym przewodnictwem zwiedzą biura i fabryki ASEA, największego koncernu elektrycznego Europy Północnej. Produkcja Zakładów ASEA obejmuje prawie wszystkie gałęzie elektrotechniki.

Przed południem uczestnicy zwiedzą główne biura oraz tzw. warsztaty Mimer, gdzie wyrabiane są seryjne motory elektryczne i aparaty.

11.30. Lunch.

13.15. Zwiedzenie tzw. warsztatów Arvid i Emaus, których główną produkcją stanowią wielkie maszyny elektryczne.

Alternatywnie mogą zainteresowani uczestnicy wzamian tego zwiedzić Państwową Centralę Parową o mocy ok. 100 000 kW, która służy jako rezerwa dla sieci elektrycznej Szwecji środkowej.

15.10. Odjazd specjalnym pociągiem do Stockholmu.

17.07. Przyjazd na dworzec centralny.

**G. Grupa G (Hallstahammar)** (liczba uczestników ograniczona do 50 osób).

7.30. Zbiórka na nadbrzeżu. Odjazd autobusami na dworzec.

8.00. Odjazd specjalnym pociągiem do Västerås, razem z grupą F.

10.00. Przyjazd do Västerås.

10.10. Odjazd autobusami do Hallstahammar.

11.00. Przyjazd do Hallstahammar, lunch, po lunchu krótki odczyt o działalności zakładów Kanthal.

12.30. Zwiedzenie zakładów Kanthal. Firma ta wyrabia specjalny metal, który znalazł szerokie zastosowanie na całym świecie, specjalnie przy produkcji grzejników elektrycznych.

14.10. Odjazd do Västerås autobusami.

15.10. Odjazd pociągiem specjalnym do Stockholmu.

17.07. Przyjazd na dworzec centralny.

**H. Grupa H (Ludvika)** (liczba uczestników ograniczona do 50 osób).

7.30. Zbiórka na nadbrzeżu, odjazd autobusami na dworzec.

8. Odjazd pociągiem pośpiesznym do Ludvika.

11.53. Przyjazd do Ludvika.

12.00. Lunch.

13.30. Zwiedzenie zakładów ASEA w Ludvika. Fabryka ta wyrabia transformatory, aparaty wys. napięcia i prostowniki rtęciowe o największej mocy i do najwyższego napięcia. Tu znajduje się również jedno z największych na świecie laboratoriów wys. napięcia, które zostanie zademonstrowane zwiedzającym.

17.41. Odjazd do Stockholmu pociągiem pośpiesznym.

21.40. Przyjazd na dworzec centralny.

**I. Grupa I turystyczna (Upsala)** (liczba uczestników nieograniczona).

8.45. Zbiórka na nadbrzeżu, przejście spacerem na dworzec centralny.

9.20. Odjazd pociągiem specjalnym do Upsali.

10.10. Przyjazd do Upsali. Upsala, dawna stolica Szwecji, pochodzi jeszcze z czasów Wikingów. Obecnie miasto uniwersyteckie i siedziba arcybiskupa. Uczestnicy zwiedzą zabytki miasta pieszo, ze specjalnymi przewodnikami. Grupa zwiedzi:

Katedrę — najciekawszy zabytek kościelny Szwecji, pochodzący z XII wieku. W Katedrze znajduje się m. in. grobowiec Katarzyny Jagiellonki.

Uniwersytet — z przynależnymi charakterystycznymi gmachami: Biblioteka uniwersytecka (Carolina redi-viva), Gustavianum (gmach uniwersytetu z XVI wieku), Skytteanum (siedziba profesorów Uniwersytetu z XVI wieku) itd.

Zamek — zbudowany przez króla Gustawa Wazę w wieku XV. Obecnie rezydencja wojewody.

Lunch spożyją uczestnicy w sali przyjęć (rikssalen) na Zamku za specjalnym pozwoleniem.

14.52. Odjazd do Stockholmu pociągiem specjalnym.

15.42. Przyjazd do Stockholmu.

19—21. Obiad dla wszystkich uczestników na statku.

Wieczór wolny do dyspozycji. Bliższe informacje o rozrywkach, koncertach, restauracjach itp. zawarte będą w programie, który każdy z uczestników otrzyma przed wyjazdem do Szwecji.

#### Piątek, 29 lipca.

8—13. Od rana do godz. 13 wycieczki indywidualne, zwiedzanie miasta, wycieczki techniczne specjalne itp. Bliższe dane będą zakomunikowane w szczegółowym programie. Osobne zapisy nie będą wymagane.

13.00. Odjazd na m/s „Piłsudski“ do Gdyni.

13—15. Lunch w dwu kolejkach.



16—19. c) Posiedzenie Grupy Przemysłowej w Wielkim Salonie na pokładzie spacerowym — przewodniczy inż. Jerzy Roman.

d) Posiedzenie Grupy Morskiej w Wielkim Salonie zaraz po Grupie Przemysłowej.

19—21.30. Obiad kapitański w dwu kolejkach. Podczas obiadu wygłoszone będą przemówienia i odczytane telegramy powitalne i z życzeniami.

Stroje: wieczorowe lub ciemne ubrania.

22.00. Bal z atrakcjami na pokładzie spacerowym.

Stroje: panie — suknie wieczorowe lub balowe, panowie — smokingi lub fraki.

#### **Sobota, 30 lipca.**

9—11. Przyjazd okrętu do Gdyni, odprawa celna i wyjście na ląd.

11—14. Dla członków S.E.P.: Posiedzenie plenarne dla załatwienia spraw organizacyjnych (w Sali Kolejowego Przystosobienia Wojskowego). Porządek dzienny:

1. Uchwalenie regulaminu obrad posiedzeń Walnych Zgromadzeń S.E.P. dla załatwienia spraw organizacyjnych.

2. Rozpatrzenie i zatwierdzenie sprawozdania Zarządu Głównego S.E.P. z działalności S.E.P. w roku 1937/38 (sprawozdanie wydrukowane w Nr 14 „Przełądu Elektrotechnicznego“ z dnia 21 lipca r. b.).

3. Rozpatrzenie i zatwierdzenie sprawozdania Komisji Rewizyjnej S.E.P.

4. Uchwalenie preliminarza budżetowego na rok 1938 i upoważnienie Zarządu Głównego do wydatkowania sum stosownie do wpływów (preliminarz wydrukowany w Nr 14 „P. E.“ z dnia 21 lipca 1938 r.).

5. Wniosek Zarządu Głównego S.E.P. o przyznanie inż. Józefowi Podoskiemu, Sekretarzowi Generalnemu Stowarzyszenia praw głosu decydującego na równi z członkami Zarządu Głównego stosownie do § 36 statutu S.E.P.

6. Zatwierdzenie przepisów i norm elektrotechnicznych (PNE) stosownie do § 26 p. c statutu S.E.P.

7. Wnioski o zmianę statutu S.E.P.

8. Wniosek Zarządu Głównego S.E.P. w sprawie opodatkowania się członków Stowarzyszenia na fundusz jubileuszowy S.E.P.

9. Ogłoszenie wyników referendum w sprawie wyborów Prezesa i członków Zarządu Głównego S.E.P.

10. Wybór członków Komisji Rewizyjnej.

11. Wybór miejsca XI Walnego Zgromadzenia S.E.P.

#### **Posiedzenie Zamknięcia Zjazdu.**

Przyjęcie wniosków grup referatowych. Komunikaty ogólnej treści. Zamknięcie Zjazdu.

#### **11—14. Dla pań i gości.**

J. Wycieczka statkami dla zwiedzenia portu.

14—15. Obiady w grupach według przydziału.

15—17. Zwiedzanie miasta.

K, L. Zwiedzanie portu statkiem i zwiedzenie sygnalizacji nautycznej przy głównym wjeździe do portu.

17.00. Odjazd pociągu specjalnego do Warszawy.

19.00. Odjazd pociągu do Poznania, Krakowa, Katowic itp.

### **CZĘŚĆ II. PROGRAM DLA OSÓB POZOSTAJĄCYCH NA CAŁY OKRES ZJAZDU W GDYNI.**

#### **Wtorek, 26 lipca.**

Rano przyjazd do Gdyni.

8.30. Udział w inauguracyjnym otwarciu Zjazdu. (Według programu ogólnego).

12.00. Pożegnanie odjeżdżających do Szwecji.

14.30—15.00. Wspólny obiad w Dworcu Morskim.

15.00. Zwiedzanie miasta, kolacja, odjazd do kwater.

#### **Sroda, 27 lipca.**

9.00. Zbiórka na molo reprezentacyjnym (przystań żegluga). Objazd motorówkami Żegluga „Jaś“ i „Małgosia“ portu i zwiedzanie ważniejszych urządzeń portowych (przeładunek węgla, olejarnia, łuszczarnia, elewator itp.).

12.00. Przystanek w kanale przemysłowym przy pomoście elektrowni parowej „Gródek“, zwiedzanie elektrowni (mały posiłek), dalszy ciąg zwiedzania portu, prace czerpalne w kanale przemysłowym.

14.00. Powrót na przystań „Żegluga“. Obiad indywidualnie.

17.00. Wycieczka autobusem na Oksywie. Nadbrzeżna Centrala Radiokomunikacyjna w Gdyni — produkcji Państwowych Zakładów Tele- i Radiotechnicznych. Cmentarz (grób gen. Orlicz-Dreszera). Kolacja indywidualnie po powrocie do Gdyni.

#### **Czwartek, 28 lipca.**

9.00. Zbiórka na przystani „Żegluga“ i wyjazd statkiem do Jastarni, zwiedzenie. Wycieczka pieszo lub autobusem z Jastarni do Juraty, lasem (2 km) plaża, kąpiel, obiad. Wieczorem powrót statkiem.

#### **Piątek, 29 lipca.**

9.00. Zbiórka na Skwerze Kościuszki i wyjazd samochodami do Wielkiej Wsi, zwiedzenie portu rybackiego Władysławowo. Przejazd do Rozewia, zwiedzenie latarni Żeromskiego, przejazd do Jastrzębiej Góry, plaża, kąpiel, obiad. Wypoczynek.

15.00. Przejazd do Żarnowca, zwiedzenie kościoła i zabytków. Powrót przez Puck, zwiedzanie zelektryfikowanych kościołów w Swarzewie i art. oświetlenia kościoła w Mrzeżynie. Kolacja w Gdyni indywidualnie.

#### **Sobota, 30 lipca.**

9.00. Zbiórka na Dworcu Morskim, powitanie powracających ze Szwecji. Uroczystości związane z zamknięciem Zjazdu.

Po południu odjazd pociągami specjalnymi do Warszawy i wagonami zarezerwowanymi do innych miast.

W razie niepogody dnia 28 lipca przewidziana jest wycieczka do Portu Marynarki Wojennej.

### **MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA ENERGETYCZNA**

Od 25 sierpnia do 2 września r. b. odbędzie się w Wiedniu posiedzenie Międzynarodowej Konferencji Energetycznej, której program przewiduje rozpatrzenie szeregu zagadnień energetycznych, a przede wszystkim sprawy zasilania energią elektryczną rolnictwa, przemysłu, gospodarstwa domowego oraz zagadnienia oświetleniowe i elektryfikacji kolei.

Prócz tego w programie przewidziany jest cały szereg wycieczek technicznych w Wiedniu oraz wycieczki pozjazdowe, które trwać będą od 3 do 9 września rb.

Szczegółowe informacje oraz program Konferencji otrzymać można w Stowarzyszeniu Elektryków Polskich i w Polskim Komitecie Energetycznym, do którego nadsyłać należy zgłoszenia na Konferencję w terminie do dnia 1 lipca rb.



## POLSKI KOMITET ELEKTROTECHNICZNY

### Sprawozdanie z zebrania

#### Komitetu symboli graficznych CEI

które się odbyło w Zurychu w d. 2, 3 i 4 maja 1938 roku.

W zebraniu tym wzięli udział: prof. K. Drewnowski jako przewodniczący Komitetu Nr III — Symboli graficznych CEI i delegat PKE p. E. Huber Stockar, przewodniczący Komitetu Szwajcarskiego, p. F. Jacobsen (Norwegia) — przewodniczący sekcji prądów silnych Komitetu Nr III oraz p. W. Bänninger (Szwajcaria) — Sekretarz Komitetu. Obrady odbywały się w biurze sekretariatu Komitetu Nr III mieszczącego się w siedzibie Szwajcarskiego Komitetu Elektrotechnicznego.

Przewodniczący zagajając obrady wyjaśnił, że Sekretariat Komitetu Szwajcarskiego, który prowadzi również sekretariat Komitetu symboli graficznych CEI nie mógł wcześniej przygotować materiałów, związanych z ostatnimi uchwałami Komitetu w Brukseli (1935) z powodu nawału zajęć innych. Ze względu na to, że na zebraniu plenarnym CEI w Anglii w 1938 r. przewidziane zostało również posiedzenie Komitetu Nr III, okazało się konieczne przepracowanie materiałów i przygotowanie konkretnych propozycji co do symboli: trakcji elektrycznej i przekaźników, oraz co do nowelizacji symboli prądu silnego (Fasc. 35).

Sprawy te przedyskutowano szczegółowo, a mianowicie:

1. **Symbol trakcji elektrycznej.** Przygotowano następujące dokumenty jako podstawę obrad w Torquay: Symbole urządzeń stacyjnych (3) Secrétariat (303), który będzie przed tym przedłożony Komitetowi mieszanemu (Comité Mixte) do aprobaty; Symbole urządzeń na elektrowozach (3) Secrétariat (304), który już może zostać przyjęty w Torquay; oraz Symbole urządzeń pneumatycznych (3) Secrétariat (305), który zostanie przesłany do Międzyn. Komisji Hamowania do opinii.

2. **Symbol przekaźników.** — Jako podstawę do projektu symboli przekaźników i urządzeń samoczynnych wzięto propozycje francuskie (3) France (301), które przedyskutowano szczegółowo i na podstawie tego oraz uwag angielskich (3) Gr. Bret. (301) ułożono nowy projekt sekretariatu (3) Secrétariat (302) zawierający ok. 90 symboli przekaźników. Projekt ten będzie przedstawiony do przyjęcia w Torquay.

3. **Nowelizacja symboli prądu silnego (Publ. Nr 35).** Rozpatrywano obecnie obowiązujące Publ. Nr 35, II wydanie, która wymaga zmian zarówno merytorycznych jak redakcyjnych. Zapoznano się również szczegółowo z nowymi symbolami niemieckimi VDE z lutego 1938 r. oraz z uwagami komitetu angielskiego (3) Gr. Bret. (301).

Poza różnymi zmianami, zamieszczonymi w dokumencie 3 (Secrét.) 301, wprowadzono parę nowych symboli a mianowicie dotyczących: przekaźników (Sekcja III) i trakcji (Sekcja IV), o czym była mowa powyżej, oraz zegarów elektrycznych i przekształtników (mutatorów). Powyższe propozycje zostaną poddane do dyskusji i przyjęcia na zebraniu Komitetu w Torquay.

4. **Symbol graficzny telekomunikacji (Publ. Nr 42).** Stwierdzono, że te symbole zostały już przyjęte przez zainteresowane organizacje (CCIF, CCIT, CCIR), że zatem można je uważać jako ostatecznie załatwione. Odpowiednia publikacja ich ukaże się niebawem.

Na tym obrady zakończono. Przewodniczący zamykając zebranie stwierdził, że ilość spraw przedyskutowa-

nych sama wskazuje na to jak było potrzebne to zebranie. Obecnie sekretariat przychodzi na zebranie plenarne z poważnym materiałem do dyskusji. Przewodniczący zapowiedział, iż następne zebrania Komitetu symboli graficznych będą się odbywały częściej, z reguły corocznie, aby pobudzić komitety krajowe do pracy w tej dziedzinie i doprowadzić wkrótce do kompletnego wydania symboli elektrotechnicznych.

Przewodniczący podziękował wreszcie Komitetowi szwajcarskiemu za pomoc w pracach i gościnne przyjęcie delegatów i zamknął zebranie, naznaczając następne w Torquay.

K. Drewnowski.

## ODDZIAŁ WARSZAWSKI

### Protokół dorocznego Walnego Zebrania Oddziału z dnia 28.II. 1938 roku.

Zebranie zagał kol. inż. Wachowski, wiceprezes Oddziału, w zastępstwie Prezesa kol. inż. Przelaskowskiego, który telegraficznie zawiadomił o niemożności przybycia na zebranie z powodu przebywania na kuracji.

Kol. Wachowski wygłosił wspomnienie o Kolegach, którzy zmarli w roku sprawozdawczym: Śp. Dr Inż. Aleksander Rothert, Bp. inż. Benno Bassis i Śp. Bronisław Tyszka. Zebrani uczcili pamięć Zmarłych przez powstanie.

Następnie Sekretarz Generalny kol. Podolski wygłosił komunikat o rozwoju prac Stowarzyszenia w r. ub. i o zamierzeniach na najbliższą przyszłość. Na propozycję kol. Wachowskiego zebrani wybrali na przewodniczącego kol. inż. W. Iwaszkiewicza. Sekretarzem z urzędu został kol. inż. M. Chodakowski.

Przyjęto następujący porządek obrad:

1. Sprawozdanie z działalności Zarządu za rok 1937,
2. Sprawozdanie Komisji Rewizyjnej,
3. Wybory: a) członków Zarządu i b) Komisji Rewizyjnej,
4. Wolne wnioski.

1. Sprawozdanie Zarządu odczytał kol. M. Chodakowski. Sprawozdanie to uzupełnili referenci poszczególnych działów kol. kol. inż. Wachowski, Zabłocki, Mejro. Poza tym kol. inż. Zabłocki zdał sprawozdanie z prac Komisji Statutowej.

Następnie kol. Przewodniczący otworzył dyskusję nad sprawozdaniem Zarządu.

Kol. Wóycicki podniósł z uznaniem działalność Zarządu, zwracając uwagę, że wszystkie uchwały poprzedniego Walnego Zebrania zostały wypełnione. Kol. Wóycicki podkreślił specjalnie zasługi kol. Wachowskiego, którego energii i pracy zawdzięczać należy wyniki osiągnięte w dziedzinie doksztalcenia (wykłady z dziedziny fizyki, wykłady dla inżynierów, kursy dla monterów).

Kol. Todleben poruszył sprawę, że w sprawozdaniu została pominięta sprawa prac konsolidacyjnych świata elektrotechnicznego. Istnieje Komisja Porozumiewawcza SEP, Z.P.I.E. i S.T.P., której prace trwają już rok, jednak konkretnych rezultatów brak.

Kol. Straszewski również podniósł zasługi kol. Wachowskiego w zupełności podzielać zdanie kol. Wóycickiego.

Kol. Kamiński poruszył sprawę wycieczek; uważa on, że jest ich za mało i pragnąłby, ażeby w tej dziedzinie działalność była również tak ożywiona, jak w dziedzinie wykładów.



Kol. Sekretarz Generalny omówił sprawę prac Komisji Porozumiewawczej, przedstawiając przebieg prac tej Komisji. W chwili obecnej stanowisko Zarządu Głównego jest takie, że nie zważając na posunięcia innych, SEP dążyć winien do konsolidacji świata elektrotechnicznego i wyrazem tego jest danie przywilejów przez SEP członkom Z.P.I.E. i S.T.P. bez żadnych ograniczeń. Inicjatywa dalszych prac Komisji nie leży obecnie w rękach SEP, który wykazał już maksimum dobrych chęci w kierunku uaktywnienia prac Komisji.

W dalszym ciągu przemawiali kol. kol. Straszewski, Zabłocki, Kamiński, Kowalski i Pawlikowski, charakteryzując nastroje panujące w tej sprawie w SEP i podkreślając, że SEP dołożyło dużo starań, ażeby konsolidacja posunęła się naprzód.

Kol. Todtleben podkreślił konieczność konsolidacji, poruszając przy tym sprawę reprezentowania inżynierów przez N.O.I., którego członkiem jest Z.P.I.E. Kol. Todtleben uważa, że Zarząd Główny powinien wystąpić z inicjatywą uzgodnienia ogólnych celów SEP z pracami, które są prowadzone przez N.O.I.

Uwagi na temat konsolidacji wypowiedzieli jeszcze kol. kol. Szpotański i Wóycicki, po czym dyskusja na ten temat została zamknięta.

W dalszym ciągu kol. Arlitewicz złożył sprawozdanie finansowe, przedstawiając zebrany R-k Strat i Zysków oraz Bilans Zamknięcia.

2. Kol. Straszewski odczytał sprawozdanie Komisji Rewizyjnej. Kol. Gumiński zreferował Preliminarz Budżetowy na rok 1938. Kol. J. Podoski, w związku z koniecznością usprawnienia prac Sekretariatu Oddziału oraz w związku z kurczeniem się funduszy SEP na prace przepisowe, złożył wniosek treści następującej:

„Walne Zebranie upoważnia Zarząd Oddziału Warszawskiego do rozdysponowania sumy zł 3200.—, przeznaczonej na Fundusz Biblioteczno - Wydawniczy w sposób następujący:

1. Upoważnić Zarząd Oddziału Warszawskiego do dysponowania w bieżącej kadencji sumą do wysokości zł 600.— na przewidywaną pomoc przy prowadzeniu Sekretariatu Oddziału Warszawskiego.

2. Na Bibliotekę i Czytelnię przeznaczyć zł 1300.—.

3. Na Fundusz Słownictwa Elektrotechnicznego przeznaczyć sumę zł 650.—.

4. Na prace przepisowe przeznaczyć zł 650.—“.

Kol. Todtleben jest zasadniczo przeciwny, ażeby prace przepisowe były finansowane przez członków indywidualnych. Uważa, że raczej ten obowiązek spoczywa na członkach zbiorowych. W związku z tym kol. Todtleben zgłosił poprawkę, ażeby sumę zł 1250.— przeznaczyć do dyspozycji Zarządu Oddziału.

W dyskusji nad tą sprawą zabierali głos kol. kol. Straszewski, Wóycicki, J. Podoski i Wachowski.

Przystąpiono do głosowania wniosków i przyjęto wnioski Komisji Rewizyjnej:

1. Zatwierdzenie sprawozdania rachunkowego za rok 1937 i udzielenie Zarządowi Oddziału absolutorium,

2. O wyrażenie gorącego uznania kolegom Skarbnikom za pełne poświęcenia prowadzenie ksiąg i sprężyste inkasowanie składek,

3. O przelanie salda - credit w sumie zł 508,32 do funduszu obrotowego Oddziału.

Kol. Wóycicki zgłosił wniosek, ażeby udzielić Zarządowi absolutorium z podziękowaniem. Wniosek ten przyjęto przez aklamację. Również przez aklamację przyjęto wniosek kol. Wóycickiego treści następującej:

„Walne Zebranie Oddziału Warszawskiego wyraża specjalnie gorące podziękowanie wiceprezesowi Oddziału kol. inż. Stanisławowi Wachowskiemu za jego owocną wyteżoną i niezmordowaną pracę zarówno na terenie Oddziału Warszawskiego, jak i w wielu innych najważniejszych, a bardzo żmudnych pracach Stowarzyszenia“.

Przyjęto wniosek kol. J. Podoskiego z poprawką kol. Todtlebena w sprawie funduszu biblioteczno - wydawniczego z tym, że przeznaczenie sumy zł 1250.— będzie pozostawione do dyspozycji Zarządu.

### 3. Wybory.

Przystąpiono do wyboru 3-ch członków Zarządu na miejsce ustępujących przez losowanie. Na wniosek Zarządu wybrano wobec niezgłoszenia dalszych kandydatów — jednogłośnie: kol. kol. F. Ciborowskiego, B. Zabłockiego, J. Gumińskiego.

Na wniosek Zarządu wybrano przez aklamację Komisję Rewizyjną w składzie: kol. kol. K. Jackowskiego, K. Mecha, A. Olendzkiego, J. Rzewnickiego, K. Straszewskiego.

Przyjęto przez aklamację wniosek o podziękowanie kol. Iwaszkiewiczowi za sprężyste prowadzenie obrad.

Wobec wyczerpania porządku obrad zebranie zamknięto.

## ODDZIAŁ KRAKOWSKI.

Przyjęty na członka zwyczajnego:

Dankmayer Hugo, inż., świętochłowice, Al. 3 Maja 9.

## ODDZIAŁ LWOWSKI.

Zgłoszenia na członków zwyczajnych \*):

Asler Roman Tadeusz, inż., Lwów, Listopada 34.  
Bukowski Andrzej Michał, inż., Lwów, Nowy świat 18.  
Romański Franciszek, inż., Lwów, Stryjska 56.  
Stoniowski Henryk Jakób, inż., Lwów, Zdrowie 10.

## ODDZIAŁ ŁÓDZKI.

Zgłoszenie na członka zbiorowego:

Kolej Elektryczna Łódzka, Sp. Akc. — Łódź, ul. Tramwajowa 6.

## ODDZIAŁ POZNAŃSKI.

Zgłoszenie na członka zwyczajnego:

Baczyński Olgierd, tchl., Poznań, Ogrodowa 19 m. 9.

Przyjęty na członka zwyczajnego:

Wittek Stanisław, tchl., Poznań, Bukowska 27 m. 5.

## ODDZIAŁ WARSZAWSKI.

Zgłoszenia na członków zwyczajnych:

Chróściewicz Kazimierz, tchl., Warszawa, Królewska 27 m. 27.  
Fabierkiewicz Z. Jan, inż., Warszawa, Niegolewskiego 21 m. 4.  
Joniewicz H. Bogumił, tchl., Warszawa, Białołędzka 59 m. 10.  
Lipski Janusz Bolesław, inż., Warszawa, Krasińskiego 8 m. 10.  
Manz Egon Ludwik, inż., Warszawa, Piusa XI. 32.  
Pluciński Aleksander Leon, inż., Sieradz, Kościuszki 25.  
Radobyłski-Hubarewicz Eugeniusz, inż., Akademicka 5, pok. 547.

\* ) U w a g a : Zgodnie z par. 10 Statutu S.E.P., każdy członek Stowarzyszenia ma prawo złożenia właściwemu Zarządowi oddziału w ciągu 4 tygodni od daty niniejszego ogłoszenia umotywowanego protestu przeciwko przyjęciu powyższych kandydatów.



## PRZEPISY NA INSTALACJE ANTENOWE\*\*)

(Nowelizacja)

Uwaga. Wszelkie prawa przedruku zastrzeżone przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich.

### I. WSTĘP.

#### § 1. Zakres stosowania przepisów.

1. Przepisy niniejsze odnoszą się do urządzeń stałych lub ruchomych odbiorczych umieszczonych na obiektach stałych lub ruchomych oraz do anten zastępczych.

Uwaga. Przez obiekty ruchome rozumie się wagony kolejowe, samochody, statki rzeczne itp. Anteny przeznaczone do celów specjalnych, jak goniometryczne, ziemne, dipolowe itd. nie podlegają niniejszym przepisom.

2. Przepisy dotyczą bezpieczeństwa, użyteczności i wymagań estetycznych.

3. Przepisy dotyczą anten zakładanych równocześnie z budową domu, jak również anten na domach już wybudowanych.

4. Do anten wewnętrznych stosują się jedynie §§ 20 — 24.

5. Do anten wagonowych stosują się §§ 4 (pp. 10, 11 i 13).

6. Do anten samochodowych stosuje się § 4 p. 10, a nie stosuje się § 14.

7. Do anten na statkach rzecznych stosuje się § 4 p. 12.

8. Przepisy niniejsze są opracowane z uwzględnieniem rozporządzenia Ministra Poczty i Telegrafów Nr. 548 § 15 i § 16 Dziennik Ustaw Nr. 78 z 1936 roku oraz prawa budowlanego (Rozporządzenie Prezydenta R. P. z dnia 16.II.1928 r. Dz. U. R. P. Nr. 23, poz. 202 i Ustawa z dnia 14.VII.1936 r. Dz. Ustaw R. P. Nr. 56, poz. 405).

9. Przepisy niniejsze są nowelizacją przepisów PNE/25-1932, PNE/12-1932 i PNE/13-1932, które z chwilą wydania niniejszych przepisów tracą swoją ważność.

\*) Uwagi do niniejszego projektu należy nadsyłać w terminie do dnia 1 września 1938 r. p. a. — Stowarzyszenie Elektryków Polskich — Warszawa 1, Królewska 15.

\*\*) Opracowane przez Komisję XII Radiotechniczną. W pracach braли udział pp. Bylewski I., Darecki S., Domański M. (referent), Janota I., Jasiński S. (przewodniczący Komisji XII), Jaroński T., Jaworowski Z., Klossowski T., Lasocki K., Łukasik H., Manczarski S., Mrązek S. (przewodniczący Podkomisji Antenowej), Puciata W., Rabecki W., Sasaki K., Sokolcow D., Stark K., Szczepański I., Witkowski K., Zastynec R.

10. Urządzenia antenowe należy stale utrzymywać w stanie odpowiadającym niniejszym przepisom.

### § 2. Termin ważności.

1. Przepisy niniejsze wchodzi w życie z dniem .....  
Wszelkie anteny wykonane po tym terminie muszą odpowiadać niniejszym przepisom.

2. W rządzeniach antenowych, wykonanych przed wydaniem przepisów, należy w najkrótszym czasie usunąć wszystkie te braki, które mogłyby narazić życie lub zdrowie ludzkie na niebezpieczeństwo. (§ 4 pp. 2, 3, 4, §§ 13, 14, 17, 21, 22, 23 i 24). W ogóle zaś należy stare urządzenia stopniowo doprowadzać do stanu, odpowiadającego przepisom niniejszym.

3. Wszelkie dalsze zmiany, uzupełnienia czy też rozszerzenia urządzeń antenowych powinny być, jeżeli to tylko jest możliwe, wykonane już według nowych przepisów.

### § 3. Określenia.

1. *Antena odbiorcza* jest to zespół przewodów (lub elementów równoważnych jak pręty, siatki, kule itp.), których zadaniem jest odbiór fal elektromagnetycznych. Zespół ten składa się zazwyczaj z dwóch części: 1) górnej, do której należą przewody naporwierzne i doprowadzenie i 2) dolnej, która stanowi uziemienie lub przeciwwagę wraz z doprowadzeniem.

2. *Instalacja antenowa* jest to antena wraz z urządzeniami dodatkowymi, jak podwieszające, wsporcze, odgromowe, przeciwciskocieniowe itp.

3. *Promień antenowy* jest to przewodnik rozpięty pomiędzy punktami wsporczymi. W wielu przypadkach promień jest zastąpiony przewodnikiem pionowym lub układem przewodników w kształcie stożka, kuli, koszyka itp.

4. *Doprowadzenie antenowe* jest to przewodnik łączący promień względnie układ równoważny z odbiornikiem radiowym. *Doprowadzenie ekranowane* jest to doprowadzenie w osłonie metalowej, której zadaniem jest zmniejszenie zakłóceń.

5. *Przewód uziemiający* jest to przewód łączący odbiornik z uziemiaczem.

7. *Uziemieniem* nazywamy w praktyce zespół uziemiaczy wraz z przewodami wyprowadzonymi nad powierzchnię ziemi.

8. *Przewód odgromowy* jest to przewód łączący urządzenie wsporcze anteny z uziemieniem piorunochronowym.

9. *Przeciwwaga* jest to układ przewodników zastępujący elektrycznie bezpośrednie uziemienie.

10. *Antena zewnętrzna* (napowietrzna) jest to taka antena, której część górna (promień z doprowadzeniem względnie część równoważna) znajduje się na zewnątrz budynku.



jest wskazane i wymaga zezwolenia właściwych władz budowlanych.

5. Anteny powinny być tak zakładane, aby skuteczność sąsiednich instalacji antenowych nie zmniejszyła się z powodu założenia nowej anteny poniżej normy podanej w § 9.

6. Urządzenia antenowe w miejscach widocznych powinny być tak zakładane, aby nie szpeciły wyglądu budynków, ulic, placów i miejscowości.

7. Anteny zawieszane nad dachami nie powinny uniemożliwiać dostępu do kominów (przewodów dymowych i wentylacyjnych) ani utrudniać ich oczyszczania i wykonywania robót na dachach. Wysokość zawieszenia promienia anteny nad miejscami dostępu do kominów, wentylatorów, świetlików, stojaków telefonicznych itp. obiektów, wymagających częstego dostępu powinna być nie mniejsza niż 2 (dwa) metry.

8. Nie zaleca się instalować anten nad dachami z pokryciem łatwopalnym (słoma, trzcina).

9. O rodzaju anten zewnętrznych, które mają być założone dla abonentów Polskiego Radia w danym domu, ma decydować wielkość powierzchni tej części nieruchomości, nad którą mogą być zainstalowane anteny.

Przy projektowaniu nowych urządzeń antenowych zakładanych na danej nieruchomości, względnie przy przebudowie istniejących urządzeń, należy przyjmować następujące wytyczne (w założeniu, że każdy lokator główny ma prawo do jednej anteny):

- a) o ile na jedno mieszkanie wypadnie nie mniej niż 40 m<sup>2</sup> powierzchni nieruchomości, wówczas można zakładać anteny pojedyncze,
- b) o ile powierzchnia na jedno mieszkanie wypadnie mniejsza od 40 m<sup>2</sup> lecz większa od 20 m<sup>2</sup>, należy budować antenę zbiorową lub centralną,
- c) o ile powierzchnia na jedno mieszkanie wypadnie mniejsza od 20 m<sup>2</sup>, wówczas można budować jedynie antenę centralną.

Cyfry te są tylko orientacyjne i mogą ulegać zmianom w szerokich granicach, w zależności od położenia i sposobu zabudowania nieruchomości oraz od wysokości budynku.

Przepisy miejscowe mogą zastrzyżć podane powyżej normy, jak również zabronić zakładania anten indywidualnych i zbiorowych w poszczególnych dzielnicach lub na pewnych gmachach.

10. Anteny na wagonach, samochodach i autobusach nie powinny wychodzić poza ich dowolone górne obrysy. Poza

11. *Antena wewnętrzna* jest to taka antena, której część górna nie wychodzi na zewnątrz budynku.

12. *Antena zbiorowa* składa się z szeregu anten pojedynczych założonych na wspólnym urządzeniu wsporcym.

13. *Antena centralna* (wspólna) jest to instalacja składająca się z pojedynczej anteny połączonej pośrednio lub bezpośrednio z więcej niż jednym odbiornikiem.

14. *Antena zastępcza* jest to sieć przewodów silno- lub słaboprądowych wykorzystywanych równocześnie jako antena odbiorcza.

15. *Antena nieczynna* jest to taka antena, z której nie można korzystać bez wykonania dodatkowych połączeń, np. antena odłączona od przelącznika antenowego i trwale połączona z uziemieniem, a w antenach centralnych — uniemożliwienie korzystania z gniazd odbiorczych przez ich zaplombowanie.

16. *Odsadzka* jest to urządzenie, które zapobiega zetknięciu się anteny z budynkiem.

17. *Odgromnik* jest to przyrząd przeznaczony do usuwania niebezpiecznych napięć atmosferycznych, powstałych w antenie w czasie gdy ona jest nieuziemiona.

18. *Przelącznik antenowy* jest to przyrząd umożliwiający szybkie połączenie górnej części anteny z uziemieniem przy jednoczesnym odłączeniu jej od odbiornika.

19. *Skuteczność anteny* jest to zdolność odbierania przez nią energii fal elektromagnetycznych.

## II. PRZEPISY BUDOWY.

### A. OGÓLNE ZASADY.

#### § 4. Uwagi ogólne.

1. Projektowanie i zakładanie instalacji antenowej, szczególnie w miastach powinno być wykonywane przez odpowiednich fachowców.

2. Nie wolno przeprowadzać anten nad urządzeniami prądu silnego np. nad urządzeniem reklamowym.

3. Napowietrznych anten nie wolno mocować do stojaków i słupów podtrzymujących przewody urządzeń elektrycznych prądu silnego, jak również do publicznych urządzeń teletechnicznych.

4. Zawieszenie anten zewnętrznych ponad torami kolejowymi jest wzbronione, a ponad ulicami, drogami i placami nie



tym, po bokach autobusów i samochodów anteny nie powinny wystawać poza błotniki.

11. Instalacje antenowe na wagonach, kursujących po kolejowych liniach zelektryfikowanych, powinny być, ze względu na zbliżenie do przewodów wysokiego napięcia, zabezpieczone w następujący sposób: doprowadzenie antenowe pomiędzy przelącznikami antenowym a odbiornikiem należy włączyć kondensator o pojemności 500 pF, obliczony na napięcie robocze sieci, a do zacisku kondensatora od strony przelącznika antenowego powinien być dotychczasowy opór 1 M $\Omega$  na obciążenie 2 watów. Drugi koniec oporu powinien być uziemiony. Podczas przejazdu na linii zelektryfikowanej antenę zaleca się uziemiać.

12. Wysokość i sposób zawieszenia anten na statkach, kursujących po śródlądowych drogach wodnych, powinny odpowiadać przepisom, dotyczącym konstrukcji masztów i kominów statków rzecznych.

13. Urządzenie antenowe powinno wykazywać we wszystkich swoich częściach dostateczną pewność oraz odporność na wpływy atmosferyczne przy największych przewidzianych nażeniach.

#### § 5. Materiały.

1. Na promienie i doprowadzenie antenowe mogą być użyte wszelkie materiały, które wykazują odpowiednią odporność na wpływy atmosferyczne, dostateczną wytrzymałość i trwałość mechaniczną oraz wystarczającą przewodność elektryczną. W przypadku stosowania linek brązowych lub z twardej miedzi, ich wytrzymałość mechaniczna na rozerwanie nie powinna być mniejsza niż 40 kg/mm<sup>2</sup>.

2. Należy unikać wszelkich łążeń, które osłabiają wytrzymałość mechaniczną przewodów oraz łączenia ze sobą różnych metali, wywołujących korozję, np. aluminium—miedź.

#### § 6. Izolatory i zawieszenie anteny.

1. Do izolowania promienia anteny należy stosować izolatory porcelanowe lub szklane, jajkowe lub siodełkowe, pracujące na ściskanie, w liczbie nie mniejszej niż 2 w szeregu w każdym punkcie izolowania. Dozwolone jest stosowanie innych typów izolatorów, równoważnych pod względem elektrycznym i mechanicznym wyżej wymienionym 2 izolatorom jajkowym.

2. Do łączenia poszczególnych izolatorów ze sobą, jak również do łączenia izolatorów z urządzeniem wsporczym, można stosować wszelkie materiały odporne na wpływy atmosferyczne, przy czym wytrzymałość tych łążeń na zerwanie powinna być większa od wytrzymałości promienia anteny.

Uwaga. Stosowanie mało trwałych materiałów do powyższych celów jak sznurek konopny itp. jest wzbronione.

#### § 7. Rozpiętość.

Odległość między urządzeniami wsporczymi nie może przekraczać w miastach 60 m.

#### § 8. Doprowadzenie antenowe.

1. Odległość doprowadzenia antenowego od ścian, dachów i przedmiotów stałych (np. drzewa) nie może być mniejsza niż 20 cm, o ile nie jest ono ekranowane.

2. Instalowanie doprowadzeń antenowych w kanałach wentylacyjnych jest dozwolone tylko w wyjątkowych wypadkach.

3. Wewnątrz budynków instalację antenową zaleca się wykonywać za pomocą przewodów ekranowanych wielkiej częstotliwości.

4. Jeżeli doprowadzenie antenowe jest przeprowadzone dookoła gzymsu gmachu, to odsadzka powinna być tak umocowana, aby można ją było łatwo przysuwać.

5. Doprowadzenie antenowe dołączane do promienia nie powinno zwiększać jego obciążenia poza granice wytrzymałości promienia i urządzenia podwieszającego.

6. Doprowadzenie zewnętrzne zaleca się ze względów estetycznych prowadzić od strony podwórza.

#### § 9. Ocena skuteczności anteny.

1. *Skuteczność anteny pojedynczej.* Skuteczność anteny pojedynczej (indywidualnej) powinna być dostosowana do typu odbiornika, przy czym dla odbiorników kryształkowych lub innych mało czułych wysokość skuteczna mierzona jako stosunek napięcia użytecznego w punkcie odbiorczym do natężenia pola w miejscu zawieszenia promienia, względnie części równoważnej, powinna wynosić co najmniej 2 metry.

2. *Skuteczność anteny zbiorowej.*

a) Każda antena, wchodząca w skład zbiorowej instalacji antenowej, powinna być tak wykonana, aby jej wysokość skuteczna, mierzona j. w. była w zasadzie nie mniejsza niż 2 metry.

b) Przy budowaniu zbiorowej instalacji antenowej należy dążyć w miarę możliwości do tego, aby każda poszczególzna antena była dostosowana do rodzaju odbiornika, dla którego jest przeznaczona.

3. *Skuteczność anteny centralnej.* Skuteczność anteny centralnej, oddanej do użytku radioabonentów, powinna być taka, aby jej wysokość skuteczna, mierzona jako stosunek napięcia użytecznego w dowolnym punkcie odbiorczym do natężenia pola w miejscu zainstalowania części zewnętrznej była nie mniejsza niż 2 metry.



**Uwaga.** Skuteczność anteny zależy przede wszystkim od kształtu i wymiarów geometrycznych, własności elektrycznych, sposobu zainstalowania oraz warunków lokalnych. Przedmioty takie jak konstrukcje żelazne, mury, drzewa itp., znajdujące się w bezpośrednim sąsiedztwie anteny, zmniejszają jej skuteczność.

## B. KONSTRUKCJE WSPORCZE.

### § 10. Wymagania ogólne.

1. Promienie antenowe można zakładać na stojakach drewnianych lub metalowych. Stojaki te muszą być sztywno umocowane, zupełnie proste i ustawione pionowo. W miarę możliwości należy nikać stojaków drewnianych (tyczek masztowych).
2. Konstrukcje wsporcze do wszelkich murowanych części budynku powinny być umocowane na cement.
3. Metalowe konstrukcje na dachach, służące za wsporniki antenowe, powinny być uziemiane według przepisów PNE/22. Do metalowych konstrukcji dachowych zaliczają się np. rury wsporcze, słupy kratowe, maszły flagowe, wieżyczki itp. W konstrukcjach złożonych, jak np. kratownicach, powinna być zapewniona dobra przewodność elektryczna między poszczególnymi jej częściami.
4. Do kominów dymowych nie wolno mocować stojaków drewnianych, a zakładanie innych stojaków dozwolone jest tylko pod warunkiem, że statyczność komina nie będzie przez to osłabiona ani naruszona.
5. Nie wolno mocować stojaków do kominów fabrycznych.
6. Stojaki drewniane winny być wykonane z drzewa nie łującego się słońce i odpowiednio zabezpieczone od wpływów atmosferycznych. Stojaki metalowe powinny być przed założeniem zabezpieczone od rdzy przez pomalowanie farbą ochronną.
7. Stojaki izolowane o wysokości ponad 3 metry powinny być zaopatrzone w przewód odgromowy, w/g przepisów PNE/22. Przewód ten powinien być dokładnie uziemiony.
8. Stojaki mocowane do konstrukcji dachowej nie powinny naruszać jej wytrzymałości.
9. Przy obliczaniu stojaków uwzględnić należy parcie wiatru na stojaki i antenę o sile  $125 \text{ kg/m}^2$  — a) dla anten pojedynczych o wysokości ponad 3 metry oraz odstepie podpor ponad 50 metrów, b) dla wszelkich stojaków anten zbiorowych, c) dla anten pionowych o wysokości ponad 4 metry. Poza tym należy wziąć pod uwagę obciążenia dodatkowe, spowodowane przez naciąg oraz sadz i parcie wiatru, działającego jako siła w kierunku ziemi, o wielkości  $0,3 \text{ kg}$  na m. b. przewodu lub linki albo drutu podwieszającego. Dla anten pionowych z pojemnością końcową należy przyjąć obciążenie przez sadz i parcie wia-

tru w kierunku pionowym, licząc  $5 \text{ g}$  na  $\text{cm}^2$  rzutu poziomego. Obliczenia należy wykonać z trzykrotnym bezpieczeństwem.

### § 11. Odciągacze i zakotwienia.

1. W razie stosowania odciągaczy, odległość zakotwień od podstawy stojaka w płaszczyźnie poziomej, powinna wynosić co najmniej  $1/3$  wysokości stojaka.
2. Dla stojaków żelaznych odciażki powinny być wykonane z linki stalowej. Dla stojaków drewnianych dopuszczalne jest stosowanie odciażek z drutu żelaznego ocynkowanego. W obu przypadkach średnica odciażki nie może być mniejsza od  $3 \text{ mm}$ . Dla linek stalowych średnica pojedynczego drutu nie może być mniejsza niż  $0,8 \text{ mm}$ .
3. Zakotwienia odciągaczy lub linek podtrzymujących anteny (zawieszek) do budynku powinny być tak wykonane, aby wytrzymały spodziewane obciążenie.
4. Zakotwienie odciągaczy lub linek podtrzymujących antenę w gzymsach, żłobkach oraz rynnach jest wzbronione.
5. W razie mocowania anteny do drzewa należy uwzględnić wahanie drzewa spowodowane wiatrem. Anten umocowanych do kominów nie wolno przymocowywać drugim końcem do drzewa.

### § 12. Uszczelnienia dachu.

Wszelkie przejścia pod pokrycie dachu, w szczególności konstrukcji wsporczych, zakotwień i doprowadzeń antenowych, powinny być zabezpieczone przed zaciekaniami.

## C. URZĄDZENIA ODGROMOWE I UZIEMIENIA.

### § 13. Urządzenia przeciwprzepięciowe.

1. Antena w żadnym wypadku nie może być uważana w sensie „Wskazówek co do ochrony budowli od elektrycznych wyładowań atmosferycznych“ (PNE/22) za urządzenie piorunochronowe dla budynku.
2. Urządzenie radioodbiornicze powinno być zabezpieczone od wyładowań atmosferycznych za pomocą odgromnika grzebykowego z przerwą iskrową o długości najwyżej  $0,4 \text{ mm}$ . Odgromnik ten powinien być załączony równoległe do urządzenia odbiorczego i może stanowić część składową przełącznika antenowego.
3. Ponadto, dla zabezpieczenia urządzenia odbiorczego antena może być dodatkowo zaopatrzona w odgromnik przeciwprzebiegowy, działający już przy napięciu  $250 \text{ V}$ , w postaci iskrotnika próżniowego lub rurki z gazem szlachetnym (np. neonem).  
Odgromniki należy w miarę możliwości umieszczać na zewnętrznej stronie budynku i zabezpieczać je od wpływów atmosferycznych.



- f) przelącznik antenowy nie może być zespolony z urządzeniem prądu silnego.
5. Przy antenach wewnętrznych i zastępczych stosowanie przelączników antenowych jest zbyteczne.

#### § 15. Urządzenia uziemiające.

1. Jako uziemienie można stosować czynne przewody wodociągowe. W braku takich przewodów należy zastosować sztuczny uziemiacz, np. wbić w ziemię rurę żelazną o średnicy około 25 mm, długości około 2 metrów, albo zakopać pionowo blachę miedzianą lub ocynkowaną żelazną o powierzchni około 0,5 m<sup>2</sup>. Przedmioty te należy zakopać na takiej głębokości, aby się znajdowały stale w wilgotnej ziemi. Z uziemiaczem musi być połączony przez spawanie względnie nitowanie przewód nik miedziany o przekroju co najmniej 3 mm<sup>2</sup> lub żelazny drut ocynkowany o przekroju co najmniej 10 mm<sup>2</sup>. Przewód ten powinien wystawać nad powierzchnię ziemi co najmniej na 1,5 metra dla połączenia z przewodem uziemiającym. Stosowanie do tego celu linki antenowej jest wzbronione.

2. Wszelkie połączenia przewodu uziemiającego z rurami wodociagowymi, lub z przewodami uziemiaczy nad powierzchnią ziemi muszą być wykonane za pomocą zacisków zapewniających dobry i trwały styk albo też spawane.

3. Przewód prowadzący od przelącznika antenowego i odgromnika do uziemiacza, powinien być krótki, prosty i ułożony możliwie pionowo.

#### D. SKRZYŻOWANIA I ZBLIŻENIA.

#### § 16. Odległości między antenami w miejscach skrzyżowania.

Ze względu na możliwości zwarć odległość między antenami w miejscach skrzyżowania powinna wynosić co najmniej 1 metr.

#### § 17. Skrzyżowania i zbliżenia z siecią prądu silnego.

1. Skrzyżowania anten na obiektach stałych z siecią prądu silnego zarówno wysokiego i niskiego napięcia są wzbronione.

2. Ze względu na zbliżenia do przewodów prądu silnego na liniach zelektryfikowanych anteny na wagonach kolejowych winny posiadać urządzenia zabezpieczające, podane w p. 11 § 4 tychże przepisów.

#### § 18. Skrzyżowania i zbliżenia do przewodów prądu słabego.

1. Przeprowadzenie anteny równoległe w odległości mniejszej niż 5 m jest niedopuszczalne.

4. Jeżeli odgromniki znajdują się wewnątrz budynku, należy umieścić je możliwie blisko wejścia doprowadzenia antenowego oraz w dostatecznej odległości od przedmiotów łatwopalnych, celem uniknięcia pożaru.

5. Jeżeli przed wejściem do budynku w doprowadzeniu anteny są włączone transformatory, kondensatory itp., to równoległe do tych urządzeń należy także łączyć odgromniki.

6. Przy antenach centralnych odgromnik powinien być umieszczony przed wejściem głównego doprowadzenia antenowego do budynku.

7. Przy doprowadzeniach ekranowanych należy łączyć odgromnik również między ekran a uziemienie, o ile nie jest on połączony trwale z ziemią.

8. W przypadku, gdy doprowadzenia antenowe są umieszczone w kanałach wentylacyjnych, należy instalować odgromniki na przejściu z kanału wentylacyjnego do mieszkania.

#### § 14. Przelącznik antenowy.

1. Oprócz odgromnika według § 12 ma być zastosowany przelącznik antenowy, umieszczony na zewnątrz lub wewnątrz budynku, w miejscu łatwo dostępnym, jak najbliżej miejsca wprowadzenia anteny do mieszkania.

2. Przy doprowadzeniach ekranowanych, w przypadku gdy ekran nie jest trwale uziemiony, należy przewidzieć przelącznik, który służy do uziemienia ekranu i odłączania go od odbiornika.

3. W instalacji anteny centralnej należy przewidzieć jeden przelącznik według p. 1 niniejszego § przed wzmacniaczem, a przy instalacji bez wzmacniania—przed transformatorem rozdzielczym. Poszczególne odbiorniki załączone do anteny centralnej zabezpiecza się na wypadek burzy przez wyjęcie wtyczki z gniazda doprowadzenia antenowego.

4. Przelącznik antenowy powinien odpowiadać następującym wymaganiom:

- a) Części przelącznika powinny być tak wykonane, żeby były odporne na mechaniczne naprężenia przy częstym przelączaniu,
- b) ruchoma część przelącznika powinna dawać w obydwu położeniach dostatecznie dobry styk,
- c) odległość styków doprowadzenia antenowego i doprowadzenia do odbiornika powinna wynosić co najmniej 10 mm,
- d) rączka przelącznika powinna być izolowana względem części metalowych połączonych z anteną,
- e) zaciski do przyłączania przewodów powinny być tak wykonane, aby można było przyłączać przewody o przekroju co najmniej 4 mm<sup>2</sup>.



2. Jeżeli przy zerwaniu anteny lub doprowadzenia jest możliwy styk z przewodami teletechnicznymi, należy zastosować przewody antenowe izolowane w odzieży odpornej na wpływy atmosferyczne.

### III. ANTENY WEWNĘTRZNE I ZASTĘPCZE.

#### § 19. Anteny wewnętrzne.

Stosowanie anten wewnętrznych jako mało skutecznych i narażanych na zakłócenia w domach zelektryfikowanych nie jest wskazane. Celem zabezpieczenia urządzenia odbiorczego na wypadek burzy należy odłączyć antenę od odbiornika i nie łączyć jej z ziemią.

#### § 20. Rodzaje anten zastępczych.

Jako antena zastępcza może być użyta:

- a) sieć *silnoprądowa*, o ile napięcie jej względem ziemi nie przekracza 250 V.
- b) sieci *telefoniczne* wewnętrzne i zewnętrzne nie przyłączone do pocztowych urządzeń teletechnicznych,
- c) sieci *sygnalizacyjne* za wyjątkiem alarmowych (takich jak np. pożarowe, OPL itp.).

#### § 21. Sposób łączenia odbiornika do anteny zastępczej.

1. Odbiornik powinien być załączony do anteny zastępczej przez kondensator zaworowy o pojemności nie większej niż 3000 cm. Kondensator ten winien być bez szkody dla swych własności mechanicznych i elektrycznych wytrzymywać napięcie skuteczne 3000 V prądu zmiennego. Kształt i dielektryk kondensatora mogą być dowolne.
2. Przy wykorzystywaniu przewodów napowietrznych słaboprądowych jako anteny zastępczej należy stosować przelączników antenowych z odgromnikami jak dla anten napowietrznych (§ 14). Odgromniki w tym wypadku mogą być wspólne dla sieci i dla odbiornika.
3. Dołączenie odbiornika do sieci silnoprądowej dozwolone jest tylko przez gniazdko wtyczkowe lub normalną oprawkę gwintową i tylko w takich gałęziach sieci, które są chronione bezpiecznikami na prąd nie większy od 10 A. Dla dołączenia wolno używać w tym wypadku tylko specjalnego dołącznika zawierającego kondensator zaworowy. Poza tym, przyrząd ten powinien łączyć się z siecią bezpośrednio, a więc bez żadnego przewodu, sznur, kabli lub tp. W tym celu przyrząd dołączny ma być zaopatrzony we wtyczkę jedno lub dwubiegunową albo też normalny trzonek gwintowy. Przybory przyrządu dołączonego (wtyczki, trzonki itd.) od strony sieci powinny być wykonane zgodnie z odpowiednimi przepisami i normami prądu silnego. (PNE/40 — 1936).

#### § 22. Kondensatory zaworowe.

Kondensatory zaworowe przyrządu dołącznego powinny posiadać dielektryk z papieru przesyconego, miki lub szkła. Kondensatory zaworowe o zmiennej pojemności, np. obrotowe, są wzbronione.

#### § 23. Przyrządy dołączne.

1. Odległość pomiędzy miejscem przyłączenia przyrządu do sieci prądu silnego, a miejscem przyłączenia aparatu radiowego musi wynosić po stronie zewnętrznej przyrządu co najmniej 20 mm.
2. Materiały, wchodzące w skład przyrządu dołącznego, a mające na celu tylko ochronę przyrządu, powinny być szkody dla swych właściwości mechanicznych i elektrycznych wytrzymać temperaturę 70°, a jeżeli stykają się z częściami przewodzącymi prąd — temperaturę 100°.
3. Przyrządy dołączne powinny być wirtymalnie mechanicznie, aby nawet przy niedbałym obejściu wszelkie uszkodzenia, a szczególnie uszkodzenia izolacji, były utrudnione. Aby uchronić przed dotykiem i wilgocią zaleca się zalanie (lub sprasowanie) poszczególnych przyborów masą izolacyjną.
4. W celu wypróbowania przyrządu dołącznego umieszcza się go na 24 godziny do pomieszczenia nasyconego parą wodną przy temperaturze 20°, a niezwłocznie potem poddaje się w ciągu 1 minuty próbom na przebiecie napięciem 1500 woltów prądu zmiennego. Napięcie to przykłada się między bieguny od strony sieci, następnie między każdy biegun od strony sieci i każdy biegun od strony urządzeń odbiorczych, wreszcie między każdy biegun od strony sieci i okładzinę z cynfolii („staniol“), owiniętą wokół całego przyrządu dołącznego.  
Zamknięta skrzynia, wyłożona wewnątrz bibulą lub tkaniną, której krawce są stale zanurzone w wodzie i która przez to stale utrzymywana jest w stanie wilgotnym, może być uważana za pomieszczenie nasycone parą wodną.
5. Natychmiast po tej próbie przykłada się między bieguny prąd stały o napięciu 440 woltów i mierzy się prąd upływu przez izolację i dielektryk. Prąd ten nie powinien przekraczać 0,5 miliampera.
6. Nie wolno zakładać przyrządów dołącznych w pomieszczeniach wilgotnych, w szczególności w łazienkach, pralniach, kuchniach i piwnicach oraz w pomieszczeniach niebezpiecznych pod względem pożarowym.
7. Nie wolno stosować przyrządów dołącznych, któreby nie odpowiadały niniejszym przepisom.



### § 24. Uziemienia i przepisy ogólne.

1. Urządzenia odbiorcze, korzystające z sieci prądu silnego, jako anteny, mogą być bezpośrednio przyłączone dla ich uziemienia tylko do przewodów wodociagowych.

Nie wolno natomiast w tym przypadku uziemiać przez łączenie urządzeń odbiorczych z przewodami gazowymi, przewodami ogrzewania centralnego lub z siecią prądów słabych.

2. Przewód uziemiający musi być wewnątrz budynku, na wysokości dostępu (do około 2,5 m nad podłogą) izolowany i mieć przekrój co najmniej 1,5 mm<sup>2</sup>. Przewód ten musi być przyłączony do uziemienia w taki sposób i w takim miejscu, aby był zapewniony dobry styk elektryczny i wytrzymałość na przypadkowe uszkodzenia mechaniczne.

3. Urządzenia odgromnikowe nie są wymagane. Zaleca się odłączyć od sieci przyrządy dołączane na czas wyładowań atmosferycznych.

4. Nie wolno korzystać z sieci prądu silnego o napięciu wyższym, jako z anten lub uziemień.

**Uwaga.** Stosowanie wyżej wymienionych anten zastępczych należy uważać za ostateczną konieczność z następujących względów:

1. Sieć elektryczna jest źródłem licznych zakłóceń, niemożliwych do wyeliminowania w odbiorniku.

2. Skuteczność anten zastępczych jest bardzo często niedostateczna ze względu na ekranujące działanie murów, rurek instalacyjnych, pan-cerzy kablowych itp.

3. Trudności w dopasowaniu pod względem elektrycznym anteny zastępczej do odbiornika.

## R Ó Ż N E

### Wieczorowe Kursy Doksztalcające SEP dla monterów-elektryków oraz tele- i radiomechaników

Staraniem Sekcji Szkolnictwa Elektrotechnicznego SEP zostały zorganizowane w styczniu b. r. Wieczorowe Kursy Doksztalcające dla monterów-elektryków oraz tele- i radiomonterów. Wykłady na Kursach rozpoczęte dn. 21 stycznia b. r. zostały zakończone dn. 7 kwietnia b. r.

Z pośród przyjętych na Kursy 246 słuchaczy dopuszczono do egzaminów 219, czyli ok. 90%. Zdało egzamin 144 słuchaczy (przystąpiło do egzaminów 183); słuchacze ci otrzymają po wakacjach świadectwa.

Wykłady cieszyły się dużą frekwencją dochodzącą do 90%. Po wakacjach zostaną zorganizowane Kursy Wieczorowe dla monterów o programie obszerniejszym, gdyż przewiduje się dla monterów tele- i radiotechników wprowadzenie dodatkowych przedmiotów w postaci tele- i radiotechniki. Ponadto przewidziane jest zwiększenie liczby godzin przeznaczonych na repetycje oraz wprowadzenie zajęć w pracowni. Dużą jednak trudność stanowi wyszukanie odpowiedniego lokalu w Warszawie, to też wszyscy Koledzy, którym sprawa Kursów nie jest obojętna, proszeni są o współdziałanie w tym kierunku z Sekcją Szkolnictwa Elektrotechnicznego SEP.

### Kurs dla monterów-elektryków kolejowych we Lwowie

Dzięki staraniom Dyrekcji Okręgowej Kolei Państwowych we Lwowie został zorganizowany w roku ub. we Lwowie jednoroczny Kurs dla monterów-elektryków kolejowych. Nauka na Kursie była prowadzona na pod-

stawie specjalnie opracowanego programu, uwzględniającego obok strony teoretycznej także praktyczną stronę nauczania; program obejmował jedynie elektrotechnikę prądów silnych. Na przyszły rok szkolny projektowane jest zorganizowanie dodatkowego Kursu radio- i teletechniki.

Liczba słuchaczy na Kursie wynosiła 40 osób; słuchacze rekrutowali się z pośród pracowników elektrowni kolejowych, warsztatów i parowozowni we Lwowie, Stanisławowie, Przemyślu i inn.

W końcu czerwca r. b. słuchacze zostaną poddani egzaminowi w obecności specjalnie wyznaczonej Komisji; ci z pośród nich, którzy złożą pomyślnie egzamin, otrzymają świadectwa upoważniające do zajęcia w przyszłości bardziej odpowiedzialnych stanowisk w służbie kolejowej.

### Miesięcznik techniczny dla pracowników przemysłu metalowego

Zagadnienie szkolenia i doksztalcania szerokich rzesz pracowników rzemiosła i przemysłu metalowego jest jednym z podstawowych zagadnień, stanowiących o rozwoju naszej wytwórczości przemysłowej, a tym samym i obronności Państwa, uzależnionej w wysokiej mierze od możliwości produkcyjnych krajowego rzemiosła i przemysłu.

Doceniając w pełni doniosłość powyższej sprawy dla rozwoju polskiej wytwórczości, Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników Polskich wespół z Polskim Związkiem Przemysłowców Metalowych powołało do życia czasopismo fachowe dla rzemieślników, instruktorów fabrycznych i mistrzów, zatrudnionych w rzemiośle i przemyśle metalowym.



Czasopismo to p. n. „MECHANIK“ obejmuje zasięgiem swej działalności zasadniczo wszystkie dziedziny wiedzy, na których opiera się rzemiosło i przemysł metalowy, ze szczególnym uwzględnieniem metaloznawstwa, obróbki plastycznej metali, odlewnictwa, obróbki termicznej ulepszającej, obróbki skrawającej i pomiarów warsztatowych. Artykuły, zamieszczane w czasopiśmie „MECHANIK“ będą utrzymane na poziomie dostępnym dla wykwalifikowanego rzemieślnika.

„Prenumerata czasopisma wynosi zł. 1 miesięcznie, zł. 2.50 kwartalnie i zł. 10 rocznie.

Adres redakcji i administracji czasopisma: Warszawa, Al. Jerozolimskie 8 m. 13 (siedziba Stowarzyszenia Inżynierów Mechaników Polskich).

Administracja czasopisma jest czynna codziennie w godzinach od 9-tej do 15-tej oraz we wtorki, środy i piątki w godzinach od 18-ej do 20-ej.

## S P I S R Z E C Z Y

### DZIAŁ ELEKTRYFIKACYJNY.

	Str.
Inż. Kobyliński Marian Wytyczne przy projektowaniu centralnego sterowania wyłącznikami sieci rozdzielczej i sieci oświetlenia ulic w miastach średniej wielkości (O. P. L.) . . .	317
Dr. inż. Dunikowski Samuel. Równowaga pracy sieci elektrycznych . . . . .	322
Inż. Domański E. i inż. Szremowicz M. Zagadnienie dużych rozpiętości w praktyce budowy linii napowietrznych	331
Inż. Kopczyński Zbigniew. Straty dodatkowe w uzwojeniach transformatorów . . . . .	334
Inż. Gogolewski Z. Pierwsze krajowe transformatory 150 kV	343
Inż. Schmidt Jerzy. Zagadnienia materiałowe w produkcji transformatorów 150 kV . . . . .	347
Inż. Kühn Henryk. Komunikacja telefoniczna Mościce — Starachowice na przewodach wysokiego napięcia 150 kV . .	350
Inż. Gniewiewski J. Burze i przebiegi w polskich napowietrznych sieciach wysokich napięć w roku 1937 . . .	361
Inż. Snawadzki Janusz. Badanie silnika asynchronicznego małej mocy . . . . .	369

### DZIAŁ MORSKI.

Inż. Mikoszewski S. i inż. Siwicki K. Kpt. mar. Budownictwo okrętowe a przemysł elektrotechniczny . . . . .	375
Inż. Migurski Adrian. Diesel-elektryczny napęd okrętów . . .	379
Inż. Kadenacy J. Sygnalizacja nautyczna na Polskim Wybrzeżu . . . . .	382
Inż. kpt. Czarniecki F. Fale ultradźwiękowe w zastosowaniu do łączności podwodnej . . . . .	387

### DZIAŁ SZKOLNICTWA I SŁOWNICTWA ELEKTROTECHNICZNEGO.

Prof. inż. Sokolcow D. Prace Stowarzyszenia Elektryków Polskich w dziedzinie kształcenia i doksztalcania zawodowego dorosłych . . . . .	393
Prof. Pożaryski Mieczysław. Zagadnienie specjalizacji w szkolnictwie elektrotechnicznym . . . . .	395
Inż. Ciechanowicz Piotr. Organizacja zajęć laboratoryjnych w szkołach elektrotechnicznych . . . . .	397
Dr. Majewski Witold. Kilka uwag o wprowadzaniu podstawowych pojęć przy nauczaniu w liceach zawodowych . . .	400
Centralna Komisja Słownictwa Elektrotechnicznego. Pisownia Polska nazw jednostek elektrycznych . . . . .	404
Z dziedziny elektryfikacji . . . . .	427
Statystyka Elektryczna . . . . .	428
Stowarzyszenie Elektryków Polskich . . . . .	429
Przepisy na instalacje antenowe . . . . .	435
Różne . . . . .	441

**PRZEDPLATA:**  
 kwartalnie . . . . . zł. 9.—  
 rocznie . . . . . zł. 36.—  
 zagranicą + 50%  
 za zmianę adresu  
 (znaczkami pocztowymi) gr. 50

Biurowisko Redakcji i Administracji: Warszawa, Królewska 15, II piętro  
 telefon № 690-23 i 648-65.

Administracja otwarta codz. od godz. 8 do 15, w soboty od 8 do 13  
 Redaktor przyjmuje we środy od godziny 19 - ej do 20 - ej  
 Konto czekowe w P. K. O. Nr. 363

Cennik ogłoszeń  
 przesyła administracja  
 na żądanie.  
 Telefon działu ogłoszeń 648-65.

Wydawca: Wydawnictwo Czasopisma „Przegląd Elektrotechniczny”, Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością.



# TURBINA PAROWA

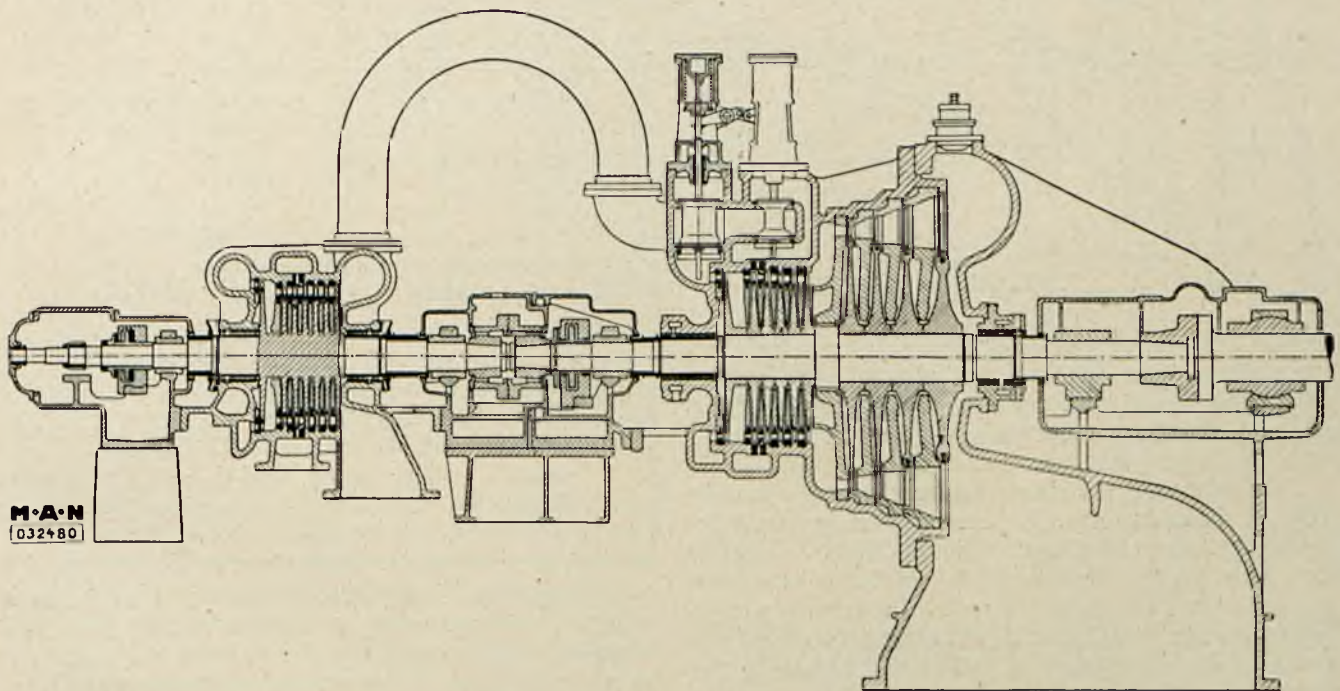
## O POBIERANIU WIELKICH ILOŚCI PARY

### Budowa oraz wyniki prób turbiny przemysłowej o mocy 20 000 kW.

Siłownia pewnych zakładów przemysłowych nad Renem posiadała szereg kotłów o ciśnieniu 10 atn, dostarczających ok. 160 t pary na godzinę dla celów fabrykacyjnych, oraz kotły o ciśnieniu 32 atn do napędu 2 turbogeneratorów o łącznej mocy 12 000 kW. W związku z zamierzoną rozbudową zakładów przewidywany był znaczny wzrost zapotrzebowania energii elektrycznej. W celu usprawnienia gospodarki siłowni postanowiono ustawić nowy turbogenerator o mocy 20 000 kW — z tym, aby cała ilość pary potrzebnej do celów fabrykacyjnych mogła być pobierana z turbiny tego zespołu. W związku z tym kotły niskiego ciśnienia miały być unieruchomione, liczba zaś kotłów o ciśnieniu 32 atn odpowiednio powiększona.

przez 4 zawory dyszowe. Zawory rozmieszczone są symetrycznie po obu stronach turbiny — w ten sposób, że po każdej stronie cylindra wysokiego ciśnienia umieszczona jest jedna grupa zaworów składająca się z zaworu pośpiesznego, głównego zaworu wlotowego oraz 2 zaworów dyszowych. Kolejno otwierają się — jeden zawór po prawej stronie oraz jeden po stronie lewej.

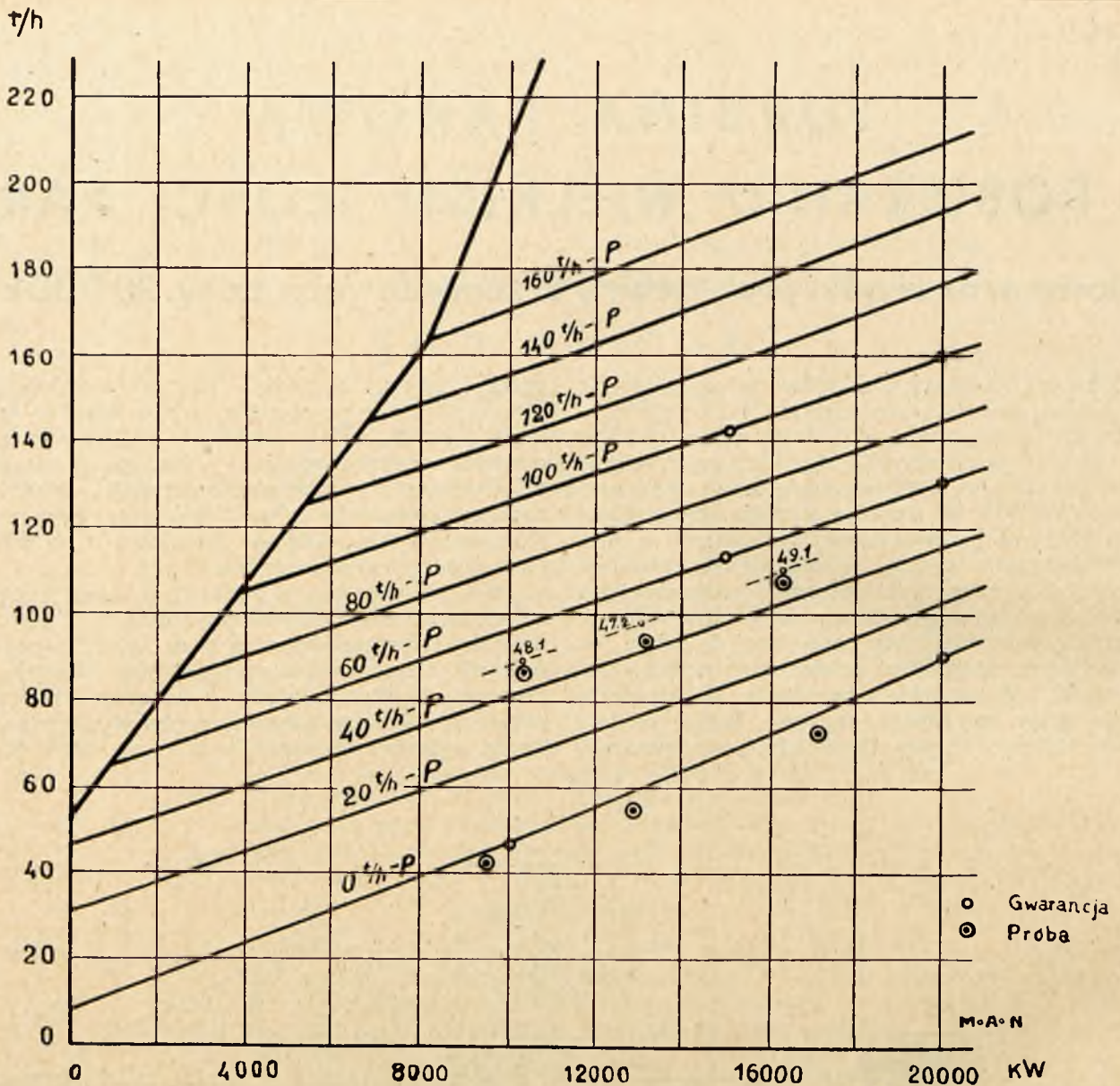
Po przejściu przez pierwsze 3 zawory regulacyjne para dostaje się do koła Curtisa o  $\varnothing$  900 mm za którym umieszczone są 6 dalszych stopni akcyjnych. Czwarty zawór regulacyjny pracuje, jako zawór przeciążeniowy, dostarczając świeżą parę do czwartego stopnia części wysokoprężnej. Drugi cylinder turbiny, do którego para dopro-



Nowa turbina M. A. N. o 3 000 obr/min. posiada na sprzęgle moc 28 300 efektywnych KM i napędza generator o mocy 26 700 kVA, 5 250 V, 50 okr./sek. Ilość pary pobieranej z turbiny wynosi od 0 do 160 ton/godz., przy ciśnieniu 11 ata. Stan pary przed zaworem wlotowym turbiny: 26 atn przy temperaturze 400° C; w wyjątkowych wypadkach stan pary wynosi 32 atn oraz 450° C. Turbina wykonana została, jako dwukadłubowa. Wlot pary następuje przez 2 zawory główne oraz

wadzana jest za pomocą 2 górnych kolan, posiada 6 stopni średniego ciśnienia o  $\varnothing$  1000 mm oraz 4 stopnie niskiego ciśnienia o  $\varnothing$  1 600/1 700 mm. Dopływ pary do drugiego cylindra sterowany jest za pomocą grupy zaworów, z których 3 zawory regulacyjne umieszczone są przed pierwszym stopniem, jeden zaś zawór — przeciążeniowy — przed trzecim stopniem części średniego ciśnienia. Miejsce sterowanego pobierania pary znajduje się przed drugim cylindrem i pozwala na pobieranie





od 0 do 160 ton pary na godzinę przy ciśnieniu 11 ata. Poza tym turbina posiada za częścią średnioprężną upust do niesterowanego pobierania pary w ilości do 11 ton/godz. — do podgrzewania wody zasilającej kotły w ilości 100 ton/godz.

Kondensator turbiny posiada powierzchnię 2 000 m<sup>2</sup> i pochłania do 85 ton pary na godz. Temperatura wody chłodzącej wynosi 28° C. Zespół pomp (do wody chłodzącej, do zasilania smoczka oraz do chłodnic oleju i powietrza), pobiera moc wynoszącą ok. 580 KM i napędzany jest za pomocą silnika elektrycznego o 730 obr/min, lub za pomocą turbinki z przekładnią 7 000/730 obr/min., uruchamianej automatycznie w wypadku zatrzymywania się z jakichkolwiek powodów silnika elektrycznego. Pompa do kondensatu ustawiona jest oddzielnie i napędzana przez silnik elektryczny o 1 450 obr/min. Dla odzyskania większej części strat ciepła na dławicach służy specjalny kondensator pary przeciekowej.

Przy pracy w warunkach zasadniczych (stan pary — 26 atn i 400° C, ciśnienie pary pobieranej 11 ata, temperatura wody chłodzącej 28°) zagwarantowane zostały następujące liczby zużycia pary:

Obciążenie turbiny w kW	Zużycie pary w kg/kWh		
	przy pobieraniu pary w ilości:		
	0 ton/godz.	60 ton/godz.	100 ton/godz.
20 000	4,5 kg/kWh	6,56 kg/kWh	8,05 kg/kWh
15 000	—	7,6 kg/kWh	9,6 kg/kWh
10 000	4,7 kg/kWh	—	—

Powyższe liczby rozumieją się z odliczeniem wody skondensowanej w dopływie pary oraz wraz z pracą wzbudnicy, lecz bez zużycia siły lub pary przez kondensację i urządzenia pomocnicze.

Powyżej podany jest wykres pobierania pary z gwarantowanymi oraz wykazanymi w czasie prób wartościami. Jak wynika z tego wykresu, rzeczywiste zużycie pary leży poniżej zużycia gwarantowanego. Ponieważ nowa kotłownia nie została jeszcze w pełni rozbudowana, turbina nie mogła być wypróbowana na maksymalną swą moc.

Pomiary wykonane zostały przez „Verein zur Wahrung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen, Essen“.