

# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok XVIII.

15 Czerwca 1936 r.

Zeszyt 12.

Redaktor inż. WACŁAW PAWŁOWSKI

Warszawa, Królewska 15, tel. 690-23.

## O poglądach Rudenberga i Bewleya na sprawę wyładowań piorunowych

Dr. inż. J. L. Jakubowski

Artykuł niniejszy został napisany w r. 1933 zaraz po ukazaniu się nowego wydania podręcznika R. Rüdemberga oraz podręcznika i artykułu L. V. Bewleya, wzmiankowanych w tekście. Dotychczas zlekkałem z opublikowaniem artykułu, pragnąc upewnić się o słuszności niektórych umieszczonych w nim uwag. Nadarzyła się do tego sposobność podczas ostatnich posiedzeń Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieci w Paryżu w r. ub. Przeprowadzone tam rozmowy, jak również późniejsza korespondencja z K. Bergem, znanym badaczem szwajcarskim, oraz J. Stiekołnikowem, autorem sowieckiego referatu o powstawaniu piorunów, przekonały mnie o słuszności moich zapatrywań. Dotyczą one sprawy indukcyjności kanału pioruna w stanie niby ustalonym wyładowania chmury burzowej. Sprawa ta leży u podstawy jakiegokolwiek ujęcia kwestji wyładowań piorunowych i łączącej się z nią kwestji ochrony linii, a poglądy na nią Bewleya i Rüdemberga zdają się być sprzeczne.

Artykuł jest tak pomyślany, że obejmuje pewną całość zagadnień, związanych z powstawaniem pioruna, aby mógł być pożyteczny również dla Czytelników, nie studujących specjalnie tego działu. Proszę więc Czytelników - specjalistów o uwzględnienie, że w artykule znajdują się również rzeczy ogólnie znane.

### Wstęp.

Badania doświadczalne, przeprowadzone w ciągu ostatnich kilku lat, doprowadziły do wniosku, że poważne zaburzenia atmosferyczne na liniach wysokiego napięcia są wywoływane głównie przez bezpośrednie uderzenie piorunów w linię. Pogląd ten jest sprzeczny z wyznawanym do niedawna zapatrywaniem, że uderzenia piorunów w linię lub słupy należą do rzadkości (por. np. R. Rüdberg, Elektrische Schaltvorgänge, 2. wyd. 1926, str. 466: „Am gefährlichsten ist natürlich ein direkter Blitzschlag in die Leitung, jedoch gehört dieser Fall immerhin zu den Seltenheiten“). W związku z powyższym faktem doświadczalnym okazała się konieczna przebudowa ujęcia teoretycznego dziedziny przepięć atmosferycznych. Przebudowa ta jest daleka od ukończenia, doprowadziła jednak do szeregu wyników ciekawych. Za jedno z najbardziej interesujących w tej dziedzinie uważam poglądy R. Rüdemberga, umieszczone w nowym wydaniu jego książki „Elektrische Schaltvorgänge” (1933) i zapatrywania L. V. Bewleya, zawarte w książce „Traveling Waves” (1933) i artykule „The Lightning Stroke” (Gener. El. Review, 1933, str. 516).

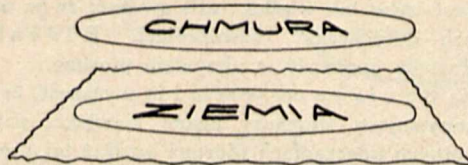
Ograniczenie się w niniejszym artykule do poglądów dwóch tylko uczonych z pominięciem innych jest uzasadnione z jednej strony tem, że teoria Rüdemberga jest bardzo logicznie skonstruowana i mimo swej prostoty tłumaczy b. szeroki zakres zjawisk. Z drugiej strony poglądy Bewleya pokrywają się z zapatrywaniami innych badaczy amerykańskich, jak (nieżyjącego już) F. W. Peeka<sup>1)</sup> i C. L.

Fortescue<sup>2)</sup>, i są wyrazem pewnej syntezy, do jakiej doszedł przemysł amerykański, przodujący w dziedzinie badań nad przepięciami.

Muszę zaznaczyć, że, używając określeń „poglądy „Rüdemberga”, „poglądy Bewleya”, nie mam bynajmniej na myśli tylko oryginalnych poglądów wspomnianych badaczy. Oznaczenia tego używam dla całości zapatrywania się ich na sprawę wyładowań piorunowych.

### 2. Chmura piorunowa.

Podstawowym założeniem, przyjętem przez Rüdemberga, jest uważanie układu „chmura burzowa—ziemia” za kondensator o okładzinach metalowych. Rüdberg zdaje sobie oczywiście sprawę z tego, że rozgałęzienia kanału piorunowego w chmurze odpowiadają pewnym opornościom, ale dla większej jasności oporności tej w rozważaniach nie uwzględnia. Aby uzyskać prosty obraz przebiegu zjawisk (określenie rzędu wielkości elektrycznych), Rüdberg przyjmuje, że układ „chmura—ziemia” odpowiada kondensatorowi płaskiemu, o elektrodach kołowych, przy czem zakłada, że natężenie pola elektrycznego jest takie samo we wszystkich punktach między elektrodami (rys. 1).



Rys. 1.

Uproszczony obraz układu elektrycznego, utworzonego przez chmurę burzową i ziemię (kondensator płaski o okładzinach kołowych).

Bewley również przyjmuje ten sam obraz uproszczony, jakim posługuje się Rüdberg, ale uważa go za przybliżenie niewystarczające. Schematycznie zachowanie się chmury w czasie wyładowania piorunowego jest wg. Bewleya następujące. *Stadium I* (rys. 2). Dzięki występującym prądom powietrza powstają ładunki chmury. Ponieważ chmura jest izolatorem, poszczególne jej części ( $A_1, A_2, \dots$ ) przybierają różne potencjały, zależnie od prądów powietrznych. Można więc ją uważać za układ kondensatorów z rys. 2 (dolnego), których jedno okładziny są uziemione, a drugie pooddzielane przez przerwy iskrowe. *Stadium II*. W chmurze, gdy ładowanie jej jest dostatecznie intensywne, powstają wyładowania między poszczególnymi obszarami  $A_1, A_2, A_3, \dots$ , które przyczyniają się do wyrównania napięć

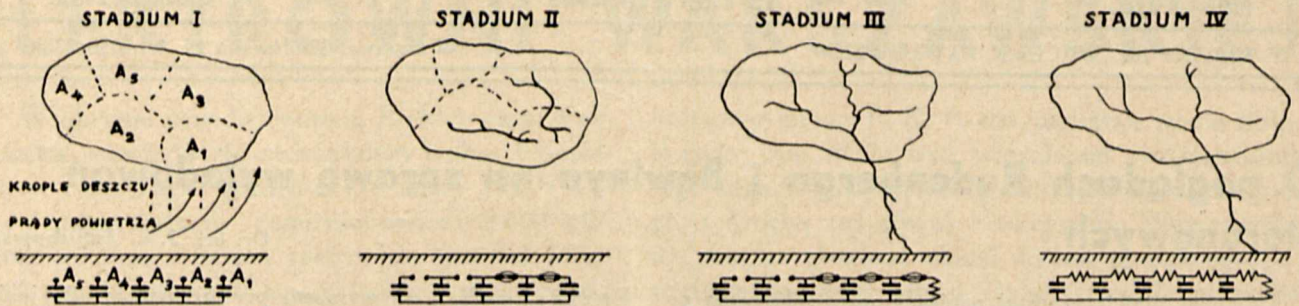
<sup>1, 2)</sup> Referaty zatytułowane „La foudre” na Congrès Int. d'Electricité, Paryż, 1932.



i zjonizowania chmury. Po wyrównaniu napięć wyładowania te ustają. *Stadium III*. Powstaje główny kanał pioruna. Kanał ten wyładowuje najpierw kondensator ( $A_1$ ), którego okładziny łączy. Z chwilą, gdy napięcie na tym kondensatorze spadnie o wielkość napięcia przeskoku przerwy iskrowej, dzielącej jego okładzinę od okładziny sąsiedniego konden-

obliczenie to zastosował także Bewley (General El. Review, 1933, str. 516).

Wzmiankowane obliczenie posługuje się układem zastępczym, przedstawionym na rys. 1 i 3. Kanałowi pioruna odpowiada na rys. 3 walec przewodzący, łączący obie okładziny kondensatora „chmura—ziemia”. Wielkość spólczyn-



Rys. 2.

Schemat powstawania wyładowania piorunowego według Bewleya.

satora ( $A_2$ ), następuje przeskok i połączenie elektryczne (przez opór iskry) obu okładzin ( $A_1$  i  $A_2$ ). Okładziny te przyjmują to samo napięcie i wyładowują się dalej razem aż do chwili, gdy ich napięcie tak spadnie, że nastąpi przeskok do dalszej sąsiedniej okładziny ( $A_3$ ) i t. d. Temu schematowi odpowiada w rzeczywistości stopniowe posuwanie się gałęzi pioruna w chmurze; proces ten kończy się, gdy wszystkie kondensatory składowe zostają połączone. Następuje wtedy *stadium IV*, polegające na wyładowaniu układu kondensatorów przez układ oporności (iskier).

Porównując założenia Rüdemberga i Bewleya, widzimy, że ostatnie głębiej wnikają w mechanizm wyładowań piorunowych, tłumacząc, w jaki sposób ładunek elektryczny z różnych części nieprzewodzącej początkowo chmury może dostać się do ziemi. W każdym razie założenia Rüdemberga można uważać, jako przybliżenie założeń Bewleya, które może się okazać wystarczającym do wytłumaczenia nawet ilościowego zjawisk, zachodzących przy wyładowaniach piorunowych. Różnica założeń omawianych nie jest znów tak wielka, jeśli zważyć, że w dalszych, nieopisanych dotychczas rozważaniach Rüdemberga, również gra rolę oporność w obwodzie pioruna.

Teoria Bewleya ma jeszcze i tę wyższość, że w sposób przekonywujący tłumaczy znane zjawisko, polegające na kilkakrotnych uderzeniach pioruna wzdłuż tej samej drogi, w odstępach czasu rzędu 0,1 sek. Z układu zastępczego dla chmury, podanego przez Bewleya, wynika, że z chwilą zgaśnięcia jednego wyładowania piorunowego napięcie kondensatora, z którego wychodził kanał pioruna, rośnie (napięcie kondensatorów, składających się na chmurę, wyrównuje się przez opory iskier, pozostałych ze stadium IV). Ten wzrost napięcia może wystarczyć do wywołania powtórnego przeskoku pioruna wzdłuż tej samej drogi, jeśli się zważy, że jonizacja w kanale ustępuje stosunkowo powoli. Mechanizm powtarzającego się pioruna odpowiadałby więc odmianie wyładowań relaksacyjnych. Uważając układ „chmura—ziemia” za zwykły kondensator, stosownie do założeń Rüdemberga, należałoby przyjąć, dla wytłumaczenia powtarzających się wyładowań chmurę, istnienie b. silnych prądów powietrza, doładowujących chmurę. Taka hipoteza wydaje się niezbyt prawdopodobna.

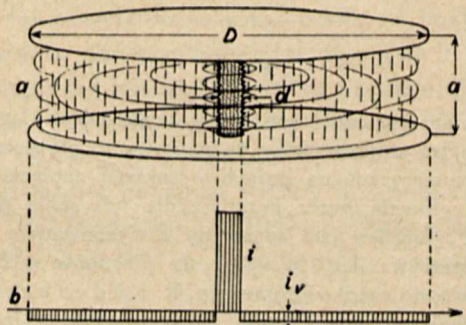
### 3. Indukcyjność drogi pioruna.

Obliczanie indukcyjności kanału pioruna, podane niżej, można znaleźć już w wydaniu książki Rüdemberga (Elektr. Schaltvorgänge) z r. 1923. W ostatnich czasach

nika indukcji kanału pioruna otrzymuje się z zależności  $W_m = \frac{1}{2} Li^2$ , gdzie  $W_m$  oznacza energję zawartą w polu magnetycznym,  $i$  — natężenie prądu pioruna, a  $L$  — spólczynnik samoindukcji. Przy obliczaniu  $W_m$  należy zwrócić uwagę, że prąd, płynący przez kanał pioruna, zamyka się między okładzinami umyślonego kondensatora, jako prąd przesunięciowy (patrz rys. 3-b;  $i_v = \epsilon \frac{dK}{dt}$ , gdzie  $\epsilon$  — stała dielektryczna,  $K$  — natężenie pola elektrycznego). Po obliczeniach okazuje się, że

$$L = 2a \left( \ln \frac{D}{d} - \frac{1}{2} \right)$$

( $a$  — odstęp płyt,  $D$  — średnica płyt,  $d$  — średnica kanału piorunowego).



Rys. 3.

a—Przebieg linii pola elektrycznego (przerwane linie proste, pionowe) i linii pola magnetycznego (kota). b—Wykres prądu w kanale pioruna ( $i$ ) i prądu przesunięciowego ( $i_v$ ). Według Rüdemberga.

Wynik obliczeń jest słuszny w założeniu, że zmiana prądu  $i$  jest stosunkowo powolna, tak że nie należy stosować pełnych równań Maxwella dla fal elektromagnetycznych.

### 4. Oporność falowa kanału piorunowego.

Binder (1925), Fortescue (1929) i in. zwrócili uwagę, że drogę pioruna, ze względu na jej dużą rozciągłość w przestrzeni, należy traktować, jako posiadającą oporność falową. Zgodnie z tem zapatrywaniem zarówno Rüdemberg, jak i Bewley obliczają tę oporność i posługują się przytem wyprowadzonym w poprzednim paragrafie wzorem na indukcyjność kanału pioruna. Do obliczeń służy



znana w teorii fal zależność  $Z_p = v L' (Z_p - \text{oporność faldowa, } v - \text{szybkość fali, } L' - \text{indukcyjność na jednostkę długości linii})^3$ . Zatem

$$Z_p = 2v \left( \ln \frac{D}{d} - \frac{1}{2} \right).$$

Wielkość  $Z_p$ , obliczona dla różnych możliwych w rzeczywistości  $D$  i  $d$  waha się w niewielkich granicach. Rüdénberg przyjmuje ją za równą  $500 \Omega$ , Bewley —  $250 \div 600 \Omega$ .

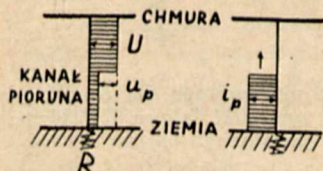
5. Powstawanie czoła kanału pioruna.

M. Toepler już w r. 1917 wyraził pogląd, że, analogicznie, jak przy iskrach ślizgowych, kanał pioruna powstaje niejednocześnie na całej swej długości. Z chwilą powstania odcinka kanału piorunowego, np. przy chmurze, przedłuża się on samodzielnie, przyczem jego czoło (część zwrócona w kierunku ruchu) niesie przed sobą obszar dużego natężenia pola, niezbędnego do jonizacji. Kanał jakby wgrzyza się w powietrze. W ten sposób długość kanału piorunowego może być bardzo duża i kanał może przechodzić przez miejsca, w których bezpośrednio przed przeskokiem pioruna natężenie pola było niewystarczające do samoczynnej jonizacji powietrza. Obraz wyżej nakreślony jest obecnie ogólnie przyjęty. Rüdénberg<sup>4)</sup> daje własne, bardzo ciekawe wytłumaczenie ilościowe zjawisk. Wynika z niego, iż szybkość posuwania się czoła pioruna jest rzędu  $20\,000 \text{ km/sek}$ .

6. Uderzenie pioruna w ziemię.

Rüdénberg przyjmuje zawsze w swych rozważaniach, że czoło pioruna posuwa się w kierunku od chmury do ziemi. Bewley uważa oba kierunki posuwania się za możliwe, a do obliczeń przyjmuje kierunek ziemia—chmura. Niżej przedstawimy bieg rozumowania Rüdénberga.

Zetknięcie się czoła pioruna z ziemią można traktować, jako załączenie na oporność rzeczywistą długiej linii naładowanej do napięcia chmury  $U$ . Długą linią jest w tym przypadku kanał piorunowy, opornością rzeczywistą  $R$  —



Rys. 4. Schematyczny obraz przebiegu pól po dotknięciu ziemi przez czoło pioruna Wg. Rüdénberga.

oporność uziemienia. Zatem wzdłuż kanału piorunowego przebiegnie fala wyładowująca napięciowa  $U_p$  i fala prądowa  $i_p$  (rys. 4):

$u_p = - \frac{Z_p}{Z_p + R} U$ ;  $i_p = \frac{U}{Z_p + R}$ . Napięcie ziemi w miejscu uderzenia wynosi  $u' = U - u_p$ . Jeśli przyjąć (przykład zaczerpnięty z pracy Rüdénberga):  $U = 100\,000 \text{ kV}$ ,  $Z_p = 500 \Omega$ ,  $R = 300 \Omega$  (ziemia średniowilgotna), to otrzymuje się  $i_p = 125\,000 \text{ A}$ ,  $u_p = 63\,000 \text{ kV}$ ,  $u' = 37\,000 \text{ kV}$ .

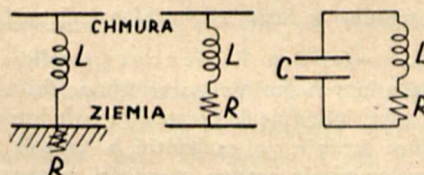
Bewley słusznie zauważa, że w razie, gdy czoło kanału piorunowego powstanie przy ziemi, pierwsza fala idąca po kanale pioruna ma napięcie chmury  $U$ . W tym przy-

<sup>3)</sup> Mam poważne zastrzeżenia co do formalnego stosowania pojęcia oporności faldowej do kanału pioruna. Kanał różni się znacznie pod względem układu pojemności swych elementów od przewodu, biegnącego nad powierzchnią ziemi. W przypadku kanału wchodzi w grę pojemność zarówno względem ziemi, jak chmury. Należy więc być przygotowanym, że zjawiska w danym przypadku są bardziej skomplikowane. Pogląd mój podziela również K. Berger.

<sup>4)</sup> R. Rüdénberg. El. Schaltvorgänge, 1933, str. 61, oraz Wissenschaft. Veröff. Siemens-Konzern, IX, 1/1930.

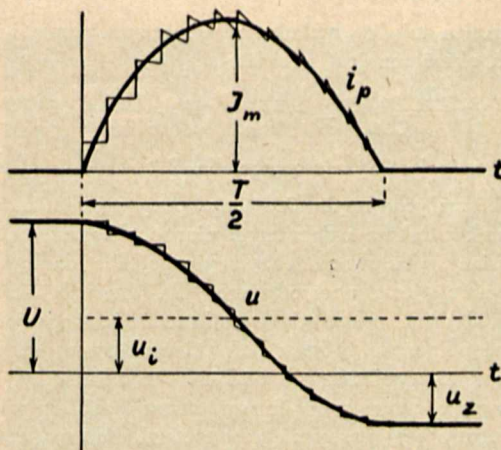
padku musi wystąpić olbrzymie tłumienie, wywołane zjawiskiem ulotu z kanału, jako przewodu<sup>5)</sup>. Dzięki temu do ziemi dochodzi fala napięcia znacznie zredukowana.

Fala  $u_p$ , obliczona wyżej, idąca wzdłuż kanału, dochodzi po pewnym czasie do chmury, tutaj odbija się, dochodzi do ziemi, odbija się i t. d. Napięcie ziemi w miejscu uderzenia przez piorun zmienia się więc skokami (stopniami). Wielkość tych stopni z biegiem czasu tak silnie maleje (tłumienie, skomplikowane odbicia w rozgałęzieniach kanału w chmurze), że można ich nie brać pod uwagę. Przebieg prądu i napięcia odpowiada wtedy, wg. Rüdénberga, wyładowaniu niby-ustalonemu w obwodzie  $R, L, C$  (rys. 5), to zna-



Rys. 5. Obwód wyładowania chmury po zniknięciu fal w kanale pioruna (stan nibyustalony).

czy wyładowaniu takiemu, jakby  $L$  stanowiło indukcyjność skupioną. Wielkość tej indukcyjności wynosi, jak obliczono uprzednio,  $2a \left( \ln \frac{D}{d} - \frac{1}{2} \right)$ . Pojemność  $C$  chmury łatwo obliczyć ze zwykłego wzoru dla kondensatora płaskiego.



Rys. 6. Przypadek oscylacyjnego wyładowania chmury, podczas którego prąd jest jednokierunkowy. Według Rüdénberga.

Jak wiadomo z elementarnej teorii elektryczności, wyładowanie obwodu  $R, L, C$  (rys. 6) może mieć postać oscylacyjną lub aperiodyczną, w zależności od tego, czy  $R$  jest mniejsze, czy większe od  $2 \sqrt{\frac{L}{C}}$ . Rozpatrzmy najpierw przypadek  $R = 0$ . Powstają wtedy drgania nietłumione. Jak łatwo obliczyć, ich częstotliwość wynosi

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \approx \frac{2.88}{D \cdot 2\pi} 10^6$$

( $D$  — średnica chmury w km).

Opór charakterystyczny obwodu drgań

$$\sqrt{\frac{L}{C}} \approx 500 \frac{a}{D} \text{ omów.}$$

<sup>5)</sup> Zjawisko tłumienia ulotowego fal zostało b. szczegółowo opracowane w ostatnich czasach w Ameryce, patrz np. C. L. Fortescue: La foudre (Congrès Int. El., Paris, 1932). Patrz również R. Rüdénberg: El. Schaltvorgänge, 1933, str. 430.



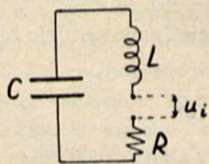
Przy wyprowadzaniu powyższych wzorów przybliżonych przyjęto, że  $\frac{d}{D} = 10^{-4}$ , co ma odpowiadać rzędowi wielkości, zachodzących w rzeczywistości.

Ze wzoru na  $f$  wynika, że długość fali elektromagnetycznej, wysyłanej przez układ ( $\lambda = \frac{v}{f} \approx 6,55 D$ ), jest duża w stosunku do średnicy płyt kondensatora (średnicy chmury). Można więc uważać, że płyty mają jednakowe napięcia we wszystkich swych punktach, co jest konieczne, o ile się chce stosować wyżej wyprowadzony wzór na  $L$ . Przyjmując (Rüdenberg):  $D = 1 \text{ km}$ ,  $\frac{U}{a} = 100 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$ , otrzymujemy, że maks. prąd pioruna w fazie nibyustalanej  $I_m = U : \sqrt{\frac{L}{C}} = 200\,000 \text{ A}$ ,  $\lambda = 6\,550 \text{ m}$ . Rüdenberg przelicza  $I_m$  i  $f$  jeszcze dla szeregu innych wartości parametrów. Obliczeń tych nie przytaczam, gdyż stosują się do przypadku wyładowania oscylacyjnego, które wydaje się zachodzić b. rzadko. Przyczyną tego jest występowanie zawsze oporności w obwodzie  $R, L, C$  ( $R \neq 0$ ). Składa się ona z oporności ziemi (i oporności rozgałęzień pioruna w chmurze) oraz z oporności promieniowania kanału piorunowego, traktowanego, jako antena ( $R' = 160 \pi^2 \left(\frac{a}{\lambda}\right)^2 \approx 36,8 \left(\frac{a}{D}\right)^2$ ). Oporność przejścia do ziemi waha się w granicach od 30 do 3000  $\Omega$ . Oporność promieniowania zależy od stosunku  $\frac{a}{D}$ , np. dla  $\frac{a}{D} = 0,32$  wynosi 3,8  $\Omega$ , a dla  $\frac{a}{D} = 2 - 147 \Omega$ .

Granica między wyładowaniem oscylacyjnym i aperiodycznym określona jest wzorem:

$$\frac{R}{\sqrt{L/C}} = 2 \approx \frac{RD}{500 a}; \quad R = \frac{1000 a}{D}$$

Wyładowanie jest aperiodyczne dla  $R > \frac{1000 a}{D}$  czyli  $a < \frac{RD}{1000}$ . Dla  $R$  b. małych, rzędu 5  $\Omega$ , np. przy uderzeniu pioruna w budynek z dobrze uziemionym piorunochronem, należy się spodziewać wyładowania oscylacyjnego. Dla danego  $R$  i  $D$  wyładowanie jest aperiodyczne dla małych wysokości chmur  $a$ . Jednak nawet gdy wyładowanie jest aperiodyczne, może być połączone tylko z jednokierunkowym przepływem prądu, jak to wynika z rys. 6. Z rys. tego widać, że krzywa napięcia na chmurze  $u$  (w funkcji czasu) jest sinusoida, ale jej oś zerowa jest przesunięta w stosunku do osi czasu. To przesunięcie wynika z występowania w obwodzie  $R, L, C$  jeszcze napięcia iskry piorunowej, którego dotychczas nie uwzględnialiśmy. Mianowicie iskra piorunowa nie jest idealnym przewodnikiem, a panuje na niej zawsze pewien spadek napięcia  $u_i$ , który w pierwszym przybliżeniu można przyjąć jako stały. Wielkość  $u_i$  Rüdenberg szacuje na  $2 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$ . Po uwzględnieniu  $u_i$  układ  $R, L, C$  można przedstawić, jak na rys. 7.



Rys. 7.

Obwód zastępczy wyładowania piorunowego, uwzględniający spadek napięcia w iskrze (stan nibyustalony).

Warunek wystąpienia przypadku, przedstawionego na rys. 7, który charakteryzuje się tem, że napięcie chmury przy odwróceniu znaku tego napięcia nie wystarcza do wywołania iskry, ma postać:

$$\frac{R}{\sqrt{L/C}} > \frac{2}{\pi} \ln \frac{U - u_i}{u_z + u_i}$$

We wzorze tym  $u_z$  oznacza wartość napięcia zapłonu iskry

po jej zgaszaniu (przejściu prądu pioruna przez 0), którą Rüdenberg szacuje na  $50 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$ .

Jeśli przyjąć, że  $\frac{U}{a} = 100 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$ ,  $u_i = 2 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$ ,  $u_z = 50 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$ , to warunek powyższy wyraża, że:

$$\frac{R}{\sqrt{L/C}} > 0,4.$$

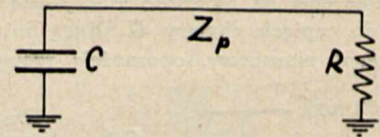
Przyjmując opór ziemi za równy 320  $\Omega$  (ziemia średnio wilgotna), otrzymujemy z powyższego warunku (dla  $D = 1 \text{ km}$ ):

$$a < 1600 \text{ m}.$$

Ponieważ wysokość chmur burzowych ma być zwykle mniejsza niż 1600 m, należy się spodziewać, że wyładowania piorunowe są związane naogół z prądem jednego kierunku. Fakt ten znajduje potwierdzenie w wynikach pomiarów.

Schemat z rys. 7 stosuje się również do przypadku uderzenia pioruna w przewód linii przesyłowej lub linkę ochronną. I w tym przypadku są słuszne przytoczone wyżej wzory dla stanu nibyustalonego obwodu  $R, L, C$ , jeśli jako  $R$  przyjąć oporność między miejscem uderzenia pioruna i ziemią. W razie trafienia linki ochronnej przez piorun, oporność tę stanowią uziemienia słupów, połączone równolegle przez linkę. Przy uderzeniu pioruna w przewód roboczy następuje najczęściej połączenie przewodu z ziemią za pośrednictwem przeskoaku iskrowego na izolatorze. Oporności  $R$  odpowiada wtedy oporność drogi przejścia prądu do ziemi za pośrednictwem iskry.

Z dotychczasowych rozważań wynika, że teoria Rüdenberga tłumaczy zadawalająco zjawiska, zachodzące przy uderzeniu pioruna w ziemię lub w linkę. Zobaczymy teraz, co wyróżnia tę teorię od poglądów Bewleya. Rozpatrzmy jeszcze raz fale, przebiegające po kanale piorunowym, bezpośrednio po połączeniu przez ten kanał ziemi z chmurą. Układ zastępczy przedstawia rys. 8. Otóż jest



Rys. 8.

Obwód zastępczy wyładowania piorunowego dla chwili, gdy w kanale pioruna (linia długa, oporność falowa  $Z_p$ ) biegnąca fale (stan nieustalony).

ciekawe, że Bewley<sup>9)</sup>, rozpatrując teoretycznie taki układ, jako odpowiadający w pierwszym przybliżeniu wyładowaniu piorunowemu, zdaje się dochodzić do wniosku, że po zniknięciu fal na linii, a więc w stanie nibyustalonym przepływ prądu przez  $R$  odbywa się tak, jakby indukcyjność  $L$  przewodu nie istniała, czyli według wzoru

$$i = I e^{-\frac{t}{RC}},$$

słusznego dla ładowania  $C$  wprost przez  $R$ . Prawdliwość obliczenia (wykonanego przy pomocy rachunku operatorowego dla stanu nieustalonego i podanego wyżej wzoru dla stanu nibyustalonego) ilustruje również oscylogram dla przypadku sztucznego odtworzenia przebiegów piorunowych, gdy  $C$  stanowił kondensator o pojemności 0,75  $\mu\text{F}$ ,  $R$  opornik 60  $\Omega$ , a linia o oporności falowej  $Z_p = 510 \Omega$  była utworzona przez przewód o długości 600 stóp (reprodukcja oscylogramu, patrz rys. 9).

<sup>9)</sup> L. V. Bewley: The Lightning Stroke, str. 520; Traveling Waves str. 66. F. W. Peek: La foudre. Congrès Int. d'El. Paris 1932, rys. 8 i odpowiedni tekst.



Trudno ocenić, czy przytoczone wyżej zapatrywania Bewleya są wyrazem definitywnym jego poglądów na sprawę indukcyjności drogi pioruna. Publikacje tego autora nie stawiają tej kwestji wyraźnie. Wydaje się jednak, że tak jest istotnie. Świadczy o tem pogląd, wypowiedziany w referacie Peeka<sup>7)</sup>, w którym znajduje się omówienie analogicznego oscylogramu do dyskutowanego przez Bewleya. Peek, omawiając na tem miejscu (str. 13) uderzenie pioruna w linię, pisze: „...tension initiale sur la résistance (mowa o oporze przejścia prądu do ziemi) augmente par

$i = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$  jest słuszne tylko dla danego przypadku, t. j. dla danego zespołu  $R, L, C$ . Nie powinno to zresztą dziwić. Wszak wiadomo, że jeśli w obwodzie  $R, L, C$  stosunek  $\frac{L}{R}$  (t. zw. stała czasowa  $T_L$ ) jest dużo mniejszy od iloczynu  $RC$  (t. zw. stałej czasowej  $T_C$ ), to prąd obwodu można wyrazić wzorem przybliżonym<sup>9)</sup>

$$i \cong \frac{U}{R} \frac{e^{-\frac{t}{T_C}} - e^{-\frac{t}{T_L}}}{1 - \frac{T_L}{T_C}} \cong \frac{U}{R} \left( e^{-\frac{t}{T_C}} - e^{-\frac{t}{T_L}} \right)$$

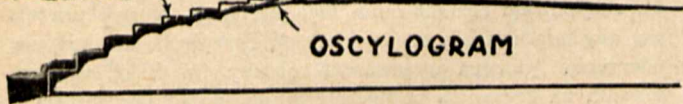
Dla odpowiednio dużych  $t$  wzór ten redukuje się jeszcze

bardziej i otrzymuje postać  $i = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{T_C}}$ , będącą znanym wzorem dla wyładowania kondensatora przez opornik.

Ostatecznie więc oscylogram z rys. 9 odnosi się do szczególnego przypadku wyładowania aperiodycznego. Ponieważ pojemności, tworzone przez chmury burzowe i ziemię, zaiówno wg. Bewleya, jak i Rüdemberga są dużo mniejsze, niż przyjęte w przykładzie z rys. 9, w naturze może zasadniczo powstać i wyładowanie oscylacyjne (właśnie wskutek występowania  $L$ ).

Dr. Berger zwrócił moją uwagę na piękny oscylogram, ostatnio przez niego opublikowany<sup>10)</sup>, który reprodukuje w tym artykule (rys. 10). Pokazuje on b. przejrzyste

OBLICZENIE



Rys. 9.

Oscylogram Bewleya dla układu z rys. 8, przedstawiający napięcie na oporniku  $R$  lub w innej skali prąd płynący przez niego. Układ zrealizowano przy pomocy  $C = 0,75 \mu F, R = 60 \Omega$  i linii o długości 600 stóp ang.,  $Z_p = 510 \Omega$ . Czas trwania jednego stopnia 1,22  $\mu$  sek.

à — coups pendent les intervalles de temps nécessaires pour que l'onde effectue son parcours de la ligne au nuage et retour. Finalement, le courant est limité seulement par la tension et la résistance". Przypuszczam, że ta interpretacja Peeka pokrywa się z Bewleyowską, tembardziej, że Amerykanie mają tendencję tłumaczyć piorun, jako zjawisko z natury swej aperiodyczne.

Powstaje zatem pytanie: jak pogodzić wyniki rozważań Rüdemberga i Bewleya? Wszak są one sprzeczne. Już z góry można przewidzieć odpowiedź na to pytanie. Niewątpliwie słuszność jest po stronie Rüdemberga, ponieważ indukcyjność  $L$  kanału pioruna została obliczona dla stanu nibyustalonego (na sposób jej wyprowadzenia zgadza się również Bewley). Zatem właśnie w stanie nibyustalonym ta indukcyjność winna odgrywać rolę.

Aby wyjaśnić omówioną wyżej sprzeczność, przeprowadziłem analizę oscylogramu Bewleya (rys. 9). Szczęśliwie w jego opisie podano wszelkie dane, potrzebne do przeliczenia.  $C = 0,75 \mu F, R = 60 \Omega$ . Indukcyjność  $L$  obliczyłem, znając oporność falową  $Z_p = 510 \Omega$  i długość linii — 183 m. Wyniosła ona  $L = 0,31$  mH. Dla takich  $R, L, C$  wyładowanie jest aperiodyczne i prąd  $i$  przebiega, jak obliczyłem, według wzoru:

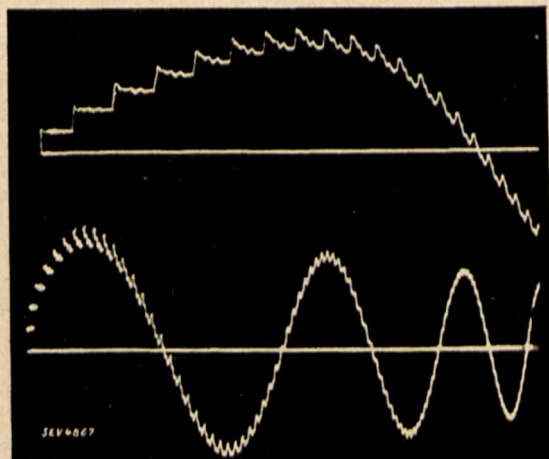
$$i = 0,0227 U \left( e^{-25600t} - e^{-167900t} \right),$$

w którym  $U$  oznacza napięcie pierwotne kondensatora.

Przyjmując, że  $L = 0$ , otrzymalibyśmy:

$$i = 0,0167 U e^{-22200t}$$

Porównując oba wzory na  $i$ , widzimy, że w tym przypadku dla  $t$ , odpowiadających stanowi nibyustalonomu, wzór dla  $L = 0$ , jest przybliżeniem wzoru dla  $L \neq 0$ . Dla  $t > 12 \mu$  sek<sup>8)</sup> składnik  $-e^{-167900t}$  ma wartość już bardzo małą. Z tego względu, traktując sprawę czysto formalnie, dla stanu nibyustalonego można się posługiwać zarówno wzorem dla  $L = 0$ , jak i  $L \neq 0$ . Jest to tembardziej możliwe, że uchyby oscylogramu mogą być większe, niż różnice obliczeń przy pomocy obu wzorów. Stąd wynika, że przyjęcie wzoru



Rys. 10.

Oscylogram Bergera dla układu z rys. 8, przedstawiający prąd płynący przez opornik  $R$  ( $R = 0$ ). Dwie krzywe odpowiadają dwu różnym skalom.  $R \cong 0$ , linia o długości 900 m,  $Z_p, C$  nie podane. Czas trwania jednego stopnia ok. 6  $\mu$  sek.

oscylacje, jakie powstają w obwodzie  $R, L, C$ , gdy wielkości  $R, L, C$  są odpowiednio dobrane, a  $L$  utworzone przez długą linię. Oscylogram ten uzupełnia oscylogram, podany na rys. 9. Bezpośrednie sprawdzenie wyładowań oscylacyjnych kondensatorów o okładzinach metalowych wykonał również sam Rüdemberg<sup>11)</sup>, przyczem stosował kondensator o

<sup>9)</sup> Jest rzeczą ciekawą, że powyższy wzór, określający według teorii Rüdemberga aperiodyczne wyładowania pioruna, jest stosowany do tego celu często również przez Bewleya. Różnica polega na tem, że Bewley wykładnikiem potęg podstawy  $\log nat. e$  nie nadaje znaczenia fizycznego.

<sup>10)</sup> K. Berger. Einige Methoden und Resultate moderner Mikrozeitmessung. Bull. Ass. Suisse des Electriciens, 26/1935, str. 651.

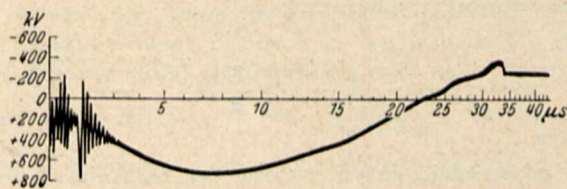
<sup>11)</sup> R. Rüdemberg. El. Schaltvorgänge. 1933, str. 566.

<sup>7)</sup> patrz 6).

<sup>8)</sup> „Schodki” na rys. 10, jak łatwo obliczyć, odpowiadają 1,22  $\mu$  sek. Wobec tego gładka część krzywej zaczyna się od  $t \cong 12 \mu$  sek.



średnicy płaskich, kołowych okładzin 4 cm i grubości dielektryka 0,15 mm. Najciekawsze i najistotniejsze stwierdzenie występowania indukcyjności kanału pioruna dają oscylogramy fal, wywołanych przez uderzenie prawdziwego pioruna w linię. Za Rüdembergiem podaję tutaj reprodukcję oscylogramu, otrzymanego na linii 220 kV, który charakteryzuje się występowaniem przynajmniej 1 okresu (rys. 11).



Rys. 11.

Oscylogram, podany przez Rüdemberga, przedstawiający napięcie w miejscu uderzenia pioruna w słup uziemiony linii, posiadającej linię ochronną. Zdjęcie oscylogramu zostało umożliwione dzięki przeskokowi napięcia ze słupa do przewodu roboczego przez izolator. Na przewodzie powstała fala, która mało zmieniła napięcie w miejscu uderzenia pioruna (duża wartość oporności falowej przewodu w stosunku do oporności drogi prądu pioruna do ziemi), a której przebieg był taki, jak tego napięcia. Fala została zdjęta 5 km od miejsca uderzenia pioruna, to też nie uległa znacznemu odkształceniu przy przebiegu po przewodzie. Ząbki na początku fali są wywołane zarówno wędrowką fal po kanale pioruna (analogicznie do schematycznych ząbków na rys. 6), jak też odbijaniem się od uziemień słupów fal wędrujących po linie. Napięcie ma charakter wyraźnie oscylacyjny.

Z rozważań, przeprowadzonych wyżej, wynika, że teoria Rüdemberga jest pozbawiona sprzeczności wewnętrznych. Poglądy Bewleya mają nad nią tę wyższość, że

lepiej uwzględniają procesy, zachodzące w czasie przechodzenia chmury ze stanu izolatora do stanu przewodnika.

Teoria Rüdemberga ma jeszcze tę zaletę, że jest niezwykle przejrzysta i daje wzory, pozwalające na łatwe obliczenia. Nie można tego powiedzieć o wzorach teoretycznych, otrzymanych przez Bewleya<sup>12)</sup>. Z drugiej znów strony wzory empiryczne, którymi się Bewley szeroko posługuje, nie nadają się, mimo dużego znaczenia praktycznego, do tak oczywistej interpretacji fizycznej, jak wzory Rüdemberga.

Ograniczenie się przez Rüdemberga do małej liczby założeń podstawowych stwarza tak wielkie uproszczenie, że, rozpatrując rozumowania tego uczonego, wprost pragnie się, aby odpowiadały rzeczywistości. Przepięcia indukowane, uderzenia pioruna w przewód roboczy, w linię, w słup, schodki na krzywych napięcia i prądu, wywołane odbiciami od słupów i chmury — wszystkie te zjawiska są związane przez Rüdemberga niezwykle prosto z układem  $R, L, C$ , zastępującym układ ziemia—kanał pioruna—chmura. Co ciekawsze, zgodność między teorią a doświadczeniem jest nie tylko jakościowa, ale i ilościowa. Czytelnikom, którzy chcieliby zainteresować się specjalnie temi sprawami, radzę przeczytać rozdziały 48-d, 62 i 63 w nowym wydaniu *Elektrische Schaltvorgänge*. Warto zwrócić przytem uwagę na bardzo ciekawe związanie napięcia fal indukowanych z prądem wyładowywania się chmury, indukującej napięcie.

Praca niniejsza została opracowana w Zakładzie Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej.

<sup>12)</sup> L. V. Bewley. *Gen. El. Review*, 1933, str. 522. Appendix.

## Praca i regulacja obrotów silnika zaworowego

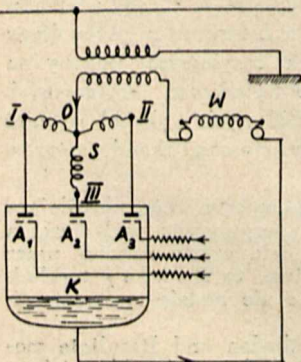
Inż. T. Monkiewicz

**Streszczenie.** W artykule podana jest zasada działania i regulacji obrotów silnika zaworowego oraz opisane są zjawiska, zachodzące w silniku podczas jego pracy.

Chociaż sprawa komutacji prądu zapomocą komutatora posiada obecnie dość obfitą literaturę, jednak dotychczas istnieją jeszcze zagadnienia, których rozwiązanie jest bardzo pożądane tak z punktu widzenia budowy, jak i eksploatacji maszyn komutatorowych.

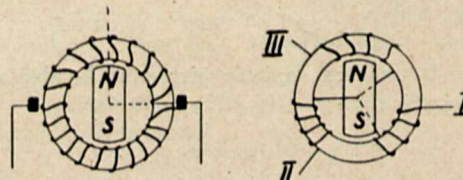
Jednym z takich rozwiązań jest pomysł usunięcia komutatora i zastąpienia go urządzeniem, w którym zjawiska komutacji zachodzą w warunkach korzystniejszych. Zagadnienie to zostało rozwiązane przez zbudowanie silnika zaworowego, w którym funkcje komutatora pełni prostownik rtęciowy z siatką sterowniczą. W ten sposób zostało usunięte przymusowe przełączanie elementów uzwojenia twornika, powodujące iskrzenie maszyn komutatorowych, gdyż jak to zobaczymy poniżej, w silniku zaworowym komutacja odbywa się drogą naturalnego zmniejszania się prądu do 0, dalej zaś, wobec zaworowego działania prostownika, element uzwojenia odłącza się automatycznie.

Na rys. 1 podany jest zasadniczy schemat silnika za-



Rys. 1.

worowego. Silnik składa się z wirnika  $W$  z uzwojeniem, końce którego wyprowadzone są do dwu pierścieni ślizgowych, oraz — stojana  $S$ , podobnego do stojana silnika asynchronicznego. Końce uzwojenia trójfazowego stojana przyłączone są do anod  $A_1, A_2, A_3$  prostownika z siatką sterowniczą. Siatki otrzymują dodatni względnie ujemny potencjał od baterji zapomocą specjalnego urządzenia, którego opis i działanie podamy niżej.

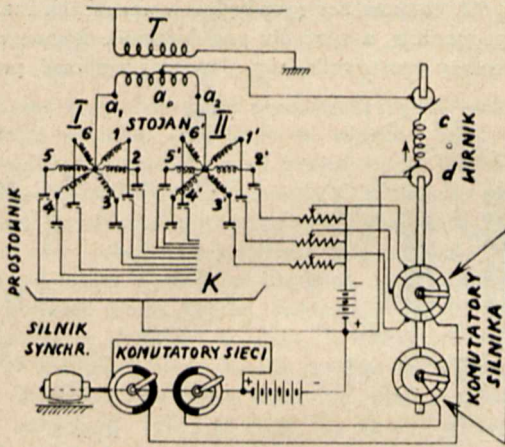


Rys. 2.

Wyjaśnienie zasady działania silnika zaworowego ułatwi rys. 2, na którym widzimy silnik prądu stałego z tą jedyną różnicą, że twornik silnika i komutator są nieruchome, natomiast wirują: układ wzbudzenia  $NS$  i szczotki. Zastąpimy komutator i szczotki urządzeniem, pozwalającym zasilać uzwojenie nieruchomego twornika w ten sposób, że prąd stały przepływa kolejno jedną za drugą poszczególne fazy uzwojenia stojana I0, II0, III0 (rys. 3). Funkcje te pełni prostownik rtęciowy z siatką sterowniczą. Przypuśćmy, że siatka 1 posiada potencjał dodatni, siatki zaś 2 i 3 — ujemny. Wtedy, jak wiadomo, prąd popłynie tylko w obwodzie katody  $K$  i anody  $A_1$ , a więc przez fazę I0 uzwoje-



nia stojana; w pozostałych obwodach i fazach prądu nie będzie. Gdy prąd w powyższym obwodzie zostanie przerwany i potencjał zapłonu otrzyma inna siatka, naprzykład siatka 2, to pod prądem będzie faza II0 i t. d. Widzimy, że uzwojenie twornika kolejno łączy się szeregowo z fazami stojana, a więc w istocie rzeczy mamy tu do czynienia z silnikiem szeregowym.



Rys. 3.

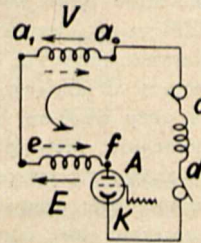
Pomysł usunięcia komutatora wyłonił się w czasach, kiedy stan rozwoju zaworów elektrycznych nie pozwolił jeszcze na wykonanie silnika według schematu, podanego na rys. 1, t. j. z uzwojeniem trójfazowym stojana, gdyż silnik w tym wypadku posiadałby następującą wadę: prąd przepływający przez uzwojenie wirnika byłby prądem pulsującym, jak również i strumień magnetyczny silnika wirowałby w przestrzeni nierównomiernie. Wady te zostały usunięte wówczas drogą zastosowania wielofazowego uzwojenia stojana i wieloanodowego prostownika. Rozwiązanie to, jak zobaczymy niżej, usuwając przytoczone wady, przyczyniło się do wad w innym sensie, zresztą usuniętych w czasach ostatnich. Schemat silnika w tem rozwiązaniu podany jest na rys. 3. Stojan silnika zaopatrzony jest w dwa niezależne sześciofazowe uzwojenia, połączone w gwiazdę. Odpowiednie fazy tych gwiazd umieszczone są we wspólnych żłobkach, każda zaś z poszczególnych faz połączona jest z odpowiednią anodą prostownika rtęciowego, wobec czego prostownik posiada 12 anod i 12 siatek, z jedną wspólną katodą. Silnik jest zasilany prądem jednofazowym za pośrednictwem transformatora T. Uzwojenie niskonapięciowe transformatora T podzielone jest na dwie równe części, końce zaś uzwojenia  $a_1$  i  $a_2$  połączone są z punktami zerowymi uzwojenia stojana w ten sposób, że w ciągu pierwszej połowy okresu prąd płynie przez otwartą fazę pierwszej gwiazdy, w ciągu zaś drugiej połowy okresu — przez otwartą fazę drugiej gwiazdy. Punkt zerowy  $a_0$  uzwojenia niskonapięciowego transformatora jest połączony poprzez uzwojenie wirnika z katodą prostownika rtęciowego. A więc w ciągu pierwszego półokresu prąd płynie: od  $a_1$  do punktu zerowego gwiazdy pierwszej, dalej przez fazę otwartą do odpowiedniej anody, przez katodę prostownika, uzwojenie wirnika  $d c$  i do  $a_0$ , w ciągu zaś drugiego półokresu prąd popłynie od  $a_2$  do punktu zerowego drugiej gwiazdy, dalej przez fazę otwartą tej gwiazdy do odpowiedniej anody, przez katodę prostownika, uzwojenie wirnika i do  $a_0$ . Widzimy, że przez uzwojenie wirnika prąd płynie ciągle w jednym i tym samym kierunku.

z Dla bliższego zapoznania się z działaniem silnika, schemat którego podany jest na rys. 3, wydzielimy z tego schematu obwód, składający się (rys. 4) z połowy uzwojenia transformatora —  $a_1 a_0$ , uzwojenia jednej fazy pierwszej

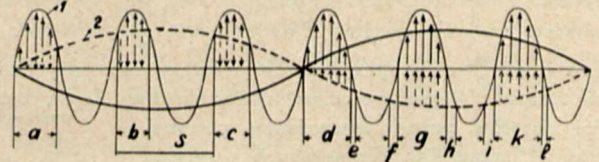
gwiazdy —  $ef$ , anody prostownika —  $A$ , katody —  $K$  i uzwojenia wirnika —  $cd$ . Sporządzimy bilans napięć w rozpatrywanym obwodzie, przyjmując spadek napięcia w prostowniku równym zero. Na rys. 5 podany jest przebieg krzywej SEM-nej  $E_s$ , wzniecanej w uzwojeniu  $a_1 a_0$  (krzywa 1) z częstotliwością sieci i SEM-nej  $E_m$  — wzniecanej w uzwojeniu  $ef$  (krzywa 2) z częstotliwością, uwarunkowaną ilością obrotów silnika. Amplituda SEM-nej  $E_s$  jest większa od amplitudy SEM-nej  $E_m$ . Dla ułatwienia odejmowania sinusoidy drugiej od pierwszej obrócimy drugą o  $180^\circ$ . Pod wpływem różnicy SEM-nych  $E_s$  i  $E_m$  w uzwojeniach  $a_1 a_0$  i  $ef$  powstanie prąd  $I_w = \frac{(E_s - E_m)_{\text{sr}}}{R}$ , który, wobec działania zaworowego prostownika, może płynąć tylko w jednym kierunku — od anody do katody.

W odstępach czasu  $abc$  prostownik rtęciowy znajduje się pod działaniem różnicy SEM-nych  $E_s$  i  $E_m$ ; różnica ta działa w kierunku od anody do katody, więc prąd popłynie od  $a_0$  do  $a_1$ , będąc zgodnym co do kierunku z SEM-ną, wzniecaną w uzwojeniu  $a_1 a_0$  i przeciwnie skierowanym do SEM-nej, wzniecanej w uzwojeniu  $ef$ . Wtedy uzwojenie  $a_1 a_0$  znajduje się w warunkach pracy uzwojenia generatora, uzwojenie zaś  $ef$  — w warunkach pracy uzwojenia silnika.

W odstępach czasu  $d, g$  i  $k$  SEM-ne skierowane są przeciwnie, a więc prostownik znajduje się pod działaniem sumy SEM-nych; kierunek działania będzie w tym wypadku od anody do katody. Prąd popłynie zgodnie z kierunkiem SEM-nych (strzałki ciągłe i przerywane na rys. 4), a więc zachodzi tu działanie generacyjne uzwojeń. Silnik będzie hamowany, wytwarzana zaś energia nie oddaje się do sieci, lecz nagrzewa uzwojenia, gdyż jest to stan hamowania silnika przy zwarcu. W odstępach czasu  $efhi$  i  $l$  SEM-ne, wzniecane w uzwojeniach  $a_1 a_0$  i  $ef$ , są ujemne i działają w kierunku od anody do katody, a więc kierunek prądu pozostaje bez zmiany. Jednak, wobec zmiany znaku SEM-nych uzwojenie  $a_1 a_0$  pochłania energię, uzwojenie zaś  $ef$  oddaje energię. W pozostałych odstępach czasu, nie zaznaczonych na rysunku literami, napięcie działa w kierunku od anody do katody, a więc prostownik prądu nie przepuszcza.



Rys. 4.



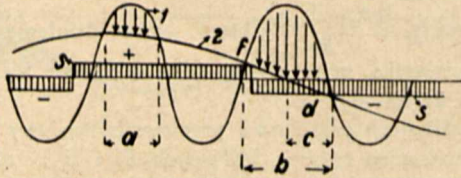
Rys. 5.

Gdyby praca silnika odbywała się w sposób podany powyżej, t. j. zachodziłby kolejne działanie motoryczne i generacyjne uzwojeń, to silnik żadnej pracy nie wykona. Ze względu na to prostownik rtęciowy, który nazwiemy w tym wypadku zaworem, musi być sterowany w ten sposób, ażeby w odstępach czasu  $a, b, c$  zawór ten był otwarty dla prądu, natomiast w odstępach  $e, f, k, i$  — zamknięty. Oprócz tego w wypadkach, kiedy SEM-ne uzwojeń  $a_1 a_0$  i  $ef$  dodają się (odstęp czasu  $d, g, k$ ) należy częściowo lub nawet całkowicie zawór zamknąć, a to w celu ograniczenia wielkości prądu.

Łatwo stwierdzić, że różnice SEM-nych, działające w obwodzie jednej fazy, a regulująca natężenie prądu w tej fazie — zmienia się od pewnej maksymalnej wartości do zera, t. j. będzie pulsującą. Moment silnika również będzie



pulsujący, gdyż jest on proporcjonalny do natężenia prądu i strumienia magnetycznego. Ponieważ kierunki prądu i strumienia magnetycznego pozostają cały czas bez zmiany, to moment silnika zaworowego otrzymuje stały kierunek. Należy zaznaczyć jednak, że podczas pracy silnika zaworowego mogą zająć wypadki zmiany kierunku momentu obrotowego. Zjawisko to usuwa się kosztem nadania silnikowi cechy ujemnej. Rozpatrzmy wypadek, pokazany na rys. 6. Na rysunku krzywa 1 jest to krzywa napięcia sieci, krzywa 2 — SEM-na, wzniecana w jednej z faz stojana, krzywa



Rys. 6.

S przedstawia przebieg potencjału siatki. Wiadomo, że zgasnąć łuk powstały w prostowniku zapomocą siatki jest rzeczą niemożliwą, a więc mogą zająć wypadki, kiedy łuk pali się dłużej, niż tego wymaga proces pracy silnika. Rzeczywiście, z rys. 6 widzimy, że łuk zapali się i zgaśnie normalnie w odstępie czasu  $a$ ; ponownie zapali się on w punkcie  $f$  i zgasnąć może tylko w punkcie  $d$ , t. j. po przejściu przez zero SEM-nej  $E_m$ , wzniecanej w uzwojeniu  $ef$ ; wywoła to zmianę kierunku momentu obrotowego, czyli powstanie moment hamujący, działający w ciągu całego czasu (c) palenia się łuku przy SEM-nej  $E_m$  ujemnej. Powstawanie tego rodzaju momentów, niewątpliwie wadliwych, ma miejsce wtedy, kiedy siatka otrzymuje potencjał dodatni w momencie bliskim do momentu przejścia krzywej  $E_m$  przez zero. Ażeby zapobiec temu ilości obrotów silnika zaworowego znacznie ogranicza się. Rzeczywiście, gdy oznaczymy przez  $\zeta$  część półokresu wirowania silnika, upływającą od momentu zamykania zaworu do chwili przejścia krzywej  $E_m$  przez zero, to minimalna ilość obrotów, przy której mogą już powstawać wadliwe momenty, wyznacza się z następującego równania:

$$\zeta \frac{60}{pn} \leq \frac{1}{f}$$

skąd

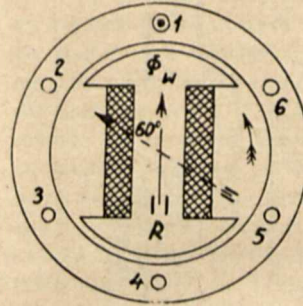
$$n = \frac{60 \cdot f \cdot \zeta}{p}$$

Przy  $\zeta = \frac{1}{3}$  okr/sek i  $f = 50$  okr/sek.  $n = \frac{1000}{p}$ , a więc minimalna ilość obrotów, przy której powstaną momenty hamujące, stanowi  $\frac{1}{3}$  synchronicznej ilości obrotów. Ze wzrostem ilości obrotów ponad wyznaczoną powyżej wartość momentów hamujących wzrasta i przy ilości obrotów nieco mniejszej od synchronicznej (20—30%) moment obrotowy równa się zeru.

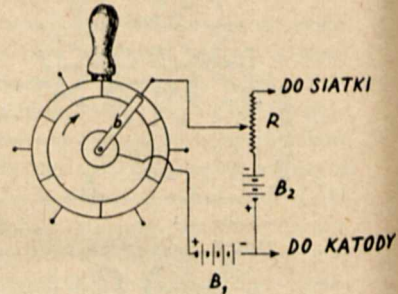
Z powyższego wynika, że usunięcie momentów wadliwych wymaga zmniejszenia maksymalnej ilości obrotów silnika zaworowego, jak również nie pozwala na wykorzystanie synchronicznej ilości obrotów. Stanowi to poważną wadę silnika zaworowego.

Dotychczas rozpatrywaliśmy proces, zachodzący w jednej fazie uzwojenia stojana silnika. Rozpatrzmy dalej pracę wszystkich faz obydwu uzwojeń. Nadmieniliśmy już, że odpowiednie fazy sześciofazowych gwiazd znajdują się we wspólnych żłobkach. Pozwala to przypuszczać, że mamy do czynienia z jednym uzwojeniem. Na

rys. 7 podane jest rozmieszczenie faz tego uzwojenia. Przypuśćmy, że w danej chwili pali się łuk w obwodzie pierwszej fazy, reszta zaś łuków jest zgaszona. Jeżeli prąd w rozpatrywanej fazie ma kierunek pokazany na rysunku, to wskutek wzajemnego oddziaływania strumienia magnetycznego wirnika i prądu stojana wirnik będzie obracać się w kierunku strzałki. Gdy rotor obróci się o  $60^\circ$ , to faza następna będzie w warunkach analogicznych z poprzednią, a więc dla podtrzymania momentu obrotowego należy prostownik fazy pierwszej zamknąć, prostow-

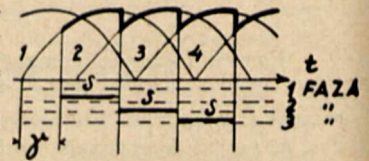


Rys. 7.



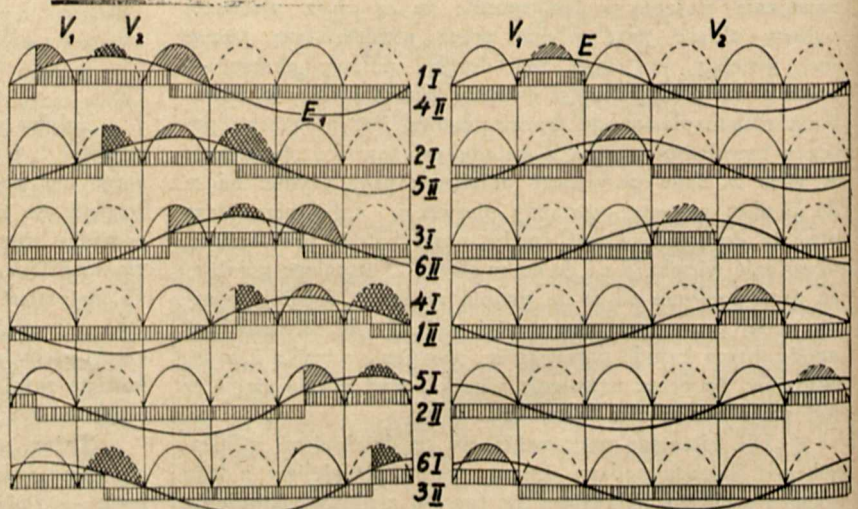
Rys. 8.

nik zaś fazy drugiej otworzyć. Wynika stąd, że w miarę obracania się wirnika kolejno będą zapalać się łuki prostowników faz 1-ej, 2-ej, 3-ej i t. d.: innymi słowy doprowadzanie dodatniego potencjału poszczególnych siatek musi odbywać się synchronicznie z wirowaniem wirnika. Osiąga się to zapomocą komutatora silnikowego z szczotką, trawersa której jest osadzona na wale silnika, a więc wiruje ona z szybkością wału. Schemat komutatora podany jest na rys. 8. Za pośrednictwem wycinków komutatora szczotka  $b$  łączy kolejno siatki z plusem baterji  $B_1$ ; w tym samym czasie pozostałe siatki otrzymują minus od baterji  $B_2$ . Potencjał dodatni doprowadza się do siatki w chwilach maksymalnego napięcia faz, czyli na środkowej części dodatniej półfali, jak to pokazano na rys. 8a. Czas doprowadzania tego potencjału jest ograniczony i nie może on przekraczać  $\frac{2}{3}$  półokresu wirowania. Z pewnych względów, jak to zobaczymy niżej, czas ten skraca się do  $\frac{1}{3}$  półokresu wirowania.



Rys. 8a.

Procesy, zachodzące w poszczególnych fazach obydwu uzwojeń, dostatecznie uwidocznione są na rys. 9a, gdzie  $V_1$   $V_2$  — dodatnia i ujemna półfali napięcia sieci,  $E_1$  — krzywa SEM-nej wirowania,  $s-s$  — dodatni i ujemny potencjał,



Rys. 9.



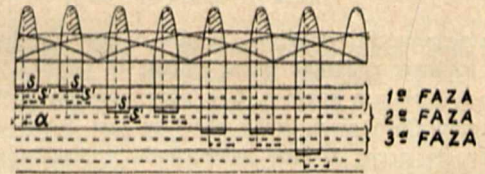
doprowadzany do siatki prostownika. Różnica SEM-nych, działająca w poszczególnych fazach, pokazana na rysunku w postaci powierzchni zakreskowanych.

Dla uproszczenia dalszych rozważań wprowadzamy następujące oznaczenia dla faz uzwojeń: dla gwiazdy pierwszej  $1_I, 2_I, 3_I, 4_I, 5_I, 6_I$ , dla gwiazdy drugiej —  $1_{II}, 2_{II}, 3_{II}, 4_{II}, 5_{II}, 6_{II}$ . Ponieważ gwiazda pierwsza wykorzystuje pierwszą, druga zaś drugą połowę fali, to procesy, zachodzące w fazach  $1_I - 4_{II}, 2_I - 5_{II}, 3_I - 6_{II}, 4_I - 1_{II}, 5_I - 2_{II}$  i  $6_I - 3_{II}$  analogiczne są, wobec czego przebieg krzywych podany jest na jednym rysunku. Z rysunku 9a widzimy, że w każdym poszczególnym momencie prąd przepływa w trzech fazach, a więc w prostowniku jednocześnie palą się trzy łuki. Wobec tego, że różnica potencjałów, przypadająca na każdy łuk, nie jest jednakowa, stwarzają się warunki chwiejnego palenia się łuków, powodując chwiejną pracę silnika. Ażeby nadać pewność pracy silnika, poszczególne szczotki otrzymują potencjał dodatni w ciągu  $1/3$  półokresu wirowania (rys. 9b) zamiast  $2/3$  (rys. 9a). Z rysunku 9b widzimy, że w każdej chwili pali się tylko jeden łuk, prąd zaś przepływa przez uzwojenie tylko w ciągu  $1/12$  okresu wirowania, to zmniejsza stopień wykorzystania maszyny. Rzeczywiście, przypuśćmy, że stojan maszyny synchronicznej posiada uzwojenie, składające się z 12 równoległych gałęzi; przekrój miedzi poszczególnych gałęzi odpowiada normalnej gęstości prądu i wymaganej mocy. Gdy przez każdą gałąź będzie przepływać prąd tylko w ciągu  $1/12$  okresu, to moc maszyny zmniejszy się 12 razy, jak również i straty miedzi. Powiększając dalej gęstość i natężenie prądu w gałęzi  $\sqrt{12}$  razy, doprowadzimy straty i grzanie się maszyny do poziomu poprzedniego, lecz moc maszyny zmaleje  $\sqrt{12}$  razy. Jednocześnie zmniejszy się współczynnik sprawności, gdyż straty, pozostawione na poziomie normalnym, stanowią teraz większy odsetek od mocy użytecznej. Wynika stąd, że chcąc otrzymać maszynę zaworową żądanej mocy, należy wziąć maszynę normalną o mocy  $\sqrt{12}$  razy większej, a więc stopień wykorzystania maszyny zaworowej jest zbyt mały w stosunku do innych maszyn. Stanowi to drugą wadę silnika zaworowego, w którym zastosowano prostownik wieloanodowy.

Przytoczone powyżej wady silnika zaworowego nie zmniejszają jednak wartości silnika pod względem zastosowania go, gdyż usunięcie biegunów pomocniczych i komutatora, wysuwającego na czoło szereg trudności, związanych z komutacją, dają stosunkowo wielki zapas dla zrównoważenia słabego wykorzystania materiałów czynnych w silniku zaworowym, tembardziej, że, jak to zobaczymy niżej, zjawienie się tyratronów dużej mocy pozwala na lepsze wykorzystanie materiałów czynnych. Poruszmy teraz kwestie uruchomienia i regulacji obrotów silnika zaworowego.

Na samym początku uruchomienia silnika SEM-na wirowania, amplituda której przy  $\Phi = \text{const.}$  jest proporcjonalna do ilości obrotów, równa się zeru. Natomiast napięcie sieci jest wielkością stałą i w początkowym momencie uruchamiania różnica SEM-nych, od której zależy natężenie

prądu silnika, równa się napięciu sieci, wobec czego prąd silnika mógłby osiągnąć niedopuszczalnych wielkości. Ażeby zapobiec temu, obniża się średnią wartość napięcia sieci przez odcięcie większej lub mniejszej części dodatniej fali napięcia zapomocą specjalnego komutatora, tak zwanego komutatora sieci, schemat którego podany jest na rys. 10 wraz z komutatorem silnika; ostatni, jak wiadomo, zwiera i roz-wiera obwód siatek synchronicznie z wirowaniem silnika. Komutator sieci stanowi pierścien, połowa którego wykonana z materiału izolacyjnego, z powodu czego siatka otrzymuje potencjał dodatni tylko w ciągu pierwszej połowy okresu czasu. Komutator sieci jest połączony szeregowo z komutatorem silnika i ma za zadanie zwierać i przerywać obwód sieci synchronicznie z siecią, wobec czego napędza go silniczek synchroniczny. Ponieważ częstotliwość sieci jest większa, niż częstotliwość wirowania silnika, to komutator sieci zdąży w ciągu czasu, potrzebnego dla przejścia szczotki komutatora wzdłuż jednego wycinka komutatora kilka razy zamknąć i przerwać obwód odpowiedniej siatki. Wynika stąd, że doprowadzenie potencjału dodatniego do siatki odbywa się nie ciągle, lecz z przerwami, jak to pokazano na rys. 11 linią przerywaną  $s'$ . Dla uproszczenia na rysunku



Rys. 11.

pokazana jest sinusoida napięcia jednej połowy transformatora, odpowiadająca pierwszej gwiazdzie uzwojenia; sinusoida drugiej połowy uzwojenia transformatora, jak wiadomo, jest przesunięta o  $180^\circ$ , wobec czego przynależy do niej komutator jest również przesunięty o  $180^\circ$  (rys. 3). W zależności od położenia rączki komutatora siatka otrzymuje potencjał dodatni w ciągu dodatniego względnie ujemnego półokresu sieci. W tym celu należy obrócić rączkę o  $180^\circ$  względem położenia pierwotnego. Gdy obrócimy rączkę komutatora o  $\alpha$  w kierunku jego wirowania, to kontakt będzie następować z pewnym opóźnieniem w czasie, odpowiadającym  $\alpha$ . W tym wypadku, jak to widać z rysunku, czas palenia się łuku w jakiegokolwiek bądź fazie zmniejszy się, jak również zmniejszy się powierzchnia, odpowiadająca różnicy SEM-nych. Odcinając w ten sposób część dodatniej fali napięcia możemy otrzymywać różne średnie wartości napięcia.

Opisane powyżej komutatory: komutator silnika i komutator sieci, pozwalają w sposób ciągły i dokładny regulować obroty silnika zaworowego. Zanim przystąpimy do tej kwestji, ustalimy związek pomiędzy ilością obrotów silnika a początkiem zapłonu fazy oraz początkiem doprowadzania potencjału dodatniego do siatek; pierwszy zależy od położenia szczotki komutatora silnika, t. j. od  $\alpha$ , drugi zaś — od nastawienia rączki komutatora sieci, t. j. od  $\gamma$ . Omi-jając rozważania teoretyczne, pozwalające udowodnić, że ilość obrotów i moment obrotowy silnika zaworowego wyrażają się wzorami analogicznymi do wzorów dla silników prądu stałego, ustalimy zależność pomiędzy ilością obrotów a kątami  $\alpha$  i  $\gamma$ .

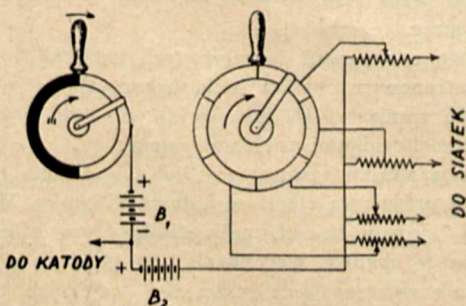
Do zasadniczego równania napięć

$$V_{sr} - F_{sr} = IR' \dots \dots \dots (1)$$

wchodzą następujące wielkości:

$V_{sr}$ , wielkości którego zależy od początku doprowadzania potencjału do siatek, t. j. od  $\alpha$

oraz  $E_{sr}$ , wielkości którego zależy od początku zapłonu fazy, t. j. op  $\gamma$ .



Rys. 10.



Na podstawie rys. 8a i 12 powyższe wielkości mogą być przedstawione jak następuje:

$$V_{sr} = \frac{1}{\pi} V_0 \int_{\alpha_1}^{\alpha_1 + \pi} \sin \alpha \, d\alpha = \frac{V_0}{\pi} \cdot 2 \cos \alpha_1 \dots (2)$$

$$E_{sr} = \frac{3}{\pi} E_0 \int_{\gamma_1}^{\gamma_2} \sin \gamma \cdot d\gamma,$$

gdzie  $\gamma_2 = \gamma_1 + 60^\circ$ , skąd

$$E_{sr} = \frac{3}{\pi} E_0 [\cos \gamma_1 - \cos (\gamma_1 + 60^\circ)] \dots (3)$$

Lecz  $E_0 = n e_0$ , gdzie  $e_0$  — napięcie fazy silnika, odniesione do obrotów, wobec czego ostatnie równanie możemy napisać w następującej postaci:

$$E_{sr} = \frac{3}{\pi} n e_0 [\cos \gamma_1 - \cos (\gamma_1 + 60^\circ)].$$

Po podstawieniu równań (2) i (3) do (1) otrzymamy:

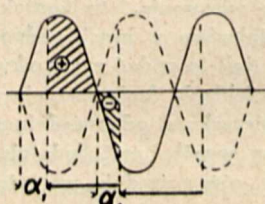
$$\frac{V_0}{\pi} 2 \cos \alpha_1 - \frac{3}{\pi} n e_0 [\cos \gamma_1 - \cos (\gamma_1 + 60^\circ)] = IR',$$

skąd

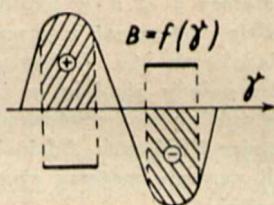
$$n = \frac{\frac{V_0}{\pi} \cdot 2 \cos \alpha_1 - IR'}{\frac{3}{\pi} e_0 [\cos \gamma_1 - \cos (\gamma_1 + 60^\circ)]} \dots (4)$$

Z równania (4) widzimy, że dla danego prądu  $I$  ilość obrotów możemy zmieniać przez zmianę  $\alpha$  lub  $\gamma$ . Przy  $I = \text{const.}$  i stałym kącie  $\alpha$ , t. j. przy pewnym nastawieniu rączki komutatora sieci, ilość obrotów jest funkcją  $\gamma_1$ , to znaczy, że przez zmianę nastawienia komutatora silnika ilość obrotów silnika zmienia się. Z punktu widzenia fizycznego odpowiada to zmianie strumienia magnetycznego silnika.

Należy zaznaczyć, że zapomocą komutatora silnika możemy nie tylko regulować obroty silnika, lecz również zmieniać kierunek jego wirowania. Wynika to z równania (4), do którego podstawimy zamiast  $\langle \gamma_1 \rangle < (\gamma_1 + 180)$ , otrzymujemy wtedy wartość ujemną, to znaczy, że silnik wiruje w kierunku przeciwnym. Dodawanie do  $\gamma_1$   $180^\circ$  jest równoznaczne zapłonowi fazy przy ujemnym polu magnetycznym (rys. 13).



Rys. 12.

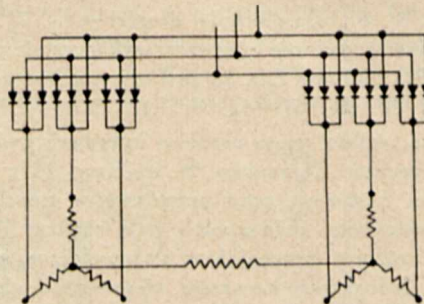


Rys. 13.

Z drugiej strony przy zadanym prądzie i stałym położeniu komutatora silnika przez zmianę kąta  $\alpha$ , możemy zmieniać ilość obrotów od zera (kąt  $\alpha$ , wyznaczamy z równania  $\frac{2}{\pi} V_0 \cos \alpha_1 = IR'$ ) do  $n_{\text{max}}$ . Maksymalną ilość obrotów otrzymujemy przy  $\alpha_1 = 0$ . Widzimy stąd, że uruchomienie i regulacja obrotów silnika zaworowego jest ekonomiczną, gdyż nie potrzebuje rozruszników, jak również regulacja ta posiada bardzo szerokie granice.

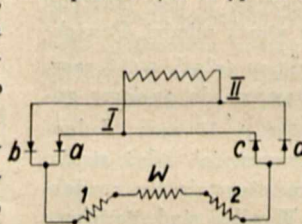
Jak podaliśmy wyżej, zastosowanie wieloanodowego prostownika w silniku zaworowym zmniejszyło znacznie współczynnik wykorzystania materiałów czynnych tego silnika. Zjawienie się tyratronów dużej mocy i zastosowanie ich zamiast prostowników wieloanodowych w silniku pozwala osiągnąć znacznie większy współczynnik wykorzystania jego materiałów. W odróżnieniu od silnika zaworowego nazwano silniki tego rodzaju silnikami tyratronowymi. Na rys. 14 podany jest schemat silnika tyratronowego na prąd trójfazowy o mocy 400 KM., zbudowany przez firmę GEC. Przytoczony schemat łatwo da się przerobić na schemat silnika zasilanego prądem jednofazowym; schemat ten podano na rys. 15. Z rysunku widzimy, że silnik posiada uzwojenie składające się z dwóch trójfazowych gwiazd, których punk-

ty zerowe połączone są pomiędzy sobą poprzez uzwojenie wirnika. Silnik zaopatrzonego w układ zaworów elektrycznych zabezpieczających przepływ prądu od zacisków dowolnej fazy do punktu zerowego lewej gwiazdy i od punktu zerowego do zacisków dowolnej fazy prawej gwiazdy. Komutacja prądu z fazy na fazę odbywa się w poszczególnych gwiazdach co  $120^\circ$ , jednak nie jednocześnie, lecz kolejno w prawej i lewej gwiazdach, wobec czego otrzymuje się komutację amperozwojów wypadkowych co  $60^\circ$ .

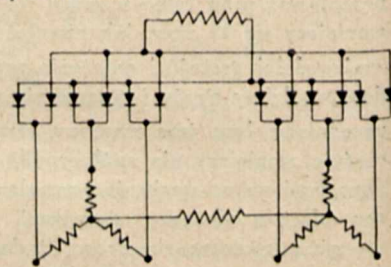


Rys. 14.

ty zerowe połączone są pomiędzy sobą poprzez uzwojenie wirnika. Silnik zaopatrzonego w układ zaworów elektrycznych zabezpieczających przepływ prądu od zacisków dowolnej fazy do punktu zerowego lewej gwiazdy i od punktu zerowego do zacisków dowolnej fazy prawej gwiazdy. Komutacja prądu z fazy na fazę odbywa się w poszczególnych gwiazdach co  $120^\circ$ , jednak nie jednocześnie, lecz kolejno w prawej i lewej gwiazdach, wobec czego otrzymuje się komutację amperozwojów wypadkowych co  $60^\circ$ .



Rys. 15.



Rys. 16.

Na schemacie rys. 15 mamy obwód składający się z uzwojenia wtórnego I, II transformatora, zaworów  $a, b, c$  i  $d$ , i jednej fazy lewej gwiazdy uzwojenia wirnika i jednej fazy prawej gwiazdy (rys. 16).

Jeżeli SEM-na wzniesiona w uzwojeniu wtórnym transformatora skierowana jest od zacisku II do II i zawór  $a$  jest otwarty, to prąd popłynie od I przez zawór  $a$ , fazę 1, uzwojenie  $W$ , fazę 2, dalej przez zawór  $d$  i do II. Gdy napięcie sieci przechodzi przez zero, potencjał zacisku II staje się wyższym od potencjału zacisku I, to przez zawory  $b$  i  $a$  popłynie prąd komutacyjny; wtedy zawór  $a$  zgaśnie, wobec czego prąd popłynie przez zawór  $b$ , przez silnik i zawór  $d$ . W pewnym momencie zapala się zawór  $c$ , wtedy przez zawory  $c$  i  $d$  popłynie prąd komutacyjny przeciw prądowi robocznemu zawór  $d$  zgaśnie, prąd zaś popłynie w innym obwodzie, mianowicie: od II przez zawór  $b$ , silnik, zawór  $c$  i do zacisku I uzwojenia transformatora. Gdy napięcie znowu przechodzi przez zero, to prąd popłynie przez zawór  $a$ , silnik i zawór  $c$ .

Drogą rozumowań teoretycznych ustalono, że w silniku tyratronowym współczynnik wykorzystania miedzi stanowi 0,675 zamiast 0,39, jak to jest dla silników zaworowych z prostownikami wieloanodowymi.

Tak w silniku zaworowym, jak i w silniku tyratronowym prąd przepływa ciągle w jednym kierunku. W czasach ostatnich zjawily się schematy silników, w których prąd przepływa w obydwu kierunkach, co pozwala powiększyć współczynnik wykorzystania materiałów czynnych, zbliżając się do 0.9. Silniki te znajdują się w trakcie badań.



## O jednym ze sposobów poprawiania $\cos \varphi$

Inż. A. Sprusiński

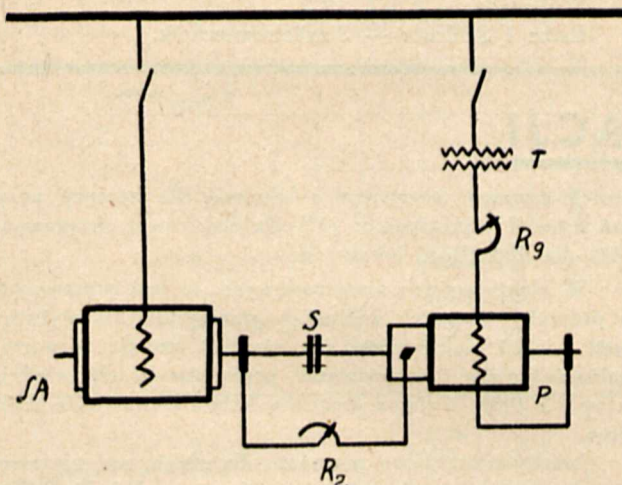
Coraz bardziej rozszerzająca się elektryfikacja obzarów i zakładów przemysłowych, czerpiących energię zazwyczaj z jednego centralnego źródła, powoduje niedostateczne wyzyskanie urządzeń i maszyn elektrycznych, jako to: silników, transformatorów, sieci i t. p.

Zagadnienie elektryfikowania coraz to nowych jednostek gospodarczych zmusza do ustawiania mocy transformatorów i silników ze znacznym zapasem, tembardziej, iż ich koszta zakładowe — na 1 kW zainstalowanej mocy — maleją ze wzrostem mocy ogólnej. Stan zatem całokształtu urządzeń elektrycznych jest elektrycznie niewyżyskany. A to niewyżyskanie powoduje straty w kosztach zmiennych eksploatacyjnych, spowodowane przesyłaniem znacznej mocy bezwatowej w stosunku do mocy watawej.

Dlatego jednym z czynników, powodujących nieekonomiczną pracę wytwórni i sieci, jest mały współczynnik mocy. Z tego też powodu zagadnienie poprawienia  $\cos \varphi$  staje się często zagadnieniem wzrostu rentowności przedsiębiorstwa i, co za tem idzie, staje się coraz bardziej aktualnym, szczególnie w wypadkach, gdy lokalne warunki techniczne odbiorców zmniejszają wybitnie  $\cos \varphi$  (p. art. p. A. Hoffmanna P. E. 1933, 10).

Jednym ze sposobów polepszania współczynnika mocy, stosowanym coraz częściej w wielkich zakładach zagranicznych, jest używanie t. zw. kondensatora asynchronicznego, którego moc dochodzi do 30 000 kVA (A. E. G.). Kondensator asynchroniczny przedstawia sobą zespół, składający się z silnika asynchronicznego, sprzężonego zazwyczaj mechanicznie z silnikiem komutatorowym, który działa jako przetwornik okresów.

Rys. 1 przedstawia schematyczne ujęcie zespołu.



Rys. 1.

SA — silnik asynchr., P — przetwornik częstotliwości, Rz — rozrusznik, Rg — regulator napięcia, T — transformator, S — sprzęgło.

Jeżeli silnik asynchroniczny przy napięciu sieci  $E_1$  pobiera prąd bezwatowy  $I_m$ , to w wirniku, przy przekładni silnika = 1, SEM będzie:

$$E_{2s} = E_1 \cdot s$$

gdzie  $s$  oznacza poślizg silnika.

Doprowadzając prąd bezwatowy od strony wirnika, należy — celem utworzenia strumienia magnetycznego takiegoż, jak przy zasilaniu od strony stojana — doprowadzić moc urojoną:

$$\sqrt{3} \cdot E_{2s} \cdot I_m$$

gdzie  $I_m$  stanowi prąd magnesujący. W tym wypadku silnik będzie skompensowany i będzie pracował przy  $\cos \varphi = 1$ .

Zwiększając prąd aż do mocy, odpowiadającej całkowitemu prądowi wirnika, t. zn.

$$\text{kVA} = \sqrt{3} \cdot E_{2s} \cdot I_2$$

gdzie

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_m + \bar{I}_s; \quad (I_s - \text{prąd wirnika})$$

uzyskamy przekompensowanie silnika; silnik asynchroniczny będzie wysyłał do sieci prąd bezwatowy i stanie się generatorem prądu bezwatowego. Częstotliwość w wirniku zależy od stopnia obciążenia, a więc od poślizgu. Z tego powodu, doprowadzony do wirnika prąd o napięciu  $E_{2s}$  musi posiadać częstotliwość, odpowiadającą poślizgowi. Do tego też właśnie służy przetwornik częstotliwości, który przetwarza częstotliwość np. sieci  $f$  na częstotliwość poślizgu

$$f_s = f \cdot s.$$

Tę właściwość przetwornika tłumaczymy, jak następuje: jeśli do nieruchomego wirnika silnika kolektorowego doprowadzimy prąd o częstotliwości  $f$ , to wytworzone pole magnetyczne, jak i krzywa potencjalna będą wirowały z szybkością  $f$  obrotów na sekundę. Podobnie i napięcie na szczotkach będzie posiadało częstotliwość  $f$ . Przy obrotach wirnika, odpowiadających częstotliwości  $f_w$ , szybkość krzywej potencjalnej na komutatorze względem wirnika będzie:

$$f_k = f \pm f_w.$$

Znak zależy od tego, czy wirnik obraca się zgodnie z polem wirującym (+), czy też przeciwnie (—). W wypadku, gdy obroty wirnika będą zgodne z obrotami pola magnetycznego, lecz przeciwnie co do kierunku, wtedy  $f_k$  będzie równe zeru; szczotki będą stałe w tych samych punktach krzywej potencjalnej. Okresy prądu, przepływającego przez szczotki kolektora, zależą więc od różnicy między szybkością pola wirującego a szybkością obrotów wirnika. Jeśli zatem silnik kolektorowy zasilac prądem o częstotliwości sieci  $f$ , a wirnikowi tegoż silnika nadać równocześnie obroty silnika asynchronicznego o szybkości własnej (zależnej od poślizgu), czyli:

$$f_w = f(1 - s)$$

to częstotliwość napięcia na szczotkach będzie:

$$f_k = f - f_w = f - f + f \cdot s = f \cdot s.$$

W ten sposób — przy mechanicznym połączeniu dwóch wirników — można osiągnąć automatyczną zmianę okresów, uzależnioną od poślizgu. Zmianę przesunięcia fazowego, jakie może istnieć między SEM wirnika silnika asynchronicznego a SEM na komutatorze, uskutecznią się przez przesunięcie szczotek na komutatorze.

Wykres wektorowy napięć i prądów zespołu pozwala zorientować się w roli prądu dodatkowego.

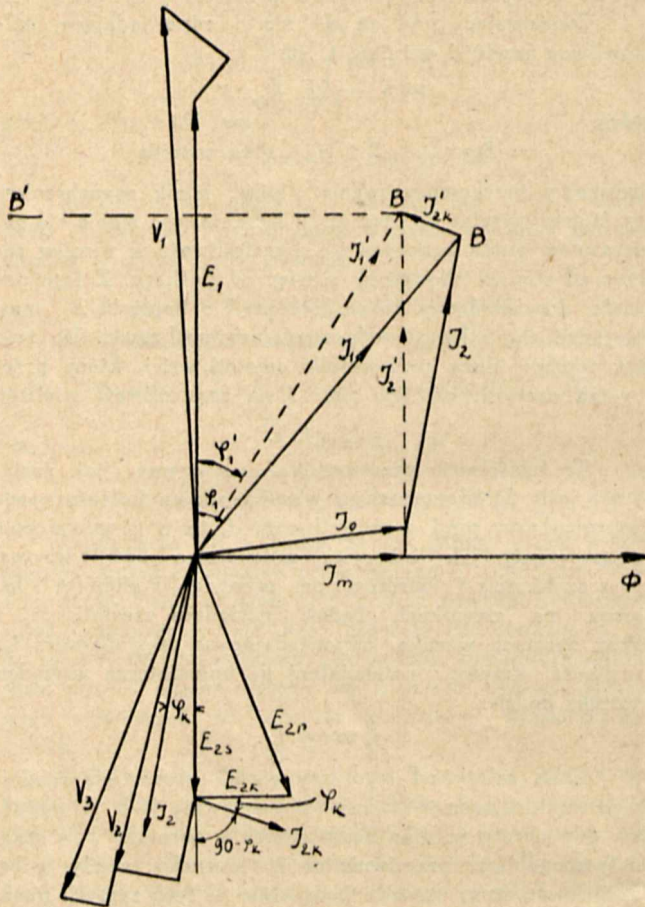
Dodatkowo przyłożone napięcie  $E_{2k}$  da prąd  $I_{2k}$ , przesunięty o taki kąt  $\varphi_k$ , jaki istnieje między  $E_{2s}$  i  $I_2$ .

Podczas biegu luzem, prąd  $I_{2k} = \frac{E_{2k}}{r_2}$  będzie w fazie z napięciem  $E_{2k}$ . Ponieważ  $E_{2k}$  wyprzedza  $E_{2s}$  o  $90^\circ$ , więc  $I_{2k}$  też wyprzedza  $E_{2s}$  o  $90^\circ$ .

Prąd  $I_{2k}$  wywoła prąd w obwodzie pierwotnym  $I'_{2k}$ , który spowoduje, że:  $\varphi'_1 < \varphi_1$ . Składowa pozioma prądu  $I'_{2k}$  posiada kierunek przeciwny prądowi  $I_m$ . Podczas obciążenia  $I_{2k}$  spóźnia się o  $\varphi_k$ , więc  $I_{2k}$  wyprzedza  $E_{2s}$  o kąt



( $90 - \varphi_k$ ). Składowa  $I'_{2k} \cdot \cos \varphi_k$ , działająca przeciwko  $I_m$ , zmniejsza prąd bezwzględny, pobierany z sieci przez silnik asynchroniczny. Wypadkowy prąd w wirniku będzie zatem:  $\bar{I}_2 = \bar{I}_2 + \bar{I}_{2k}$ . Zmieniając  $I_{2k}$  — przez zmianę napięcia dodatkowego  $E_{2k}$ , możemy zmieniać położenie punktu  $B$  do  $B'$



Rys. 2.

( $\varphi_1 < 0$ ); silnik asynchroniczny daje do sieci prąd bezwzględny i działa wtedy, jako generator prądu bezwzględny. Wykres wektorowy wskazuje na wielkość napięcia dodatkowego, jakie należy przyłożyć ( $V_3$ ), uwzględniając spadki wewnętrzne w silniku kolektorowym i transformatorze.

Dość często używa się dwóch transformatorów dla zmniejszenia napięcia sieci: jeden z nich posiada zaczepty, drugi służy do dokładniejszego regulowania napięcia.

Rozpatrując zespół od strony konstrukcyjnej, należy zaznaczyć, iż silnik asynchroniczny, użyty tutaj, niczem się nie różni od normalnego; uwzględnione musi być tylko zwiększenie prądu dla skompensowania prądu magnesującego.

Przetwornik okresów jest silnikiem komutatorowym szeregowym lub bocznikowym. Budowany również bywa przetwornik specjalny z t. zw. żłobkami „utopionymi”. Z osobliwości przetwornika okresów należy zaznaczyć, iż w tworniku płyną prądy przeciwne sobie, o prawie równych amplitudach, lecz różnych okresach. Powoduje to, iż skutek cieplny, wywołany przez te prądy, jest mniejszy, niż gdyby płynęły prądy o tej samej częstotliwości. Obliczenie tego rodzaju maszyny na grzanie się jej podaje Weiler (ETZ, 1920).

Stosowanie tego rodzaju sposobu poprawiania współczynnika mocy opłaca się, gdy ma się doczynienia z dużymi mocami przesyłowymi oraz wysokimi napięciami sieci.

#### LITERATURA.

Monkiewicz T. — Maszyny komutatorowe prądów zmiennych.

Szenfer K. — Kolektorowe dwigateli pieremiennawo toka.

Liwschitz — Siemens Z. 1927.

Dreyfuss — Arch. f. El. Bd XIII i XV.

Seidemann — E.T.Z. 1932.

Rziha i Seidener — Starkstromtechnik.

## Z DZIEDZINY ELEKTRYFIKACJI

### Obrót energii w kwietniu r. b.

W mies. kwietniu 1936 r. wytwórczość własna elektrowni zawodowych i przemysłowych wyniosła łącznie 220 811 tys. kWh, przybliżając się do wytwórczości w odpowiednim miesiącu 1929 roku.

W stosunku do wytwórczości w tym samym miesiącu 1935 r. przyrost wyniósł 8,5%.

To zwiększenie przyrostu ogólnego jest wynikiem zwiększenia wytwórczości obu głównych ugrupowań elektrowni: zawodowych i niezawodowych.

Elektrownie zawodowe zwiększyły wytwórczość w obu

swoich grupach: okręgowej i lokalnej, dla których przyrost wyniósł odpowiednio: 11% dla elektrowni okręgowych i 4% dla elektrowni lokalnych.

W elektrowniach niezawodowych, to jest pracujących na potrzeby własnych zakładów przemysłowych, wytwórczość energii elektrycznej, jak również energia rozporządzalna całkowita i po wymianie, przewyższyła odpowiednie liczby z r 1935. Wyjątek stanowią huty i elektrownie trakcyjne.

Liczby procentowe przyrostu dla elektrowni niezawodowych są również odpowiednio większe. Inż. St. Rylke.

### UPRAWNIENIA RZĄDOWE

Ministerstwo Przemysłu i Handlu ogłasza, że w dniu 23 marca 1936 r. nadano firmie „Elektrownia-Lepak i Szczupakiewicz w Czyżewie, spółka jawna” uprawnienie rządowe Nr. 291 na rozdzielanie i ewentualne wytwarzanie energii elektrycznej w celu zawodowego jej zbytu przez 20 lat na obszarze gromady i stacji kolejowej Czyżewo oraz kolonji Czyżewo-Złote jabłko w wojew. Białostoczek;

w dn. 22 lutego 1936 r. nadano miastu Podgórz uprawnienie rządowe Nr. 285 na rozdzielanie i ewentualne wytwarzanie energii elektrycznej w celu zawodowego jej zbytu przez 20 lat na obszarze m. Podgórz oraz gramad Stawki i Rudak w wojew. Pomorskiem.

Urząd Wojewódzki Białostocki podaje do wiadomości o otrzymaniu skierowanego do Ministra Przemysłu i Handlu podania *Nuty Ryga* o udzielenie uprawnienia na zakład elektryczny do wytwarzania i rozdzielania energii elektrycznej w celu zawodowego zbytu na obszarze osady *Go-worowo* w gminie tejże nazwy, powiatu Ostrołęckiego; czas trwania uprawnienia miałby wynosić 25 lat;

Urząd Wojewódzki Poleski podaje do wiadomości o wpłynięciu podania *Srula Jankiela Falczuka* o udzielenie uprawnienia na wytwarzanie i rozdzielanie energii elektrycznej w celu zawodowego zbytu na obszarze osady *Lubieszów i wsi Zarudcze*, leżących na terenie gminy wiejskiej Lubieszów powiatu koszyrskiego; czas trwania uprawnienia miałby wynosić dwadzieścia pięć lat.



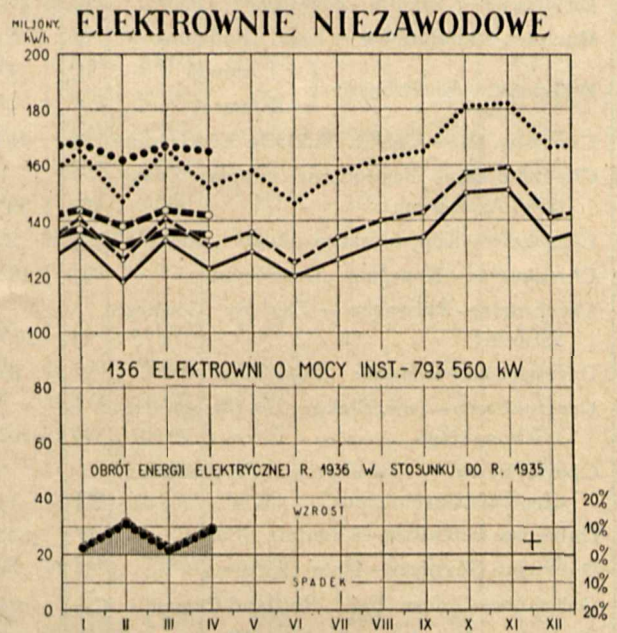
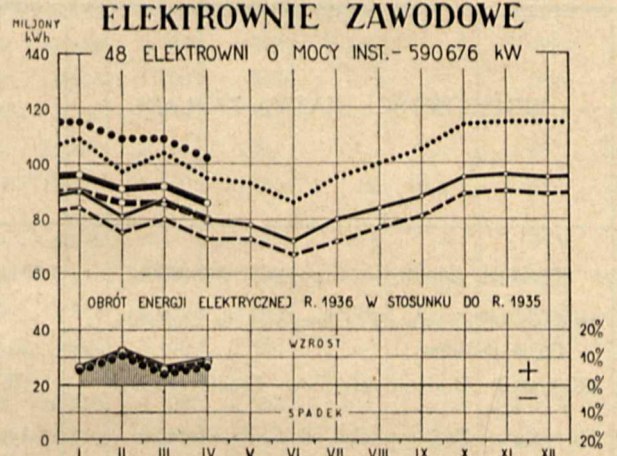
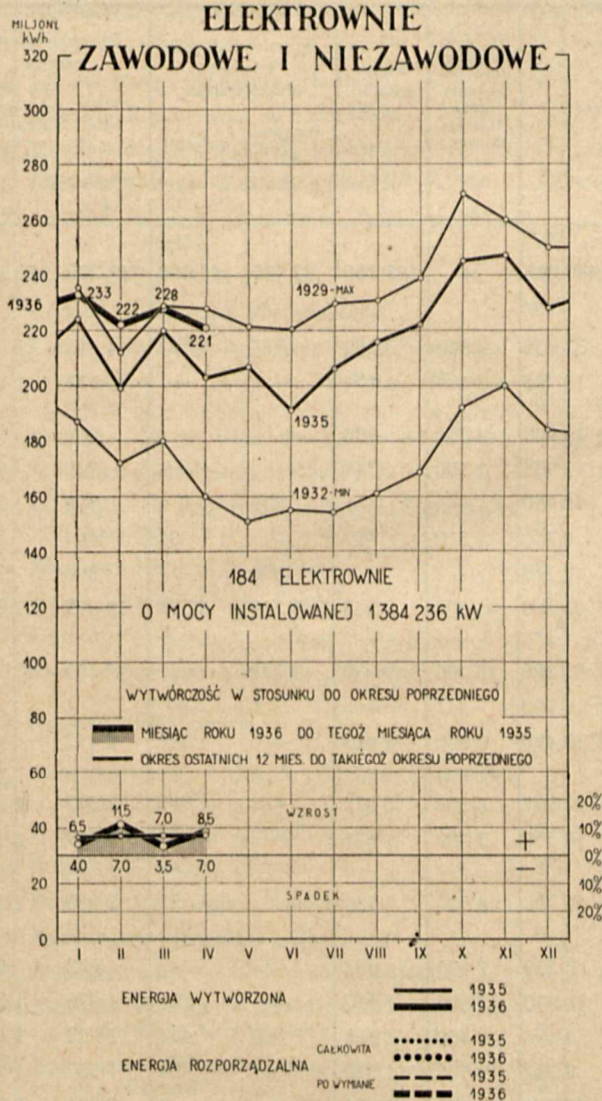
MINISTERSTWO PRZEMYSŁU I HANDLU  
BIURO ELEKTRYFIKACJI  
STATYSTYKA ELEKTRYCZNA

Rok VII

MIESIĘCZNY OBRÓT ENERGJI ELEKTRYCZNEJ

Kwiecień 1936

Elektrownie (184) o mocy instalowanej ponad 1 000 kW (ok. 93% wytwórczości).



ELEKTROWNIE o mocy instalowanej ponad 1 000 kW	Liczba zakład- dów	Moc instalowana kW	Własna wytwórczość		Wymiana energii z innymi elektrowniami		Rozporządzalna energia			
			1 000 kWh	przyrost %	otrzymano 1 000 kWh	oddano 1 000 kWh	całkowita rb. (4+5) 1 000 kWh	przyrost %	po oddaniu innym elek- trowniom rb. (4+5-6) 1 000 kWh	przyrost %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>I + II</b>	<b>184</b>	<b>1 384 236</b>	<b>220 811</b>	<b>+ 8,5</b>	<b>45 998</b>	<b>44 402</b>	<b>266 809</b>	<b>+ 8,0</b>	<b>222 407</b>	<b>+ 9,0</b>
<b>I Zawodowe</b>	<b>48</b>	<b>590 676</b>	<b>86 255</b>	<b>+ 8,5</b>	<b>16 040</b>	<b>21 647</b>	<b>266 809</b>	<b>+ 8,0</b>	<b>222 407</b>	<b>+ 9,0</b>
1) Okręgowe . . . . . O	22	349 320	54 403	+11,0	12 434	19 503	66 837	+ 6,5	80 648	+ 8,0
2) Lokalne . . . . . L	26	241 356	31 852	+ 4,0	3 606	2 144	35 458	+ 6,5	33 314	+ 5,5
<b>II Niezawodowe</b>	<b>136</b>	<b>793 560</b>	<b>134 556</b>	<b>+ 9,0</b>	<b>29 958</b>	<b>22 755</b>	<b>164 514</b>	<b>+ 9,0</b>	<b>141 759</b>	<b>+ 9,5</b>
1) Kopalnie węgla . . . . . W	39	379 180	63 208	+ 8,5	12 139	21 621	75 347	+ 5,0	53 726	+ 4,5
2) Huty . . . . . H	13	94 268	15 576	- 1,0	11 508	872	27 084	+ 6,0	26 212	+ 5,5
3) Fabryki włókiennicze . . . . . Wł	16	44 189	8 748	+14,0	517	—	9 265	+13,5	9 265	+13,5
4) Fabryki chemiczne . . . . . Ch	15	114 528	22 303	+ 2,0	3 731	208	26 034	+ 7,5	25 826	+ 7,5
5) Cukrownie . . . . . Ck	21	51 261	110	+10,0	10	—	120	+ 7,0	120	+ 7,0
6) Papiernie . . . . . P	6	34 764	11 458	+20,5	628	—	12 086	+23,0	12 086	+23,0
7) Cementownie . . . . . Cm	8	33 351	7 728	+60,5	17	54	7 745	+61,0	7 691	+62,0
8) Pozostałe zakłady przem. . . . . R	16	28 439	3 314	+ 5,0	235	—	3 549	+ 5,5	3 549	+ 5,5
9) Trakcyjne . . . . . T	2	13 580	2 111	-10,5	1 173	—	3 284	+ 2,5	3 284	+ 2,5



## MIESIĘCZNY OBRÓT ENERGJI ELEKTRYCZNEJ

ELEKTROWNIE (70) O MOCY INSTALOWANEJ PONAD 5 000 kW

(Ok. 80% wytwórczości)

Kwiecień 1936

Nr.	MIEJSCOWOŚĆ — NAZWA ZAKŁADU	Moc instalowana		Największe (szczytowe) obciążenie (czas trwania 15 min.) kW	Własna wytwórczość	Wymiana energii z innymi elektrowniami		Rozporządzalna energia			
		kW	kVA			otrzymano	oddano	całkowita rb. (5+6)	po oddaniu innym elektrowniom rb. (5+6-7)		
1	2	3		4	5		6		7	8	9
	<b>Ogółem (elektrownie ponad 5 000 kW) .</b>	<b>1 151 316</b>	<b>1 488 028</b>	—	<b>191 260</b>	<b>27 975</b>	<b>43 080</b>	<b>219 235</b>	<b>176 155</b>		
1	Będzin—Elektrownia Okręgowa w Zagłębiu Dąbrowskiem . . . . . O	23 500	33 050	9 500	3 260	955	1 821	4 215	2 394		
2	Białystok—Białostockie Tow. Elektryczności L	10 700	13 780	3 650	1 129	—	—	1 129	1 129		
3	Borysław—Podkarpackie Tow. Elektryczne . O	11 200	14 000	2 850	906	—	—	906	906		
4	Brzeszcze—Kopalnia „Brzeszcze” . . . . . W	10 000	12 935	1 500	749	—	—	749	749		
5	Buchacz-Radzionków — Kop. „Radzionków” W	8 655	10 780	—	—	775	—	775	775		
6	Bydgoszcz—Elektrownie { I (nowa) . . . L	7 050	8 750	2 310	907	—	396	907	511		
		1 910	2 230	—	—	396	—	396	396		
7	Chorzów III — Śląskie Zakłady Elektryczne O	76 000	95 000	21 000	7 543	9 309	4 521	16 852	12 331		
8	Chorzów III — Zjednoczone Fabryki Związków Azotowych . . . . . Ch	55 200	81 300	15 700	9 959	3 231	—	13 190	13 190		
9	Chrzanów—Kop. błyszczu ołowiu „Matylda” R	5 200	6 500	—	—	1	—	1	1		
10	Chwałowice—Kopalnia „Donnersmarck” . . W	10 760	13 450	4 800	2 413	—	1 946	2 413	467		
11	Czechowice-Żebrawce — Zakłady Górnicze „Silesia” . . . . . O	17 900	27 847	6 300	2 372	—	1 085	2 372	1 287		
12	Czerwionka—Kopalnia „Dębieńsko” . . . . W	8 400	10 500	3 100	1 627	—	—	1 627	1 627		
13	Częstochowa—Tow. Elektryczne Okręgu Częstochowskiego . . . . . O	10 700	16 735	4 800	2 239	—	53	2 239	2 186		
14	Częstochowa — Towarzystwo Przędzalnicze „La Czenstochovienne” . . . . . Wł	5 100	6 350	2 125	683	—	—	683	683		
15	Dąbrowa Górnicza—Kopalnia „Paryż” . . . W	13 550	16 850	3 600	1 670	—	151	1 670	1 519		
16	Dąbrowa Górnicza—Huta Bankowa . . . . H	7 096	8 696	3 450	1 813	60	454	1 873	1 419		
17	Goleszów—Golesz. Fabr. Portland-Cementu . Cm	6 056	7 580	3 500	1 540	17	54	1 557	1 503		
18	Grodziec—Kopalnia „Grodziec II” . . . . . W	10 975	13 700	6 900	2 921	—	4	2 921	2 917		
19	Grudziądz—Miejskie Tramwaje, Elektrownia i Wodociągi . . . . . O	6 800	8 380	2 200	739	156	181	895	714		
20	Janów—Elektrownia św. Jerzego . . . . . W	29 820	34 780	17 500	10 010	—	7 161	10 010	2 849		
21	Jaworzno—Kopalnia „Piłsudski” . . . . . W	19 120	23 925	12 550	5 999	2	3 461	6 001	2 540		
22	Jaworzno—Fabryka elektrochemiczna „Azot” Ch	6 250	12 500	—	—	496	—	496	496		
23	Jeziorna—Mirkowska Fabryka Papieru . . . P	6 000	7 250	2 600	1 476	4	—	1 480	1 480		
24	Kalety—Fabr. celulozy i papieru „Natro-nag” . . . . . P	4 910	6 140	3 080	1 649	—	—	1 649	1 649		
25	Kalisz-Piwonice — Okręgowy Zakład Elektryczny „Ozematka” . . . . . O	4 200	5 250	1 120	380	—	—	380	380		
26	Kamień—Kopalnia „Andaluzja” . . . . . W	8 320	9 320	2 000	1 035	141	2	1 176	1 174		
27	Katowice—Kopalnia „Ferdynand” . . . . . W	12 325	15 265	2 350	1 037	—	—	1 037	1 037		
28	Katowice-Brynów — Kopalnia „Wujek” . . W	12 000	15 500	3 500	1 584	—	601	1 584	983		
29	Katowice-Załęże—Kopalnia „Kleofas” . . . W	8 940	10 815	1 650	663	2	—	665	665		



Nr.	MIEJSCOWOŚĆ — NAZWA ZAKŁADU	Moc instalowana		Największe (szczytowe) obciążenie (czas trwania 15 min.)	Własna wytwórczość	Wymiana energii z innymi elektrowniami		Rozporządzalna energia		
		kW	kVA			kW	otrzymano	oddano	całkowita rb. (5+6)	po oddaniu innym elektrowniom rb. (5+6-7)
1	2	3		4	5	6	7	8	9	
30	Knurów—Kopalnia „Knurów” . . . . .	W	7 500	9 375	—	—	2 136	—	2 136	2 136
31	Kostuchna—Kopalnia „Boer” . . . . .	W	7 243	9 043	—	—	1 556	—	1 556	1 556
32	Kraków—Elektrownia w Krakowie. . . . .	L	15 700	19 880	2 500	528	2 344	6	2 872	2 866
33	Libiąż Mały—Kopalnia „Janina”. . . . .	W	6 620	8 115	1 320	540	—	—	540	540
34	Lublin—Elektrownia w Lublinie. . . . .	L	5 800	7 250	1 560	502	—	—	502	502
35	Lwów—Miejskie Zakłady Elektryczne . . . .	O	25 900	31 380	9 700	3 087	—	—	3 087	3 087
36	Laziska Górne—Zakłady „Elektro” . . . . .	O	87 100	110 125	39 700	22 386	56	10 574	22 442	11 868
37	Laziska Średnie—Kopalnia „Zjedn. Aleksander-Książątko”. . . . .	W	5 300	6 625	—	—	713	—	713	713
38	Łódź—Elektrownia Łódzka. . . . .	L	70 750	93 890	28 600	11 480	—	1 303	11 480	10 177
39	Łódź—„Widzewska Manufaktura” . . . . .	Wł	6 240	7 800	5 834	1 563	79	—	1 642	1 642
40	Łódź—Fabr. Wyrob. Bawełn. „I. K. Poznański”	Wł	6 000	7 500	5 100	1 903	57	—	1 960	1 960
41	Modrzejów — Centrala elektr. „Modrzejów”. . . . .	W	14 240	18 050	4 700	2 003	—	2	2 003	2 001
42	Mościce—Zjedn. Fabr. Związków Azotowych	Ch	24 900	31 125	6 350	4 058	—	208	4 058	3 850
43	Mysłowice—Kopalnia „Mysłowice”. . . . .	W	13 472	16 222	3 500	1 493	—	—	1 493	1 493
44	Myszków — Fabryka papieru „Steinhagen i Saenger” . . . . .	P	8 950	11 190	8 000	4 672	—	—	4 672	4 672
45	Niemce—Kopalnia „Juljusz”. . . . .	W	9 500	11 875	4 950	1 960	341	240	2 301	2 061
46	Nowy Bytom—Huta „Pokój” . . . . .	H	12 230	18 480	4 200	2 047	2 169	183	4 216	4 033
47	Ostrowiec—Zakłady Ostrowieckie . . . . .	H	5 070	7 590	4 500	786	12	—	798	798
48	Piaski-Czeladź—Kopalnia „Czeladź”. . . . .	W	13 960	17 435	4 500	2 347	240	977	2 587	1 610
49	Poznań—Elektrownie { I (nowa) . . . . .	L	20 000	25 000	7 200	2 513	63	121	2 576	2 455
	{ II (stara) . . . . .	L	10 000	13 005	—	—	—	—	—	—
50	Pruszków — Elektrownia Okręgu Warszawskiego . . . . .	O	31 500	43 450	11 200	3 688	—	56	3 688	3 632
51	Pszów—Kopalnia „Anna” . . . . .	W	24 800	31 000	8 400	4 604	50	1 326	4 654	3 328
52	Radlin—Kopalnia „Emma” . . . . .	W	14 300	17 875	4 100	1 894	18	56	1 912	1 856
53	Ruda—Elektrownia „Mikołaj” . . . . .	W	16 800	21 000	10 000	4 157	—	1 844	4 157	2 313
54	Rydultowy—Kopalnia „Charlotte” . . . . .	W	11 360	14 200	4 500	1 271	1 308	1 736	2 579	843
55	Siemianowice — Elektrownia „Richter” . . .	W	19 760	25 900	10 500	4 364	—	1 033	4 364	3 331
56	Siersza-Wodna — Elektrownia Okręgowa w Zagłębiu Krakowskim . . . . .	O	22 500	32 140	7 000	3 288	—	1	3 288	3 287
57	Sosnowiec-Sielce—Elektrownia Gwarectwa „Hr. Renard” . . . . .	W	9 200	11 000	4 200	992	454	60	1 446	1 386
58	Szczakowa — Fabryka Portland-Cementu „Szczakowa” . . . . .	Cm	7 000	8 750	3 550	1 970	—	—	1 970	1 970
59	Świętochłowice—Kopalnia „Niemcy”. . . . .	W	8 750	10 445	4 500	1 587	—	33	1 587	1 554
60	Świętochłowice—Huta „Falwa” . . . . .	H	51 000	64 660	19 000	8 364	33	235	8 397	8 162
61	Tomaszów-Wilanów — Tomaszowska Fabryka Sztucznego Jedwabiu . . . . .	Ch	8 115	9 895	3 980	2 250	—	—	2 250	2 250
62	Warszawa—Elektrownia Warszawska . . . .	L	57 900	79 000	31 900	9 601	—	318	9 601	9 283
63	Warszawa—Elektrownia Tramwajów Miejskich . . . . .	T	12 900	12 900	6 240	2 111	318	—	2 429	2 429
64	Wilno—Elektrownia w Wilnie . . . . .	L	4 800	5 875	2 550	722	—	—	722	722
65	Włocławek—Kujawska Elektrownia Okręgowa	O	5 800	7 250	1 800	649	—	3	649	646
66	Włocławek — Fabryka papieru „Steinhagen i Saenger”. . . . .	P	9 400	11 750	4 200	2 202	3	—	2 205	2 205
67	Wojkowice Komorne—Kopalnia „Jowisz”. .	W	17 100	21 380	8 800	3 608	4	821	3 612	2 791
68	Wysoka—Fabr. Portland-Cementu „Wysoka”	Cm	7 840	9 800	3 500	1 791	—	—	1 791	1 791
69	Zgierz—Elektrownia Zgierska . . . . .	L	7 179	10 845	3 000	917	36	—	953	953
70	Żur—Zakład wodno-elektryczny w Żurze . .	O	8 200	8 800	5 200	1 059	440	53	1 499	1 446

Podane liczby mogą, w niektórych pozycjach, ulegać późniejszym nieznacznym zmianom.



## ORZECZNICTWO ELEKTRYCZNE

Do § 9 upr. rząd. Nr. 12.

*Przy przerechowaniu kaucyj na prąd należy opierać się na postanowieniach §§ 28 i 29 rozp. Prez. Rzec. z dnia 14 maja 1924 r. o przerechowywaniu zobowiązań prywatnoprawnych.*

Łódzka Elektrownia, zobowiązana na podstawie § 9 uprawnienia rządowego Nr. 12 do zwrotu kaucyj przy rozwiązywaniu umów na dostawę prądu, waloryzowała kaucje, złożone jeszcze przed wojną w rublach rosyjskich, w wysokości 10% od sumy obliczanej po 2,66 zł. za 1 rb.

Według takiego obliczenia za 15 rb. „kaucji za prąd” złożonych przez odbiorcę jeszcze przed 1 lipca 1914 r., a stwierdzonych kwitem wystawionym przez „Łódzki Oddział T-wa Elektrycznego Oświetlenia 1886 r.” Elektrownia wypłacał kwotę 4 zł. Podobny sposób waloryzacji krzywdził bezsprzecznie odbiorcę. Złożona bowiem przez odbiorcę kaucja stanowiła dla elektrowni zapewnienie otrzymania należności za poiberany prąd, przyczem, przy otrzymaniu 15 rb. kaucji, zapewne dotyczyło uiszczenia opłaty za 50 kWh zważywszy, że ówczesna cena wynosiła 30 kop. za 1 kWh.

Zapytywane w tej sprawie Ministerstwo Skarbu pismem z dnia 18 sierpnia 1933 r. Nr. D. II. 17059/1/33 wyraziło następującą opinię:

Zważywszy, że postanowienia §§ 5 — 27 lex „Zoll” nie zawierają miary przerechowania należności z tytułu kaucji, należy przy przerechowaniu kaucyj opierać się na postanowieniach §§ 28 i 29 tejże ustawy. Wprowadzone tu kryteria oceny woli stron uczciwego obrotu i względów słuszności w oznaczeniu miary przerechowania wymagają dokładnego uwzględnienia stanu faktycznego i nadają się najwłaściwiej do swobodnej oceny sądów.

Uwzględnić nadto należy trudności w analogicznym zastosowaniu miary przerechowania, wynikające z istotnej strony prawnej kaucji, która aczkolwiek zbliżona charakterem swym do zastawu i pożyczki dla pewnych wspólnych cech nie jest ani pierwszym ani drugim, raczej najbardziej wydaje się zbliżoną pojęciu zastawu nieregularnego. Poza-tem z istoty jej wynika, że momentem miarodajnym dla przerechowania kaucji jest czas w którym powstał tytuł do żądania jest zwrotu.

Uwzględniając nasuwające się wyżej trudności w oznaczeniu miary przerechowania, zdaniem Ministerstwa Skarbu interwencja Urz. Woj. jako władzy adm. w powyższej sprawie nie byłaby właściwą.

Do §§ 2, 27, 36, 63, 64 i 93 uprawnień rządowych.

*Nie życiową byłoby rzeczą żądać od uprawnionego utrzymywania w ruchu elektrowni w porze dziennej, jeżeli w tej porze nie ma on odbiorców na energię elektryczną.*

Takie stanowisko zajęło b. Min. Rob. Publicznych w orzeczeniu z dnia 29 marca 1929 r. L. XIV—109/29 w sprawie reklamacji Magistratu miasta Gródka Jagiellońskiego co do wymiaru kary z § 93 upr. rząd. Nr. 45.

Stan sprawy jest następujący:

Zarządzeniem z dnia 11 grudnia 1928 r. L. D. K. P. I/E 118 ex 1928 r. wymierzył Wojewoda Lwowski w myśl § 93 uprawnienia rządowego Nr. 45 z 6 września 1927 r. Magistratowi m. Gródka Jagiellońskiego karę w wysokości 300 zł. za uchybienia §§ 2 i 36 tegoż uprawnienia. Uchybienia te polegają na tem, że elektrownia miejska nie jest czynna przez całą dobę i że do dnia 21 września 1928 r. zaopatrywała konsumentów jedynie do godziny 2 w nocy.

Przeciw temu zarządzeniu wniósł reklamację Magistrat m. Gródka Jagiellońskiego zgodnie z § 93 pomienionego uprawnienia.

W reklamacji tej podnosi, że postanowienia §§ 2 i 36 uprawnienia rządowego nakładają na niego obowiązek nieprzerwanego zadośćuczynienia zgłoszeniu zapotrzebowania na energię elektryczną przez dostarczanie tejże energii w miarę faktycznego i zgłoszonego zapotrzebowania odbiorców, czemu też Magistrat zadość czyni. Intencji pomienionych paragrafów uprawnienia nie odpowiada wytwarzanie energii elektrycznej, pędzenie motoru w tym celu w czasie, gdy energii tej nikt nie potrzebuje.

Na uzasadnienie swej reklamacji przedłożył Magistrat m. Gródka Jagiellońskiego poświadczanie Starosty Gródeckiego, Komendanta Garnizonu, zawiadostwa stacji kolejowej i Przełożenia cehów kowalskiego, szewckiego i rzeźnickiego w Gródku Jagiellońskim co do braku zapotrzebowania energii elektrycznej w porze dziennej, wszystkie z daty Gródek Jagielloński 10 stycznia 1929 r.

Min. Rob. Publ., załatwiając reklamację Magistratu m. Gródek Jagielloński na podstawie § 95 wspomnianego uprawnienia rządowego, uchyliło orzeczeniem „na wstępie powołanem, zaskarżone zarządzenie z powodów przytoczonych w reklamacji i popartych wyżej wymienionemi poświadczaniami urzędowemi.

Do art. 1 ust 2 rozp. Prez. Rzec. z dnia 27 października 1933 r. o popieraniu elektryfikacji.

*Zakład Elektryczny nieodpowiadający wymogom art. 1 ust. 2 rozp. o popieraniu elektryfikacji nie może korzystać z dobrodziejstw w tem rozporządzeniu przewidzianych.*

Stan sprawy jest następujący:

Wojewoda Wołyński pismem z dnia 27 lutego 1934 r. Nr. APE-4/9 przedłożył Min. Przem. i Handlu do decyzji podanie S-ki „Feniks” w sprawie ulg, przewidzianych Rozp. Prez. Rzec. z dnia 27 października 1923 r. o popieraniu elektryfikacji (Dz. U. R. P. Nr. 85, poz. 633).

Decyzją z dnia 20 marca 1934 r. Nr. E-VI-461/1/34 Min. Przem. i Handlu załatwiło podanie Ski „Feniks” odmownie.

W uzasadnieniu odmowy Min. Przem. i Handlu przytoczyło co następuje:

„Na podstawie art. 1 ust. 2 Rozp. Prez. Rzec. z dnia 27 października 1933 r. o popieraniu dektryfikacji ulgi, przewidziane tem Rozporz. przysługują uprawnionym, którzy zobowiążą się wybudować w określonym terminie i eksploatować jako przedsiębiorstwa użyteczności publicznej samodzielne wytwórczo-rozdzielcze zakłady elektryczne o jakiegokolwiek mocy i napięciu, lub zakłady elektryczne przesyłowo-rozdzielcze na napięciu 6 000 woltów lub wyżej.

Zakład elektryczny spółki „Młyn parowy — Feniks — w Bereźnie sp. z ogr. odp.” nie jest samodzielnym zakładem wytwórczo-rozdzielczym, ponieważ składa się w myśl postanowień uprawnienia Nr. 211 tylko z sieci rozdzielczej, zasilanej energią elektryczną z elektrowni, stanowiącej część składową innego zakładu przemysłowego.

Zakład ten nie jest również zakładem przesyłowo-rozdzielczym na napięcie 6 000 woltów lub wyżej, ponieważ jest zbudowany na prąd stały o napięciu 220 woltów.

Wobec powyższego podanie Spółki o przyznanie jej ulg nie może być załatwione przychylnie”.



# PRZEGLĄD CZASOPISM

**Nowoczesne poglądy na niektóre szczegóły wykonania wnętrzowych urządzeń rozdzielczych.** — Podstawową wytyczną przy planowaniu nowych rozdzielni, lub przy przeróbkach urządzeń już istniejących, podejmowanych dla ich modernizacji, jest dążenie do maksymalnego ograniczenia liczby, rozmiarów i czasu trwania wszelkich zakłóceń, powodujących przerwy w regularnej dostawie energii elektrycznej.

Jednym ze środków dla zebrania możliwie miarodajnych podstaw dla racjonalnego konstruowania urządzeń rozdzielczych jest dokładna analiza statystyki wypadków w czynnych już rozdzielniach. Nie należy przytem oczywiście opierać się na pojedynczych specjalnych wypadkach, bo mogłoby to nieraz prowadzić do wręcz fałszywych wniosków. Jedynie statystyka, oparta na większej ilości dokładnie sprawdzonych przykładów, może mieć pewną wartość.

Przytoczymy tu dla przykładu kilka cyfr z tak opracowanej statystyki (VDE — Fachberichte 1934, s. 67, E. u. M 1934 s. 339 i 396). Na sto wypadków uszkodzeń wyłączników olejowych — 48,4% spowodowanych było przez ich zbyt małą moc odłączalną, 38,3% — przez wady mechaniczne, 13,3% było z powodów bliżej niewyjaśnionych. Skutki uszkodzeń w 53% ograniczyły się do własnych obwodów elektrycznych, w 47% objęły też, albo sąsiednie obwody, albo spowodowały uszkodzenia części budowlanych. W dalszym ciągu: w 63% wyłączniki zostały przez uszkodzenie całkowicie zniszczone, w 32% — częściowo uszkodzone, zaledwie w 5% — nieuszkodzone. Poza to pod względem konsekwencji dla obsługi, zanotowano na 100 wypadków 6 ludzi rannych i jednego zabitego.

Inne zestawienie statystyczne zajmuje się ustaleniem, jakie procentowo ilości wypadków zachodzą w poszczególnych częściach urządzeń rozdzielczych. Dane te opierają się na liczbie 646 wypadków, z których aż 73 pociągnęły za sobą śmierć. Wogóle najwięcej wypadków zachodzi przy odłącznikach systemowych (przy szynach zbiorczych), bo aż 23% ogólnej liczby. Zato najwięcej wypadków śmiertelnych pociągają eksplozje wyłączników (olejowych) — 26% ogólnej liczby wypadków śmiertelnych. Okazuje się dalej, że pod względem przyczyn powodujących wypadki, najwyżej 20% wypadków spowodowanych jest przez siły wyższe, niezależnie od człowieka. Natomiast do 50% wypadków jest wynikiem nieuwagi i nieostrożności personelu, a do 70% (zależnie od części rozdzielni) — wynika z błędów obsługi lub wad konstrukcji.

Na podstawie tych nielicznych liczb już rzuca się w oczy, jak wiele pozostaje jeszcze do udoskonalenia w budowie urządzeń rozdzielczych dla zmniejszenia liczby wypadków, tak niebezpiecznych dla obsługi i zawsze pociągających za sobą poważne przerwy w ruchu.

Szczególna uwaga poświęcona była w ostatnich czasach wyłącznikom mocy. Niezależnie od przejścia do konstrukcyj bezolejowych (lub z małą zawartością oleju), dużo pracy i doświadczeń poświęcono zwiększeniu maksymalnej mocy odłączalnej wyłączników. W pewnym zaniedbaniu pozostały przytem inne części urządzeń rozdzielczych, jak transformatorki miernicze, końcówki kablowe, izolatory wsporcze i przepustowe i t. p.

Próby wykonywane wielkimi prądami udarowymi (do 100 kA) dowiodły, że rozdzielnia, wyposażona w nowoczesne wyłączniki o dużej mocy odłączalnej, daleka jeszcze jest od doskonałości, jeśli pozostałe jej elementy składowe

są zwymiarowane według wielkości nominalnych prądów roboczych, bez uwzględnienia prądów zwarć.

Zakłady Siemens w Berlinie dokonały szeregu badań i prób nad zachowaniem się poszczególnych urządzeń w rozdzielni, w wypadku najmniej korzystnych dla nich warunków. Między innymi szczególną uwagę poświęcono sprawie stosowania ścianek przegrodowych między poszczególnymi celkami rozdzielni, oraz ścianek ochronnych przeciwko łukom (Lichtbogenschutz), stosowanym przy wejściu na szyny zbiorcze. Poglądy na powyższy temat wykazują dotychczas biegunową nieraz rozbieżność, wskutek czego wyniki tych prób mogą wzbudzić większe zainteresowanie.

Stosowanie ścianek przedziałowych między celkami w rozdzielniach wnętrzowych jest wogóle ze wszech miar wskazane, gdyż przy wchodzących tu w grę napięciach do 30—40 kV i przy tendencji do zaoszczędzenia miejsca, wymiary poszczególnych celek są zwykle tak nieznaczne, iż żadne roboty konserwacyjne, czy renowacyjne nie mogą w nich być bezpiecznie dokonywane, bez ogrodzenia się od pozostających pod napięciem sąsiednich urządzeń. Prowizoryczne zasłanianie się zasłonami, wstawianiami na czas roboty, nigdy nie jest zupełnie pewne i wymaga poza to specjalnego doglądania, aby zawsze było zastosowane.

Siatki metalowe nie spełniają dobrze powyższych wymagań, gdyż zachodzi przy nich obawa dotknięcia części z sąsiednich celek, będących pod napięciem np. wymiennym drutem i t. p. Poza to ściany jednolite chronią całkowicie od przeskoku łuku na sąsiednie urządzenia, oraz od rozprzestrzeniania się gorących gazów i par metali, wytwarzanych przez łuk, na sąsiednie urządzenia, oraz od rozprzestrzeniania się gorących gazów i par metali, wytwarzanych przez łuk, które w zdrowych częściach urządzenia mogą znacznie obniżyć wartość izolacyjną poszczególnych elementów i spowodować dalsze przeskoki.

Główny argument, wytaczany przeciwko stosowaniu pełnych ścianek przedziałowych, dotyczący zmniejszania przez nie stopnia przejrzystości całości rozdzielni, nie gra tak wielkiej roli, jakby się zdawało, gdyż i tak decyzje, dotyczące manewrowania odłącznikami lub wyłącznikami nie mogą być nigdy powzięte tylko na podstawie rzutu oka na rozdzielnię. Bez wątplenia więc masywne ścianki podziałowe są najbardziej wskazanym i skutecznym środkiem zabezpieczającym przed rozprzestrzenianiem się uszkodzeń.

Co do materiału, z którego wykonywane są te ścianki — to, dopóki używane były wyłączniki olejowe i w związku z tem istniała obawa dłużej trwających pożarów olejowych w poszczególnych celkach — ścianki musiały w znacznym stopniu posiadać właściwości dobrej izolacji cieplnej. Odpowiednie były ścianki betonowe, albo z płyt gipsowych (Hartgips), lub z preparatów azbestowych. Materiały te są ciężkie, powodują znaczne zanieczyszczenie w trakcie ich montażu i nie zezwalają na zamocowywanie w nich cięższych przyrządów (np. nowoczesnych wyłączników typu ściennego), dla których muszą być przewidziane specjalne konstrukcje wsporcze.

W nowoczesnych bezolejowych rozdzielniach stosuje się z dobrym wynikiem ścianki z podwójnych blach stalowych, rozdzielonych warstwą powietrza (t. zw. Stahlbinder-trennwände). Odpowiednie płyty powstają przez wygięcie pod kątem prostym krawędzi blach i zmocowanie ich z sobą śrubami. Płyty powyższe b. łatwo jest umocować na



konstrukcji wsporczej i niema to już charakteru roboty budowlanej, lecz wchodzi w zakres prac ślusarsko-montażowych. Płyty są tak sztywne, że przy szerokości 1 metra nie wymagają usztywnienia żelazem profilowem.

Bardzo znaczne stosunkowo ciężary mogą być zamocowywane bezpośrednio na tego rodzaju ściankach, które są poza tym bez porównania lżejsze od ścianek murowanych i znakomicie ułatwiają też uziemianie wszelkich konstrukcji wsporczych. Ważnym szczegółem dobrego ich wykonania jest pozostawienie połączenia między warstwą powietrza, zawartą między blachami i otoczeniem, aby na wypadek znacznego ogrzania się tego powietrza, nie nastąpiło odkształcanie blach.

Zachowanie się ścianek z podwójnych blach stalowych na wypadek różnych awarii elektrycznych zostało sprawdzone szeregiem eksperymentów. Łuk elektryczny, palący się między ścianką i przewodami w ciągu czasu do 6 sek., przy prądzie 6000 A (6 kV), pozostawiał na blasze zaledwie widoczne ślady, wymagające conajwyżej zamalowania, dla ich usunięcia. Przy jeszcze dłuższym działaniu łuku, doprowadzono do wypalenia otworu w blasze, przytem jednak blacha po przeciwnej stronie ścianki pozostała zupełnie nienaruszona. Stwierdzono zatem bezsprzecznie, iż ścianki tego typu są w stanie sprostać najcięższemu, możliwym w praktyce warunkom.

Poddane również zostały próbom z dobrym wynikiem ścianki ze szkła, uzbrojonego siatką metlową. Ten materiał nadaje się szczególnie do zastosowania na ścianki podłużne między obu systemami szyn zbiorczych, gdzie wszelki inny, nieprzezroczysty materiał, przez zasłonięcie światła, utrudnia znacznie prace, przesiębrane przy renowacji i czyszczeniu urządzeń.

Drugim problemem jest celowość stosowania ścianek, odgradzających szyny zbiorcze od poszczególnych celek, przyczem doprowadzenia do szyn przechodzą przez te ścianki za pośrednictwem izolatorów przepustowych. Dla rozstrzygnięcia tego problemu przeprowadzone zostały doświadczenia na specjalnie skonstruowanym wycinku rozdzielni, składającym się z szyn zbiorczych i normalnego odgałęzienia od nich. Wykazały one, że łuk o natężeniu prądu począwszy już od 600 A dąży pod wpływem sił dynamicznych do posuwania się wzdłuż przewodów w kierunku od źródła energii, niezależnie od tego czy w danej celce kierunek ten odowiada ruchowi z góry na dół czy odwrotnie.

Tą drogą łuz może przenosić się z jednych celek do drugich, ja krównież z jednego układu szyn zbiorczych na drugi i jedynie ścianki z przepustami są w stanie zatrzymać ten ruch. Szybkość posuwania się łuku została zmierzona i wynosi 10 m/sek przy 1000 A i 20—30 m/sek przy 6000 A. Wpływ ciśnienia rozgrzanych gazów na ruch łuku okazał się nieznaczny, w każdym razie znacznie mniejszy od działania dynamicznego.

Stwierdzono dalej, że łuk może zgasnąć samorzutnie, jeśli prąd przez niego płynący jest mały, a łuk ma możność osiągnięcia znacznej długości. Praktycznie, przy dużych prą-

dach zgaśnięcie jest niemożliwe, a wszelkie konstrukcje rozków na szynach zbiorczych, mające powodować gaśnięcie łuku nie mają żadnej praktycznej wartości, gdyż z reguły są zbyt małych wymiarów.

Wynikiem powyższych rozważań jest pogląd, że stosowanie ścianek przedziałowych między celkami i szynami zbiorczymi jest bardzo wskazane urządzać tam, gdzie zależy na tem, aby w wypadku awarii na jednym odgałęzieniu, pozostałe części rozdzielni nie doznały przeszkód w normalnym funkcjonowaniu. Ścianki te muszą być tak zaprojektowane, aby chroniły też szyny zbiorcze od dostępu gorących gazów, wytworzonych przez łuk, gdyż mogłyby one spowodować wtórne przeskoki na szynach.

Jakkolwiek w wypadku silnego łuku izolatory przepustowe w ściance przedziałowej zwykle zostają uszkodzone, to jednak ciągłość ruchu nieznacznie na tem cierpi i po usunięciu cienkich drutów od szyn do przepustów, ruch może być podjęty, następnie zaś, po przeniesieniu ruchu na drugi układ szyn, przepusty podlegają swobodnie wymianie. Bez porównania gorszy pod tym względem jest układ, w którym szyny zbiorcze przechodzą przez szereg celek za pośrednictwem przepustów w ściankach między celkami: tu uszkodzenie przepustów uniemożliwia użycie szyn zbiorczych, a wymiana ich wymaga pracy w trzech sąsiednich celkach i ze względu na większe przekroje przewodów trwa dłużej.

Przy stosowaniu ścianek ochronnych pod szynami jest b. wskazane oddzielić równocześnie oba układy szyn zbiorczych od siebie, jak też bezwarunkowo musi być wsunięta ścianka przedziałowa w celce od góry między oba zespoły odłączników systemowych.

Jeśli nie stosuje się przegrody między szynami, a celkami, to już samo umieszczenie ścianki między systemami szyn i między odłącznikami, podnosi znacznie ogólny stopień bezpieczeństwa. Jako materiał na wykonanie tych wszystkich przegród nadają się również opisane wyżej podwójne blachy stalowe, gdyż są lekkie i łatwe do zamocowania.

Na zakończenie podamy wyniki badań, które zajmowały się wpływem produktów wydzielonych przez łuk elektryczny na wytrzymałość pozostających w sąsiedztwie izolatorów. Okazało się, że osady, tworzące się na izolatorach nieznacznie stosunkowo osłabiają ich wytrzymałość; dopiero w połączeniu z wilgocią stanowią one większe niebezpieczeństwo. Głównie zaś gorące gazy zjonizowane, otaczające łuk, powodują łatwo przebicia w sąsiedztwie i co za tem idzie dalsze niepożądane rozprzestrzenianie się awarii.

Stwierdzenie tego faktu potwierdza raz jeszcze zdanie, że stosowanie przegród między poszczególnymi celkami, oraz ścianek ochronnych między szynami i odgałęzieniami jest środkiem, zwiększającym niewątpliwie bezpieczeństwo całości urządzeń rozdzielczych i z tego względu zasługującym ze wszech miar na uwzględnienie przy projektowaniu rozdzielni. (I. Sihler ETZ 1936, S. 58). **W. Szw.**

## STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH

### ZARZĄD GŁÓWNY.

Na posiedzeniu Zarządu Głównego w dniu 6 czerwca 1936 roku, Zarząd Główny ukonstytuował się na rok 1936/37 w sposób następujący:

Prezes — inż. Janusz Groszkowski, Warszawa,  
I Wiceprezes — inż. Alfons Kühn, Warszawa,

II Wiceprezes — inż. Felicjan Karśnicki, Warszawa,

III Wiceprezes — inż. Włodzimierz Krukowski, Lwów,

Skarbnik Zarządu Gł. — inż. Tomasz Arlitewicz, Warszawa,



# SPRZĘT KABLOWY

## ORAZ

## WSKAZÓWKI JEGO MONTAŻU\*\*)

U w a g a. Wszelkie prawa przedruku zastrzeżone przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich.

### B. WSKAZÓWKI MONTAŻOWE\*\*\*).

#### I. WSKAZÓWKI OGÓLNE.

##### § 11. Narzędzia i materiały.

W skład zestawu narzędzi potrzebnych do montażu kabli wchodzi: cęgi do cięcia, szczypce ostre i okrągłe cęgi kombinowane, śrubokręty duże i małe, pilniki, zdzieraki trójkątne, przecinak, młotki trzech rozmiarów, piłki do metali, nóż kablowy do cięcia ołowiu i izolacji, komplet kluczy kalibrowych i czołowych, klucz francuski, cęgi lutownicze, kolba lutownicza, lampka lutownicza, piecyk i kociołek do grzania zalewu (masy), szczotki do czyszczenia, metrówka, rękawice gumowe, guma pod nogi i namiot do robót na deszczu.

Pozatem potrzebne są następujące materiały: węgiel drzewny do grzania zalewy, benzyna, nafta, cyna lutownicza, pasta do lutowania, drut żelazny, nici impregnowane, taśma papowa lub jutowa, taśma izolacyjna i zalewa kablowa.

##### § 12. Obnażanie żył kablowych.

Obnażanie żył kablowych przeznaczonych do połączenia w mufie odbywa się w sposób następujący:

Koniec kabla powinien być równo obcięty tak, aby nie miał ostrych zakończeń. W tem miejscu kabla, które się znajduje w przejściu z szyki do wnętrza mufy, należy pancierz mocno przewiązać kilkoma zwojami drutu. Tuż za przewiązaniem

\*) Uwagi do niniejszego projektu należy nadsyłać do dn. 1 września 1936 r. p. a.: Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Warszawa, ul. Królewska 15.

\*\*) Opracowane przez Podkomisję Sprzętu Kablowego Komisji IV Przewodów i Kabli S. E. P. Skład Podkomisji: p. p. B. Hac (przewodniczący), E. Jabłoński, L. Jachimowicz, W. Kiełbik, D. Kleiman, E. Kobosko, E. Koppé, W. Szwander (referent).

\*\*\*) Część A. Sprzęt kablowy, patrz Przegl. Elektr. z 1936 r. Nr. Nr. 7 i 8.



Sekretarz Zarządu Gł. — inż. Kazimierz Bieliński, Gdynia.

Członkowie: inż. Tadeusz Czaplicki, Warszawa, inż. Bolesław Jabłoński, Warszawa, inż. Zygmunt Rau, Łódź, inż. Jerzy Roman, Warszawa, inż. Jan Tymowski, Bydgoszcz.

Sekretarz Generalny: inż. Józef Podoski.

Skład Komisji Rewizyjnej w roku 1936/37 jest następujący: inż. Antoni Krzyczkowski, inż. Józef Lenartowicz, inż. Edward Potemski, inż. Mieczysław Pożaryski, inż. Tadeusz Sułowski.

### ODDZIAŁ KRAKOWSKI.

**Zgłoszony na członka zwyczajnego \*):**

Freiheitler Józef, Kraków.

**Przyjęty na członka zwyczajnego:**

Binder Jerzy, Kraków, ul. Pędzichów Boczna 4.

### ODDZIAŁ LWOWSKI.

**Zgłoszeni na członków zwyczajnych \*):**

Czekaluk Jerzy, Pójło, wojew. Stanisławowskie.  
Dzierbicki Stanisław, Lwów, ul. Św. Zofji 29-a.

Sandauer Jerzy, Lwów, ul. Kochanowskiego 27.

**Przyjęty na członka zwyczajnego:**

Blankenheim Zygmunt, Lwów, ul. Sykstuska 49.

### ODDZIAŁ RADOMSKO-KIELECKI.

**Zgłoszony na członka zwyczajnego \*):**

Dzioba Mieczysław, Skarżysko - Kamienna, ZEORK.

### ODDZIAŁ WARSZAWSKI.

**Zgłoszenia na członków zwyczajnych \*):**

Jabłoński Antoni, Warszawa, ul. Korzeniowskiego 9, m. 9.

Wierzbicki Witold, Warszawa, ul. Stalowa 25, m. 24.

**Zgłoszenie na członka współdziałającego \*):**

Orzeszko Witold, Pruszków, ul. Kościuszki 40.

**Przyjęci na członków zwyczajnych:**

Bartmański Henryk, Warszawa, ul. Filtrowa 65, m. 4.

Czerwiński Jan Marjan, Lublin, ul. Pierackiego 5.

Gajewski Mieczysław, Warszawa 32, ul. Granowska 14, m. 2.

Hibner Jan, Ciecchocinek, willa „Irena”.

Kaspepek Grzegorz, Lublin, ul. Graniczna 6, m. 8.

Marciniak Włodzimierz, Warszawa, ul. Uniwersytecka 5, m. 131.

Oleszyński Tadeusz, Warszawa, ul. Wilcza 62, m. 21.

Olszewski Kazimierz, Warszawa, Aleja Szucho 4, m. 57.

Pasierbiewicz Michał, Warszawa, ul. Tamka 45-b, m. 5.

Piasecki Jan, Warszawa, ul. Zakopiańska 29, m. 1.

Podowski Roman, Włochy k. Warszawy, ul. Mickiewicza 15.

Rondthaler Aleksander, Warszawa, ul. Żorawia 16, m. 8.

Szczepanik Leon, Lublin, ul. Staszica 2, m. 1-b.

Szwentner Tadeusz, Lublin, ul. Wieniawska 8.

\*) Uwaga: Zgodnie z § 10 Statutu S.E.P. każdy członek Stowarzyszenia ma prawo złożenia właściwemu Zarządowi oddziału w ciągu 4 tygodni od daty niniejszego ogłoszenia umotywowanego protestu przeciwko przyjęciu powyższych kandydatów.



należy usunąć zewnętrzną jute, poczem pancerz z lekka nadpiłować trójkątnym pilnikiem i oderwać cęgami. Pancerza nie należy usuwać za pomocą piły lub podobnych ostrych narzędzi, aby nie uszkodzić płaszczu ołowianego. Warstwę papierową dokoła płaszczu ołowianego należy usunąć po uprzednim lekkim nagraniu lampą lutowniczą, poczem oczyścić płaszcz ołowiany benzyną. Usunąć płaszcz ołowiany z końca kabla, pozostawiając część płaszczu obnażonego na długości ustanowionej dla poszczególnych przypadków w tablicach. Płaszcz usuwa się w sposób następujący: przez lekkie nacięcie nożem należy naznaczyć dokoła kabla miejsce, do którego płaszcz ma być usunięty, następnie od tego miejsca do końca kabla przeprowadzić nożem dwa obok siebie biegnące, podłużne nacięcia (rysy) i powstały pasek oderwać zapomocą cęgów, poczem płaszcz odwinąć i usunąć.

Powyższy sposób usunięcia płaszczu ołowianego musi być bezwzględnie przestrzegany dla uniknięcia uszkodzenia izolacji żył.

Poszczególne żyły uwolnić od izolacji na długości, na jakiej żyła znajdzie się wewnątrz złączki z dodaniem zapasu 5 do 8 mm. W tym celu należy przewiązać izolację w odpowiednim miejscu nićmi, poczem naciąć nożem i usunąć. Przed włożeniem żył do złączek, wskazane jest sprawdzić stan izolacji między żyłami oraz między żyłami i ziemią. Złączki winny być dostosowane odpowiednio do krzekroju żył. Dla żył sektorowych, dla kabli 2 i 3 żyłowych, można stosować złączki najwyższej o jeden wymiar większe, niż dla takiegoż przekroju żyły okrągłej.

### § 13. Umocowanie kabla w mufie lub w głowicy.

Odcinek kabla znajdujący się w szyjce mufy lub głowicy, uszczelnia się przez owinięcie taśmą papową albo jutową impregnowaną. Taśmę przylepia się do kabla przez zanurzenie jej końca w zalewie kablowej; samą papę należy ogrzać przed nawijaniem, aby poszczególne jej warstwy skleiły się ze sobą. Nawiniętą taśmę owija się nićmi, szyjkę i kłamrę oblewa się od wewnątrz zalewą przed umieszczeniem kabla. Śruby kłamry należy mocno dokręcić, aby kabel był unieruchomiony.

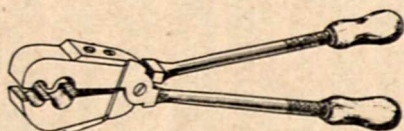
### § 14. Lutowanie.

Żył w złączce mają być przykręcone śrubami i zalane cyną. Czynność ta wymaga uprzedniego nagrzania złączki i żył. Wprawny kablarz może to skutecznie poprostu lampą lutowniczą; należy wystrzegać się przytem nadpalania izolacji



żyły lutowanej i sąsiednich. Bezpieczniej jest zastosować cęgi lutownicze o wykoju dopasowanym do kształtu złączki.

Nagrzanemi w ogniu cęgami należy objąć złączkę, która po chwili rozgrzeje się dostatecznie. Następnie nasmarować lutownikiem (pastą do lutowania) i lutować laską cyny, aż do wypełnienia złączki cyną.



Rys. 1. Cęgi lutownicze.

### § 15. Uziemienie.

O ile płaszcze ołowiane kabli mają być połączone ze sobą oraz z korpusem mufy, co przy kablach wysokiego napięcia jest konieczne<sup>\*)</sup>, to wykonywa się to przez przylutowanie do każdego obnażonego płaszcza ołowianego wewnątrz głowicy lub mufy 1 lub 2 zwojów przewodu miedzianego, połączonego drugim końcem do śruby znajdującej się w tym celu wewnątrz mufy. Przekrój przewodu uziemiającego względnie łączącego płaszcze kabla z osłoną mufy, o ile nie ma specjalnych przepisów podany jest w tablicy I.

Tablica I.

Przekrój żyły mm <sup>2</sup>	Przekrój przewodu uziemiającego mm <sup>2</sup>
do 50	6
ponad 50 do 100	10
" 100	16

O ile korpus mufy złączkowej ma być uziemiony, to następuje to przez przyłączenie przewodu uziemiającego do jednej z zewnętrznych śrub, po uprzednim starannem oczyszczeniu jej powierzchni stykowych.

<sup>\*)</sup> Komisja nie uważa redakcji powyższej za ostateczną.



## § 16. Zamknięcie muf złączowych lub odgałęźnych.

Złożenie obu połówek mufy następuje przed zalaniem. Krawędzie przed złożeniem oblać zalewą, a w rowek biegnący wzdłuż krawędzi dolnej połówki włożyć sznur jutowy. Podobnie należy założyć sznur jutowy przy ostatecznym nakładaniu pokrywy po zalaniu masą. Przed zalaniem połówki mufy należy skrócić śrubami jaknajmniej tak, aby tylko zalewa nie przesączała się nazewnątrz. Po ukończeniu zalewania i należytem ostygnięciu zalewy należy mocno skrócić wszystkie śruby z zachowaniem kolejności po przekątnej. Tą drogą osiągnie się zupełną szczelność sprasowanej plastycznej jeszcze zalewy i nadanie jej dużego stopnia jednorodności. Wszystkie śruby należy oblać zalewą z zewnątrz dla ochrony przed rdzą. Również zaleca się całą mufę oblać zalewą.

**§ 17. Zalewanie muf kablowych** (patrz również dodatek do PNE/16—1933).

Mufa przy zalewaniu winna leżeć poziomo. (Głowice w takim położeniu, do jakiego są przeznaczone).

Zalewę należy ogrzewać powoli do stanu zupełnej płynności, dbając przytem, aby się nie zagotowała, ani nie zapaliła, co znacznie zmniejszyłoby jej wartość izolacyjną. Nie wolno topić zalewy przez bezpośrednie działanie na nią płomienia. Po ukazaniu się na powierzchni zalewy małych pęcherzyków, które wskazują, iż temperatura potrzebna do zalewania została już osiągnięta, należy kocioł zdjąć z ognia. Po upływie około 10 minut pęcherzyki znikają, a zalewa jest gotowa do użytku. O ile zalewa pieni się przy ogrzewaniu (znak, iż posiada wilgoć) należy ją, stale mieszając, gotować tak długo, aż piana zniknie.

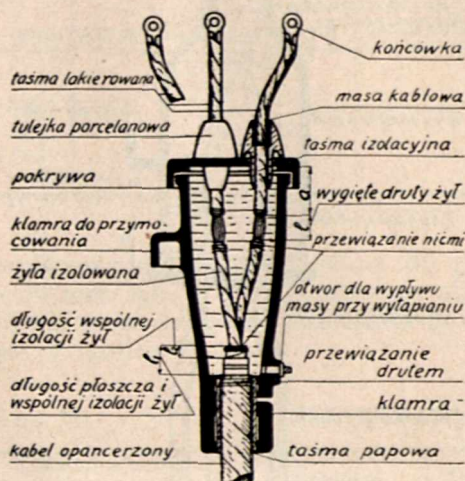
Zalewy, która się zapaliła, oraz zalewy ze starych muf nie wolno używać. Mufę przed zalaniem (szczególnie w czasie zimy) należy dobrze nagrzać. Przed zalewaniem należy oblać wpieryw złączki i żyły kabla w mufie, dbając o to, aby wszystkie części były dokładnie pokryte zalewą. Zalać mufę do pełna, poczem w miarę osiadania zalewy wskutek stygnięcia, dolewać, póki powierzchnia zalewy jest jeszcze miękka. Po każdorazowym dolewaniu zalewy pokrywa winna być luźno nałożona i okryta dla zapobieżenia przedostawania się kurzu i wilgoci. Po całkowitem ostygnięciu mufy i zupełnem jej napełnieniu należy przykręcić ostatecznie pokrywę i dokręcić mocno wszystkie śruby łączące połówki mufy i klamry dla ostatecznego sprasowania zalewy i uszczelnienia w ten sposób mufy.



## II. WSKAZÓWKI DLA MONTAŻU POSZCZEGÓLNYCH TYPÓW SPRZĘTU KABLOWEGO.

### § 18. Głowice stożkowe do kabli jedno- i wielożyłowych dla urządzeń wewnątrzowych.

1. Głowice stożkowe są wyrabiane do kabli jedno i wielożyłowych dla napięć roboczych do 6 000 V. (rys. 2).



Rys. 2. Głowica stożkowa.

2. Długość kabla należy tak wymierzyć, aby wystarczyła aż do aparatów, które mają być przyłączone. Po prowizorycznym umocowaniu głowicy w miejscu przeznaczenia, kabel należy wygiąć. W miejscu przejścia z szyjki do wnętrza głowicy umocować opancerzenie kabla przez mocne przewiązanie drutem tak, aby uzwojenie drutu znajdowało się jeszcze w szyjce głowicy. Za przewiązaniem usunąć pancerz i jutę, aż do końca kabla. Usunąć płaszcz ołowiany z pozostawieniem go na długości wg tablicy II.

Tablica II.

Dla kabla jednożyłowego		Dla kabli wielożyłowych			
Przekrój żyły mm <sup>2</sup>	Długość płaszcza ołow. mm.	Przekrój żyły mm <sup>2</sup>	Długość płaszcza ołowianego i wspólnej izolacji żył l, mm		
			1 kV	3 kV	6 kV
do 95	40	do 35	36	48	48
ponad 95 do 185	50	ponad 35 do 120	48	60	60
„ 185 „ 400	50	„ 120 do 400	60	72	72
„ 400 „ 800	60				
„ 800 „ 1000	70				



Celem uniknięcia wystąpienia z końca żyły oleju, którym jest przesycona izolacja papierowa, względnie dla uniknięcia przedostania się wilgoci w głąb kabla, zaleca się usunąć izolację papierową ze środkowej części każdej żyły na długości „l” wg. tablicy III.

Tablica III.

Mufa	O d l e g ł o ś ć <i>a</i>		D ł u g o ś ć <i>l</i>	
	d l a k a b l a		d l a k a b l a	
	jednożyłowego mm	wielozżyłowego mm	jednożyłowego mm	wielozżyłowego mm
G I	48	40	30	25
G II	56	45	35	30
G III	60	50	40	30
G IV	85	60	50	35
G V	85	60	60	40
G VI	—	70	—	50

Pozatem należy rozgiąć (rozszerzyć) druty miedziane, aby umożliwić przedostanie się zalewy między poszczególne druty. Końce izolacji papierowej przewiązać nićmi. Żyły izolowane wygiąć odpowiednio do rozstawienia otworów w pokrywie, poczem nałożyć pokrywę, nasunąć na żyły tulejki porcelanowe w celu oznaczenia na żyłach (przez przewiązanie nićmi) wysokości górnej krawędzi większego otworu tulejek. Usunąć jeszcze pewną część płaszczu ołowianego (tylko przy kablach wielozżyłowych), pozostawiając jednak wspólną izolację żył wg. tablicy IV.

Tablica IV.

Przekrój żyły mm <sup>2</sup>	Długość wspólnej izolacji żył <i>l</i> <sub>2</sub>		
	1 kV	3 kV	6 kV
do 35	12	16	16
ponad 35 do 120	16	20	20
„ 120 do 400	20	24	24

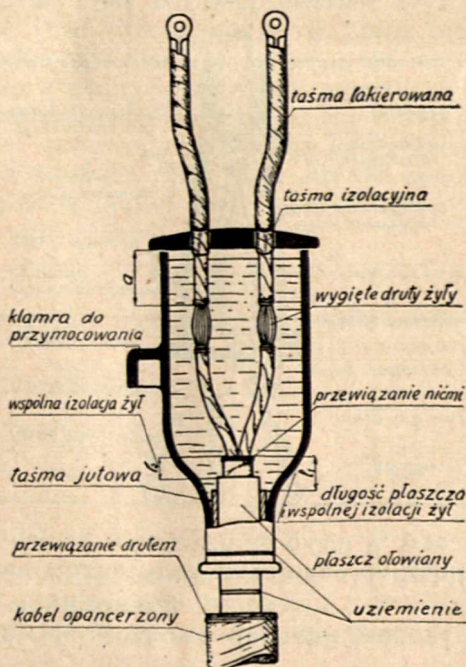
Na końcu żył przylutować końcówki, poczem same żyły obwinąć dla ochrony przed wilgocią jednym zwojem taśmy lakirowanej (Exelsior, Cellen i t. d.), aż do odległości od 25 do



40 mm wdół (w zależności od długości większego otworu tulejki porcelanowej) od miejsca oznaczonego uprzednio nićmi. Tak owinięte żyły pokryć szlakiem lub równie dobrym lakierem. Poniżej obwoju taśmy lakierowanej, na długości mniejszego otworu tulejki należy owinąć żyły izolowane taśmą izolacyjną, aby tulejki przepustowe przy nasunięciu pokrywy były uszczelnione. Po ewentualnie wykonaniem uziemieniu (przewód uziemiający nalutowany na płaszcz ołowiany kabla wyprowadzić przez szyjkę głowicy) owinąć kabel szczelnie taśmą papową i zamocować go w klamrze. Po nasunięciu i lekkim przykręceniu pokrywy zalać głowicę przez przeznaczony do tego otwór. Również tulejki porcelanowe zalać u góry zalewą.

### § 19. Głowice butelkowe do kabli jedno- i wielożyłowych.

1. Głowice butelkowe są wyrabiane dla kabli jedno- i wielożyłowych do urządzeń wewnętrznych, dla napięć roboczych do 1 000 V.



Rys. 3. Głowica butelkowa.



„Kalendarz Spawalniczy Nr. 6 na rok 1936”, wydany przez Sp. Akc. „Perun”, str. 368. Format 11 cm × 16 cm.

Wydanie książki technicznej, niejednokrotnie bardzo nawet potrzebnej, napotyka u nas na trudności finansowe, choć czasami brak nam też jest niezbędnego doświadczenia przemysłowego przy tematach nowoczesnych. Sposób więc, obrany przez Sp. Akc. „Perun” dla reklamy swych wyrobów, jest wysoce pożyteczny i godzien naśladowania.

Obecnie wydany kalendarz jest już szóstym z rzędu od r. 1931. Każdy kalendarz zawiera pewną pracę, obszernej rozważaną. Oto tematy prac, wydanych przez firmę „Perun”: 1) 1931 r. „Czem i jak należy spawać”; 2) 1932 r. „Najnowsze metody spawania”; 3) 1933 r. „Lutospawanie”; 4) 1934 r. „Cięcie metalu za pomocą tlenu”; 5) 1935r. „Metalizowanie natryskowe za pomocą tlenu”; 6) 1936 r. „Napawanie acetylenowe części maszyn i narzędzi twardymi metalami”.

Zagadnienie, poruszone na 116 str. obecnego szóstego kalendarza, posiada nadzwyczaj poważne znaczenie techniczno-przemysłowe. Napawanie, t. j. nakładanie powierzchni kilkumilimetrowej grubości metalem innym, niż macierzysty, może mieć bardzo wielkie zastosowanie w budowie maszyn, konserwacji ich, w kolejnictwie, przy wyrobie narzędzi górniczych i hutniczych oraz wiertniczych, lub narzędzi do obróbki metali, narzędzi rolniczych, narzędzi do robót ziemnych i wodnych. Każdy ze sposobów napawania jest wyjaśniony licznymi przykładami i ilustrowany rysunkami. W młynarstwie, cukrownictwie napawanie przyrządów twardymi metalami daje również wielkie oszczędności. Temat ten dlatego jest tak zajmujący dla każdego elektryka, że napawa-

nie stanowi też dział, zapowiadający szerokie zastosowanie dla spawania elektryczno-łukowego.

W pozostałej treści kalendarza, stanowiącej w istocie katalog wyrobów firmy „Perun”, zainteresuje zapewne czytelników „Przeglądu Elektrotechnicznego” część IV, — „Spawanie elektryczno-łukowe” (str. 56), w której podane są charakterystyczne cechy spawalnic i wyrabianych elektrod. Omawiane są więc:

- 1) Transformator jednofazowy „Pertrans”.
- 2) Spawalnica „Pertrans 3 F”, składająca się z dwóch transformatorów jednofazowych dla przyłączenia do sieci trójfazowej, o mocy ok. 12 kVA, sprawności 0,72 i wadze ok. 300 kg.
- 3) Spawalnica „Peral”, przetwornica na prąd 100-okresowy.
- 4) Prądnica do spawania prądem stałym LZ-17.

Omawiane są więc wszelkie nowości w dziedzinie spawania elektrycznego. Cała treść jest tem ciekawsza i cenniejsza, że podawana i kontrolowana przez specjalistów praktyków, a więc oparta na poważnym doświadczeniu życiowym. Jedynie niekiedy zbyt zwięzły opis może wprowadzać czytelnika na błędne domysły. Np. na str. 143-iej zużycie prądu dla transformatora trój- jednofazowego jest niemal trzykrotnie większe od transformatora „Pertrans”. Dla blach o grubości 14 mm „Pertrans” zużywa w ciągu 335 minut 22 kWh, zaś trój-jednofazowy — aż 60 kWh, podczas gdy prądnica prądu stałego — 26 kWh. Przy równym pożytecznym zużyciu 15,8 kWh (sprawność „Pertransa” 0,72 p. g. str. 101) straty w „Pertransie” wyniosą 6,2 kWh, a w trój-jednofazowym 44,2 kWh, t. j. 7,15 razy więcej. Trój-jednofazowy tran-



2. Sposób montażu wg. § 18 z tem, że uszczelnienie głowicy uskutecznia się wokół płaszczu ołowianego. Długość płaszczu ołowianego wraz ze wspólną izolacją żył podaje tablica V.

Tablica V.

Przekrój żyły mm <sup>2</sup>	Długość płaszczu ołowianego i wspólnej izolacji żył $l_1$ mm	
	dla kabla jednożyłowego	dla kabla dwużyłowego
do 35	5	20
ponad 35 do 120	5	25
„ 120 „ 400	10	30
„ 400 „ 1 000	10	—

Izolację papierową należy obnażyć aż do gołych żył na długości około 30 mm, jak w § 18, przyczem obnażona część żyły znajdując się musi od górnej krawędzi głowicy w odległości  $a$  podanej w tablicy VI.

Tablica VI.

Mufa	Najmniejsza odległość $a$ mm
B I	15
B II	20
B III	25
B IV	30
B V	40

Tablica VII.

Przekrój mm <sup>2</sup>	Wspólna izolacja żył $l_2$ mm
do 35	15
od 35 „ 120	18
„ 120 „ 400	20

Tablica VII podaje długość wspólnej izolacji żył ( $l_2$ ) po dodatkowem usunięciu płaszczu ołowianego.

Zalanie masą odbywa się przy podniesionej pokrywie. Otwory pokrywy należy uszczelnić przez owinięcie izolowanych żył kablowych taśmą izolacyjną żyły izolowane wyprowadzone z głowicy nazewnątrz zabezpieczyć od wilgoci jak przy montażu głowicy stożkowej (§ 18).

(C. d. n.)



sformator wzbudzi nadzwyczajne zainteresowanie nietylko sprzedawców prądu, lecz i w równym stopniu i konstruktorów, gdyż podobnie wielkie straty w transformatorach przy pełnym obciążeniu są, być może, możliwe, lecz bardzo trudne i kosztowne do osiągnięcia. Kwestja określenia strat i sprawności transformatorów jest bardzo prosta i łatwa. Znanne ogólne trój-jednofazowe transformatory do spawania łukiem osiągają najgorszą sprawność 0,85 lub 0,75 i dlatego podany w tablicy przykład 0,263 jest tak ciekawy technicznie. Byłoby więc pożądane, aby na łamach „Przeгляdu Elektrotechnicznego” tak dziwna konstrukcja była obszerniej omówiona.

Pomimo tych drobnych niedomówień książka stanowi cenny nabytek dla naszej literatury spawalniczej.

W. Kopczyński.

### „Spawanie elektryczne”. Inż. Anatol Bieliński.

Zawdzięczając wysoce chwalebniemu zarządzeniu Ministerstwa Komunikacji, nasza uboga literatura pozyskała nową cenną i nadzwyczaj aktualną książkę o spawaniu elektrycznym. Pomijając pewne broszury propagandowe, jest to pierwszy podręcznik polski o spawaniu elektrycznym i dlatego oceniać należy go nieco inną miarą, niż literaturę ustaloną. Bez wątpienia podręcznik ten będzie przyjęty z uznaniem nietylko przez szerokie rzesze uczącej się młodzieży i spawaczy, lecz również przez inżynierów trzech działów techniki: elektryków, metalurgów, a szczególnie mechaników-konstruktorów. Prosty język, jasne, zwięzłe i popularne wyjaśnienie tematu przy zachowaniu możliwie wysokiego poziomu naukowego, jest cechą rzadką u nas zachowywaną. Liczne rysunki ułatwiają zrozumienie wywodów.

Po przytoczeniu niezbędnych dla spawacza elementarnych wiadomości z metalurgji i elektrotechniki omówione są trzy główne sposoby spawania elektrycznego: oporowe, punktowe i łukowe. Z 225-ciu stron książki — 175 stron poświęconych jest spawaniu łukowym. Opisane są przyrządy i maszyny, technika, zastosowanie w kolejnictwie z wielu przykładami z praktyki oraz ogólny zakres zastosowania każdego z rodzajów spawania. Dowiadujemy się (niestety, z krótkiej tylko notatki z małym widokiem), że pierwszy na świecie swego czasu (1928 r.) most spawany elektrycznie został wykonany w Polsce na rzece Studwi pod Łowiczem, pod kierunkiem prof. Bryły. Zwięzłym ujęciem i pięknym ułożeniem całości podręcznik ten swymi 225-ciu stronicami daje obszerny pogląd na to, czym spawanie elektryczne staje się obecnie.

Trudno w obecnych czasach o specjalistę trzech gałęzi wiedzy technicznej; bardzo możliwe, że ocena specjalisty z każdej z dziedzin, objętych spawaniem elektrycznym, znajdzie w danym podręczniku pewne drobne nieścisłości, lecz jest to nieuniknione. Spawanie kroczy wielkimi krokami naprzód i to, co przed 2-ma, 3-ma laty było niemożliwym, dziś znajduje powszechne zastosowanie. Jeśliby więc napisanie, ocena i druk zajęły przeszło rok czasu, to w tym czasie możliwe są znaczne zmiany w spawaniu elektrycznym.

Dla przykładu przytoczę tu kilka uwag.

Na str. 75-ej jako zaleta transformatora wymieniony jest punkt 4) — „krótszy łuk, co jest korzystne, bo spawacz musi go utrzymać w granicach 3—4 mm, a przy prądzie stałym może osiągać 10—12 mm, nie przerywając go”. Powyższe twierdzenie jest dziś zupełnie niezrozumiałe. Do 10—12 mm do zerwania można najwyżej wyciągnąć łuk prądu stałego gołą elektrodą. Przy elektrodzie otulonej, jak stałym tak i zmiennym prądem, łuk daje się rozciągać do 20—30 mm. Spawać zaś obu sposobami należy tak krótkim łukiem, jak to jest tylko możliwe.

Na str. 76-ej rozdział „Charakterystyka statyczna transformatora” zaczyna się w sposób następujący: „Wykres otrzymujemy w sposób podobny, jak przy prądnicach, t. zn., że włączamy opór zmienny do uzwojenia wtórnego, którym regulujemy prąd niskiego napięcia, odczytując wskazania woltomierza i amperomierza. Opór ten spowoduje też i przesunięcie faz; można przyjąć praktycznie, że  $\cos \varphi = 0,9$  w tym wypadku”.

Na stronie 106 („Spawanie nad głową”) autor podaje następujące wyjaśnienie przechodzenia roztopionego materiału z dołu do góry przy tem spawaniu: „Mamy tu znów do czynienia z ładunkami elektryczności, które są wyrzucane z roztopionego krateru anody, która w tym wypadku zawsze musi leżeć na elektrodzie. Siła, wyrzucająca cząstki, działa bowiem od plusa do kierunku minusa”. Powyższa teoria miałaby wiele cech prawdopodobieństwa, gdyby nawet u nas w Polsce wielu spawaczy nie spawało w ciężkich warunkach, w niewygodnych pozycjach prądem zmiennym nad głową i gdyby wogóle niemożliwe było spawanie nad głową przy minusie na elektrodzie. Lecz wtedy zapewne nie wyrabiano elektrod takich, jak czerwone E.P. 45 G. „Huty Baildon” do łączenia na minus i spawania, między innymi, nad głową.

Autor jest bardzo ostrożny w ocenie zasług Stanisława Olszewskiego i stosuje skrót „sposób Banardosa”, choć arcatomowy sposób, opublikowany przez Weinmanna i Langmuir'a, nazywa krótko sposobem Langmuir'a. Nie bacząc na wielką zasługę pierwszeństwa odkrycia spawania łukiem przez Stanisława Olszewskiego wraz z Mikołajem Banardos'em, na str. 53 w rysie historycznym akcentuje nieco żywiej dopiero wynalazek Słowianowa, chociaż zastrzeżenie patentowe Olszewskiego obejmowało już stosowanie elektrod metalowych, otulonych powłoką węglową, a więc zasadę obecnej elektrody otulonej, o czym dowiedzieć się możemy z książki angielskiej Atkinsona: „Electric Arc and Oxy-Acet Welding”. Wiadomo zaś, że największy przewrót w spawaniu dokonany został przez elektrodę otuloną.

Przypuszczać należy, że wszelkie nieścisłości powstały wskutek opóźnienia w wydaniu. Nawet spis literatury zawiera przestarzałe książki, jak np. K. Meller'a z 1925 r. lub Schimpke'go i Horn'a z 1926 r., choć w bieżącym roku wyszły nowe wydania tych książek.

W. Kopczyński.

PRZEDPŁATA:  
kwartalnie . . . . . zł. 9.—  
rocznie . . . . . zł. 36.—  
zagranicą + 50%  
za zmianę adresu  
(znaczkami pocztowymi) gr. 50

Biuro Redakcji i Administracji: Warszawa, Królewska 15, II piętro  
telefon № 690-23.

Administracja otwarta codz. od godz. 9 do 15 w soboty od 9 do 13.  
Redaktor przyjmuje we wtorki i piątki od godziny 19-ej do 20-ej.

Konto czekowe w P. K. O. Nr. 363

Ceny ogłoszeń  
podaje administracja  
na zapytanie.

Wydawca: Wydawnictwo Czasopisma „Przeгляд Elektrotechniczny”, Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością.