

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok XIII.

1 Marca 1931 r.

Zeszyt 5.

Redaktor inż. WACŁAW PAWŁOWSKI

Warszawa, Czackiego 5, tel. 690-23.

O WYTRZYMAŁOŚCI ELEKTRYCZNEJ KABLI WYSOKONAPIĘCIOWYCH.

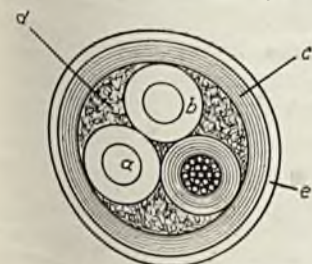
Inż. J. Silberstein.

Pole elektryczne w kablach wysokonapięciowych.

Zwykły kabel na prąd trójfazowy wysokiego napięcia składa się z trzech żył miedzianych, z których każda osobno owinięta jest szeregiem warstw taśmy papierowej; żyły takie skręcone są ze sobą, wspólnie owinięte znów taśmą papierową, otoczone płaszczem ołowianym, na którym — nie bezpośrednio zresztą — znajduje się opancerzenie żelazne. Z punktu widzenia spraw, które w artykule niniejszym mają być omówione, płaszcz ołowiany stanowi już kres zainteresowania.

Przekrój żyły miedzianej podyktowany jest naogół najwyższym natężeniem prądu, jaki przez kabel ma przepływać; przepisy wymagają, by wzrost temperatury przy pełnym obciążeniu nie przekraczał 45°C . Niekiedy, przy napięciach bardzo wysokich, miarodajne dla określenia średnicy żyły będą inne względy — nie ogrzewanie, lecz wytrzymałość elektryczna.

Od izolacji papierowej wymagamy, aby posiadała dostateczną wytrzymałość mechaniczną, t. zn. nie pękała ani odskakiwała przy gięciu kabla (w pewnych oczywiście granicach), ani przy roboczym nagraniu kabla. Wymagamy od niej również własności izolacyjnych, t. zn. w najniekorzystniejszych nawet warunkach prąd upływu powinien być utrzymany na pewnej wysokości; nacisk, kładziony na tę kwestję, z biegiem lat wciąż się zmniejszał.



Rys. 1.

Przekrój kabla 3-fazowego. a — żyła przewodząca, b — izolacja żyły, c — izolacja wspólna, d — materiał wypełniający, e — płaszcz ołowiany.

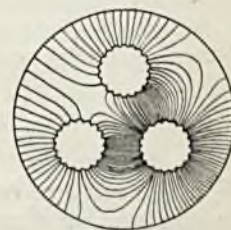
Najważniejszą jednak własnością izolacji papierowej jest jej wytrzymałość na przebicie. Przebicie izolacji, a co za tem idzie, rozpętanie wielkich dziś mocy zwarcia, prowadzi do katastrof i może pozbawić prądu całą połać kraju.

Zagadnienie wytrzymałości elektrycznej kabli jest dziś centralnym zagadnieniem techniki kablowej. Wzrost napięć, na jakich przesyłana jest energia elektryczna, związany ze wzrostem odległości przesyłania wymaga od techniki kablowej

dostarczania kabli na napięcia coraz wyższe, przynosząc zarazem stwierdzenie smutnego faktu, że dotychczasowe typy i metody fabrykacyjne zawiodą przy zastosowaniu napięć 60 i 110 kV, jakie dziś wchodzi w grę.

Na ten temat powstała w latach powojennych cała wielka literatura,¹⁾ dziesiątki uczonych, w pierwszej mierze amerykańskich i niemieckich, opracowują teorię kabli wysokonapięciowych, badają przyczyny i mechanikę przebicia, szukając nowych dróg, nowych rozwiązań.

Rys. 1 przedstawia przekrój kabla trójfazowego budowy zwykłej, rys. 2 — rozkład w nim pola elektrycznego. Obliczenie takiego pola możliwe jest praktycznie tylko przy pewnych założeniach upraszczających. Założenia te są następujące: 1. dielektryk w całym obszarze pola elektrycznego jest jednorodny; 2. są tylko dwie naprzeciw siebie leżące żyły kablowe. W takim razie największe natężenie pola występuje na powierzchni żyły i to w punkcie, leżącym na linii, łączącej środki dwóch żył.



Rys. 2.

Rozkład pola elektrycznego w kablu 3-fazowym.

Teoria ta pomija całkowicie zjawiska, rozgrywające się w trójkącie, utworzonym pomiędzy trzema żyłami izolowanymi, a wypełnionym materiałem wypełniającym, puszczone na maszynę przy skręcaniu żył, podobnie jak i papier przesyconym masą impregncyjną.

Dla kabla $3 \times 95 \text{ mm}^2$ 30 kV znaleźć można, że natężenie pola w tym trójkącie wynosi około 60% natężenia maksymalnego na powierzchni żyły. Jeśli jednak uwzględnić różnicę stałych dielektrycznych materiału wypełniającego (sznurki konopne, jutowe i t. p.) i papieru izolacyjnego, wynoszącą około 20%, to o tyleż wzrośnie natężenie pola w trójkącie centralnym. Stokroć ważniejszy jest jednak fakt, że wytrzymałość elektryczna materia-

¹⁾ Bliższe szczegóły bibliograficzne w książkach: M. Klein: Kabeltechnik, Berlin, 1929 oraz H. W. Droste, Neumeyers-Hilfsbuch für Kabel und Leitungen, Nürnberg, 1929.

łu wypełniającego jest mniejsza od wytrzymałości papieru i wynosi zaledwie 20 — 25% wytrzymałości papieru w kierunku prostopadłym do uwarstwienia.

Wynika z powyższego, że najniebezpieczniejszym miejscem w kablu o budowie wyżej opisanej jest ten właśnie trójkąt środkowy. Tu również najłatwiej powstają miejsca próżne, materiał wypełniający bowiem nie jest przecież tak zwarty, jak papier, nawijany na żyłę pod działaniem stosunkowo znacznych sił; a próżnie te są dla każdego kabla wręcz zgubne.

Takie były punkty wyjścia nowoczesnej teorii kablowej, a od zwrócenia uwagi na nie datują się próby stworzenia nowych konstrukcji kablowych.

Rys. 3 pokazuje rozkład pola elektrycznego w kablu jednofazowym. Natężenie pola obliczamy, wychodząc ze wzoru na pojemność kondensatora cylindrycznego

$$C = \frac{l \cdot \epsilon}{2 \ln \frac{R}{r}} \cdot 9 \cdot 10^{-11} \text{ faradów.}$$

W takim razie najwyższe natężenie pola występuje na powierzchni przewodnika, a obliczone być może według wzoru

$$F_{max} = \frac{V}{2,303 r \log (1 + v)}$$

gdzie V oznacza napięcie względem pancerza, r — promień żyły w mm, R — promień kabla pod płaszczem ołowianym, v — iloraz z podzielenia grubości ścianki izolacji przez promień r .

Dyskusja tego wzoru prowadzi do wniosku, że przy danym V i F_{max} promień kabla i izolacji a pod płaszczem ołowianym jest najmniejszy, jeśli:

$$\frac{R}{r} = l = 2,718 \text{ czyli } v = 1,718$$

wówczas

$$2R = 5,436 \cdot \frac{V}{F_{max}}$$

Dla osiągnięcia tego należy niekiedy sztucznie zwiększać średnicę żyły przewodzącej.

Najmniejsze zużycie papieru izolacyjnego (zarazem oczywiście i masy impregnacyjnej) na jednostkę długości zachodzi, jeśli

$$v = 1,22$$

a wówczas

$$2R = 5,57 \cdot \frac{V}{F_{max}}$$

Wobec tego, że każde powiększenie wymiaru $2R$ powoduje zwiększenie wagi ołowiu i opancerze-

nia żelaznego, należy kabel konstruować tak, by wielkość v zawarta była pomiędzy 1,22 a 1,718.

Żyła naogół wykonana jest nie jako masywny drut, lecz jako linka, składająca się z większej ilości skręconych drutów. Powierzchnia jej nie jest wobec tego gładka, a opisany przebieg pola zostaje zakłócony, przyczem maksymalny gradient potencjału (natężenie pola) jest większy od obliczonego, jak wyżej, o 20—30% (W. Deutsch) względnie 18—26% (Atkinson). Dokładniejszy, acz również przybliżony wzór na obliczenie maksymalnego natężenia pola jest:

$$F_{max} = \frac{1}{\sin \frac{\pi}{n} + n} \cdot V \cdot 2,303 r \left[\log \left(1 + \frac{1}{n \sin \frac{\pi}{n}} \right) + n \log (1 + v) \right]$$

gdzie n jest ilość drutów w zewnętrznej warstwie linki, r — promień linki, zaś V i v mają te same znaczenia, co i poprzednio.

Dla kabli dwużyłowych obliczyć można największe natężenie pola, posługując się funkcjami hiperbolicznymi według wzoru

$$F_{max} = \frac{\sqrt{\frac{v+4}{v}}}{2 v \operatorname{arc} \cos h \left(1 + \frac{v}{2} \right)} \cdot V$$

Występuje ono teoretycznie na linii, łączącej środki dwóch żył, na ich powierzchni.

Tenże sam wzór stosowany jest zwykle i do obliczenia kabli trójfazowych, symetrycznie zbudowanych. Pomijany więc jest — ze względu na uproszczenie, a właściwie, praktycznie biorąc, umożliwienie rachunku — wpływ trzeciej żyły i płaszczka.

Jednak doświadczenia Atkinsona i Emanueliego na modelach kabli trójżyłowych wykazały, że największe natężenie pola występuje na linii, łączącej środek kabla ze środkiem żyły.

Autorzy ci twierdzą, że największy gradient jest mniej więcej równy dla kabla trójżyłowego i jednożyłowego o takiej samej żyły i płaszczku, którego średnica równa jest średnicy koła na którym leżą środki żył.

$$F_{max} = \frac{1}{3,99 r \log [0,577 (v + 2)]} \cdot V$$

gdzie $0,577 r (v + 2)$ jest odległość środka żyły od środka kabla.

Średnica kabla pod ołowiem wypada stąd najmniejsza przy

$$0,577 (v + 2) = e = 2,718$$

czyli

$$v = 2,69$$

w praktyce najdogodniejsza jest wartość $v = 3$.

Wzór Atkinsona i Emanueliego odpowiada przede wszystkim kablom na bardzo wysokie napięcia, t. zn. o znacznych grubościach ścianki izolacji. Przy napięciach niższych stosowany być może z powodzeniem zwykły wzór dla kabla dwużyłowego.

Oba te wzory, jako wypadki graniczne, zawiera wzór Haasa²⁾

$$F_{max} = \frac{1}{r} \left(\frac{1}{v} + 0,18 \right) \cdot V$$

Jonizacja kabli.

Izolacja kabli, jak już było powiedziane, składa się z warstw taśmy papierowej, przesyconej masą impregnacyjną, której głównym składnikiem jest olej mineralny, podobny do oleju transformatorowego, jednak o wyższej nieco wiskozie. Wytrzymałość elektryczną nadaje kablom właśnie olej, a nie papier, który spełnia jedynie funkcje pomocnicze jako nośnik, szkielet do umieszczenia oleju.

Wytrzymałość elektryczna oleju dobrze wysuszonego i czystego (mechanicznie) jest bardzo wysoka. Udało się już osiągnąć wartości 400 kV/cm, co prawda dla warstewek bardzo cienkich, bo nie grubszych od 1 mm.

Papier, przesycony olejem, rozdziela go na szereg cieniutkich warstewek, co znakomicie wpływa na podniesienie napięcia przebicia; grubość taśmy papierowej przy kablach wysokonapięciowych 0,1 mm. Wysoka stała dielektryczna papieru, wynosząca przeciętnie 4—6, wywołuje większe obciążenie elektryczne oleju o stałej dielektrycznej 2—2,5; nie gra to jednak znaczniejszej roli wobec rozdzielania dielektryku na cieniutkie, a przez to bardziej wytrzymałe warstwy.

W ten sposób udało się już zbudować kable o wytrzymałości elektrycznej 350—400 kV/cm przy grubości izolacji 1—2 cm.³⁾

Wielkiem niebezpieczeństwem grozi powstawanie w izolacji t. zw. miejsc próżnych, t. zn. wypełnionych nie olejem, lecz powietrzem; możliwe to jest jako skutek wadliwej fabrykacji, może być również wywołane przez zgięcie kabla lub nadmierne ogrzanie podczas pracy. Wytrzymałość elektryczna powietrza jest stosunkowo bardzo mała i miejscami takie powodują przebicia kabla.

Technika kablowa udoskonaliła metody impregnacji; izolowane żyły kablowe względnie otoczony wspólną izolacją spłot trzech żył podlega przedewszystkiem wysuszeniu w naczyniu, w którym starannie utrzymywana jest próżnia. W temże samym naczyniu następnie również w próżni spłot poddany zostaje impregnacji. W tych warunkach masa przedostaje się przez najdrobniejsze pory papieru, wypełniając je niemal idealnie.

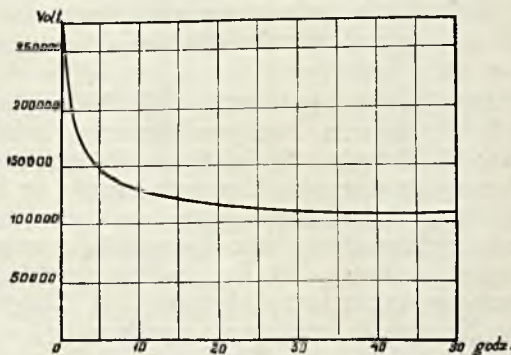
Każda długość kabla podlega próbie napięcia, którego wartość jest parokrotnie wyższa od napięcia roboczego. Badania laboratoryjne, polegające na obciążaniu odcinka kabla napięciem coraz wyższym, wykazują, że naogół przebicie kabla w warunkach laboratoryjnych następuje przy napięciach bardzo wysokich. Tak np. kabel 3 kV został przebity przy 60 kV, co odpowiada 20-krotnemu bezpieczeństwu. Kabel jednożyłowy na 50 kV napięcia trójfazowego skojarzonego przebity został przy 300 kV — 10-krotne bezpieczeństwo.

Przepisy podają grubość izolacji w zależności od napięcia roboczego i przekroju. Jak wielkie za-

chowane tu są współczynniki bezpieczeństwa, wykaże przykład. Kabel 3 × 95 mm² 30 kV posiada żyły o średnicy 12,6 mm, a grubość izolacji pomiędzy żyłami czy też pomiędzy żyłą a pancerzem ołowianym wynosi 13 mm. Maksymalne natężenie pola, obliczone według powyżej podanych wzorów, sięga tu zaledwie 30,5 kV/cm wobec znacznie większych wartości napięcia przebijającego.

Pomimo zachowania tak wysokiego bezpieczeństwa kable wysokonapięciowe są w ruchu wciąż źródłem katastrof. Rozważania nad tą sprawą wysunęły jako chronologicznie pierwszą t. zw. teorię jonizacji.

Doświadczenia laboratoryjne wykazały, że wysokość napięcia przebijającego związana jest z czasem trwania obciążenia według krzywej, jaką podaje rys. 4. Nasunęło się oczywiście przypuszczenie, że podczas trwania obciążenia zachodzą w dielektryku kabla pewne zmiany, które powodują zmniejszenie jego wytrzymałości.



Rys. 4.

Krzywa przebicia w funkcji czasu dla kabla jednożyłowego 120 mm², 50 kV napięcia skojarzonego.

Zainteresowano się więc przedewszystkiem kwestją strat w dielektryku. Straty te, wywołane odchyleniem kąta fazowego pomiędzy napięciem a prądem ładowania od wartości 90°, obliczają się z wzoru

$$P = \omega C \cdot V^2 \cdot \text{tg } \delta$$

Skoro jednak przeprowadzono dostateczną ilość badań, okazało się, że w kablu, począwszy od pewnej wartości napięcia, straty rosną szybciej, niżby z tego wzoru wypadało. Okazało się, innymi słowy, że istnieje pewien punkt na wysokości strat w funkcji napięcia przyłożonego, w którym krzywa ulega załamaniu i podnosi się do góry szybciej, niż według V². Okazało się również, że jeśli napięcie trwale przekroczy ten punkt — zwany punktem jonizacyjnym, — dielektryk w poszczególnych miejscach, szczególnie zaś w przestrzeni centralnej, wypełnionej sznurkami jutowymi lub konopnymi, jarzy i ulega stopniowo zniszczeniu.

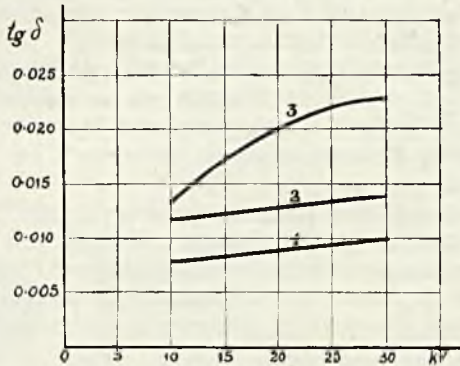
Teorię tę postawił Höchstädter, dla którego najważniejsza w tem wszystkim była podówczas (r. 1910) kwestja materiału wypełniającego, w którym według niego szukać należało źródła i przyczyny dziwnego przebiegu krzywej strat.

Przedewszystkiem należało punkt jonizacji przesunąć jak najwyżej ponad napięcie robocze. Sprawę ujęto w postaci pomiaru kąta stratności w funkcji napięcia przyłożonego. We wzorze na straty

²⁾ Archiv für Elektrotechnik, t. 21, str. 458.

³⁾ W. Vogel, Zeitschrift für technische Physik, 1927 str. 476.

bowiem uważać za zmienny wraz z napięciem możemy tylko $\operatorname{tg} \delta$. I rozwiązania, dotyczące tej sprawy, obracają się matematycznie około $\operatorname{tg} \delta$. Tak np. przepisy holenderskie wprowadziły do prób odbiorczych pomiar charakterystyki kąta stratności w funkcji napięcia przyłożonego.

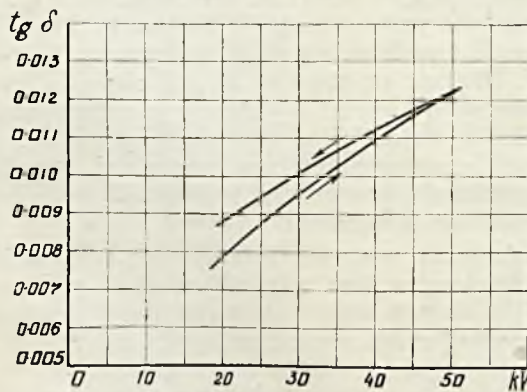


Rys. 5.
Zmiany kąta stratności w funkcji napięcia pod wpływem ogrzania.

Bardzo owocne i prowadzące do ciekawych wyników były badania wpływu ogrzania kabla na straty w dielektryku. Stwierdzono doświadczalnie, że w pewnych warunkach powstać mogą w kablu zmiany nieodkształcalne, przyczem, oczywiście, chodzi o zmiany takie, które powodują zmniejszenie bezpieczeństwa kabla. Rys. 5 daje przykład pogarszania się kabla pod wpływem zbyt silnego nagrzania. Krzywa 1 przedstawia przebieg $\operatorname{tg} \delta = f(V)$ przy ogrzaniu kabla do 25° ; krzywa 2 — przy 18° po uprzednim 10-krotnym wzroście temperatury od 0° do 60° ; krzywa 3 — przy 16° po uprzednim 4-krotnym wzroście temperatury od 0° do 72° . Próby na przebicie wykazały, że kabel, odpowiadający krzywej 3, rzeczywiście znacznie się pogorszył. Istnieje więc jakgdyby temperatura krytyczna, która w danym wypadku leży koło 70° .

Rys. 6 daje przykład pogorszenia się kabla po próbie napięciem na zimno. Przekroczenie napięcia jonizacji spowodowało odmienny gorszy przebieg krzywej $\operatorname{tg} \delta = f(V)$. Mamy tu do czynienia z czymś w rodzaju histerezy, aczkolwiek analogji nie należy posuwać zbyt daleko.

Pierwotne założenia Höchstadaera, że powodem jonizacji jest wyłącznie materiał, wypełniają-



Rys. 6.

Kąt stratności kabla trójfazowego budowy zwykłej $3 \times 95 \text{ mm}^2$, 30 kV; próba na zimno.

cy rdzeń kabla, nie mogły się utrzymać wobec nowych badań. Nie dawały one zresztą nigdy możliwości matematycznego opracowania zagadnienia. Były pozatem w wyraźnej sprzeczności z faktem, iż stwierdzono punkt jonizacyjny w kablach jednożyłowych, a więc takich, w których materiał wypełniający wogóle nie istnieje.

Bardzo rozpowszechniona jest obecnie teoria inna. Według niej dielektryk kabla, izolowanego papierem, składa się z trzech składników: papier, masa impregnacyjna i cieniutkie warstewki powietrza lub pary; dwa pierwsze składniki stanowią dielektryk stały, trzeci — gazowy. Zależność danych charakterystycznych dielektryka od napięcia przyłożonego jest odmienna dla dielektryka stałego, niż dla gazowego. Pozwala to metodą graficzną oddzielić straty każdego z tych dielektryków.

Badacze amerykańscy Dawes, Reichard i Humphries⁴⁾ rozpatrywali warstewkę powietrza o grubości 0,37 mm i stwierdzili, że gdy tylko zaczyna się jonizacja, krzywa strat w funkcji napięcia jest linią prostą, której równanie ma postać

$$P_i = K_1 (V - V_0)$$

Stąd pierwszy wniosek, że nie istnieje żaden t. zw. kondensator bez strat. Jest to możliwe dla dielektryków gazowych jedynie poniżej napięcia jonizacyjnego. We wzorze powyższym V_0 jest właśnie napięciem jonizacji powietrza (punkt przecięcia prostej strat z osią odciętych), zaś K_1 — współczynnikiem kątowym prostej. Straty w dielektryku stałym są

$$P_d = K \cdot V^2,$$

gdzie K jest wielkością dla danego kabla i danej częstotliwości prądu stała.

Wobec tego straty całkowite

$$P = K_1 (V - V_0) + K V^2$$

zaś współczynnik mocy strat

$$\cos \delta = \frac{K_1 (V - V_0) + K V^2}{\omega C V^2}$$

Powyżej napięcia jonizacji wchodzi więc do wzoru człon pierwszy i współczynnik mocy strat przestaje być wielkością stałą.

Współczynniki K i K_1 są proponowane przez wymienionych autorów jako kryterjum dobroci kabli.

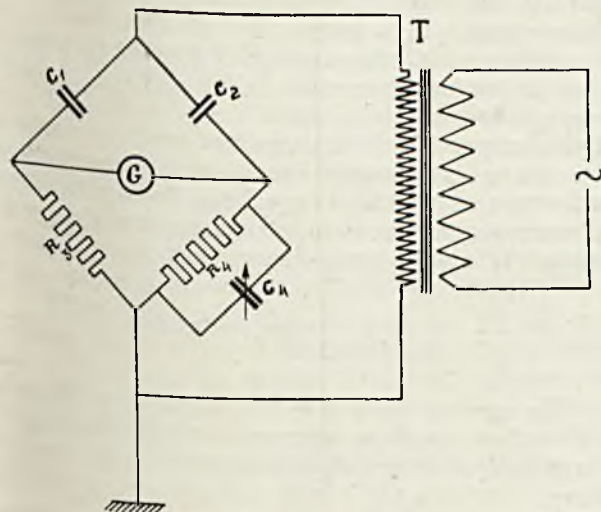
Stwierdzają oni, że energia, rozproszona w kablu skutkiem jonizacji, jest niebezpieczniejsza, niż energia, stracona w dielektryku stałym; że współczynnik mocy strat i pojemność kabli są niezmiennie, jeśli kabel pozbawiony jest całkowicie zawieszin gazowych; że zmiany pojemności kabla zależą od wielkości i rozdziału pęcherzyków gazowych w dielektryku kabla.

Dla przeprowadzania badań nad kątem stratności kabla wysokonapięciowego — jak widać bardzo ważnych i znajdujących szerokie zastosowanie zarówno przy badaniach laboratoryjnych, jak i przy próbach odbiorczych — wypracowana została metoda pomiarowa, znana pod nazwą metody mostka Scheringa. Metoda ta powszechnie

⁴⁾ RGE, tom 25, str. 1450.

dzis stosowana przy badaniach laboratoryjnych materiałów izolacyjnych, może być z pewnymi modyfikacjami zastosowana i do kabli już ułożonych.

Rys. 7 przedstawia schemat mostka Scheringa.⁵⁾ C_1 jest to obiekt badany, a więc w naszym przypadku pojemność żyły kablowej względem obu pozostałych i płaszczka ołowianego; C_2 — konden-



Rys. 7.
Schemat mostka Scheringa.

sator porównawczy bez strat, wykonany jako powietrzny lub wypełniony gazem pod ciśnieniem 12 atm.; R_3 i R_4 — opory, nawinięte bezindukcyjnie i bezpojemnościowo; C_4 — kondensator obrotowy; G — galwanometr wibracyjny; T — źródło prądu — transformator probierczy wysokiego napięcia.

Pomiar wykonywany jest przy napięciach wyższych od roboczego napięcia kabla, i z tego względu od kondensatora porównawczego C_2 wymagać należy wysokiej wytrzymałości na przebicie; kondensatory, wykonywane przez Hartmanna i Brauna jako wypełnione gazem, mają napięcie przebicia 180 kV.

Sam pomiar wykonywa się analogicznie do zwykłych metod mostkowych. Opornikiem R_3 oraz kondensatorem C_4 sprowadza się prąd w gałęzi galwanometru wibracyjnego do 0. Wówczas zachodzi musi zależność

$$\frac{C_1 (j + tg \delta)}{j C_2} = \frac{1}{R_3} + j \omega C_4$$

stąd

$$tg \delta = \omega C_4 R_3$$

Mechanika przebicia elektrycznego.

Dalsze pogłębienie techniki kablowej, lepsza znajomość zasadniczych zjawisk i warunków pracy przyniosły badania nad przebiciem elektrycznym.

⁵⁾ Opis, wydany przez firmę Hartmann i Braun, Frankfurt a/M.

Oddawna już było wiadome, że materiały izolacyjne przy napięciu dostatecznie wysokim nagle stają się przewodnikami. Dążeniem elektrotechniki jest to napięcie graniczne, powyżej którego materiał traci swe własności izolacyjne, podnieść możliwie wysoko. Prace te wymagają jednak zorientowania się, w jaki sposób odbywa się zjawisko przebicia i jakie są jego bezpośrednie powody. Pomimo szeregu badań sprawa ta nie jest po dzień dzisiejszy ostatecznie wyjaśniona. Istnieje kilka teorii, które tu pokrótce podam.

K. W. Wagner wysunął teorię przebicia cieplnego. Teoria ta, która przed kilku laty wydawała się ostatniem słowem fizyki i wywołała powszechny niemal aplauz, wychodzi z założenia, że każdy izolator stały traktować należy jako zły przewodnik, którego opór zmniejsza się, gdy temperatura rośnie. Pod wpływem napięcia przyłożonego płynie prąd (upływności) przez słabsze miejsca w izolacji; miejsca te, o kształcie nitek lub kanalików, idących w kierunku pola, nagrzewają się; oporność się zmniejsza — prąd rośnie. Przy danych warunkach odprowadzania ciepła wystarcza pewna wartość napięcia, by te wzajemne oddziaływania prądu i ciepła doprowadziły do katastrofy, t. zn. przebicia izolatora, które tu właściwie polega na przepaleniu.

Napięcie, wywołujące przebicie cieplne, oczywiście w wybitnym stopniu zależy musi od niejednorodności izolacji (kanaliki), od temperatury początkowej, od oporu materiału izolacyjnego i od długości trwania obciążenia.

Teorię tę poddał krytyce i kontrolował doświadczalnie W. Rogowski.⁶⁾ Przeprowadził on dowód, że również i zupełnie jednorodny izolator — bez Wagnerowskich kanalików przewodzących — podlega takiemu przebiciu, dowiódł, że napięcie przebijające przy bardzo krótkim uderzeniu (10^{-9} sek.) jest o wiele mniejsze, niżby z teorii Wagnera wypadało; teoria ta bowiem musi krótkotrwałość obciążenia równoważyć jego wysokością. Rogowski twierdził, że teoria Wagnera jest stosowalna jedynie przy grubych warstwach izolacyjnych, przy wysokich temperaturach oraz dostatecznie długotrwałych obciążeniach. Przebiecie, zachodzące w innych warunkach, skłonny był traktować jako zupełnie odmienny rodzaj przebicia czysto elektrycznego, w którym decydującą rolę odgrywa wysokość natężenia pola; przebicie przy krótkotrwałym uderzeniu napięcia względnie przy niskich temperaturach nadaje się oczywiście do tego rodzaju tłumaczenia.

O ile łatwa do wyobrażenia był mechanika przebicia cieplnego, o tyle trudny był przebieg przebicia elektrycznego.

Dla stworzenia sobie o tych zjawiskach pojęcia Rogowski przeprowadził badania nad przebiciem kryształu soli kuchennej, który wprawdzie nieznany jest technice jako materiał izolacyjny, posiada jednak nieocenioną zaletę, a mianowicie, że budowa takiego kryształu jest już przez fizykę dobrze opracowana. Doświadczenia Rogowskiego oraz fizyka rosyjskiego Joffego doprowadziły do stwierdzenia, że przebicie elektry-

⁶⁾ ETZ, 1929, str. 881.

czne polega na rozbiciu siatki krystalicznej — na rozbiciu molekuł pod działaniem pola elektrycznego. Teorię tę nazwano mechaniczną.

W dalszym ciągu wysunięta została w związku z badaniami nad przebicciem kryształów względnie nad przebicciem cieniutkich (10^{-1} cm) warstwek izolacyjnych również i inna hipoteza, a mianowicie teoria przebiccia jonizacyjnego. Według niej wolne jony, które od początku są w pewnej ilości w izolatorze zdysocjowane, pod wpływem pola elektrycznego bombardują jony, związane w siatce krystalicznej, tak silnie, że wyrzucają je z pod działania sił wiążących i w ten sposób powodują wzrost natężenia prądu, płynącego przez izolator. W wypadku przebiccia przez uderzenie napięcia ten proces zwalniania jonów odbywać się musi bardzo szybko — mówi się wówczas o lawinie jonów — bowiem drogą oscylograficzną stwierdzono przebiccia, trwające mniej niż 10^{-8} sek. Z tych i innych względów teoria ta traktowana jest przez znaczną ilość badaczy z pewną dozą sceptycyzmu.

Podobna teorię wypracował dla gazów Townsend. Twierdzi on, że przy silnym polu elektrycznym wystarczy jeden wolny elektron, aby wywołać lawinę elektronów i jonów. Obie te lawiny wzajemnie się potęgują i przy dostatecznie silnym polu zjawisko to prowadzi do uczynienia z gazu przewodnika czyli — do przebiccia.

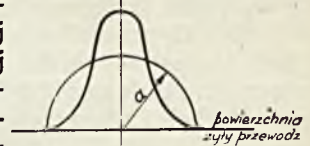
Jeśli chodzi specjalnie o kable, to wszystkie te teorie usiłuje się do nich zastosować.

W ostatnich latach wysuwany jest pogląd, że dla przebiccia kabla bardzo ważne są resztki gazowe w dielektryku oraz gazy (wodór) powstające pod działaniem pola elektrycznego z masy impregnacyjnej. Pogląd ten został szerzej rozwinięty przez niemieckiego fizyka - kablowca Gyemanta.⁷⁾

Wyobraża on sobie, że resztki gazowe gromadzą się przede wszystkim na granicy pomiędzy żyłą metalową a dielektrykiem. Jeśli natężenie pola jest dostatecznie wielkie, by wywołać jonizację, warstewka gazowa staje się przewodzącą i tworzy jakgdyby przedłużenie żyły metalowej. W rachunku przyjmuje Gyemant tę warstewkę jako dielektryk o bardzo wysokiej stałej dielektrycznej z tego powodu zostaje ona wciągnięta do miejsca najwyższego natężenia pola i tam się zbiera. Powstaje mały zjonizowany pęcherzyk gazowy, który wydłuża się w kierunku linii pola; pole elektryczne usiłuje niejako przeprowadzić ten naładowany pęcherzyk w kierunku niższego potencjału. Dążeniu temu stają na przeszkodzie kohezja oleju, ciśnienie zewnętrzne i zwarta budowa papieru. Jeśli siłom pola uda się przewyciężyć te opory, pęcherzyk gazowy przewierca się przez dielektryk kabla, a utworzony kanalik powietrzny wywołuje właściwe przebiccie.

Matematycznie Gyemant rozwiązuje zagadnienie w ten sposób, że oblicza energię pęcherzyka, a następnie warjację jej przy wydłużeniu pęcherzyka. Założenie, że warjacja ta równa się 0, daje równanie, wiążące wszystkie wchodzące tu w grę wielkości.

Kształt początkowy pęcherzyka jest półkuliasty o promieniu a (rys. 8). Pęcherzyk ten ulegać może wydłużeniu dwojakiemu rodzaju: przy stałej objętości i przy stałej podstawie, w obu wypadkach dając elipsoidę obrotową. W pierwszym przypadku musi być przewyciężony opór, stawiany przez siły elektryczne i przez kohezję oleju, w drugim przypadku dojdzie również praca przeciwko ciśnieniu zewnętrznemu. Przebieg rzeczywisty jest kombinacją obu tych przypadków. Po wprowadzeniu uproszczeń Gyemant otrzymuje wzór na wytrzymałość elektryczną oleju:



Rys. 8

Wydłużanie się pęcherzyka gazowego w izolacji kabla według Gyemanta.

$$F^2 = \frac{10 \pi}{3} \left(\frac{\gamma}{a} + \frac{2}{3} np \right) \text{ jednostek CGS}$$

We wzorze tym $\gamma = \gamma_0 (1 - \nu t)$ — napięcie powierzchniowe oleju, wynoszące około 20 dyn/cm^2 , z uwzględnieniem zwykłej poprawki na temperaturę:

ν — współczynnik temperatury, równy około $4 \cdot 10^{-3}$;

$a = a_0 \left(1 + \alpha t \right)^{1/3} \cong a_0 \left(1 + \frac{1}{3} \alpha t \right)$ — promień pęcherzyka gazowego, wynoszący około 10^{-3} cm , również z uwzględnieniem poprawki na temperaturę, przy współczynniku temperatury $\alpha = 3,6 \cdot 10^{-3}$;

n — pewna wielkość stała, wyrażająca udział obu wymienionych przypadków odkształcenia pęcherzyka w wydłużeniu rzeczywistym;

$n \cong 0,03$ i związane jest z viskozą oleju według zależności odwrotnie proporcjonalnej $n = \frac{k}{\eta}$, gdzie $k \cong 6 \cdot 10^{-3}$;

p — ciśnienie zewnętrzne równe mniej więcej 10^{-6} .

Jeśli chodzi o przebiccie izolacji kabla, to wchodzi tu w grę oprócz oleju względnie masy impregnacyjnej, również i papier. Trzeba więc uwzględnić energię, potrzebną do przebiccia papieru. Gyemant — w braku ściślejszych danych — przyjmuje, że jest to praca wytrzymałości papieru na zerwanie K wzdłuż drogi molekularnej λ . Praca ta wynosi 10^2 ergów jeśli $K = 10^9$ jednostek CGS, zaś $\lambda = 10^{-7} \text{ cm}$.

Do wzoru na wytrzymałość elektryczną oleju wprowadza więc Gyemant jedynie poprawkę, powiększając napięcie powierzchniowe oleju o wartość $0,15 K \lambda$ (praktycznie napięcie to przez wprowadzenie nowego człona zostaje dwukrotnie zwiększone).

Ostateczny więc wzór na wytrzymałość elektryczną izolacji kablowej, składającej się z papieru, przesyconego masą impregnacyjną, jest:

$$F = \sqrt{\frac{10 \pi}{3} \left[\frac{\gamma + 0,15 K \lambda}{a} + \frac{2}{3} \frac{k}{\eta} p \right]}$$

⁷⁾ Zeitschrift für technische Physik, 1928, str. 398.

Dyskusja wzoru prowadzi do wniosku, że korzystne jest stosowanie mas impregnacyjnych o wysokiej wiskozie.

Wzór ten wyprowadzony jest i stosuje się jedynie do prądu stałego; przy prądzie zmiennym wytrzymałość elektryczna zmniejszona zostaje do 30—40% wartości przy prądzie stałym.

Dla prądu zmiennego należy przyjąć pod uwagę energię kinetyczną, udzieloną jonom przez pole zmienne. Według Gyemanta następuje w tym przypadku bombardowanie włókien papieru przez jony. Z biegiem czasu działanie niszczące występuje coraz wyraźniej, aż wreszcie papier zostaje zniszczony, co matematycznie ujęte zostaje przez sprowadzenie do 0 wyrazu $0,15 K$. W tem przejawia się wpływ czasu trwania obciążenia, stanowiący zresztą najłabszy punkt teorii (dla prądu stałego czas wchodzi do wzoru jedynie pośrednio).

Jako kryterjum dobroci papieru na tle omówionej teorii wysuwa się przepuszczalność papieru w stosunku do gazów. Gyemant skłonny jest na tle swej teorii dla prądu zmiennego, zamiast wytrzymałości na zerwanie, wprowadzić jako kryterjum ilość złożeń, jakie papier wytrzyma przy nieznacznym naciągu, zanim się zerwie.

Próby poprawienia rozkładu pola.

Projektowanie izolacji kabla wysoko napięciowego uwarunkowane jest koniecznością uczynienia największego natężenia pola mniejszem od pewnej wartości, dopuszczalnej ze względu na bezpieczeństwo. Wartość ta dla nowoczesnych kabli wynosi 4 — 6 kV/mm.

Widzieliśmy już, że najwyższe natężenie pola występuje tylko w paru miejscach względnie warstwach izolacji, pozatem izolacja jest naogół niewyżytkana. To też oddawna już konstruktorzy kabli czynili wysiłki, ażeby doprowadzić do takiego rozkładu pola elektrycznego w kablu, przy którym izolacja będzie lepiej i równomiej wykorzystana.

Już w r. 1901 otrzymał O'Gorman patent na wykonanie izolacji kabla z szeregu warstw współśrodkowych o różnych grubościach i różnych stałych dielektrycznych tak dobranych, by natężenia pola były we wszystkich warstwach mniej więcej jednakowe, stałe dielektryczne warstw izolacyjnych tak się powinny mieć do siebie, jak mają się natężenia pola w odpowiednich miejscach kabla zwykłego. O'Gorman próbował zastosować izolację gumową, której stałą dielektryczną zmieniał przez dodawanie do gumy różnych domieszek. Okazało się jednak, że guma nie nadaje się na izolację kabli wysokonapięciowych.

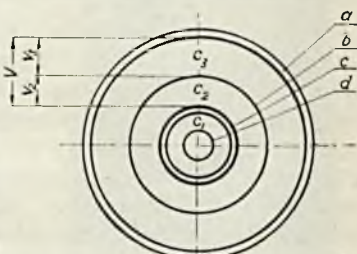
W Niemczech próbowano na tej samej zasadzie zbudować kable z izolacją papierową; izolacja podzielona była na kilka warstw, z których każda wykonana była z papieru o innej stałej dielektrycznej; nie osiągnięto jednak wyników szczególnie interesujących wobec trudności odpowiedniego preparowania papieru.

Praktyczna niemożliwość oddziaływania w pożądanym kierunku na rozkład pola przez dopasowanie dielektryku wywołała dążenie do narzucenia pożądanego rozkładu przez wprowadzenie

do dielektryku koncentrycznych warstw przewodzących, których potencjał sztucznie utrzymywany jest na odpowiedniej wysokości. Takie kable wykonywano wielokrotnie; t. zw. płaszcz pośredni czyli wzmiankowane warstwy przewodzące łączono z odpowiednio dobranymi odgałęzieniami uzwojenia transformatora zasilającego kabel.

Ten sam system stosowano nieraz w przypadkach, gdy chodziło o sztuczne powiększenie średnicy żyły metalowej a więc przy bardzo wysokich napięciach; wówczas w pewnej odległości od żyły dawano warstwę koncentryczną z drutów fasonowych lub zwykłych, którą elektrycznie łączono z żyłą. Dielektryk pomiędzy żyłą a tem jej elektrycznym przedłużeniem zupełnie nie jest obciążony, a przewodnik uzyskuje pozornie większą średnicę.

Szczególnie ciekawa jest konstrukcja, zaproponowana przez Silbermanna. Według niej dokoła żyły metalowej w izolacji umieszczone są dwa koncentryczne płaszcze przewodzące (rys. 9), z których pierwszy jest właściwym przewodnikiem prądu, zaś drugi wraz z rdzeniem stanowią przewodniki pomocnicze. Prosty rachunek wykaże sens kabla kondensatorowego.



Rys 9.

Kabel Silbermanna.

a—płaszcz ołowiany, b—płaszcz pośredni, c—przewodnik główny, d—przewodnik pomocniczy.

Niech napięcie między przewodnikiem głównym a płaszczem ołowianym (napięcie robocze kabla) będzie V . W takim razie napięcie

$$V_2 = V \cdot \frac{C_3}{C_1 + C_2 + C_3}$$

gdzie C oznacza pojemność, zaś wyłomaczenie wskaźników podane jest na rysunku.

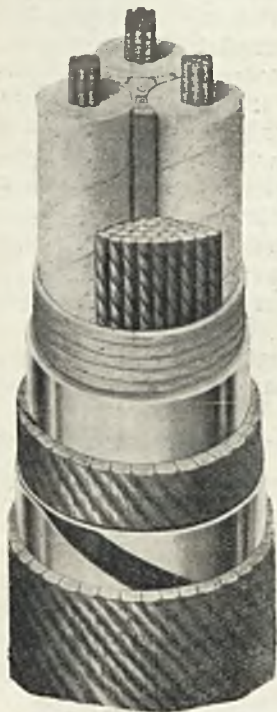
W ten sposób gradient potencjału na powierzchni przewodnika głównego zostaje znacznie zmniejszony.

Wszystkie powyższe sposoby prowadziły do poprawienia rozkładu pola w kablu jednożyłowym. Na kable trójżyłowe nie zwracano wielkiej uwagi, radząc sobie w razie wyższych napięć układaniem trzech osobnych kabli jednożyłowych, co zresztą i po dzień dzisiejszy jest powszechnie stosowane.

Tymczasem rozkład pola w zwykłych kablach trójżyłowych przedstawia się jeszcze gorzej, obok bowiem zwykłych bolączek kabli jednożyłowych występuje tu fatalna sprawa materiału, wypełniającego rdzeń.

Rozwiązanie tej sprawy podał Höchstädter. Zaproponował on (DRP Nr. 288446), żeby ostatnią warstewką izolacji żyły kabla trójfazowego wykonywać z papieru metalizowanego. Papier taki otrzymuje się przez nawalcowywanie na papier cieniutkiej warstewki aluminium lub cyny (0,01 — 0,02 mm grubości) a następnie perforuje się go celem umożliwienia przenikania masy impregnacyjnej. Papier metalizowany nawet po gięciu ściśle przylega do izolacji. Trzy takie żyły skręca się

i owija taśmą włóknistą z wplecionymi w tkaninę nitkami metalowymi, a bezpośrednio na to daje się płaszcz ołowiany. W ten sposób każdy punkt ostatniej warstwy izolacji żyły posiada potencjał płaszczki ołowianej ($= 0$), a materiałem wypełniający, który stanowił dotąd najpoważniejsze



Rys. 10.

Kabel Höchstädtera w wykonaniu specjalnie giętkim firmy Kabelwerk Duisburg.



Rys. 11.

Kabel trójfazowy firmy C. S. Vogel.

źródło niebezpieczeństwa, zostaje elektrycznie wyłączone. Rozkład pola w każdej z żył jest całkowicie promienisty, jak w kablu jednożyłowym. A więc niema niebezpiecznych dla izolacji naprężeń pola nie prostopadłych do uwarstwienia papieru; pozwala to przy projektowaniu takich kabli przyjmować wyższą wytrzymałość elektryczną. Odprowadzenie ciepła w tych kablach lepsze jest, niż w zwykłych, dzięki czemu można je wyżej obciążać.

Zalety kabla Höchstädtera (H — kabel) zjednały mu wielkie uznanie i kable te dziś są bardzo szeroko stosowane, szczególnie na napięcia 20 — 30 kV.

Powodzenie ich, a jednocześnie względy konkurencji patentowej wpłynęły na bardzo energiczne propagowanie kabli t. zw. trójfazowych.⁸⁾ Są to kable trójfazowe, w których każda żyła posiada osobny płaszcz ołowiany. Trzy takie żyły zostają skręcone i otrzymują wspólne opancerzenie żelazne. Kable takie można obciążać jeszcze wyżej, niż H-kable, mają one jednak wyższe straty na prądy wirowe w płaszczach i uzbrojeniu. Wielką ich zaletą — bardzo szeroko reklamowaną — jest łatwość wykonywania połączeń poszczególnych odcinków, dochodząca do zupełnego wyeliminowania tak niebezpiecznych w pracy muf kablowych. Mogą być wykonywane w odcinkach

dłuższych, niż zwykle i są bardziej giętkie. Ta ostatnia zresztą właściwość była tematem ożywionej polemiki w prasie.

Z punktu widzenia fabrykacyjnego najłagodniejszym punktem kabli trójfazowych byłaby konieczność dawania na izolację każdej żyły pod jej płaszcz ołowiany osłony Höchstädterowskiej⁹⁾ — istnieje bowiem niebezpieczeństwo, niezbyt zresztą ściśle stwierdzone, powstawania próżni względnie pęcherzyków gazowych między izolacją a płaszczem ołowianym, co prowadziłoby mogło do zjawisk jarzenia i niszczenia izolacji. Oczywiście tego rodzaju konieczność zniweczyłaby całkowicie celowość kabli trójfazowych, które wysuwane są jako konkurencja wobec Höchstädterowskich. Sprawa ta jednak nie jest dostatecznie wyjaśniona i nie przestała być jeszcze tematem dyskusji.

Powstawanie próżni w kablach.

Masy impregnacjonalne, zwykle stosowane, posiadają współczynnik rozszerzalności cieplnej znacznie wyższy niż papier, a mianowicie 0,09 — 0,1% wobec 0,01% na 1° C. Zmiana temperatury o 25° C wywołuje więc zmianę objętości masy o około 2,5%. Zmiana objętości masy przejawia się w wypływaniu jej z poru papieru w wypadku ogrzania, lub w wędrowce w obrębie papieru i powstawaniu miejsc ubogich w masę — w wypadku ochłodzenia. Każdemu więc stanowi cieplnemu odpowiada inne rozmieszczenie masy w papierze. Jej ruchy ograniczone są gęstością papieru, jego uwarstwieniem oraz wiskozą masy.

Kontrakcję masy impregnacjonalnej wykazał doświadczalnie Del Mar¹⁰⁾, chłodząc w kąpeli z oleju ciemnego kabel, impregnowany olejem jasnym. Jeżeli pominąć drobne ilości oleju ciemnego, które dostały się przez dyfuzję, olej ciemny wszedł do kabla promienisto od strony żyły metalowej. Wskazuje to, że gdyby chłodzenie odbywało się w powietrzu, te przestrzenie przy żyłach zostałyby pozbawione masy impregnacjonalnej. W kablu ułożonym — hermetycznie zamkniętym — powstają na tem tle próżnie, mogące w pewnych okolicznościach osiągać wartości tak znaczne, że pod ich wpływem pękają mufy. Pomiar wykazały, że próżnie takie sięgają 375 — 500 mm.

Weiset¹¹⁾ zwrócił uwagę na pierwszorzędne znaczenia fakt, że masa impregnacjonalna kabla, znajdującego się w pracy, pod względem wiskozy nie może być traktowana jako jednorodna. W różnych warstwach izolacyjnych mamy niejednakowe temperatury; najwyższą temperaturę podczas pracy posiada żyła przewodząca, najniższą — płaszcz ołowiany. Rozkład temperatur w kablu zależy od przewodności cieplnej otoczenia kabla, a przede wszystkim od budowy geometrycznej kabla.

Przy obciążeniu następuje w kablu wzrost temperatur, masa rozszerza się i wywołuje ogromne ciśnienia, pod wpływem których płaszcz ołowiany zostaje rozepchnięty, jego rozszerzalność cieplna bowiem nie może być nawet porównywana z rozsze-

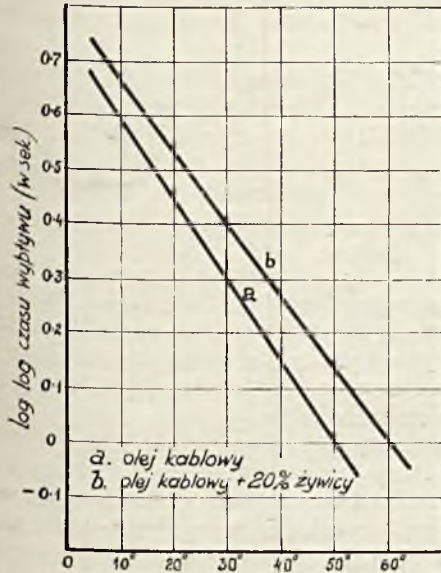
⁸⁾ Opis, wydany przez firmę C. S. Vogel Draht- und Kabelwerke A. G., Berlin — Cöpenick.

⁹⁾ Carlswerk Rundschau 1927, Heft 2, str. 23.

¹⁰⁾ ETZ 1929, str. 235.

¹¹⁾ ETZ 1930, str. 922.

rzalnością masy. Ubrojenie płaszczu nie przeszkadza jego rozszerzaniu się, bo druty czy taśmy żelazne nie leżą wprost na ołowiu, lecz oddzielone są od niego elastyczną warstwą juty. Jeśli teraz obciążenie maleje lub zanika, masa wskutek oziębienia zmniejsza swą objętość, natomiast objętość wewnątrz płaszczu ołowianego pozostaje niemal bez zmiany. Rozkład masy w warstwach izolacyjnych musi już więc być inny, niż był przed opisanym przebiegiem.



Rys. 12.

Wiskoza w funkcji temperatury.

a — olej kablowy, b — olej kablowy + 20% żywicy.

Wiadomo, że wiskoza zależy w wybitny sposób od temperatury. Przytoczony rysunek 12 pokazuje charakterystykę wiskozy w funkcji temperatury dla: a) oleju kablowego, b) masy impregnacynnej o zawartości 20% żywicy. Należy zwrócić uwagę, że dla rzędnych na tym wykresie zastosowano skalę podwójnie logarymiczną, celem umożliwienia przedstawienia charakterystyki w całym interesującym zakresie.

Podczas chłodzenia stygną przedewszystkiem warstwy izolacyjne zewnętrzne, bardziej zbliżone do płaszczu ołowianego, a to dlatego, iż odbywa się proces wyrównania temperatury kabla z otoczeniem. Wiskoza masy tam zawartej była już w trakcie procesu ogrzewania znacznie większa, niż w warstwach wewnętrznych ze względu na opisany rozkład temperatur. Obecnie różnica ta staje się jeszcze wyraźniejsza. Masa zastyga przedewszystkiem w warstwach zewnętrznych, a podczas tego procesu następuje jej kontrakcja kosztem zubożenia warstw wewnętrznych. Weiset metodą graficzną wyprowadza rozumowanie, dowodzące, że skutkiem takiego procesu ochłodzenia warstwy wewnętrzne, leżące najbliżej żyły przewodzącej, a więc gdzie są najwyższe natężenia pola elektrycznego, posiadają znacznie mniej masy, niż poprzednio — odbyła się jakgdyby wędrówka masy w kierunku odśrodkowym. W zubożonych warstwach izolacyjnych powstają przestrzenie próżne względnie pęcherzyki gazowe, które prowadzą do zniszczenia izolacji kabla.

Do obliczenia grubości warstwy zubożonej podaje Weiset wzór następujący:

$$\delta_1 = r_1 \left(\sqrt{1 + 6,3 \alpha t} - 1 \right)$$

gdzie

- r_1 — promień żyły przewodzącej,
- α — współczynnik rozszerzalności masy impregnacynnej, równy około $1,10^{-3}$,
- t — średni wzrost temperatury w izolacji obciążonego kabla.

Do wprowadzenia wzoru przyjęto stosunek promienia żyły pod płaszczem ołowianym do promienia żyły przewodzącej jako równy 2,7 ze względów, powyżej obszerniej wyliczonych.

Rozszerzenie płaszczu ołowianego (przyrost promienia) wynosi

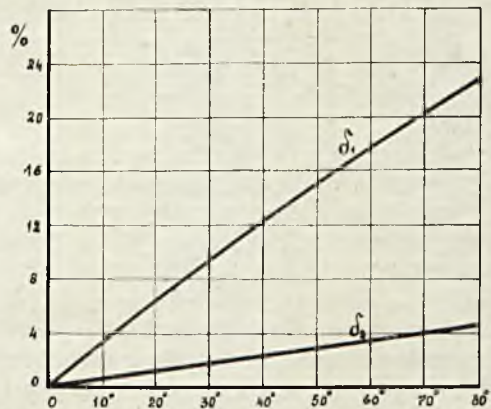
$$\delta_2 = 2,7 r_1 \left(\sqrt{1 + 0,836 \alpha a t} - 1 \right)$$

gdzie a oznacza udział objętości masy w izolacji kabla i wynosi około 0,5.

Rys. 13 podaje wartości δ_1 i δ_2 w procentach promienia żyły przewodzącej, obliczone według powyższych wzorów.

Dla kabla jednożyłowego 65 kV (napięcie skrajzone 110 kV) promień żyły wynosi 10 — 11 mm, o ile gradient potencjału ma nie przekroczyć dopuszczalnej wartości 6 kV/mm, zaś grubość izolacji 16 — 18 mm. Przy wzroście temperatury o 25° warstwa zagrożona δ , sięga już 0,7 mm, przy przeciążeniu 20% — 1 mm. Ze względu na działania włóskowate por papieru Weiset warstwę zagrożoną szacuje jednak na 2 — 3 razy więcej, niż obliczył.

Schrottke¹²⁾ tłumaczy powstawanie próżni w warstwach wewnętrznych izolacji w sposób czysto elektryczny. Według niego nawet przy najstaranniejszej fabrykacji pozostają pod płaszczem oło-



Rys. 13.

Przesunięcie masy impregnacynnej w procentach promienia żyły przewodzącej w funkcji temperatury.

wianym pęcherzyki gazowe, a masa impregnacynna wędruje pod wpływem pola elektrycznego w kierunku jego mniejszych natężeń t. zn. od żyły przewodzącej do płaszczu.

Przytaczając powyższe tłumaczenia, należy jednak zwrócić uwagę na nieulegający wątpliwości

¹²⁾ Siemens Zeitschrift 1930, str. 337.

i doświadczalnie stwierdzony fakt, że jonizacja zaczyna się jednak zwykle od strony płaszcza¹³⁾, a więc i tam działać muszą jakieś przyczyny, wywołujące powstawanie próżni. Powoływanie się na wady fabrykacyjne niewątpliwie nie wyjaśnia sprawy ani dostatecznie ani ostatecznie i oczekiwać należy dalszych jeszcze badań, które oświetlą całkowity przebieg zjawiska. Być może, że sprzeczności są jedynie pozorne, wywołane niejednorodnością obiektów. Prace Weiseta i Schrottkego tyczą się właściwie kabli jednożyłowych na najwyższe napięcia. Obie one obok celu czysto teoretycznego stawiają pewne cele praktyczne, usiłując propagować nowe metody fabrykacji kabli, co z pewnością odbija się na ich treści, nadając jej charakter nieco jednostronny.

Tak np. pominięta jest sprawa włoskowatości papieru i jego zdolność do przepuszczania masy impregnacyjnej, a kwestje te mają z pewnością znaczenie pierwszorzędne przy powstawaniu próżni. W pewnych warunkach może być nawet całkowicie przez nie zmieniony kierunek wędrówki masy, jak wykazały doświadczenia Riley'a i Scotta¹⁴⁾.

Sposoby zaradzenia próżniom.

Jeśli chodzi o kable na napięcia skojarzone do 60 kV, jako najlepszy dziś sposób zaradzenia szkodliwemu działaniu próżni stosuje się w Europie właściwie jedynie bardzo staranną fabrykację, dobór najodpowiedniejszych gatunków papieru, impregnację w możliwie najlepszej próżni. Decydującym jest tu jednak umiejętnie przeprowadzone badanie, polegające na zdjęciu charakterystyki jonizacji t. zn. pomiarze kąta stratności dielektryka w funkcji napięcia przed, podczas i po obciążeniu, oraz na zbadaniu krzywej napięcia przebicia w zależności od czasu obciążenia i wyosrodkowaniu napięcia, do którego krzywa ta dąży asymptotycznie przy czasie, rosnącym do nieskończoności. Oczywiście stosowanie kabli Höchstädterowskich oraz trójpłaszczowych dodatnio wpływa na stopień bezpieczeństwa.

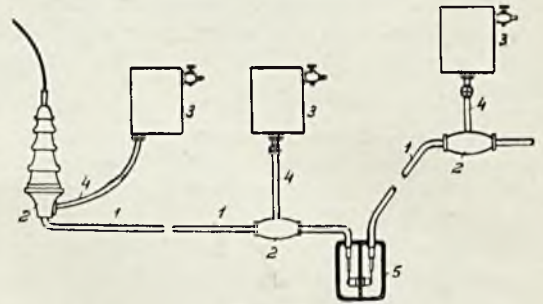
Ośrodkiem zainteresowania są dziś jednak kable na najwyższe napięcia. Dla nich proponowane są nowe konstrukcje, bowiem przy wysokich z natury rzeczy natężeniach pola wady konstrukcji dotychczasowych występują w nich najwyraźniej.

Niektóre systemy, omówione przy okazji rozważań na temat poprawiania rozkładu pola, mogą i tu mieć zastosowanie. Sprawy te t. zn. niedogodny rozkład pola, jonizacja oraz powstawanie próżni dają się przecież jedynie teoretycznie oddzielić, praktyka zaś spotyka wszystkie naraz.

Konstruktorzy kabli na napięcia najwyższe postawili sobie jednak za główny cel unieszkodliwienie próżni, radząc sobie z rozkładem pola przez stosowanie trzech kabli jednożyłowych lub kabla trójpłaszczowego.

Emanueli, oparłszy się na analizie powstawania próżni, postanowił zupełnie uniemożliwić jej powstawanie przez stworzenie rezerwy masy impre-

gnacyjnej i utrzymanie jej w kablu pod ciśnieniem, tak, by zawsze wszystkie pory papieru były przez masę wypełnione. Wprowadził on więc zamiast gęstej — masę impregnacyjną bardziej płynną. Rys. 14 podaje schemat takiego urządzenia kablowego: 1 — odcinki kabla; 2 — mufy połączeniowe; 3 —



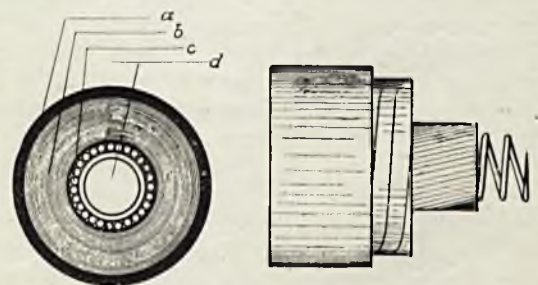
Rys. 14.

Schemat urządzenia kablowego typu Emanueli.

zbiorniki masy, połączone rurkami 4 z kablem i umieszczone wyżej, niż zasilane odcinki kabla; 5 — mufa połączeniowa ze ścianką przedziałową, umożliwiająca stosowanie różnych ciśnień w różnie ułożonych odcinkach kabla.

W kablu są specjalne kanały, które przepływa masa. Przy takim urządzeniu masa w kablu, a za jej pośrednictwem i płaszcz ołowiany kabla znajduje się pod wysokim wprawdzie, ale za to stałym ciśnieniem. Przy podnoszeniu się temperatury masa nie rozpycha płaszcza ołowianego, lecz nadmiar jej uchodzi do zbiornika, skąd natomiast powraca przy oziębieniu, uniemożliwiając powstawanie próżni.

Doprowadzenie masy bywa realizowane w różny sposób. Niekiedy kanał doprowadzający znajduje się pomiędzy płaszczem ołowianym a dielektrykiem; trzymane są one w pewnej odległości od siebie przez metalową spiralę, która tworzy zarazem kanał dla masy, obiegający śrubowo dokoła kabla. Niekiedy jako kanał służą półwalne rowki, biegnące po wewnętrznej stronie płaszcza ołowianego. Niekiedy wreszcie żyłę kabla wykonywa się jak warstwę drutów, skręconych na spirali z drutu żelaznego (rys. 15); wewnątrz tej spirali masa przepływa jakby rurą.



Rys. 15.

Kabel z kanałem do przepływu masy firmy Pirelli, a — płaszcz ołowiany, b — izolacja papierowa, c — przewodnik, d — kanał dla masy.

Ilości masy, które znajdują się w ruchu przy zmianie temperatury, są dość duże; w kablu na 100 kV przy wzroście temperatury o 20° C odpływa do

¹³⁾ Carlswerk Rundschau 1927, Heft 2, str. 22.

¹⁴⁾ RGE tom XXVI, str. 802.

zbiorników około 20 litr/km. Ciśnienia są bardzo wysokie, szczególnie, gdy kabel nie leży poziomo, lecz na pochyłości. Buduje się już dziś kable i mufy na 40 atm; w kablach jednak leżących poziomo ciśnienie należy obliczać z punktu widzenia gospodarczego, bowiem zmniejszenie ciśnienia powoduje zwiększenie ilości zbiorników i urządzeń regulujących ciśnienie. Najniebezpieczniejsze jest pęknięcie płaszczki ołowianego pod wpływem ciśnienia; wówczas masa zaczyna uciekać ze zbiornika, choć co prawda wilgoć nie wsiąka do kabla, jak to odbywa się w analogicznych wypadkach w kablach zwykłych.

Pierwsze urządzenie systemu Emanuela wybudowano we Włoszech jako odcinek próbny 3×600 m, 130 kV napięcia skojarzonego. Następnie ta sama firma Pirelli ułożyła w r. 1927 dwa większe odcinki w Ameryce, a mianowicie: w New Yorku 3×19 km, 132 kV napięcia skojarzonego i w Chicago 3×10 km, 140 kV. Kabel w New Yorku posiada kanał wewnątrz przewodnika; przekrój ma 300 mm², grubość izolacji 18,4 mm przy napięciu względem płaszczki 76 kV. Kabel ten obciążony jest stosunkowo wysokim prądem 520 A, przewodząc moc 95 000 kVA.

W Niemczech pierwszy kabel taki ułożyła firma Siemens - Schuckert dla elektrowni Grosskraftwerk Franken A. G.; jest to kabel na 100 kV o długości $3 \times 9,6$ km.

Na wszystkich wyżej wzmiankowanych odcinkach próbnych żadnych zaburzeń dotąd nie notowano.

Zastosowanie kabli typu Emanueliego w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej rozwija się bardzo szybko. Już w końcu 1928 r. zainstalowano 900 km tych kabli, z czego 300 km dla napięć poniżej 66 kV.

Höchstädter zaproponował stosowanie do regulowania ciśnienia w kablu osobnej cieczy, niełączącej się z masą impregnacyjną. Ma ona płynąć w specjalnych kanałach, a na ciśnienie masy wpływać za pośrednictwem warstw nieprzepuszczalnych.

Weiset¹⁶⁾ powraca do omówionej już zasady płaszczki pośrednich O'Gormana, aczkolwiek w nieco odmiennej formie. Proponuje on mianowicie owinięcie żyły metalowej szeregiem warstw papieru przewodzącego do grubości większej, niż zagrożona według niego przestrzeń przy żyłce. Papier przewodzący otrzymać można przez dodawanie proszków metalowych, tlenków metali lub grafitu; papier taki przyjmuje do 30% masy impregnacyjnej. Masa w nim zebrana jest rezerwuarem, z którego czerpie się na pokrycie strat przy oziębieniu kabla. W warstwach przewodzących powstają oczywiście próżnie, ale są one zupełnie nieszkodliwe, bowiem warstwy te posiadają stale potencjał żyły metalowej. Tak np. dla kabla 110 kV napięcia skojarzonego, 120 mm² proponuje on owinięcie warstwami papieru metalizowanego do średnicy 22 mm (grubość ścianki papieru metalizowanego 3,4 mm) przy grubości ścianki izolacji 18 mm. Warstwa, zagrożona powstawaniem próżni, sięga zaś według obliczeń tego autora $\delta = 0,7$ mm czyli przyjąć ją należy z czterokrotną pewnością na 2,8 mm. Ewentualnie po-

wstające próżnie będą więc całkowicie unieszkodliwione.

Kabel taki opiera się całkowicie na teorii Del Mar — Weiseta powstawania próżni jedynie w sąsiedztwie żyły przewodzącej, co wydaje się niedostatecznie stwierdzone.

Dane z praktyki.

Farmer¹⁶⁾ w charakterze inżyniera pewnego laboratorium badawczego w New Yorku miał sposobność zebrać dość okazały materiał statystyczny, dotyczący kabli pochodzących z różnych fabryk.

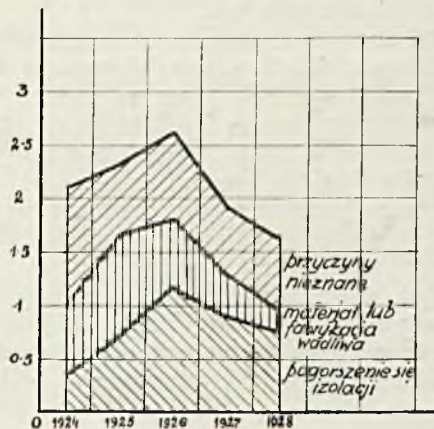
Z próby momentalnego przebicia, przeprowadzanej na krótkich odcinkach dostarczanych kabli, zestawia on następującą tabelę:

Rok	Ilość pomiarów	Średnie napięcie przebicia woltów/mm		
		żyła/żyła	żyła/olów	średnio
1923	210	10 750	10 550	10 650
1924	290	12 100	11 180	11 640
1925	106	13 900	14 100	14 000

Uderzający tu jest ogromny wzrost napięcia przebijającego w r. 1925, wynoszący przeszło 20% w stosunku do roku poprzedniego.

Dla kabli trójżyłowych wyprowadza Farmer z badań nad zależnością napięcia przebijającego od czasu trwania obciążenia wartość dopuszczalnego napięcia granicznego na około 6 kV/mm.

Ciekawy jest również wniosek, wyciągnięty z badań nad wartością oporu izolacji; według Farme-



Rys. 16.

Statystyka błędów w kablach, zestawiona przez N. E. L. A. a — przyczyny nieznane, b — materiał lub fabrykacja wadliwa, c — pogorszenie się izolacji.

ra ważna jest nie tyle wysokość oporu izolacji ile zachowanie jej na pewnym poziomie choćby nie- zbyt wysokim, byleby stałym. Fabryka, której kable spełniają ten warunek, daje towar lepszy, niż fabryka, której kable mają często izolację wielokrotnie lepszą, lecz niekiedy i znacznie gorszą, — świadczy to bowiem o niedostatecznym opanowaniu fabrykacji.

Amerykańska National Electric Light Association (N.E.L.A.) opublikowała niedawno statys-

¹⁵⁾ l. c.

¹⁶⁾ ETZ 1929, str. 1203.

¹⁷⁾ ETZ 1930, str. 1463.

tykę błędów kabli wysokonapięciowych¹⁷⁾ za rok 1928.

Kable podzielone są na trzy grupy: 6,6 — 15, 16 — 35 i powyżej 35 kV o łącznej długości 18 500 km. Materiał więc do opracowania statystyki jest dostatecznie duży, by można było wyciągać wnioski.

Wykres (rys. 16) pokazuje poprawę kabli w latach 1924 — 1928. Do grupy drugiej amerykańskiej statystyki (błędy wskutek przebiegów wewnętrznych) dołączono tu część grupy trzeciej (przyczyny nieznanne) w przypuszczeniu, że conajmniej znaczna część ich należy faktycznie do przebiegów wewnętrznych.

Ogólna ilość błędów w sieciach kablowych wynosiła 7,5 na 100 km długości kabla, z tego zaś wypadło więcej, niż 1/3 do 2,6 na uszkodzenia w mułach.

Ilość błędów, wywołanych przez stwierdzone przebiegi wewnętrzne, wynosiła dla kabli jednoży-

łowych 0,47, dla kabli Höchstädterowskich 0,49, dla kabli trójfazowych o budowie zwykłej 1,0 na 100 km. Jak więc widać, w praktyce kable Höchstädterowskie są równej wartości z jednożyłowymi.

Przyrost długości kabli Höchstädterowskich wyniósł w roku sprawozdawczym 2,2%, w roku poprzednim 1%, wobec analogicznych liczb dla kabli jednożyłowych 13 i 8%.

Ilość błędów, powstających wskutek zjawisk wewnętrznych w ciągu pierwszych 2 lat po ułożeniu kabla, uległa znacznemu zmniejszeniu w porównaniu z latami poprzednimi, co świadczy o polepszeniu fabrykacji oraz badania.

Statystyki takie, opracowywane w różnych krajach przez szereg lat, byłyby z pewnością najlepszym dowodem wyższości tych czy innych typów kabli i mogłyby być wielką pomocą dla badaczy i konstruktorów kabli. Niestety jednak poza Stanami Zjednoczonymi bodaj nigdzie nie są prowadzone, a w każdym razie nie publikowane.

OBLICZENIE OŚWIETLENIA WNEŹRZ PRZY POMOCY METODY PRZESTRZENNEGO SPÓŁCZYNNIKA SPRAWNOŚCI.

Inż. F. Piasecki.

W numerze 19-tym „Przeгляdu Elektrotechnicznego” zeszł. roku podałem nowe normy oświetleniowe, opracowane przez niem. „Kommission für praktische Beleuchtungsfragen”.

Z kolei chciałbym podać sposób, umożliwiający szybkie i dosyć dokładne zaprojektowanie urządzenia oświetleniowego. Polega on na obliczeniu strumienia świetlnego źródła światła przy założonej jasności, podanej w luksach zgodnie z powyższymi normami. Ze względu na to, że przy oświetleniu wewnątrz różnica jasności rzędu kilku luksów nie gra istotnej roli, metoda niniejsza wprowadza pewien empiryczny współczynnik sprawności oświetlenia, który — jak wykazała praktyka — zależy od: wymiarów lokalu, koloru ścian i sufitu oraz od sprawności samej oprawy (armatury oświetleniowej).

Zasadniczy wzór, jaki stosowany jest w tej metodzie, ma postać:

$$1) \dots \dots \Phi = \frac{E \cdot S}{n \cdot \eta}$$

gdzie Φ = strumień świetlny jednej żarówki,

E = jasność w luksach,

S = oświetlona powierzchnia w metrach kwadratowych,

n = ilość źródeł światła,

η = współczynnik sprawności.

Przystąpmy teraz do krótkiego omówienia poszczególnych wielkości w powyższym wzorze.

1) Jasność E , mierzona w luksach, podana jest dla szkół oraz lokali w numerze 19-ym Przegl. z r. 1930 na str. 527 i 528, tabelę tę uzupełnię jeszcze wartościami jasności dla wnętrz mieszkalnych. I tak:

- pralnie — 40 luksów,
- kuchnia, łazienka — 60 luksów,
- pokoje mieszkalne, do przyjęć, do pracy, czytelnie, p. dziecinne, szycie jasnych ma-

terjałów, gabinety naukowe, restauracje — 80 luksów,

- szycie ciemnych materiałow, robótki kobiece, hafty drobnym ścięciem i t. p. — 150 — 200 luksów.

Jeżeli w danym lokalu znajdują się specjalne lampy, umieszczone ponad miejscami pracy, n. p. lampy stołowe i t. p., powyżej podane wartości ogólnego oświetlenia należy zmniejszyć o 30%.

Przypomnieć należy, że jasność ta ma być mierzona na poziomie 1 metra nad podłogą.

2) Powierzchnia lokalu, który ma być oświetlony S — mierzona w metrach kwadratowych.

3) Ilość źródeł światła n dobiera się zależnie od wielkości pokoju ze względu na równomierność oświetlenia, zależnie od rozstawienia warsztatów pracy, biurek, i t. p. oraz ze względów estetycznych.

4) Współczynnik sprawności η .

Składa się on zasadniczo z dwóch części: η_r = sprawność oprawy czyli reflektora oraz z η_l = sprawności przestrzennej lokalu.

Tak więc $\eta = \eta_r \cdot \eta_l$

Jak już powyżej powiedziano, współczynnik sprawności oświetlenia zależy od:

- a) sposobu oświetlenia, który może być bezpośredni, pośredni, półpośredni i t. p.
- b) wielkości lokalu i wysokości umieszczenia lamp,
- c) koloru i rodzaju sufitu i ścian.

Jak wiemy, istnieją 3 zasadnicze sposoby oświetlenia:

1) oświetlenie bezpośrednie, 2) oświetlenie pośrednie i 3) oświetlenie półpośrednie.

Przy oświetleniu bezpośrednim źródło światła, a więc żarówka jest osłonięta od góry reflektorem, tak iż całe światło pada bezpośrednio

na miejsce pracy. Żarówka musi znajdować się tak głęboko wewnątrz reflektora, a ten ostatni winien wisieć tak wysoko, aby przy normalnym zachowaniu się człowieka, wzrok jego nie był oślepiany przez światło.

Przy oświetleniu bezpośrednim cienie są bardzo silne, odbicie światła następuje dość łatwo.

Zbyt silne cienie można nieco rozproszyć przez umieszczenie kilku źródeł światła w należytych odległościach pomiędzy sobą, tak aby snopy światła, padające z reflektorów, przecinały się mniej więcej na wysokości 2 metrów nad podłogą. Wówczas bowiem każde miejsce przestrzeni otrzymuje światło od kilku reflektorów, każdy przedmiot rzuca kilka cieni w różnych kierunkach, są one jednak znacznie słabsze, tak iż wcale nie przeszkadzają. Równomierność oświetlenia jest znacznie większa, przez co mniej męczy oczy.

Odległość jednego reflektora od drugiego powinna wynosić około 1½ do 2½-krotnej wysokości zawieszenia nad miejscem pracy.

Przy odległości między reflektorami równej 1½ wysokości zawieszenia, oświetlenie jest równomierne, przy odległości 2½-krotnej jasność pod reflektorem jest dwa razy większa od jasności pomiędzy reflektorami.

Oświetlenie bezpośrednie bywa stosowane we wszystkich prawie przypadkach oświetlenia pod gołym niebem, na dworcach kolejowych, w dużych halach fabrycznych, w halach montażowych, odlewniach, piwnicach, składach i t. d., oraz zasadniczo wszędzie tam, gdzie są ściany i sufity, słabo odbijające światło.

Przy oświetleniu pośrednim cały strumień świetlny, idący z żarówki, jest za pomocą reflektora skierowany w górę na sufit, skąd dopiero po odbiciu się, już rozproszony, pada na ściany, gdzie znowu się odbija, aż wreszcie trafia na miejsce przeznaczenia. Oświetlenie tego rodzaju nie daje prawie żadnych cieni, wskutek czego ma wygląd bardzo spokojny i łagodny. Ponieważ światło odbija się na suficie i ścianach, przeto tak sufit jak i ściany muszą być utrzymane w kolorach bardzo jasnych, aby nie pochłaniały bezużytecznie dużo

światła. Najlepszym kolorem dla sufitu, okazał się kolor biały (sufit powinien być równy, gładki), dla ścian kolor możliwie jasny np. kremowy, kolor kości słoniowej i t. p. Celem otrzymania równomiernego oświetlenia wzajemny odstęp źródeł światła powinien równać się conajmniej 2/3 wysokości sufitu nad poziomem pracy.

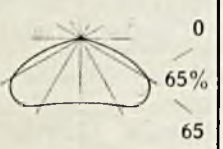
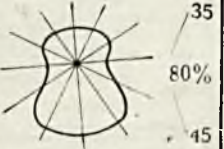
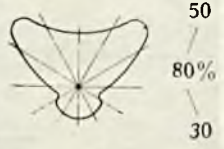
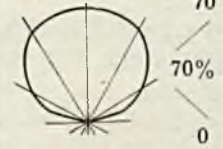
Wydajność oświetlenia, t. zn. stosunek zużytego strumienia świetlnego do liczby zużytych watów jest przy oświetleniu pośrednim mniejszy, niż przy bezpośrednim, gdyż nie można uniknąć strat wskutek pochłaniania zawsze nieco zakurzonych ścian i sufitu. Oświetlenie pośrednie bywa stosowane wszędzie tam, gdzie cienie przeszkadzałyby w pracy np. w salach rysunkowych, często w biurach i t. p. Oświetlenie to nadaje się również do wielu pomysłowych efektów architektonicznych.

Oświetlenie półpośrednie jest połączeniem obu powyżej opisanych sposobów oświetlenia, to znaczy, że część strumienia świetlnego wprost lub przenikając przez odpowiedni klosz szklany pada najpierw na sufit (część pośrednia), druga zaś część strumienia, przenikając przez klosz szklany, zwykle mleczny opalowy, rzadziej alabastrowy, pada wprost na dół (część bezpośrednia). W zależności od tego, która część strumienia świetlnego jest większa, mówimy o oświetleniu przeważnie pośrednim, lub o oświetleniu przeważnie bezpośrednim. Możemy spotkać bardzo wiele przykładów takiego oświetlenia; większa część biur, wewnątrz sklepów i t. d., jest w ten sposób oświetlona.

Jeżeli stosujemy oświetlenie półpośrednie, to należy starać się, aby ściany i sufit były utrzymane w kolorze jasnym.

Dla otrzymania oświetlenia równomiernego wzajemny odstęp źródeł światła powinien równać się conajmniej 2/3 wysokości zawieszenia źródeł światła nad poziomem pracy.

Najdokładniejsza tabela współczynników sprawności oświetlenia, podana została przez Ward'a Harrisona*), tabela ta, po przerobieniu jej na stosunki europejskie przedstawia się w skrócie następująco: w/g inż. Summerer i Höpke.

Rodzaj oświetlenia. Typ armatury, spółcz. sprawności armatury w %.	bezpośrednie	przeważnie bezpośrednie	przeważnie pośrednie	pośrednie	pośrednie za pom. gzymsów na ścianach
					
Stosunek wymiary lokalu	szerokość lokalu wysokość zawiesz. nad poziomem pracy 1 — 1,5 — 2,5 — 4 — 8	szerokość lokalu wysokość zawiesz. nad poziomem pracy 1 — 1,5 — 2,5 — 4 — 8	szerokość lokalu wysokość sufitu nad poziomem pracy 0,6 — 1 — 1,5 — 2,5 — 5	szerokość lokalu wysokość sufitu nad poziomem pracy 0,6 — 1 — 1,5 — 2,5 — 5	—
sufit jasny 70%	25 — 36 — 44 — 51 — 58	17 — 25 — 33 — 41 — 53	14 — 21 — 27 — 35 — 46	11 — 15 — 20 — 26 — 34	15
ściany śr. jasne 50%	25 — 36 — 44 — 51 — 58	17 — 25 — 33 — 41 — 53	14 — 21 — 27 — 35 — 46	11 — 15 — 20 — 26 — 34	15
sufit śr. jasne 50%	18 — 30 — 40 — 47 — 54	9 — 16 — 23 — 30 — 41	7 — 13 — 17 — 24 — 33	6 — 8 — 11 — 16 — 22	10
ściany ciemne 20%	18 — 30 — 40 — 47 — 54	9 — 16 — 23 — 30 — 41	7 — 13 — 17 — 24 — 33	6 — 8 — 11 — 16 — 22	10

*) Ward Harrison, Trans. Ill. Eng. Soc. rok 1916, tom 11, str. 67, Revue Gen. de l'Électr., rok 1918, tom 21, str. 419. Przeliczoną tabelę dla warunków europejskich podaje Kalend. Rziha i Seidener, Starkstromausgabe, wydanie siódme, 1930 r.

Tabela ta dotyczy lokali o powierzchni w kształcie kwadratu. Wymiary lokalu, jego wysokość, szerokość i długość, podane są jedynie przez stosunek szerokości do wysokości zawieszenia lampy, — w tym założeniu, że przy niezmiennych warunkach innych, jak np. kolor ścian i sufitu, współczynnik sprawności η zależny jest jedynie od powyższego stosunku.

Dla lokali prostokątnych η będzie pewną wartością średnią pomiędzy wartościami współczynników, obliczonych dla lokali kwadratowego raz o boku równym długości, drugi raz o boku równym szerokości lokalu, co można wyrazić wzorem:

$$2) \dots \eta = \eta_b + \frac{1}{3} [\eta_l - \eta_b];$$

gdzie η_b = stosuje się do kwadratu o boku równym szerokości,

η_l = stosuje się do kwadratu o boku równym długości.

Podane w powyższej tablicy wartości współczynników wynikają z pomiarów, dokonanych na modelach, i dotyczą oświetlenia wnętrza przy pomocy szeregu źródeł światła, rozmieszczonych symetrycznie pod sufitem. Wzajemny odstęp tych źródeł świetlnych wynosił przy tych pomiarach 1,5 do 2-krotnej wysokości zawieszenia nad płaszczyzną pomiarową. Przy umieszczeniu źródeł światła w jednym tylko punkcie, np. w środku sufitu współczynnik sprawności rośnie o 10 do 15%, światło zaś będzie zbyt skupione i wywoła silne, przeszkadzające i nieestetyczne cienie, przez co ucierpi bardzo równomierność oświetlenia.

Tabela podaje współczynnik η w procentach.

Dla naszego wzoru należy liczby w tabeli podzielić przez 100.

Znając już wszystkie dane, łatwo z wzoru 1-go obliczyć strumień świetlny 1-ej żarówki w lumenach, skąd — mając pod ręką katalog żarówek — znaleźć można poszukiwaną moc żarówki.

W razie stosowania żarówek matowych należy do strumienia świetlnego, obliczonego z wzoru 1-go, dodać od 6 — 8% celem uwzględnienia strat w szkłe matowym.

W razie stosowania żarówek opalowych (mlecznych) dodać należy 8 — 10% do strumienia świetlnego.

Przykład: Pokój mieszkalny średniej wielkości, o wymiarach 5×5 m i wysokości 3,5 m, ma

być oświetlony światłem przeważnie bezpośrednim; ściany — kremowe, sufit — jasny.

Współczynnik sprawności oświetlenia obliczamy z tabeli w sposób następujący:

$$\text{Stosunek} \frac{\text{szerokość lokalu}}{\text{wysokości zawieszenia}} = \frac{5}{3,5 - 1 - 0,5} = \frac{5}{2} = 2,5.$$

skąd $\eta = 0,33$ (0,5 w mianowniku odpowiada odległości lampy od sufitu równej 1/2 metra).

Zakładamy dwie lampy: $n = 2$; jasność — 60 luksom.

Strumień świetlny, wypromieniowany z jednej żarówki, powinien więc wynosić:

$$\Phi = \frac{lx \cdot m^2}{n \cdot \eta} = \frac{60 \cdot 25}{2 \cdot 0,33} = 2272 \text{ lumenów}$$

Z katalogu żarówek widać, że strumień taki daje żarówka o mocy 150 watów.

Razem potrzeba więc będzie dwóch żarówek po 150 W każda.

Przykład 2-gi: Czytelnia — 5 m szeroka, 12 m długa, 4,5 m wysoka, o suficie jasnym, ścianach o kolorze kremowym, ma być oświetlona światłem pośrednim. Z tabeli wymaganych jasności wynika, że jasność powinna wynosić 80 luksów.

Współczynnik sprawności wyniesie:

$$\eta = \eta_b + \frac{1}{3} (\eta_l - \eta_b) = 0,19 + \frac{1}{3} (0,29 - 0,19) = 0,223$$

Celem otrzymania należytej równomierności oświetlenia oraz naturalnego przebiegu cieni zawiesimy wzdłuż sali trzy lampy.

Strumień świetlny jednego źródła światła wyniesie:

$$\Phi = \frac{80 \cdot 60}{3 \cdot 0,223} = 7.174 \text{ lm}$$

Strumień taki daje żarówka 500 watowa.

Należy zastosować więc trzy żarówki o bańkach przezroczystych po 500 W każda.

Zaletą tej metody jest prostota w zakładaniu poszczególnych wielkości, oraz stosowanie tylko jednego współczynnika, nie ma więc obawy przecenienia go. Ponadto metoda jest przejrzysta i krótka.

SPROSTOWANIE.

W sprawozdaniu z VII plenarnego zebrania Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej (zesz. 3, str. 71) w wierszu 21-ym od góry w lewej ko-

lumnie podano słowo „konserwatory“, winno zaś być „kondensatory“. Słowo to w aparaturze chemicznej oznacza rurkę, chłodzącą zzewnątrz, uniemożliwiającą ulatnianie się łatwiej lotnych części składowych płynu. (Red.).

WIADOMOŚCI TECHNICZNE

Nowe kierunki w budowie wyłączników olejowych.

Dla zapewnienia szybkiego zgaszenia łuku w olejowym wyłączniku prądu zmiennego, musi on być stale w zetknięciu z coraz to nowymi warstwami oleju. Budowa wyłącznika powinna być przytem taka, by wytwarzające się przy zakładzie oleju gazy przenikały przez łuk na całej jego długości. Jeżeli warunki te są spełnione, wówczas własności dielektrycznej oleju, naruszone przez powstały łuk, powracają dostatecznie szybko, by uniemożliwić powtórne jego zapalenie po przejściu napięcia przez zero. W tym celu stosowane są części wyłączniki, zaopatrzone w siatki ochronne typu „deion”, w których łuk rozciągany zostaje w kierunku pionowym w wąskiej szczelinie, utworzonej przez wycięcia w siatkach i zamkniętej z jednej strony. Dzięki powstającemu polu magnetycznemu, zamykającemu się przez specjalne płyty paramagnetyczne, łuk zostaje wciągnięty wgłąb szczeliny. Ponieważ całość zanurzona jest w oleju, łuk napotyka wciąż nowe jego warstwy, które rozkładane zostają na gazy. Gazy te, nie mając praktycznie innej drogi wyjścia, przedostają się przez łuk, który jest dzięki temu stale bombardowany przez niezjonizowane cząsteczki gazu, które „odjonizowują” bezpośrednio otoczenie łuku, przyczyniając się do jego zgaszenia.

Skuteczność działania takich wyłączników wypróbowana została w ciągu 2000 zgórą prób, przyczem natężenie prądu wyłączenia wahało się od 20 do 1500 amp., a napięcie od 13 000 do 170 000 V. Wyłączanie odbywało się zawsze za pomocą jednej tylko pary kontaktów. Po 50 próbach wyłączenia prądu o natężeniu od 1000 do 2000 amp. przy napięciu skutecznym 42 000 V, stwierdzono, iż wyłącznik nadawał się w dalszym ciągu bez żadnych zmian do użytku. Ciśnienia wewnętrzne przy wyłączaniach okazały się o tyle mniejsze w stosunku do wyłączników zwykłych, iż wszystkie próby prowadzono z połową tylko niezbędnych w zasadzie śrub i nitów, zamykających skrzynie wyłącznikowe.

Okazuje się więc, iż pary gazów, powstałych z rozkładu oleju, nie tylko nie są w wyłącznikach szkodliwe, ale przeciwnie, stanowią podstawowy czynnik, działający na szybkie przerwanie łuku. Dlatego też dążyć należy do uzyskania możliwie dużej ilości gazów, które powinny być kierowane na łuk, przyczyniając się do jego zgaszenia.

(R. G. E. 20/XXVII).

Płaskie łańcuchowe zawieszenie tramwajowe. Przy zwyczajnym tramwajowym zawieszeniu odległości pomiędzy słupami wynoszą 30 — 35 m. wobec czego, ze względu na zwisy, zachodzi konieczność regulowania naprężenia przewodu jeźdnego na wiosnę i w jesieni; bez regulowania naprężenia nie można rozwijać większych szybkości, co jednak jest ogólnym dążeniem wszystkich przedsięwzięć komunikacyjnych.

Aby temu zaradzić i jednocześnie zyskać oszczędność na słupach, tramwaje w Szczecinie zastosowały płaskie łańcuchowe zawieszenie, które jest czemś pośrednim pomiędzy zwyczajnym zawieszeniem tramwajowym i zawieszeniem wielokrotnym, stosowanym na kolejach elektrycznych przy dużych szybkościach.

Idea płaskiego łańcuchowego zawieszenia była znana już oddawna, zawieszenie to jednak było stosowane tylko przy przekraczaniu długich mostów, placów i t. d., gdzie z konieczności odległość pomiędzy słupami musi być duża.*)

*) Np. w Warszawie na wiadukcie kolejowym przy przedłużeniu tramwaju Nr. 8 do miasteczka Powązki; w Będzinie na wiadukcie przez tory P. K. P. i t. d. (Przyp. Red.)

Omawiano wyżej zawieszenie składa się ze stalowych linek nośnych o średnicy 5—7 mm i wytrzymałości na zerwanie 60—70 kg/mm², rozciągniętych z obu stron torów pomiędzy słupami; obie linki nośne są połączone ze sobą co 10—12 m poprzecznymi linkami, których długość zmniejsza się ku środkowi przęsła; patrząc z góry, widzimy wielobok wklęsły ku środkowi i prawie płaski w poziomie. Wadą tego zawieszenia jest konieczność stosowania wyższych i mocniejszych słupów o naciągu ok. 600 kg na prostych i do 1 000 kg na łukach oraz konieczność bardzo starannego montażu; zaletą zaś — znacznie większa odległość pomiędzy słupami, dochodząca do 96 m, częste podwieszenie przewodu, dzięki czemu zwisy nie są duże i można rozwijać większe szybkości, oraz ogólne zmniejszenie kosztów.

W Szczecinie zastosowano płaskie łańcuchowe zawieszenie przy torach, ułożonych pośrodku zadrzewionej alei spacerowej; zastosowano odległość pomiędzy słupami 84 m. Jeśli koszty tego zawieszenia oznaczmy przez 100, to przy zwyczajnym tramwajowym zawieszeniu wyniosłyby one 140, a przy wielokrotnym — 170.

(Willenberg, *Verkehrstechnik*, r. 1930, Nr. 45, str. 605).

Wagony tramwajowe z siedzeniem dla motorowego.

Towarzystwa tramwajowe w Ameryce stosują w coraz szerszym zakresie siedzenia dla motorowych, ażeby umożliwić motorowemu obsłużenie nastawnika i hamulca z jak najmniejszym zmęczeniem.

W związku z wprowadzeniem dużych wagonów ze środkowym wejściem i wyjściem, Berlińskie Towarzystwo Komunikacyjne zastosowało również, tytułem próby, siedzenia dla motorowych. Nastawnik został umieszczony przy bocznej ścianie wagonu z lewej strony siedzenia motorowego; nawprost tego siedzenia znajduje się rączka od urządzenia do sypania piasku, oraz dźwignie od hamulca, urządzonego na wzór samochodowych. Siedzenie dla motorowego jest wysyciane, ma wygodne oparcie i jest umieszczone na takiej wysokości, która odpowiada normalnemu położeniu lewej ręki motorowego na korbie nastawnika, a prawej — na dźwigni piasecznicy. Nogi motorowego są oparte o ruchomą pochyłą podstawkę. Służba ruchu uznała te siedzenia za nadzwyczajne ułatwienie pracy motorowych.

(*Verkehrstechnik*, r. 1930, Nr. 44, str. 597).

Elektryczne przestawianie zwrotnic w tramwajach.

Intensywny ruch tramwajów na placu przed głównym dworcem w Lipsku wywołał potrzebę elektrycznego przestawiania zwrotnic, które łączą pierścien przed dworcem z głównymi liniami. W tym celu wybudowano dwie wieżyczki nastawcze; jedna z nich obsługuje 4 zwrotnice, druga — 6.

Wieżyczki posiadają piwnicę, parter i pomieszczenie piętrowe. Pomieszczenie na piętrze jest przeznaczone dla pracownika, przestawiającego zwrotnice. Posiada on pulpit z odpowiednimi korbami do przestawiania poszczególnych zwrotnic; na pulpicie znajduje się plan torów. Przy każdej zwrotnicy znajdują się dwa okienka, przykryte kolorowymi szybami; czerwoną i zieloną. Jeśli pali się czerwone światło oznacza to, że pociąg jest w obrębie zwrotnicy i że przestawienie jej w tym momencie może wywołać katastrofę; przy zielonym świetle zwrotnica może być przestawiana bez obawy wypadku. Gdy pociąg jest w obrębie

zwrotnicy, ślizgacz dotyka do przewodu kontaktowego, zawieszono równoległe z przewodem jezdny, dzięki czemu zostaje wyłączony prąd, zasilający nastawnicę.

W pomieszczeniu parterowym znajduje się urzędnik ruchu, przyjmujący meldunki o wypadkach na linii, a w piwnicy są umieszczone przekaźniki od pulpitu rozdzielczego, kable telefoniczne oraz transformator o mocy 1 kVA 380/110 V do zasilania żarówek sygnalizacyjnych.

Na słupach przed zwrotnicami zostały umieszczone niebieskie lampy sygnałowe; jeśli one się palą, oznacza to, że zwrotnice są przestawiane z nastawnicy; jeśli zaś lampy są zgaszone — zwrotnice muszą być przestawiane przez motorowego.

(Walter Toran, *Verkehrstechnik*, r. 1930, Nr. 42, str. 574).

Piasecznica pneumatyczna. Piasecznica urządzona jest w ten sposób, aby zapewnić jednoczesny dopływ piasku do wszystkich osi napędnych danego wagonu motorowego, lub też całego pociągu, co może być wymagane np. na kolejach podziemnych, — przytem bez względu na stan, w jakim znajduje się piasek.

Powyższy rezultat osiąga się przez zaopatrzenie szeregu wagonów motorowych, należących do pociągu, bądź w podwójną kanalizację pneumatyczną, która wprowadza w ruch piasecznicę każdego wozu, bądź w przewód dla prądu elektrycznego, powodującego otwarcie zaworów piasecznic w chwili potrzeby. Ażeby zapewnić sprawne działanie piasecznic bez względu na stan piasku, zawory mają na swych osiach szereg łopatek, pochylonych w strony przeciwnie, dzięki czemu w chwili podniesienia zaworu następuje mieszanie piasku.

Opisany typ piasecznicy nadaje się do każdego rodzaju trakcji na szynach, bez względu na rodzaj napędu.

(*Les Chemins de Fer et les Tramways*, r. 1930, Nr. 11, str. 199).

Komunikacja miejska w Berlinie w roku 1929. Tramwaje berlińskie, autobusy i kolej podziemna połączyły się w jedno wielkie towarzystwo komunikacyjne p. n. Berliner Verkehrs — A. G., które w ten sposób zjednoczyło pod swym zarządem wszystkie środki publicznej komunikacji osobowej (z wyjątkiem obsługujących stolicę linii kolei państwowych: średnicowej, obwodowych i podmiejskich, prawie całkowicie już zelektryfikowanych). Statystyka eksploatacyjna Berlińskiego Towarzystwa Komunikacyjnego za r. 1929, przedstawiona w postaci tablic i wykresów, rzuca światło na współczesne tendencje rozwojowe komunikacji wielkomiejskiej.

W r. 1929 przewieziono ogółem 1 228,6 milionów osób, co odpowiada 447 przejazdom rocznie na jednego mieszkańca. W tej ogólnej sumie przewozów poszczególne środki komunikacji miały następujący udział procentowy: tramwaje 48,1% (w r. 1928 — 50%), autobusy 14,4% (w r. 1928 — 12,4%), kolej podziemna 14,4%, linje kolei państwowej 23,1%.

Frekwencja w tramwajach wzrosła z r. 1928 na 1929 tylko o 3,5%, na kolei podziemnej — o 4,6%, w autobusach — aż o 24,5%, co świadczy wymownie o przesuwaniu się środka ciężkości komunikacji osobowej wielkomiejskiej od tramwajów ku autobusom.

Pomimo utrzymania zasadniczej taryfy 20-fenigowej, przeciętny wpływ na jedną przewiezioną osobę zmniejsza się z roku na rok (14,9 fen. w 1927 r., 13,8 fen. w 1929 r.), ponieważ publiczność korzysta w coraz szerszym zakresie z biletów abonamentowych i upoważniających do przesiadania się.

Podane są liczby, charakteryzujące rozwój sieci, taboru, warsztatów i t. d.

(S. Heuer, *Verkehrstechnik*, r. 1930, Nr. 43, str. 584).

*) Więcej o 34%, niż w Warszawie. (Przyp. Red.).

Z DZIEDZINY ELEKTRYFIKACJI.

Statystyka elektrowni francuskich.

Ogłaszając w roku 1930 statystykę wytwórczości i rozdziału energii elektrycznej według stanu z dnia 1 stycznia 1929 r.,*) francuskie Ministerstwo Robót Publicznych ograniczyło się do podania możliwie niewielu liczb jak najbardziej charakterystycznych, z pominięciem materiału liczbowego wątpliwej wartości i trudnego do sprawdzenia. Tem tłumaczy się objętość wydawnictwa (broszura o 91 stronkach) znacznie mniejsza, niż analogicznych wydawnictw niemieckich, szwajcarskich, polskich.

Drużga cecha znamionna statystyki francuskiej — to wprowadzenie pojęcia „średniej mocy rozporządzalnej”, które, zdaniem autorów, lepiej charakteryzuje zdolność wytwórczą zakładu, niż pojęcie mocy zainstalowanej. Dla elektrowni ciepłych jest to suma mocy wszystkich prądnic, które mogą działać jednocześnie przy istniejących urządzeniach kotłowych; dla elektrowni wodnych — moc przy średnim przepływie (wielkość przeciętna za szereg lat), przy różnicy poziomów, odpowiadającej temu przepływowi i przy sprawności całkowitej — 0,7.

*) Ministère des Travaux Publics, Statistique de la production et de la distribution de l'énergie électrique au 1 Janvier 1929, Paris 1930.

Moc elektrowni i wytwórczość energii elektrycznej.

Statystyka nie obejmuje wszystkich zakładów elektrycznych, lecz jedynie zakłady użyteczności publicznej i pewną ilość energii, zużytą bezpośrednio przez przedsiębiorstwa górnicze, metalurgiczne i chemiczne, z ominięciem sieci rozdzielczych lub przesyłowych.

	Ogółem	Udział elektrowni ciepłych %	Udział elektrowni wodnych %
Moc zainstalowana w tys. kW	6 981,3	70,7	29,3
Moc średnia rozporządzalna w tys. kW	4 639,9	78,1	21,9
Wytwórczość energii w milionach kWh	12 976,1	56,9	43,1
Liczba godzin użytkowania mocy zainstalowanej		1 494 godz.	2 737 godz.

Powyższe liczby nabierają wyrazistości, jeżeli porównać je z odpowiednimi liczbami dla Polski: mocą zainstalowaną w elektrowniach — 519,3 tys. kW, roczną wytwórczością energii — 1 313 milj. kWh (według statystyki Ministerstwa Robót Publicznych za r. 1927 — zakłady użyteczności publicznej i zaliczone do użyteczności publicznej).

Przesyłanie i rozdział energii elektrycznej.

Całkowita długość sieci przesyłowych i rozdzielczych wynosi 238,1 tys. km. Praca tych sieci za r. 1928 wyraża się liczbą 5 854,0 milj. kWh energii, przesłanej pod postacią prądu wysokiego napięcia, i 7 863,3 milj. kWh energii, rozdzielonej na niskim napięciu. Z tych ilości 5 274,4 milj. kWh przypada na pracę 66 sieci największych (powyżej 20 milj. kWh).

Spżycie energii elektrycznej.

Spżycie energii elektrycznej, które wskutek przewagi importu nad eksportem jest we Francji nieco większe, niż wytwórczość, wykazuje wzrost stały i stosunkowo szybki, jak widać z poniższej tabeli.

Rok	kWh	Wzrost procentowy w porównaniu z rokiem poprzednim
1923	194	19,1%
1924	231	11,7%
1925	258	11,7%
1926	285	10,5%
1927	288	1,1%
1928	327	13,5%

Ogólny bilans francuskiej gospodarki elektrycznej za r. 1928 przedstawia się, jak następuje:

	mlj. kWh	
Wytwórczość krajowa:		
elektrowni ciepłych	7 378	
elektrowni wodnych	5 598	12 976
Import		510
R a z e m		13 486
	mlj. kWh	
Eksport		75
Spżycie w kraju:		
przemysł elektrochemiczny	2 637	
trakcja	807	
światło i gospod. domowe	1 123	
siła	886	
różne	6 245	11 698
straty w sieciach		1 713
R a z e m		13 486

Stopień zelektryfikowania kraju.

Z ogólnej liczby 37 981 gmin, na które dzieli się obszar Francji, liczba gmin niezelektryfikowanych, t. j. nie mających wcale sieci rozdzielczej, wynosiła:

w początku r. 1929 — 13 513 gmin, zamieszkałych przez 16,5% całkowitej ludności kraju,

w początku r. 1930 — 10 584 gmin z 12,7% całkowitej ludności.

Odbiorców, przyłączonych do sieci rozdzielczych niskiego napięcia, było 6,4 milionów na ogólną liczbę 40,7 milj. mieszkańców.

Projekt elektryfikacji estońskich kolei państwowych.

Na polecenie estońskiego Ministerstwa Komunikacji został opracowany przez szwedzkich rzeczoznawców trakcji elektrycznej projekt ewentualnej elektryfikacji estońskich linii kolejowych. Rzeczoznawcy nadmieniają, iż nie ulega

żadnej wątpliwości, że uniezależnienie się ruchu kolejowego w Estonii od dowozu węgla jest b. pożądane, a przez elektryfikację kolei dałyby się ewentualnie wyzyskać własne materiały opałowe (np. łupek), które parowozów opalać nie można, przyczem dodają również, że elektryfikacja kolei przyczyni się do poprawy państwowego bilansu handlowego. Z tego punktu widzenia dałaby więc elektryfikacja kolei znaczne korzyści, chociaż korzyści dla samej kolei — jak później zaznaczono — przynajmniej w przeciągu pierwszego okresu trakcji elektrycznej nie osiągnęłyby pożądanego stopnia.

Projekt został opracowany w 2 alternatywach: dla prądu stałego 2 400 V i prądu jednofazowego 16 000 V 16²/₃ okr. i obejmuje linie o łącznej długości 650 km.

Rzeczoznawcy obliczyli, że koszta przy prądzie stałym będą znacznie większe, aniżeli przy prądzie jednofazowym. W miarę wzrostu frekwencji ruchu różnica ta będzie się jednak zmniejszać, lecz zawsze elektryfikacja prądem jednofazowym będzie tańszą od prądu stałego.

Przy obecnym ruchu oszczędności, spowodowane elektryfikacją, w porównaniu do ruchu parowego nie będą wielkie, będą jednakże zadawalniające, jeżeli ruch powiększy się w przyszłości do oczekiwanych rozmiarów. Właśnie z powodu niedostatecznej frekwencji ruchu rzeczoznawcy zalecają narazie tylko elektryfikację linii Tallinna — Narwa, potem zaś Tapa — Walk, a następnie dopiero stopniowe zelektryfikowanie pozostałych linii z chwilą, gdy na nich ruch osiągnie rozmiary, pożądane dla elektryfikacji. Linja Tallinna — Narwa ma obecnie 40% ruchu wszystkich proponowanych linii, to też, biorąc do kalkulacji tylko tę linię, oszczędności w kosztach eksploatacyjnych osiągnąć można będzie znaczne. Co do wysokości napięcia prądu stałego, rzeczoznawcy zaznaczają, że dla większego ruchu wskazany był raczej odbiór niższego napięcia, np. 1 500 V ze względu na lokomotywy, które w tym wypadku znacznie taniej się kalkulują i są pewniejsze w ruchu, gdyż koszt ich wynosić może wtedy 50 do 60% w stosunku do ogólnych inwestycji. Przy obecnym jednak założeniu, t. j. dla ruchu rzadkiego, obranie niższego napięcia nie jest wskazane ze względu na koszta zakładowe.

Jako podstawę elektryfikacji przyjęto:

a) ilości pociągów — ogółem 21 pociągów.		
b) prędkości:		
pociągów osobowych przy 0/00 wzniesienia	75 km/godz	
" " " 12,5 0/00	40 "	
" towarowych " 0/00	40 "	
" " " 12,5 0/00	25 "	
c) maksymalna waga pociągów:		
osobowych	370 tonn	
towarowych	720 "	

Elektrownia. Ponieważ kraj nie posiada żadnej elektrowni, któraby mogła podjąć się dostawy energii, potrzebnej dla trakcji, proponuje się wybudowanie nowej elektrowni koło Kohtla w pobliżu pokładów łupkowych. Elektrownia ta służyłaby również do celów ogólnej elektryfikacji kraju, ewentualnie łącznie z elektrownią wodną koło Narva. Elektrownia musiałaby otrzymać znacznie większą moc, aniżeli potrzebna dla celów trakcji elektrycznej, gdyż wtedy rentowałaby się. Zwykle pożądana jest 5 do 6-krotna wielkość obciążenia trakcyjnego: jako minimum uważany jest przynajmniej 3-krotny stosunek.

Ponieważ zapotrzebowanie energii wynosić będzie około 10 000 kVA, elektrownia trakcyjna musiałaby otrzymać 3 zespoły po 10 000 kVA. Koszta elektrowni łącznie z placami

mi, budynkami, transformatorami, kotłami, turbinami i rozdzielniami wynosiłyby około 12 500 000 zł.

Sieć. Kolejowa sieć rozdzielcza służyłaby jednocześnie dla elektryfikacji kraju. Przewiduje się budowę głównych linii 110 kV, z których osobnymi liniami 33 kV zasilane byłyby podstacje trakcyjne. Gdyby koncepcja ta została przyjęta, wypadłoby wybudować 490 km linii 110 kV. Z tego jednak tylko około 380 km byłoby konieczne dla właściwej elektryfikacji kolejowej.

Koszta 1 km sieci 110 kV wynosiłyby około 53 000 zł. Przewidziana jest budowa 5 stacji transformatorowych 110/33 kV, składających się każda z 4 jednofazowych transformatorów po 5 000 kVA (jeden dla rezerwy). Koszta każdej takiej kompletnej stacji wynosiłyby łącznie z budynkami około 950 000 zł.

Sieć 33 kV służyłaby wyłącznie dla celów kolejowych i byłaby prowadzona w bliskości linii kolejowych. Słupy drewniane, odstęp — 75 m. Koszta 1 km tej sieci wynosiłyby wraz z wywłaszczeniem gruntów około 19 000 zł. Dla trakcji jednofazowej potrzebne byłoby około 170 km, dla trakcji prądem stałym 400 km sieci 33 kV.

a) **Projekt elektryfikacji jednofazowej.**

Przy uwzględnieniu późniejszego zwiększenia ruchu przewidziano budowę 7 podstacji trakcyjnych o łącznej mocy 24 000 kVA.

Rozstęp podstacji został ograniczony ze względu na ogólną i ruchową sytuację na około 100 km.

Podstacje składać się mają z silników synchronicznych, połączonych bezpośrednio prądnicami o napięciu 3 kV i częstotliwości trakcyjnej, oraz z transformatorów jednofazowych 3/16 kV.

Koszta 1 kompletnej podstacji 2×1500 kW, łącznie z placem i budynkiem wynosić będą 1 230 000 zł, zaś na 3×1500 kW — 1 680 000 zł, przeciętnie więc przypada na 1 kW — 400 zł, zaś na 1 km zelektryfikowanej linii kolejowej około 1 480 zł.

Przewidziano budowę 650 km sieci trakcyjnej na szlaku i 130 km na stacjach.

Sieć na szlaku składać się będzie z miedzianego drutu roboczego o przekroju 80 mm², zawieszono go na miedzianej linie nośnej 50 mm², na stacjach zaś z drutu roboczego 50 mm² i linki nośnej 40 mm². Przekroje te zastosowane zostały raczej ze względów mechanicznych, niż elektrycznych. Ponadto jest przewidziany zawieszony na słupach sieci jezdnej izolowany miedziany przewód powrotny o przekroju 95 mm², w który włączone będą co 3 km transformatory ssące, sam zaś przewód w środku między 2 transformatorami ssącymi będzie połączony z szynami. Łączniki szynowe nie będą stosowane. System izolowanego przewodu powrotnego włącznie z transformatorami ssącymi (vide Przegląd Elektrotechniczny 1930, Nr. 3) uważany jest za najlepszy dla uniknięcia zaburzeń w liniach słaboprądowych. Ogólny przekrój miedzi wynosi więc na szlaku 225 mm², zaś dla torów stacyjnych 90 mm².

Sieć robocza jest podzielona na sekcje o długości 1 500 m, w środku zakotwiczone i przy końcu automatycznie naprężone. Sekcje są połączone elektrycznie zapomocą odłączników sekcyjnych. Rozstęp słupów sieci roboczego wynosi 60 m. Zastosowane ruchome wysięgi tego samego systemu, jak na Szwedzkich Kolejach Państwowych, na dworcach zaś specjalne konstrukcje poprzeczne. Wysokość zawieszenia drutu roboczego wynosi na szlaku 5,5 m, na dworcach 6 m przy zastosowaniu przejścia 1 : 200.

Koszt 1 km kompletnej sieci jezdnej wynosić będzie na szlaku, łącznie z zabezpieczeniem linii słaboprądowych

(transformatory ssące, przewód powrotny i t. d.) 36 000 zł, zaś 1 km torów stacyjnych — 39 000 zł. Na urządzenia ochronne przy krzyżowaniu dróg, w wykopach, na dworcach, w tunelach i t. d. oraz na koszty nieprzewidziane liczone przeciętnie 4 300 zł. na 1 km zelektryfikowanej linii kolejowej. Średnio więc można przyjąć, że 1 km sieci jezdnej kompletnie zelektryfikowanej linii kolejowej kosztować będzie około 48 000 zł.

Lokomotywy. Dla pociągów osobowych o wadze 370 tonn. przy obciążeniu osi 15 tonn i prędkości 75 km, proponowane są lokomotywy 1-B-B-1 o wadze ogólnej 66 tonn, zaopatrzone w 2 motory o mocy godzinnej po 500 KM, 600 obr/min. i na napięcie robocze do 600 V, połączone stałe w szereg.

Dla pociągów towarowych o wadze średniej 720 tonn i prędkości 40 km/g proponuje się lokomotywy typu B-B o ogólnej wadze 60 tonn. Lokomotywy te mają otrzymać analogiczne motory, jak dla pociągów osobowych, więc 2 po 500 KM.

Do przetaczania proponowane jest zastosowanie zwykłej lokomotywy towarowej, ponieważ lokomotywy jednofazowe mają wielką możliwość regulacji.

Odzyskiwanie energii oraz hamowanie elektryczne nie są przewidziane.

Przewidziano 20 lokomotyw dla pociągów osobowych, oraz 25 lokomotyw dla pociągów towarowych. Koszta 1 lokomotywy osobowej wynosić mają około 480 000 zł, towarowej zaś około 450 000 zł.

b) **Projekt elektryfikacji prądem stałym.**

Przy uwzględnieniu późniejszego zwiększenia ruchu przewidziano budowę 14 podstacji trakcyjnych o łącznej mocy 32 000 kW.

Rozstęp podstacji przyjęto na ok. 50 km. Przy projektowaniu mocy uwzględniono — jak dla trakcji jednofazowej — charakterystykę ruchu linii Tallinna — Rakvare.

Wyekwipowanie podstacji składać się będzie z silników synchronicznych, bezpośrednio sprzężonych z 2 generatorami prądu stałego po 1 300 V, pracującymi w szereg. Ponadto przewidziano wyekwipowanie takie same, jak dla podstacji jednofazowych.

Koszta całkowitej podstacji 2×1000 kW, łącznie z placem i budynkiem, wynosić będą 940 000 zł, zaś 3×1000 kW — 1 120 000 zł, przeciętnie zaś przypada na 1 kW = 370 zł, a na 1 km zelektryfikowanej linii kolejowej — 1 820 zł.

Długość sieci roboczej wynosić będzie 650 km na szlaku oraz 130 km na stacjach.

Na długości 135 km sieć będzie się składać z 2 miedzianych przewodów jezdnych po 80 mm² miedzianej linki nośnej 95 mm², przewodu wzmacniającego 95 mm² i przewodu powrotnego 95 mm². Na długości 515 km przewidziano 2 przewody robocze po 80 mm², linkę nośną 95 mm² i przewód powrotny 95 mm².

Na stacjach i torach bocznych zastosowany będzie pojedynczy przewód roboczy 80 mm² i linka nośna 50 mm².

780 km torów otrzymać musi łączniki szynowe, 650 km po 100 mm², a 130 km po 50 mm². Co 100 m potrzebne połączenia poprzeczne szyn 95 mm². Zastosowanie przewodu powrotnego jest konieczne w celu ograniczenia prądów błędnych. Przewód powrotny będzie co 500 m połączony z szynami, natomiast z szynami uziemiającymi stacji transformatorowych. Budowa sieci będzie taka sama, jak dla sieci jednofazowej.

Przewody wzmacniające nie będą podzielone na sekcje, jednakże w punktach sekcyjnych połączone zapomocą od

łączników z drutem roboczym. Na podstacjach przewody zasilające będą wprowadzone i przechodzić będą przez odłączniki. Wysokość zawieszenia przewodów wzmacniających i powrotnych wynosić będzie na linii minimalnie 7 m, na dworcach zaś 8 m. Podwójne druty robocze będą miały wzajemny odstęp od siebie 200 mm. Normalnie więc cała sieć stanowi całość, połączoną ze sobą zapomocą odłączników sekcyjnych.

Przeciętne kosztą sieci roboczej 1 km wynosić będą więc 59 000 zł.

Lokomotywy. Dla pociągów osobowych przy ustalonych warunkach, analogicznie jak dla trakcji jednofazowej, proponowane są lokomotywy 1Bo + Bo1 o wadze ogólnej około 65 tonn, zaopatrzone w 4 silniki o mocy godzinnej po 250 KM, 650 obr/min na napięcie 1 200 V, zawieszane półsprężynowo i połączone stale po 2 w szereg. Przez zmianę połączenia i 2 stopnie bocznikowania uzyskuje się 4 zasadnicze prędkości. Średnica kół pędnych jest proponowana 1 200 mm.

Dla pociągów towarowych przewiduje się typ lokomotywy Bo + Bo z motorami i wykwapowaniem analogicznym, jak dla lokomotyw osobowych, o wadze ogólnej 80 tonn i odpowiednio większej przekładni.

Do przetaczania nie proponowano — jak dla prądu jednofazowego — stosowania lokomotyw towarowych, lecz ze względów ekonomicznych obrano specjalne lokomotywy również typu Bo + Bo o wadze ogólnej 60 tonn.

Przewidziano 20 lokomotyw osobowych, 12 towarowych i 15 do przetaczania. Koszt 1 lokomotywy osobowej wynosić będą około 435 000 zł, lokomotywy towarowej około 420 000 zł, zaś lokomotywy do przetaczania około 400 000 zł.

c) **Zestawienie kosztów inwestycyjnych.**

1) Trakcja jednofazowa:	
170 km linii rozdzielczy 33 kV	3 230 000 zł.
podstacje	19 410 000 „
sieć robocza	33 200 000 „
elektrowozy	20 850 000 „
rozmaite koszta	9 300 000 „
Razem:	75 990 000 zł.

2) Prądem stałym:	
40 km linii rozdzielczych 33 kV	6 800 000 zł.
podstacje	11 880 000 „
sieć robocza	38 350 000 „
elektrowozy	19 740 000 „
rozmaite koszta	9 600 000 „
Razem:	86 370 000 zł.

3) Porównanie kosztów:	
linje rozdzielcze 33 kV, dla prądu stałego droższe o ok. 110%	25%
podstacje „ „ „ „ „	15%
sieć robocza „ „ „ „ „	6%
elektrowozy „ „ 1-fazowego „ „	

Ogółem trakcja prądem stałym droższa o około 13,5%, przyczem należy uwzględnić, że przekroje sieci roboczej dla prądu jednofazowego pozwalają na znaczne zwiększenie przewozów, zaś dla prądu stałego przy zwiększeniu ruchu potrzebne będą ewentualnie dalsze linje wzmacniające.

d) **Koszta eksploatacji.**

Roczny przewóz na podlegających elektryfikacji liniach wynosi obecnie 800 milionów brutto-tkm, a w chwili uporządkowania ruchu wynosić będzie 1 500 milionów brutto-tkm. Zużycie energii, obliczone na podstawie profilu i rozkładów jazdy, wynosi dla pociągu osobowego 30, dla to-

warowego 20, oraz do przetaczania 15 kWh brutto-tkm, a stąd roczne zużycie na zbieraczach lokomotyw wyniesie w chwili elektryfikacji 20 250 000 kWh, a w przyszłości 36 000 000 kWh, co odpowiada zużyciu na stacjach transformatorowych po doliczeniu 40% na straty: około 30 000 000 kWh obecnie oraz 50 000 000 kWh w przyszłości.

Przyjmując, iż koszt energii elektrycznej wynosić będzie 7,2 gr za 1 kWh, oraz uwzględniając kosztą obsługi, ruchu i utrzymania podstacji i sieci roboczej, otrzymano, iż łączne kosztą energii na zbieraczach elektrowozów wynosić będą dla prądu jednofazowego 2 820 000 złotych (w przyszłości 4 440 000 zł.), oraz dla prądu stałego 3 060 000 zł. (w przyszłości 4 680 000 zł.).

Kosztą ruchu i utrzymania lokomotyw elektrycznych przyjęto według statystyki kolei szwedzkich jako 0,48 zł. koszt personelu, oraz 0,24 zł. koszt utrzymania na 1 lokomotyw. Te same kosztą wynoszą dla lokomotyw parowych 0,72 zł i 0,36 zł.

Roczne kosztą utrzymania wynosiłyby więc:

ruch elektryczny: obecnie 1 830 000 zł, w przyszł. 3 080 000 zł.

ruch parowy: obecnie 2 760 000 zł, w przyszłości 4 950 000 zł.

5) **Oszczędności przy ruchu elektrycznym**

Uwzględniając przytoczone dane otrzymamy przy cenie węgla loko tender lokomotywy = 84 zł./t w przybliżeniu następujące oszczędności przez zaprowadzenie trakcji elektrycznej:

a) **system jednofazowy:**

	obecnie:	w przyszłości:
materiał pędny	1 440 000 zł	2 630 000 zł
ruch lokomotyw	960 000 zł	1 920 000 zł
razem:	2 400 000 zł	4 650 000 zł

b) **system prądu stałego:**

	obecnie:	w przyszłości:
materiał pędny	1 200 000 zł	2 400 000 zł
ruch lokomotyw	960 000 zł	1 920 000 zł
razem:	2 160 000 zł	4 320 000 zł

Powyższe kwoty byłyby do dyspozycji dla oprocentowania kapitału inwestycyjnego i amortyzacji sieci dosyłowej, podstacji, sieci roboczej i urządzeń pomocniczych, bez elektrowozów, czyli umożliwiłyby stopę procentową na oprocentowanie i amortyzację:

a) **prąd jednofazowy:** obecnie 4,35%; w przyszłości 8,2%;

b) **prąd stały:** obecnie 3,05%; w przyszłości 6,6%;

Kosztą zakupu elektrowozów nie są wliczone, gdyż według ogólnej zasady, popartej doświadczeniem w praktyce, 1 elektrowóz zastępuje 2 lokomotywy parowe, kosztą zaś jego wynoszą dwa razy tyle, co parowozu o tej samej mocy, wobec tego zwiększone wydatki na elektrowozy zrównają się w zupełności.

Ponieważ projektem elektryfikacji objęta jest znaczna ilość km linii kolejowej o stosunkowo słabym ruchu przewozowym, przeto procentowa oszczędność wyliczona powyższy się znacznie, jeżeli zostaną zelektryfikowane tylko odcinki o silniejszym ruchu.

Ostateczna decyzja estońskiego Ministerstwa Komunikacji w sprawie projektu elektryfikacji dotychczas nie zapadła. Niewiadomo też, czy sytuacja finansowa estońskich kolei zezwoli na poczynienie tak poważnych inwestycji,

tembardziej, że uzyskać się mające oszczędności na oprocentowanie i amortyzację nie są dostateczne. Decydować natomiast mogłyby — jak to już zaznaczono — względy na państwowy bilans handlowy.

Raport komisji angielskiej w sprawie elektryfikacji kolei Wielkiej Brytanii.

Anglja rozpoczęła elektryfikację kolei głównych w roku 1921, przyczem za podstawę przy obiorze systemu trakcji służyły uchwały Kolejowego Komitetu Elektryfikacyjnego, utworzonego w roku 1920 przez Ministra Komunikacji.

Od tego czasu do roku 1928 zelektryfikowano około 712 km linii pojedynczej, tak iż ogólna długość kolei elektrycznych, łącznie z kolejami zelektryfikowanymi już poprzednio, wynosiła w końcu roku 1928:

Prąd stały niskiego napięcia	2 010 km
Prąd stały wysokiego napięcia	123 km
Prąd jednofazowy	242 km
Razem	2 375 km toru pojedynczego.

W końcu roku 1927 powołana została do życia przez Ministra Komunikacji nowa Komisja, złożona z 12 wybitnych fachowców elektryfikacyjnych pod przewodnictwem pułk. John W. Pringle, której polecono zrewidowanie, na zasadzie zebranych w ciągu 7-io letniej eksploatacji doświadczeń, obecnych wskazań, dotyczących elektryfikacji kolei, uchwalonych przez poprzednią Komisję, oraz opracowanie nowych wskazówek w celu ujednostajnienia i znormalizowania istniejących systemów trakcji elektrycznej.

W międzyczasie jedyna kolej, stosująca w Anglii prąd jednofazowy „Southern Railway”, zdecydowała się na całkowite przejście na prąd stały, co niezmiernie ułatwiło prace normalizacyjne Komisji.

Uchwały Komisji zawarte zostały w obszernym memoriale i przedstawione Ministrowi Komunikacji w lipcu 1928 roku.

Uchwały te przedstawiają się w streszczeniu w sposób następujący:

1. Komisja uważa za wskazane ustalenie pewnych zasad ogólnych, które mogłyby wpłynąć na ujednostajnienie systemów trakcji elektrycznej na kolejach brytyjskich. Zasady te jednak w żadnym wypadku nie powinny utrudniać wprowadzenia w przyszłości wszelkich możliwych ulepszeń i rozszerzeń w tej dziedzinie.

2. Jako rodzaj prądu Komisja zaleca stosowanie prądu stałego. Pomimo że większość kolei stosuje dotąd prąd stały niskiego napięcia 600 lub 650 V, Komisja uważa za wskazane ustalenie dwóch wysokości maksymalnego napięcia roboczego, a mianowicie 750 i 1 500 V. W pewnych wypadkach Ministrowi Komunikacji przysługuje prawo upoważnienia poszczególnych Towarzystw do stosowania napięcia roboczego 3 000 V.

Wszystkie silniki tak przy elektryfikacji niskim, jak i wysokim napięciem, powinny być tak zbudowane, by dając dobre wyniki pod napięciem, dla którego są normalnie przeznaczone, pracowały również w sposób zadawalniający pod odpowiednim napięciem maksymalnym. Tak n. p. silnik, przeznaczony do normalnej pracy pod napięciem 600 V, powinien pracować w sposób zadawalniający przy napięciu 750 V.

3. Prąd zasilający powinien być doprowadzony do podsady pod postacią prądu trójfazowego o częstotliwości 50 okr./sek i pod napięciem, którego wysokość okaże się w

danym wypadku najodpowiedniejsza. Przy ustalaniu wysokości napięcia należy brać pod uwagę istniejące w tej sprawie przepisy ogólne.

4. Doprowadzenie prądu odbywać się ma dla niskiego napięcia (do 750 V) za pomocą trzeciej szyny, dla wysokiego napięcia (powyżej 750 V) za pomocą sieci roboczej napowietrznej. Powrót w obu przypadkach — przez szyny jezdne. Dopuszczalne jest w pewnych razach, n. p. przy liniach podziemnych, stosowanie również czwartej szyny izolowanej. Styk odbywać się ma wzdłuż powierzchni górnej szyny prądowej, a przy sieci napowietrznej wzdłuż powierzchni dolnej przewodu jezdnego.

5. W celu umożliwienia wzajemnej wymiany taboru wszystkie lokomotywy elektryczne odpowiadać powinny ustalonej dla trakcji elektrycznej skrajni, a ich urządzenie powinno pozwalać na pracę tak pod napięciem 750 jak i 1 500 V (przez odpowiednie przełączenie silników). Ponieważ izolowanie urządzeń elektrycznych elektrowozów, pracujących stale pod niskim napięciem, na napięcie dwukrotnie wyższe może się okazać kosztowne, przepis ten wchodzi w życie dopiero wtedy, gdy dane Towarzystwo posiadać będzie więcej, niż trzecią część lokomotyw o napędzie elektrycznym w stosunku do całego swego taboru. Wymiana pociągów podmiejskich, złożonych z tak zwanych jednostek wielokrotnych nie jest przewidziana.

6. Sieć robocza odpowiadać winna następującym przepisom:

Powierzchnia ślizgowa trzeciej szyny powinna się znajdować w płaszczyźnie poziomej i być oddalona od krawędzi zewnętrznej najbliższej szyny o 0,40 m. Wymiary i ustalenie trzeciej szyny odpowiadać powinny szeregowi przepisów szczegółowych, wymienionych w raporcie.

Sieć napowietrzna odpowiadać powinna następującym wymaganiom:

a) W tunelach, pod mostami i t. p. najmniejsza dopuszczalna odległość pomiędzy dowolnym punktem skrajni a dowolną częścią sieci roboczej wynosić powinna conajmniej 10 cali (25,4 cm).

b) Pomiędzy budowlami stałymi a siecią roboczą zachowana być musi odległość conajmniej 6 cali (15 cm),

W pewnych specjalnych warunkach wielkości te mogą być zmniejszone do 4 cali (10 cm).

Wysokość zawieszenia drutu jezdnego nad główką szyny wynosić powinna na linii prostej 16 stóp (4,88 m), a w miejscach gdzie służba wchodzić może na dachy wagonów — 20 stóp (6,10 m).

Dopuszczalne wychylenia z osi torów wynoszą przy normalnej wysokości zawieszenia 1 stopę (0,305 m), a przy wysokości zmniejszonej 1 stopę i 6 cali (0,46 m).

Sieć obliczona być powinna na docisk zbieracza w granicach od 12 do 19 kg.

7. Komisja wypowiada się przeciwko stosowaniu ograniczenia dopuszczalnej wysokości spadku potencjału w przewodnikach nieizolowanych (szynach). W celu ochrony urządzeń od elektrolizy Komisja uważa za wskazane przestrzeżenie następujących przepisów:

a) Szyny powinny być zaopatrzone w dobre złącza elektryczne, których opór łącznie z trzema stopami szyny nie powinien przekraczać oporu 6 stóp biegnących szyny. Stan złącza powinien być okresowo sprawdzany.

b) Bieguny ujemne podstacyj nie powinny być bezpośrednio uziemiane, lecz łączone za pomocą przewodów izolowanych z odpowiednimi punktami szyn jezdnych.

- c) Obwód prądu powrotnego oraz wszelkie obwody pomocnicze nie powinny być łączone elektrycznie z masami metalicznymi obcemi, jak n. p. z kablami, rurociągami i t. p.
- d) Należy zwrócić uwagę, by słupy sieci roboczej lub przewodów zasilających nie ułatwiały przechodzenia elektryczności z urządzeń kolejowych do ziemi.
- e) Aby uniknąć wpływów indukcyjnych, maszyny elektryczne, zasilające sieć roboczą, powinny być tak zbudowane, by wahania napięcia były możliwie małe i odpowiadały przepisom „British Engineering Standard Specification”.

8. Na zakończenie Komisja zaleca, by wskazówki, dotyczące elektryfikacji kolei, podlegały perjodycznym rewizjom w okresie mniej więcej pięcioletnim, w celu wprowadzenia w nich mogących zachodzić zmian i uzupełnień.

Raport powyższy, którego tekst ukazał się na Kontynencie dopiero w ubiegłym miesiącu świadczy, iż w Anglii idea stosowania prądu jednofazowego została całkowicie zaniedbana. Prócz tego zauważyć można wyraźne dążenie w prądzie stałym do podniesienia wysokości napięcia roboczego do 1500, a nawet do 3000 V, jak o tem świadczy punkt 2) sprawozdania. Jest to o tyle znamienne, iż dotąd olbrzymia większość kolei angielskich (85%) eksploatowana była prądem stałym napięcia niskiego.

Z ŻYCIA ORGANIZACYJ.

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH.

Wybory do Zarządu Głównego.

Przypominamy Szan. Kolegom, że dnia 15 lutego rozesłane zostały listy wyborcze do wszystkich członków zwyczajnych Stowarzyszenia. Termin nadsyłania głosów upływa z dniem 15 marca. Prosimy o niezwłeczenie z nadsyłaniem głosów. Jeżeli kto z członków SEP nie otrzymał koperty wyborczej, proszony jest o natychmiastowe zwrócenie się z reklamacją do Sekretarza Generalnego Stowarzyszenia.

(—) Józef Podoski.

DADZYSZ CIĄG OFIAR

ofiar Instytucyj i osób na przebudowę lokalu Stowarzyszenia Elektryków Polskich i na pokrycie deficytu z 1930 roku (ogłaszanej zgodnie z uchwałą Walnego Zgromadzenia SEP).

Wpłacono od 1 stycznia do dnia 15 lutego 1931 roku.

INSTYTUCJE:

Polskie zakłady Skody zł. 400.—.

OSOBY:

St. Dietrich — zł. 5.—, W. Hryszkiewicz — zł. 10.—, L. Jung — zł. 20.—, M. Jackowski — zł. 10.—, B. Jabłoński — zł. 25.—, P. Mackiewicz — zł. 100.—, T. Martini — zł. 10.—, E. Synek — zł. 50.—, B. Tittenbrun — zł. 10.—, W. Turczynowicz Surzycki — zł. 10.—, M. Winawer — zł. 20.—, S. Wrede — zł. 50.—, Razem zł. 720.—.

ZARZĄD GŁÓWNY

Zgłoszenia na członków zwyczajnych:

P. Klubok Abraham, Nowogródek W. Rynek 25.

ODDZIAŁ WARSZAWSKI.

Przyjęci na członków zwyczajnych.

P. Wacław Kowalski, Warszawa, Św. - Krzyska 27 m. 6.

P. Samuel Dunikowski, Warszawa, Przeskok 2 m. 2.

P. Arnold Spaet, Pruszków, Cedrowa 7 m. 10.

P. Lutz Eryk, Warszawa, Leszczyńska 16 (Sekcja Radjotechniczna).

P. Epstein Fabjan, Warszawa, Wilcza 29a m. 12 (Sekcja Radjotechniczna).

P. Staniecki Bolesław, Warszawa, Zielna 31 (Sekcja Radjotechniczna).

P. Richter Herman, Warszawa, Kredytowa 1 m. 57 (Sekcja Radjotechniczna).

Zgłoszenia na członków zwyczajnych:

P. Ignacy Stanisław Gościcki, Ostrów Mazowiecka, Elektrownia Miejska.

P. Rubinstein Tobjasz, ul. Kacza 11.

P. Szumowski Stanisław, Miedzeszyn, ul. Szopena 4, poczta Falenica.

P. Struszyński Wacław, Warszawa, Krzyżkowa 70 m. 22 (Sekcja Radjotechniczna).

ODDZIAŁ LWOWSKI.

Zwyczajne doroczne Walne Zebranie O. L. S. E. P. odbędzie się dnia 9 marca b. r. o godz. 19-ej w sali Polskiego Towarzystwa Politechnicznego przy ul. Zimorowicza 9, z następującym porządkiem dziennym:

- 1) Zagajenie i wybór przewodniczącego Zebrania.
- 2) Sprawozdanie ogólne Zarządu za rok ubiegły.
- 3) Sprawozdanie rachunkowe i przedłożenie preliminarza budżetu na rok następny.
- 4) Wnioski Komisji Rewizyjnej.
- 5) Wybór Prezesa i 6 członków Zarządu Oddziału.
- 6) Wybór 3 członków Komisji Rewizyjnej.
- 7) Ustanowienie dla członków Oddziału wysokości dodatku do zasadniczej składki członkowskiej, wyznaczonej przez Zarząd SEP.
- 8) Wolne wnioski członków. (Wybór referenta porażeń elektrycznych.)

Stosownie do § 18 Regulaminu O. L. SEP Walne Zebranie jest prawomocne bez względu na liczbę obecnych członków.

PROTOKÓŁ

z zebrania odczytowego członków Polskiego Towarzystwa Politechnicznego i Oddziału Lwowskiego S. E. P. odbytego dnia 18 lutego 1931 r. w sali Polskiego Towarzystwa Politechnicznego, przy ul. Zimorowicza 9.

Zebranie zagaja Rektor Politechniki Lwowskiej Prof. Zipser o godz. 18.45, zapraszając p. Inż. Jana Kasynę do wygłoszenia odczytu: p. t. „Trakcja elektryczna i projekt elektryfikacji węzła warszawskiego”.

Po historycznym wstępie, przedstawiającym rozwój kolejnictwa elektrycznego, prelegent zapoznał audytorjum z obecnym stanem trakcji elektrycznej — omawiając różne systemy stosowane w krajach europejskich i w Ameryce Północnej i poddając je równocześnie fachowej krytyce, w zależności od rodzaju prądu, wysokości napięcia roboczego i częstotliwości. Następnie przeszedł do omówienia szczegółowego projektu polskiego, dotyczącego elektryfikacji węzła warszawskiego.

Projekt opracował z inicjatywy Ministerstwa Komunikacji Docent Politechniki Warszawskiej, Inż. Podoski, który przewidział elektryfikację nie tylko dworców warszawskich (linja średnicowa), ale i linii podmiejskich, a to ze względów polepszenia rentowności tej inwestycji. Wybrano napięcie robocze 3 000 V prądu stałego.

Przewidziano wybudowanie na prawym brzegu Wisły specjalnej elektrowni kolejowej, któraby zasilac miała prostowniki podstacji. Wysokość kosztów inwestycji obliczono na 100 milionów złotych, który to kapitał wniosłyby prawdopodobnie towarzystwa zagraniczne.

Program robót rozłożono na 3 okresy kilkuletnie. Nagląca konieczność rozbudowy węzła warszawskiego, zmusiła Radę Techniczną przy Min. Komunikacji do intensywnego zainteresowania się tą sprawą. Wyłoniono specjalną komisję w składzie: prof. Staniewicz przewodniczący, prof. Sokolnicki, Wysocki, docenci inż. Podoski i inż. Jasiłkowski, inż. Frank, inż. Kasyna oraz delegaci departamentów IV, V, VI, Komisja uznała projekt powyższy jako podstawowy do rozpisania ofert orientacyjnych. Przewiduje się alternatywnie projekt elektryfikacji prądem jednofazowym o $16\frac{2}{3}$ okresach i napięciu 15 000 woltów, drugi prądem stałym 1 500 względnie 3 000 woltów.

W celu zapoznania się z istniejącymi urządzeniami zagranicą, ich sprawnością i rentownością, komisja wysłała delegatów (Szwecja, Francja, Włochy i Szwajcaria) w osobach prof. Sokolnickiego, Wysockiego, Podoskiego, inż. Jasiłkowskiego i inż. Madeyskiego.

Po powrocie delegatów, co nastąpi około 15 marca, zostanie zadecydowany system mający się zastosować przy elektryfikacji węzła warszawskiego.

Odczyt ilustrowany był ciekawymi wykresami z dziedziny kolejnictwa elektrycznego i parowego, oraz szczegółowymi mapami projektu elektryfikacji węzła warszawskiego.

Sekretarz:

Prezes:

Inż. Bronisław Lis wł. r.

Inż. Konrad Knaus wł. r.

ODDZIAŁ WARSZAWSKI.

Zarząd Oddziału Warszawskiego SEP zawiadamia, że w marcu 1931 roku odbędą się następujące zebrania odczytowe Oddziału:

Wtorek, dn. 10 marca, inż. Stanisław Hulanicki: „Sygnalizacja świetlna do kontroli ruchu cukrowni”.

Wtorek dn. 17 marca prof. Kazimierz Drewnowski i inż. Samuel Dunikowski: „Nowe metody badania rozkładu pól elektrostatycznych”.

Wtorek, dn. 24 marca, inż. doradca Adolphe M. Hug, b. szef kolei elektrycznych Indji Holenderskich w Batawji: „Koleje państwowe w Indjach Holenderskich i ich elektryfikacja”.

Czwartek, dn. 26 marca, inż. doradca A. M. Hug: „Kilka ciekawych szczegółów dotyczących obecnej elektryfikacji kolei oraz sprzętu trakcyjnego w Europie i krajach pozaeuropejskich”.

Oba ostatnie odczyty będą wygłoszone po francusku i ilustrowane przezroczami i filmem z kolei elektrycznych w Indjach oraz filmem kolorowym z wycieczki na czynne wulkany na wyspie Jawie.

Sekcja Radjotechniczna.

Zarząd Sekcji Radjotechnicznej SEP zawiadamia, że w marcu 1931 roku odbędą się następujące zebrania odczytowe Sekcji:

Sroda, dn. 11 marca, zarezerwowana na Walne Zebranie członków Sekcji Radjotechnicznej SEP.

Sroda dn. 18 marca mjr. inż. Kazimierz Krulisz: „Zadania i prace Komisji Technicznej Międzynarodowej Unji Radjofonicznej”.

Sroda dn. 25 marca inż. Władysław Heller: „Radjostacja Raszyńska”.

Zebrania odczytowe odbywają się w lokalu Stowarzyszenia, Królewska 11. Początek zebrań o godz. 20-ej.

Członkowie Stowarzyszenia upoważnieni są do wprowadzania na zebrania odczytowe gości.

U w a g a: W lokalu SEP czynna jest c o d z i e n n i e (prócz niedziel i świąt) w godz. 18—20 czytelnia czasopism technicznych polskich i zagranicznych.

Sprawozdanie stacji kontroli fal

za okres Lipiec — Grudzień 1930 r.

Zainstalowana przez Instytut stacja kontroli fal, nadawanych przez polskie radjostacje nadawcze, zakończyła z dniem 31 grudnia u. r. pierwsze półrocze swej pracy.

Za ten okres czasu stacja kontrolowała codziennie 10 różnych stacyj nadawczych, pracujących na 15 różnych falach. Stacje te należą do instytucji tak rządowych jak również prywatnych, radjotelegraficznych i radjofonicznych. Niektóre z tych stacyj kontrolowane są dwa razy dziennie.

W związku z kontrolą nadawanych fal, była wykonana regulacja 2-ch radjostacyj, pracujących na 4 różnych falach.

Wszystkiego za ten czas wykonano 2305 pomiarów kontrolnych.

Dokładność pomiarów wynosiła 0,04%.

Stopniowy wzrost działalności stacji kontrolnej uwiódznie miesięczna tablica liczby pomiarów.

T a b l i c a

Lipiec	— 175 pomiarów
Sierpień	— 170 pomiarów
Wrzesień	— 428 pomiarów
Październik	— 447 pomiarów
Listopad	— 526 pomiarów
Grudzień	— 561 pomiarów

Stacja kontrolna Instytutu Radjotechnicznego pracuje w ścisłym kontakcie z Europejską centralą kontrolną w Bruxelli i jest wciągnięta na listę stacyj kontrolnych europejskich.

Dyrekcja Instytutu.

Polski Komitet Elektrotechniczny.

PNE

27 — 1930

WSKAZÓWKI OCHRONY URZĄDZEŃ METALOWYCH, ZNAJDUJĄCYCH SIĘ W ZIEMI, OD DZIAŁANIA ELEKTROLITYCZNEGO PRĄDÓW BŁĄDZĄCYCH

Poprawki do projektu I-szego ogłoszonego w Nr. 21 z 1 listopada 1930 roku Przeglądu Elektrotechnicznego, str. 584.

§ 3 po ust. 4-ym wprowadza się ust. 5:

„Jednakże w obrębie granic miast obowiązek ten ciąży w każdym wypadku na przedsiębiorstwie komunikacyjnym, przyczem jednak szczegółowa trasa i sposób ułożenia metalowych przewodów podziemnych winny być wykonane w porozumieniu z przedsiębiorstwem komunikacyjnym w celu uzyskania jaknajmniejszych kosztów zabezpieczenia”.

Następuje tekst objaśnienia petitem, przyczem początek drugiego ustępu, a mianowicie słowa „Dotychczasowe doświadczenia i badania wskazują, że” — skreśla się.

§ 5 ust. 2 w zdaniu „nie powinien jednak przekraczać pomiędzy dwoma dowolnymi punktami całej sieci szynowej”... słowa „dwoma dowolnymi” zastępuje się słowem „jakiemikolwiek”.

ust. 5 po słowach „na 1 kilometr długości toru”, dodaje się: „bez dalszych ograniczeń co do całkowitej wielkości spadku”.

§ 6 ust. 3 po słowach: „nie powinna przekraczać” dodać „w miliwoltach”.

Uwagi do całości projektu wskazówek należy nadsyłać w terminie do dn. 1 kwietnia 1931 roku p. a. Stowarzyszenie Elektryków Polskich. (Warszawa Królewska 11).

Skład Polskiego Komitetu Elektrotechnicznego

w dniu 1 marca 1931 roku.

Prezydjum:

1. Leon Staniewicz, dr. prof. Politechniki Warszawskiej — prezes.
2. Gabriel Sokolnicki, prof. Politechniki Lwowskiej — wiceprezes i przewodniczący Głównej Komisji Przepisowej.
3. Kazimierz Drewnowski, prof. Politechniki Warszawskiej — wiceprezes do spraw międzynarodowych.
4. Tadeusz Czaplicki, inżynier.
5. Kazimierz Gayczak, inżynier, prezes Związku Elektryków Polskich.
6. Zygmunt Okoniewski, inżynier, prezes Związku Polskich Przedsiębiorstw Elektrotechnicznych.
7. Józef Podoski, inżynier, Sekretarz Generalny SEP.

Członkowie:

8. Marjan Dziewoński (Związek Elektryków Polskich).
9. Aleksander Groza (SEP).
10. Janusz Groszkowski, prof. dr. (Instytut Radjotechniczny).
11. Bolesław Hac (SEP).
12. Kazimierz Idaszewski, prof. (Politechnika Lwowska).
13. Bolesław Jabłoński (SEP).
14. Felicjan Karśnicki (SEP).
15. Dominik Kibortt (SEP).
16. Kazimierz Krulisz, major (Sektoria Radjotechniczna SEP).
17. Józef Lenartowicz (Zw. Przedsiębiorstw Komunikacyjnych).
18. Stanisław Michałowski, kpt. (Ministerstwo Spraw Wojskowych).
19. Jan Obrąpalski (Stow. Dozoru Kotłów).
20. Wacław Pawłowski (Min. Komunikacji).
21. Mieczysław Pożaryski, prof. (Politechnika Warszawska).
22. Zygmunt Rau (SEP).
23. Antoni Rogiński, prof. (Polski Komitet Normalizacyjny).
24. Aleksander Rother, dr. inż.
25. Józef Rzańnicki (Gł. Urząd Miar).
26. Zygmunt Strasburger (Min. Poczty i Telegrafów).
27. Jan Straszewicz (Zw. Zaw. Inż. Elektryków).
28. Jan Surmacki (Min. W. R. i O. P.).
29. Bernard Szapiro, inżynier.
30. Kazimierz Szpołański (SEP).
31. Vacat (Związek Przedsiębiorstw Elektrotechnicznych).

Główna Komisja Przepisowa.

1. P. Gabriel Sokolnicki — przewodniczący. Członkowie pp.: 2. Włodzimierz Krukowski. 3. Bernard Szapiro. 4. Kazimierz Drewnowski. 5. Jan Obrąpalski. 6. Józef Podoski.

Komisje Przepisowe:

I i II Komisja definicij i symboli.

Przewodniczący p. K. Drewnowski. Członkowie: pp. T. Czaplicki, St. Fryze, Z. Grabowski, Z. Grabiński, J. Groszkowski, W. Günther, K. Kłys, S. Konczykowski, H. Kowalski, W. Krukowski, K. Krulisz, S. Kuhn, J. Lenartowicz, R. Madejski, J. Majkowski, T. Malarski, K. Mech, W. Niemirowski, J. Pawlikowski, J. Podoski, M. Pożaryski, J. Roman, J. Skowroński, T. Skrzywan, D. Sokolcow, L. Staniewicz, W. Szumilin, R. Trechciński, S. Zuchmantowicz, Instytut Radjotechniczny.

III Komisja napięć i prądów.

Przewodniczący p. St. Konczykowski. Członkowie: pp. K. Drewnowski, Z. Grabowski, B. Hac, A. Jankowski, J. Skowroński.

IV Komisja przepisów budowy i ruchu.

Przewodniczący p. G. Sokolnicki. Członkowie: pp. Wł. Krukowski, J. Obrąpalski, B. Szapiro.

V Komisja urządzeń elektrycznych w kopalniach węgla.

Przewodniczący p. J. Obrąpalski. Członkowie: pp. J. Bereszko, A. Groza, W. Jaroszyński, S. Kulejewski, Z. Rychlik.

VI Komisja urządzeń dźwigowych, czynna przy Polskim Komitecie Normalizacyjnym.

VII Komisja urządzeń kinematograficznych — nieczynna.

VIII Komisja spraw bezpieczeństwa.

Przewodniczący p. B. Szapiro. Członkowie: pp. J. Ciszewski, A. Groza, S. Kamiński, M. Nacholiński, W. Pogorzelski, M. Rogowski, Z. Rychlik, R. Sobek.

IX Komisja przewodów i kabli.

Przewodniczący p. B. Hac. Członkowie: pp. Sz. Aptowicz, Bernaczek, K. Drewnowski, A. Goldsztaub, W. Krukowski, Fr. Moskalewski, T. Rubinstein, W. Siwecki, J. Skowroński, B. Szapiro.

IX-A Podkomisja przewodów gołych.

Przewodniczący p. B. Hac. Członkowie: pp. T. Rubinstein, J. Skowroński, H. Zabłocki, T. Żerański.

X Komisja izolatorów.

Przewodniczący J. Skowroński. Członkowie: pp. K. Drewnowski, A. Hoffmann, S. Palecki, W. Wilkoszewski, Wojakowski.

XI Komisja przewodów napowietrznych -- czynna przy Ministerstwie Robót Publicznych.

XII Komisja maszyn elektrycznych.

Przewodniczący p. J. Roman. Członkowie: pp. J. Gize, Z. Gogolewski, K. Idaszewski, W. Jaroszyński, W. Kopyczyński, K. Mech, M. Nacholiński, M. Pożaryski, A. Rothert, B. Szapiro, St. Sliwiński, K. Zórawski.

XIII-A Komisja małych transformatorów (do instalacji domowych).

Przewodniczący p. J. Obrąpalski. Członkowie: pp. W. Jaroszyński, J. Studniarski.

XIII Komisja sprzętu trakcyjnego.

Przewodniczący p. K. Mech. Członkowie: pp. T. Baniewicz, Z. Grabiński, T. Kozłowski, R. Madeyski, R. Podoski, J. Roman, W. Rubczyński, K. Zórawski.

XIV Komisja lamp elektrycznych.

Przewodniczący p. E. Potemski. Członkowie: pp. J. Bulzacki, Ł. Berson, T. Czaplicki, K. Drewnowski, L. Küsters, S. Rapp.

XV Komisja prądów błędzących.

Przewodniczący p. R. Podoski. Członkowie: pp. T. Baniewicz, J. Gize, Zb. Grabiński, J. Konopka, Wł. Majewski, Piekarski, J. Pomorski, W. Przelaskowski, Z. Strasburggrer, R. Trehciński.

XVI Komisja radjotechniczna.

Przewodniczący p. K. Krulisz. Członkowie: pp. J. Duchowski, J. Groszkowski, W. Heller, T. Hubert, St. Jasiński, D. Sokolcow.

XVII Komisja zakłóceń w sieciach telekomunikacyjnych.

Przewodniczący p. M. Pożaryski. Członkowie: pp. B. Hac, H. Kowalski, S. Kuhn, R. Podoski, L. Staniewicz.

XVIII Komisja przyrządów pomiarowych.

Przewodniczący p. Wł. Krukowski. Członkowie: pp. M. Czyżewski, K. Drewnowski, St. Fryze, K. Idaszewski, B. Jabłoński, St. Jasilkowski, J. Rzańnicki.

XIX Komisja olejów izolacyjnych.

Przewodniczący p. T. Czaplicki. Członkowie: pp. K. Drewnowski, B. Hac, A. Hoffmann, J. Hologräber, Z. Łachociński, St. Namysłowski, W. Junosza-Piotrowski, S. Pilat, J. Skowroński, K. Smoleński, K. Straszewski, St. Suknarowski, H. Wysocki.

XX Komisja mas kablowych.

Przewodniczący p. K. Drewnowski. Członkowie: pp. B. Hac, M. Kleiman, J. Skowroński, K. Szpotański.

XXI Komisja piorunochronów.

Przewodniczący p. M. Pożaryski. Członkowie: pp. M. Boj, W. Günther, J. Pawlikowski, A. Wieleżyński, S. Zygałdo.

XXII Komisja urządzeń elektrycznych w kopalniach oleju i gazu ziemnego.

Przewodniczący p. G. Sokolnicki. Członkowie: pp. M. Boj, J. Obrąpalski, B. Szapiro.

XXIII Komisja materiałów izolacyjnych.

Przewodniczący p. D. Sokolcow. Członkowie: pp. Broder, F. Czarniecki, K. Drewnowski, S. Dunikowski, A. Horikiewicz, S. Kleiman, A. Krzyczkowski, W. Protasiewicz, J. Skowroński.

XXIV Komisja reklam świetlnych.

Przewodniczący p. St. Kassern. Członkowie: pp. K. Dworakowski, W. Dworakowski, A. Kłossowski, A. Knauff, F. S. Piasecki, J. Skowroński.

XXV Komisja sprzętu kablowego.

Przewodniczący p. B. Hac. Członkowie: pp. S. Bładowski, A. Goldsztaub, Zb. Grabowski, W. Günther, W. Kiełbik, Z. Rau, T. Rubinstein, W. Siwecki, H. Tarnawski.

STAN PRAC

POLSKIEGO KOMITETU ELEKTROTECHNICZNEGO

na dzień 1 marca 1931 roku.

Wydano dotychczas jako normy następujące prace

PKE:

- PNE — 1 Znakownictwo elektrotechniczne,
- „ — 2 Symbole graficzne urządzeń el. prądu silnego.
- „ — 3 Jednostka światłości,
- „ — 4 Miedz wyżarzona,
- „ — 5 Przewody izolowane i kable,
- „ — 6 Tablice ostrzegawcze,
- „ — 7 Oprawki i trzonki swanowskie,
- „ — 8 Izolatory linjowe wysokiego napięcia,
- „ — 9 Wskazówki niesienia doraźnej pomocy w wypadku porażenia prądem elektrycznym,
- „ — 11 Przepisy techniczne urządzeń kinematograficznych,
- „ — 12 Przepisy na korzystanie z sieci prądu silnego jako z anten lub uziemień,
- „ — 13 Przepisy na korzystanie z sieci telefonicznych jako z anten i uziemień,
- „ — 14 Trzonki do lamp katodowych odbiorczych,
- „ — 15 Wtyczki do urządzeń radjotechnicznych odbiorczych,
- „ — 16 Masy kablowe,
- „ — 17 Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego w podziemiach kopalń,
- „ — 18 Napięcia normalne (1928),
- „ — 18 Napięcia normalne (nowa redakcja 1930).
- „ — 19 Symbole teletechniki,
- „ — 20 Symbole radjotechniki,
- „ — 21 Żarówki,
- „ — 24 Taśma izolacyjna.

Wydano w postaci broszur następujące prace PKE:

- PNE — 1 Znakownictwo elektrotechniczne.
- PNE — 2 Symbole graficzne urządzeń el. prądu silnego.
- „ — 9 Wskazówki niesienia doraźnej pomocy w wypadku porażenia prądem elektrycznym,
- „ — 10 Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego,
- „ — 11 Przepisy techniczne urządzeń kinematograficznych,
- „ — 17 Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego w podziemiach kopalń (1929),
- „ — 17 Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego w podziemiach kopalń (1930 nowa redakcja).

Wydano w postaci tabel następujące prace PKE:

- PNE — 1 Znakownictwo elektrotechniczne.
- „ — 9 Wskazówki ratownictwa,
- „ — 10 Przepisy ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego.

W OPRAWIANIU KOMISYJ PKE ZNAJDUJĄ SIĘ
NASTĘPUJĄCE PRZEPISY I NORMY:

U w a g a: Stadjum prac:

1. Postanowiono przystąpić do opracowania,
 2. W opracowaniu Komisji.
 3. Opublikowano w Przeglądzie Elektrotechnicznym dla krytyki.
 4. Przedstawiono do decyzji PKE.
 5. Przyjęte przez PKE.
 6. Gotowe do rozpowszechnienia.
- R za liczbą oznacza poddano rewizji.

Ko- misja	L. p.	Przedmiot:	PNE	Stadium prac
I, II	1	Znakownictwo najważniejszych wielkości i jednostek, używanych w elektrotechnice.	1	2 R
I, II	2	Symbole graficzne radjotechniki.	19	2 R
I, II	3	Symbole graficzne teletechniki.	20	2 R
I, II	4	Symbole graficzne trakcji elektrycznej.		1
I, II	5	Symbole graficzne instalacji domowych.		1
III	6	Normalne natężenia prądów.	28	2
IV	7	Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego.	10	4 R
V	8	Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego w podziemiach kopalń.	17	6 R
VIII	9	Wskazówki obchodzenia się z urządzeniami elektrycznymi w razie pożaru.	26	6
VIII	10	Memoriał do Ministerstw w sprawie bezpieczeństwa urządzeń elektrycznych i rejestracji wypadków porażenia.		2
VIII	11	Memoriał do towarzystw ubezpieczenia od ognia w sprawie rejestracji i badania wypadków pożarów, spowodowanych przez prąd elektryczny		2
IX	12	Miedź wyzarzona i przewody gołe.	4	3 R
IX	13	Przewody izolowane i kable.	5	3 R
IX	14	Rurki przewodowe.		1
X	15	Izolatory wysokiego napięcia.	8	5 R
X	16	Pomiar wysokiego napięcia.		2
X	17	Trzony izolatorowe.		1
XII	18	Przepisy oceny i badania maszyn elektrycznych.	23	5
XII	19	Przepisy oceny i badania transformatorów.	29	2
XII-A	20	Przepisy oceny i badania transformatorów na niskie napięcia (do instalacji domowych).		2

Ko- misja	L. p.	Przedmiot:	PNE	Stadium prac
XIII	21	Przepisy oceny i badania silników trakcyjnych.		2
XIV	22	Trzonki i oprawki edisonowskie.	7	2
XIV	23	Trzonki i oprawki swanowskie.	7	2 R
XV	24	Wskazówki ochrony urządzeń metalowych, znajdujących się w ziemi od elektrolitycznego działania prądów błędzących.	27	6
XVI	25	Przepisy budowy napowietrznych anten odbiorczych.	25	5
XVI	26	Przepisy na zasilanie odbiorników radjofonicznych.		2
XVI	27	Lampy katodowe.		2
XVI	28	Baterje anodowe.		2
XVII	29	Przepisy ochrony sieci telekomunikacyjnych od zakłóceń, spowodowanych wpływem prądów silnych.		2
XVIII	30	Tabliczki licznikowe.		2
XIX	31	Oleje izolacyjne.		2
XX	32	Masy kablowe.	16	1 R
XXI	33	Wskazówki co do ochrony budowli od elektrycznych wyładowań atmosferycznych.	22	6
XXI	34	Instrukcja kontroli urządzeń piorunochronowych.	22	6
XXII	35	Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych na kopalniach oleju i gazu ziemnego.	30	3
XXIII	36	Zasady klasyfikacji materiałów izolacyjnych, zestawienie własności ogólnych, zebranie danych do klasyfikacji.		2
XXIII	37	Bakelitowe materiały izolacyjne.		2
XXIV	38	Przepisy dla reklam świetlnych niskiego napięcia oraz dla urządzeń rur świetlających.		2
XXV	39	Sprzęt kablowy.		1

BIBLIOGRAFJA.

Grundzüge der Zählertechnik. Ein Lehr- und Nachschlagebuch von Dr. Inż. W. von Krukowski. Stron XI 521 i 314 rysunków, Berlin, 1930 r. — Julius Springer.

Książkę o budowie i sprawdzaniu liczników prof. W. Krukowskiego, wybitnego specjalisty w dziedzinie liczników energii elektrycznej oraz miernictwa elektrycznego, powitać należy z wielkim uznaniem. Uznanie to słuszne jest z tego powodu, że światowa literatura elektrotechniczna pozyskała dzieło o nieprzemijającej wartości dostępnej dla wszystkich. Dzieło powyższe tem wyróżnia się spośród książek innych, poświęconych temu tematowi, że o ile do nich sięga czytelnik początkujący, nie orientujący się w zagadnieniach, i zwykle po osiągnięciu pewnych wiadomości już do nich nie powraca, to do książki prof. W. Krukowskiego wracać będzie wielokrotnie, im zaś pozna gruntowniejszy temat, tem więcej znajdzie w tej książce ciekawych zagadnień i wyjaśnień.

Książka obejmuje siedem działów oraz, jako dodatek, zestawienie podstawowych określeń, wzorów, przepisów (niemieckich) i tablic.

Dział pierwszy zawiera na 83 str. podstawy elektrotechniki, związane z budową, działaniem i sprawdzaniem licznika.

W książkach o charakterze podręcznikowym taka metoda jest zupełnie słuszna. Zresztą nawet dla osób, posiadających niezbędne przygotowanie, będzie to ułatwieniem, jeżeli bez trudu mieć będą pod ręką te zasadnicze podstawy, które niekiedy zawiera w pamięci czytelnika codzienna praca jego w odmiennej nieraz dziedzinie. Autor rozpoczyna ten dział od prawa Ohma (tak prostego, a jednak tak podstawowego), przechodzi następnie do mocy i pracy prądu elektrycznego, dalej do cieplnego działania prądu, do zjawisk magnetycznych, wywołanych przez prąd elektryczny. Dział ten obejmuje dalej podstawy techniki prądu zmiennego, w którym autor zapoznaje czytelnika z zasadniczymi

określeniami i zjawiskami, korzystając z krzywych oraz wykresów wektorowych. Jako zakończenie tego działu rozpatrzone jest działanie transformatora, co stanowi przejście do obwodów elektromagnetycznych licznika prądu zmiennego i transformatorów miernikowych.

Część druga, w której autor na 145 stronach rozważa budowę i działanie liczników energii elektrycznej, rozpoczyna się podziałem liczników stosownie do rodzaju prądu i jednostek mierzonych, zasady budowy oraz podstaw taryfikacji prądu elektrycznego. Po krótkim wstępie historycznym omówione są liczniki dynamometryczne (lepiej elektrodynamiczne), a więc podstawowe części składowe, zasada działania, uchybienia oraz wpływ na nie tarć w łożyskach, komutatoru i liczydłach, jak również kompensacja tarć. Dalej są rozważane wpływy czynników cieplnych, elektrycznych i magnetycznych na dokładność wskazań licznika, na końcu zaś—konstrukcja poszczególnych części składowych oraz przykłady wykonanych liczników. W podobny, nadzwyczaj przejrzysty sposób omówione są liczniki magneto-motoryczne (czy nie lepiej magnetoelektryczne), dalej indukcyjne jednofazowe i trójfazowe. Następnie autor porusza liczniki wahadłowe, aczkolwiek już nie budowane, to jednak pracujące jeszcze na niektórych instalacjach, dalej liczniki elektrolityczne. Na zakończenie autor rozważa składowe części licznikowe wspólne dla wszystkich liczników, a więc podstawy skrzynki zaciskowe i osłony, łożyska dolne i czopiki oraz szczoteczki i kumutatoru liczników prądu stałego. Ujęcie tego działu, jak zresztą i pozostałych, jest bardzo celowe; układ przejrzysty i znakomicie przeprowadzony w ciągu całej książki, wykład jasny, potoczny, ścisłość określeń—oto cechy charakterystyczne książki.—Niektóre sprawy w tym dziale autor z konieczności omawiać musi pobieżnie ze względu na objętość książki, lecz jednocześnie wskazuje on w odsyłaczach na inne prace uzupełniające. W dalszych wydaniach należałoby więcej uwzględnić liczniki, budowane przez inne, poza Niemcami kraje, które wywarły wyraźny wpływ na nowoczesne niemieckie konstrukcje licznikowe.

Dział trzeci omawia na 52 str. zagadnienia taryfikacji energii elektrycznej oraz typy liczników taryfowych. Jako uzupełnienie tego działu uwzględniona jest szczegółowa budowa zegarów i przyrządów zegarowych, co jest bardzo pożądaną nowością po raz pierwszy w tej postaci wprowadzoną do literatury elektrotechnicznej.

W dziale czwartym na 18 stronach omówione są taryfy, uwzględniające prądy bezmocne, oraz liczniki; w dziale tym autor podaje zasadnicze określenia, związane z temi zagadnieniami oraz przytacza specjalne liczniki, uwzględniające te wymagania.

Dział piąty na 58 str. opisuje budowę transformatorów miernikowych prądowych i napięciowych, w którym dla każdego z wymienionych rodzajów transformatorów rozważone są uchybienia przekładni oraz kątowe, jak również wpływy obciążeń na wielkość tych uchybień. Następnie podane są szczegóły konstrukcyjne oraz przykłady wykonania poszczególnych transformatorów. Dział ten kończy się rozpatrzeniem pracy przyrządów mierniczych, zaopatrzonych w transformatoru miernikowe, dalej wyborem odpowiedniej wielkości transformatorów prądowych i napięciowych. Przytoczone przykłady podstawowych układów połączeń, ich schematy, obliczenia stałych, jak również wpływ transformatorów na uchybienia pomiarów stanowią bardzo ważne dla praktyki zagadnienia, które w elektrotechnicznej ogólnej literaturze mierniczej nie były dotąd tak wyczerpująco

poruszane. Metody badania transformatorów prądowych i napięciowych stanowią zakończenie tego ciekawego działu.

Dział szósty, traktujący na 73 str. o sprawdzaniu liczników, autor rozpoczyna od krótkiego rozważenia podstawowych jednostek wielkości elektrycznych w praktycznym układzie oraz wzorców tych jednostek. Podaje dalej w sposób, niestety, zbyt zwięzły zasady budowy elektrycznych przyrządów mierniczych wskazówkowych, magnetoelektrycznych cieplnych (układ przestarzały) i elektromagnetycznych; pobieżnie traktuje pomiar oporności (dla czego tylko mostek Wheatstone'a, bez podania najmniejszego oporu, który jeszcze tym mostkiem może być mierzony?), oraz urządzenie kompensacyjne, przytacza dalej metody badania izolacji kończy zaś ten poddział rozpatrzeniem stałych i poprawek przyrządów mierniczych. Mam wrażenie, że rozszerzenie tego poddziału i jego pogłębienie byłoby bardzo pożądane w następnych wydaniach. W dalszym ciągu działu przytoczone jest niemieckie ustawodawstwo licznikowe, dalej jako poszczególne poddziały — połączenia liczników, licznikowe urządzenia do wzorcowania, źródła prądu, oporniki regulacyjne oraz przyrządy miernicze. Dalej autor zajmuje się metodami wzorcowania, a więc 1) za pośrednictwem pomiaru czasu i mocy prądu, 2) za pośrednictwem liczydła, 3) za pośrednictwem licznika normalnego oraz 4) za pomocą metody synchronicznej; — omówione są przytem licznikowe urządzenia regulacyjne oraz samo przeprowadzenie pomiarów. Następnie mamy podane pomiary współczynnika mocy, sprawdzanie liczydeł, badanie izolacji licznika, dalej sprawdzenie rodzaju obciążenia (indukcyjność czy pojemność), wyznaczenie kolejności faz oraz jako zakończenie tego działu podane jest omówienie wzorcowania poszczególnych typów liczników.

W dziale siódmym, ostatnim, omówiona jest konserwacja liczników, a więc ich naprawianie, — dalej wybór odpowiedniego typu licznika, montaż liczników na instalacjach oraz błędne połączenia. Uważałbym, że przy rozszerzeniu tego działu w dalszych wydaniach należałoby uwzględnić gospodarkę magnesową oraz podać zastosowanie fluksmetru. W dziale tym omówiony wybór odpowiedniej wielkości licznika nie podkreśla zbyt wyraźnie, dlaczego dostosowanie mocy licznika do mocy instalacji oświetleniowej jest dla gospodarki licznikowej bardzo niebezpieczne i wywołuje przedwczesne niszczenie, a więc usuwanie z obiegu liczników.

Jako dodatek podane są zestawienia podstawowych określeń, wzorów, przepisów i t. d. z matematyki, fizyki, elektrotechniki i niemieckiego ustawodawstwa licznikowego.

Trudno w tej recenzji wymienić cały, bogato nagromadzony materiał, w postaci spostrzeżeń, wskazówek, ciekawych wyjaśnień i pożytecznych uwag; przy wielokrotnym powracaniu do książki występują one coraz wyraźniej i głębiej.

Książkę tę można bardzo polecić polskim czytelnikom, do autora zaś należy skierować prośbę, aby wartościowe swe dzieło jaknajprędzej napisał w języku polskim. Mam nadzieję, że w polskim wydaniu dział liczników indukcyjnych rozpocznie od przytoczenia opisu i b. dodatnich właściwości licznika polskiego, budowanego przez firmę K. Szpotkański i S-ka.

Jak wszystkie książki Springera, tak i książka omawiana wyposażona jest w mnóstwo starannych fotografii i ślicznie wykonanych rysunków; wydanie książki jest bez zarzutu,

Bolesław Jabłoński.

PRAWODAWSTWO I ORZECZNICTWO SĄDÓW.

Ustawodawstwo elektryczne Francji.

Ustawa z 1895 roku w przedmiocie zakładania przewodów dla energii elektrycznej była jedną z pierwszych ustaw elektrycznych w Europie; ustawa ta została następnie zastąpiona przez ustawę z dnia 15 czerwca 1906 roku w przedmiocie rozdziału energii elektrycznej. Późniejsze uzupełnienia datują się przez ustawy: z dnia 19 lipca 1922 roku i 27 lutego 1925 roku i rozporządzenia wykonawcze (ostatnie z 29 lipca 1927 roku).

We Francji rządzi zasadniczo system koncesji, połączony z nadzorem i kontrolą ze strony administracji państwowej. Jednak, choć związanie gospodarki elektrycznej we Francji szeregiem drobiazgowych przepisów, wynikających z systemu koncesji, jest silne, brak w tej dziedzinie tendencji etatystycznych, gdyż państwo nie usiłuje prowadzić i przejmować w swe ręce przedsiębiorstw elektrycznych.

Cechą charakterystyczną ustawodawstwa francuskiego jest to, że nie zajmuje się ono wytwarzaniem czy przetwarzaniem energii elektrycznej, a jedynie jej rozdziałem. Na tle powyższych przepisów prawa elektrycznego różniemy we Francji cztery rodzaje zakładów elektrycznych, w zależności od sposobu ich powstawania oraz od charakteru uprawnień i obowiązków, odnoszących się do każdego rodzaju zakładów.

Rozpatrzmy je kolejno.

Swobodnie powstają i żadnym ograniczeniem nie podlegają zakłady elektryczne, które w zupełności nie korzystają z dróg publicznych. Wszakże, o ile przewody tych zakładów zbliżają się w jakimkolwiek miejscu do istniejących linii telegraficznych lub telefonicznych na odległość mniej niż dziewięć metrów w kierunku poziomym, wówczas dla powstania tych zakładów konieczne jest zezwolenie prefekta; zezwolenia takiego prefekt udziela, po porozumieniu się z zarządem poczt i telegrafów, w ciągu trzech miesięcy od daty podania. Urządzenia zakładów, powstałych na mocy zezwolenia prefekta, winny odpowiadać odnośnym przepisom technicznym i być tak prowadzone, iżby nie przeszkadzały zakładom telegraficznym i telefonicznym, czy to z powodu indukcji, czy w inny sposób. O ile dla uniknięcia lub usunięcia wspomnianych przeszkód zachodzi konieczność przeniesienia lub zmiany urządzeń telegraficznych, czy telefonicznych i w tym przedmiocie między przedsiębiorstwem elektrycznym a zakładem telegraficznym lub telefonicznym nie doszło do porozumienia, rodzaj robót niezbędnych do usunięcia powyższych przeszkód ustala Minister Przemysłu, Handlu, Poczt i Telegrafu po wysłuchaniu opinii Komitetu Elektrycznego (Comité d'électricité); koszty, związane z wspomnianymi robotami, obciążają przedsiębiorstwo elektryczne.

Drugi rodzaj zakładów elektrycznych stanowią zakłady, powstające na mocy zezwoleń drogowych (permission de voirie). Chodzi tu głównie o zakłady rozdzielcze, które całkowicie lub częściowo korzystają z drogi publicznej i których moc przy zawodowym zbycie przekracza 100 kW. Zezwoleń drogowych, w zależności od tego, czy droga publiczna podlega prefektowi, czy burmistrzowi, udziela pierwszy lub drugi; w razie odmowy przysługuje stronie prawo odwołania do Ministra Robót Publicznych, który rozstrzyga po wysłuchaniu zdania Komitetu Elektrycznego. Zezwoleń drogowych są udzielane na lat 30, mogą być jednak na następne 30 lat odnowione. Udzielając zezwoleń drogowych, władza może nałożyć na uprawnionego obowiązek zasilania prądem

elektrycznym całości, lub części obszaru, dla którego zezwolenie zostało udzielone, ustanowić w zezwoleniu maksymalną taryfę, która może w następstwie ulegać zmianom. Udzielenie zezwolenia drogowego nie jest przeszkodą, by dla tej samej drogi udzielono konkurencyjnemu przedsiębiorstwu zezwolenia drogowego lub koncesji. Ustąpienie zezwolenia drogowego wymaga zgody władzy, która je udzieliła.

Zezwolenie drogowe może być w każdej chwili, za porozumieniem wzajemnym uprawnionego i władzy, zamienione na koncesję, bowiem zakład elektryczny o mocy poniżej 100 kW może ubiegać się albo o zezwolenie drogowe, albo o koncesję; tylko w stosunku do zakładów o mocy powyżej 100 kW zezwolenia drogowe nie mogą być udzielane, wchodzi w grę jedynie koncesja. Po upływie dwudziestu lat od chwili uzyskania zezwolenia drogowego zakłady elektryczne, służące do rozdzielania energii elektrycznej w celu zawodowego zbytu, mogą ulec wykupowi.

Trzeci rodzaj zakładów elektrycznych stanowią zakłady, powstające na zasadzie koncesji, bez przyznania im jednocześnie charakteru użyteczności publicznej. Każda koncesja normowana jest szczególnymi warunkami, jakim winien poddać się uprawniony; warunki te są zgrupowane w specjalnym akcie, stanowiącym rodzaj umowy i noszącym nazwę: „cahier des charges”.

Koncesja wymagana jest obowiązkowo dla zakładów elektrycznych, służących do rozdzielania energii elektrycznej dla celów zawodowego zbytu i korzystających w całości lub częściowo z drogi publicznej, o ile ich moc przewyższa 100 kW; jest fakultatywna, jak to widzieliśmy wyżej, przy mocy do 100 kW.

W zależności od tego, czy uprawnienia mają dotyczyć obszaru gminy, czy związku gmin, koncesji udziela burmistrz w wykonaniu uchwały rady gminnej, względnie przewodniczący wydziału związku gmin w wykonaniu uchwały tego wydziału; zarówno w pierwszym, jak i w drugim wypadku koncesja musi być zatwierdzona przez prefekta. We wszystkich innych wypadkach koncesji udziela władza państwowa; tak więc, jeśli koncesja dotyczy departamentu, udziela jej prefekt, jeśli dotyczy gmin, znajdujących się w różnych departamentach — Minister Robót Publicznych w porozumieniu z Ministrem Spraw Wewnętrznych.

Udzielenie koncesji nie stanowi przeszkody do udzielenia na tym samym obszarze koncesji przedsiębiorstwu konkurencyjnemu. Źródłem praw i obowiązków koncesjonariusza jest wyżej wspomniany „cahier de charges”, oraz przepisy prawa. Zgodnie z przepisami prawa na koncesjonariusza nie mogą być nałożone żadne dodatkowe opłaty i świadczenia na rzecz państwa, departamentów i gmin za korzystanie z publicznej własności, prócz tych, jakie są przewidziane w obowiązujących rozporządzeniach; z drugiej strony państwu i gminom nie mogą być przyznane żadne szczególne korzyści, z wyjątkiem jedynie zniżki ceny za korzystanie z prądu elektrycznego. (Te ostatnie postanowienia o dodatkowych opłatach i świadczeniach oraz szczególnych ulgach mają zastosowanie i do zakładów powstałych na mocy zezwoleń drogowych.). Z mocy aktu koncesji posiada przedsiębiorstwo elektryczne prawo przedsiębiorania na drogach publicznych i przyległych gruntach robót w celach budowy i utrzymania urządzeń elektrycznych, a to zgodnie z warunkami „cahier de charges”, przepisami drogowymi i przepisami prawa elektrycznego.

Czwarty rodzaj zakładów elektrycznych stanowią zakłady, powstające podobnie, jak i poprzednie, z mocy konce-

sji, różniące się jednak od tamtych nadaniem im charakteru zakładów użyteczności publicznej. Orzeczenie, uznające dane przedsiębiorstwo za zakład użyteczności publicznej, po przeprowadzonym dochodzeniu wydaje Rada Państwa na wniosek Ministrów Robót Publicznych i Spraw Wewnętrznych i po wysłuchaniu opinii Ministrów Handlu, Przemysłu, Poczty i Telegrafu oraz Gospodarki Krajowej.

Wszystkie wyżej podane zasady, co do trzeciego rodzaju zakładów elektrycznych, mają zastosowanie i do zakładów o charakterze użyteczności publicznej z tą tylko różnicą, że akt koncesyjny staje się prawomocny z chwilą potwierdzenia go przez wyżej powołane orzeczenie Rady Państwa. Prócz tego z nadanego tym zakładom przymiotu użyteczności publicznej wynikają dla nich następujące prawa i obowiązki: zakład elektryczny przy wykonywaniu robót, związanych z koncesją, korzysta z tych wszystkich uprawnień i podlega tym wszystkim obowiązkom, jakie ustawy i rozporządzenia nadają administracji, lub jakimi ją obciążają, przy robotach publicznych. Szczególne uprawnienia zakładu są następujące: może on w celu przeprowadzania przewodów i innych urządzeń nad ziemią i pod ziemią, umocowywania tych przewodów, wsporników na ścianach, wystęпах, dachach korzystać za odszkodowaniem z własności prywatnej; może również pod tym warunkiem obcinać znajdujące się w pobliżu przewodów gałęzie drzew. Powyższe roboty mogą być wykonywane pod warunkiem uprzedniego zatwierdzenia planu przez prefekta i zawiadomienia zainteresowanych. Spory w przedmiocie odszkodowania prywatnych właścicieli rozstrzygają w I instancji sądy pokoju. W przedmiocie odszkodowania obowiązują postanowienia ustawy z dnia 3 maja 1841 roku.

Wspomnieliśmy wyżej o Komitecie Elektrycznym; jest to instytucja powołana do wydawania opinii w wypadkach prawem przewidzianych, a nadto opinowania we wszystkich kwestiach, przedstawionych przez ministrów. Składa się ona z 30 członków; z tych połowę stanowią przedstawiciele wielkiego przemysłu elektrycznego, połowę delegacji następujących Ministerstw: Handlu, Przemysłu, Poczty i Telegrafu, Wojny i Gospodarki Krajowej.

Wspomnieliśmy również o tak zw. „cahier des charges”, zawierających warunki, na jakich zostaje udzielana kon-

cesja. Rozporządzenia wykonawcze podały wzory najbardziej typowych, powtarzających się warunków; tak więc istnieje wzór warunków dla koncesyj, udzielanych przez gminy lub związki gmin, wzór — dla koncesyj, udzielanych przez państwo, tu na uwagę zasługuje rozporządzenie wykonawcze z 17 stycznia 1927 roku, zmieniające dotychczasowe wzory i podające nowy wzór. Wzory powyższe zawierają warunki, które na żądanie petenta mogą ulec zmianom, i warunki niezmiennalne. „Cahier des charges” zawiera w szczególności postanowienia, dotyczące obszaru koncesji, uprawnień do korzystania z drogi publicznej, urządzeń służących do rozdzielania energii elektrycznej, przewodów, prądu, napięcia, taryfy maksymalnej, rewizji tej taryfy, liczników, nadzoru, czasu trwania koncesji, przejęcia urządzeń po ustaniu koncesji, wykupu przed expiracją koncesji, podatków, kar, kaucji, rozstrzygnięcia sporów i t. d. Ustawodawca francuski jak wiemy, nie zajmuje się zagadnieniem wytwarzania i przetwarzania energii elektrycznej, a jedynie jej rozdzielaniem.

Podaliśmy wyżej najważniejsze postanowienia, charakteryzujące ustawodawstwo elektryczne Francji. Na zakończenie należy wspomnieć jeszcze o ustawodawstwie wodnym, ze względu na znaczenie siły wodnej dla produkcji energii elektrycznej. We Francji obowiązuje ustawa z 16 grudnia 1919 roku w przedmiocie korzystania z energii wodnej. Zgodnie z tą ustawą, ten tylko może rozporządzać się energią wodną, kto uzyskał koncesję lub upoważnienie (autorisation). Niezbędna jest koncesja (a nie wystarcza upoważnienie) w stosunku do przedsiębiorstw, których głównym celem jest dostarczanie energii urzędom państwowym, departamentom, gminom, zakładom publicznym, których najwyższa moc przekracza 150 kW, a nadto w stosunku do przedsiębiorstw, których najwyższa moc przekracza 500 kW, niezależnie od tego, jaki jest ich główny cel. Koncesja przy większych źródłach energii wodnej udzielana jest w drodze ustawy, przy mniejszych — nadawana rozporządzeniem Rady Państwa. Podobnie, jak przy koncesji elektrycznej, koncesja wodna poddana jest warunkom, umieszczonym w „cahier des charges”. Koncesja udzielana jest na lat 75, może być jednak przedłużona. Z koncesją łączą się uprawnienia do korzystania z własności prywatnej, do jej wyłączenia za odszkodowaniem.

Z RUCHU I WYTWÓRNI

Isolacja transformatorów.

Na najbliższym Kongresie Wysokich Napięć, który odbędzie się w Paryżu w czasie od 18 do 27 czerwca r. b., będzie na pewno omawiana sprawa izolacji transformatorów w związku z podnoszeniem wytrzymałości izolacji linii napowietrznych. Wobec tego pozwolę sobie poruszyć parę pytań w powyższej sprawie.

Należy rozróżnić izolację: zwojów, warstw, zwojnic, uzwojenia względem innych uzwojeń, względem korpusu oraz względem uzwojeń innych faz, końców uzwojeń, jako też wszelkich przyrządów, znajdujących się pod napięciem w kadziach transformatorów. Każdy rodzaj może dać przebiecie niezależnie od wytrzymałości innych rodzajów.

Napięcia między rozmaitemi częściami uzwojeń powstają wskutek:

- 1) normalnego sinusoidalnego i symetrycznego napięcia sieci lub SEM wzniesionej;
- 2) z awiklań napięciowych lub magnetycznych;

3) fal przepięciowych.

Na wykonanie izolacji dotychczas nie ma norm. Kwestjonuje się ustalone od lat sposoby badań izolacji, dawane przez przepisy. W wytwórniach transformatorów w minionym roku mniej słychać było o wynalazkach nowych materiałów izolacyjnych, były zato czynione próby z odmiennym użyciem istniejących. Jako izolacja zwojowa znajdował zastosowanie papier, pogrubiający przewód o 0,3 mm i dający wytrzymałość w oleju do 7 kV. Lecz izolacja ta jest słaba mechanicznie i szczególnie czuła na wilgotność oleju. Wiele wytwórni, w szczególności po wojennych doświadczeniach z izolacją papierową, niechętnie przyjmuje tę nowość.

Jak wiadomo, każda warstwa izolacyjna posiada dwójaką wytrzymałość: na przebiecie wskrós i na przeskok powierzchniowy. Początem wytrzymałość zależy od zawilgożenia, zabrudzenia, skałeczenia przy nawijaniu, skałeczenia przez zadry w przewodzie, przetarcia przy zaginaniu końców, pogniecenia przez warstwy przewodów i t. p.

Jeżeli konstruktor - mechanik projektuje jakąś część maszyny, to oblicza ją we wszystkich częściach z pewnym stopniem bezpieczeństwa, gdyż posiada materiał dość jednolity. Niestety, nie możemy tego powiedzieć o materiałach izolacyjnych, które w zastosowaniu do maszyn elektrycznych mogą mieć bardzo rozległą skalę wytrzymałości. Jeśli więc przy doświadczeniu np. z falami przepięciowymi została uszkodzona środkowa zwojnica, to nie mamy żadnej pewności do wygłaszania poglądu, że fale przepięciowe są szkodliwe nawet po przejściu wielkiej ilości zwojów, gdyż dane miejsce mogło mieć wytrzymałość zwojową setki razy słabszą od normy.

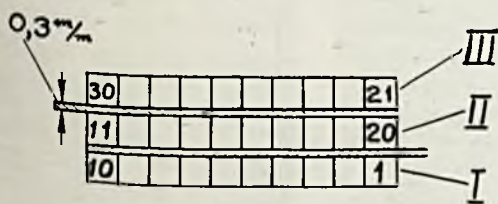
Pewne znaczenie więc dla ogólnego rozważania kwestji izolacji będą zapewne miały badania fabryczne każdego rodzaju izolacji transformatorów. Wytrzymałość każdego rodzaju izolacji określa się przez doświadczenie. Pomimo że doświadczenia nie stwarzają dokładnie takich samych warunków, jakie są w ruchu, to jednak dają nadzwyczaj cenne wiadomości, pozwalające na racjonalniejszy sąd w przypadkach przebicia w praktyce lub przy badaniach całych transformatorów w różnego rodzaju próbach.



Rys. 1.

W doświadczeniach fabrycznych dąży się do tego, aby każda rzecz była badana w normalnych warunkach pracy. Części uzwojeń są więc wykonywane do badań na tych samych maszynach i przez tych samych ludzi, co zwykle dana rzecz wykonywują.

Poza określeniem wartości izolacyjnej badania fabryczne ustalają, w jakim stopniu zabrudzenie przy pracy, pogniczenie lub t. p. zmniejszają wytrzymałość elektryczną izolacji. Jeśli z szeregu doświadczeń otrzymano kilka przypadków mniejszej wytrzymałości, to bada się skrupulatnie, co wpłynęło na osłabienie izolacji, w celu uniknięcia tych wad na przyszłość.



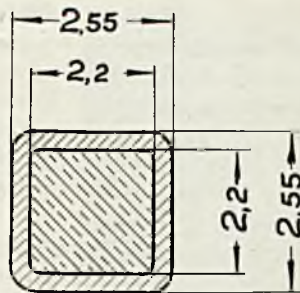
Rys. 2.

W wytwórni maszyn elektrycznych „Elektrobudowa” Sp. Akc. są robione takie doświadczenia, nieraz związane ze znacznymi kosztami i pewne sukcesy, osiągnięte w budowie transformatorów, oparte są często na całym szeregu żmudnych badań.

Przykład badań izolacji zwojowej, uzwojenia na 6,3 kV transformatora trójzwojowego 33/6, 3/0,4 kV, mocy 125 kV.

Rys. 1-szy przedstawia normalną zwojnicę wspomnianego transformatora, przygotowaną do badań wytrzymałości izolacji między sąsiednimi zwojami, t. j. tej najważniejszej izolacji względem fal przepięciowych.

Rys. 2-gi jest przekrojem tej zwojnicy, a rys. 3-ci przekrojem przewodu; rys. 4-ty jest fotografią przekroju zwojnicy o zupełnie podobnej izolacji zwojowej, lecz okrągłym przekroju przewodów. Na rys. 4-ym prawie nie widać podkładek z 0,3 mm drzewnika (preszpanu) między warstwami.



Rys. 3.



Rys. 4.

Dane zwojnicy: przewód prostokątny o przekroju $2,2 \times 2,2$ w podwójnym oprzędzie bawełnianym $2,55 \times 2,55$, jak na rys. 3-cim. Zwojnica była badana w oleju o temperaturze początkowej 90° , a końcowej 60° C. Przed próbą zwojnica i olej były suszone przez 48 godzin. Napięcie było podnoszone skokami co 200 V, zaczynając od 600 V. Na każdym stopniu przetrzymywane było przez 2 min. do 1400 V, powyżej zaś — po 3 minuty, a na napięciu 1800 V dłuższy czas. Poniższe tablice A, B i C podają czas w minutach i napięcie, przy którym nastąpiło przebicie. Należy więc pamiętać, że przy niższym napięciu już dana izolacja wykazała pewną wytrzymałość w ciągu 2-ch minut.

Tablica A. Dla górnej warstwy.

Doświadczenie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Czas, w minutach	0,2	0,1	1,2	1,0	0,4	1,05	1,00	0,5	2,0	1,5
Napięcie przebicia w kV	1,6	0,6	1,6	1,6	1,4	1,4	1,6	1,4	1,4	1,4

Tablica B. Dla średniej warstwy.

Doświadczenie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Czas, w minutach	0,8	1,5	1,3	3,0	0,2	0,4	3,0	2,3	3,0	6
Napięcie przebicia w kV	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	1,8

Tablica C. Dla spodniej warstwy.

Doświadczenie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Czas, w minutach	0,7	0,3	2,0	1,9	1,00	0,2	0,3	2,00	3,00	10,0
Napięcie przebicia w kV	0,8	1,5	1,4	1,4	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8

Normalne napięcie zwojowe wynosiło 5,5 V. Przyjmując średnią wytrzymałość w ciągu minuty na 1400 V, otrzymamy 254-krotne bezpieczeństwo, co nie jest zbyt wielkie ze względu na fale przepięciowe.

Doświadczenie 2-gie, tablica A, wskazuje na jakiś defekt, przy rozwijaniu jednakże zwojnicy ustalono, że dwa przebicia, 1-sze i 2-gie, były tuż obok siebie, podczas gdy inne były rozsiane na obwodzie warstwy. Niewykluczone więc jest, że zbyt silna iskra 1-go doświadczenia osmoliła na tyle przewody, że spowodowała to 2-gie przebicie. Często jednak pewne wady uzwojeń dają przebicia przy niższej od średniej wytrzymałości. Ostatni zwój okazał większą wytrzymałość wskutek odstawiania od reszty zwojów.

Zwojnice wzmocnionej izolacji dla cieńszych drutów wskazują wytrzymałość około 3 kV w ciągu 1ej minuty, a pierwsze zwoje mocno wzmocnionej izolacji transformatorów od 50 do 400 kVA na 33 kV wytrzymują w ciągu jednej minuty 12 kV i więcej napięcia między zwojami.

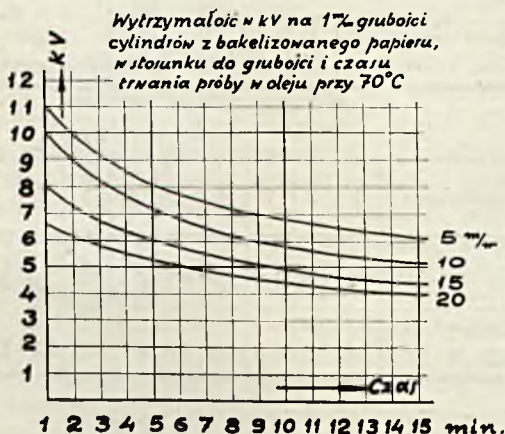
Izolacja warstwowa. Pasek drzewnika 0,3 mm grubości, pomity przy nawijaniu, wraz z oprzędem bawełnianym wykazuje wytrzymałość podaną w tablicy D dla 6-u badań.

Na każdym stopniu przetrzymywane było po 5 minut. Początkowe napięcie — 6 kV. Podnoszenie napięcia co 2 kV.

Tablica D. Wytrzymałość między warstwami.

Doświadczenie	1	2	3	4	5	6
Czas w minutach	2,1	1,0	5,0	0,3	2,5	2,8
Napięcie przebicia w kV	10,0	10,0	12,0	8,0	8,0	10,0

Niska wytrzymałość w badaniu 4-em otrzymana wskutek małej wady. Przyjmując średnią wytrzymałość międzywarstwową na 9 kV w ciągu 1-iej min. przy 110 V między skrajnymi zwojami w sąsiednich warstwach, ($20 \times 5,5$ V, 110 V), otrzymujemy 9 000 : 110 czyli 82-krotne bezpieczeństwo.

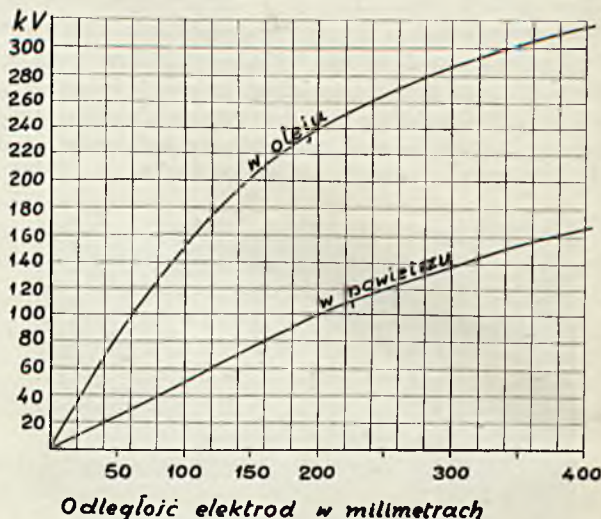


Rys. 5.

Izolacja między oddzielnymi zwojniami otrzymuje już znacznie mniejsze bezpieczeństwo (od 5 do 7). Izolacja zaś do korpusu, między niskim i wysokim lub między fazami nie przekracza już 3 lub 5-krotnego bezpieczeństwa.

Krzywe wytrzymałości rys. 5 i 6-go są podane przez jedną z włoskich wytwórni dla cylindrów z papieru bakelizowanego. Rys. 5-ty przedstawia wytrzymałość 1 mm grubości w stosunku do czasu próby i grubości ścianki w oleju przy 70° C, a wykres rys. 6-go daje wytrzymałość powierzchniową. Rysunki powyższe przytaczam jedynie dla wskazania, że otrzymanie 10-krotnego bezpieczeństwa, np. dla przegrody między fazami (rys. 8-my), wykonanej z płaskiego papieru bakelizowanego, przy kV napięcia, wymaga wytrzymałości w ciągu minuty na 350 kV.

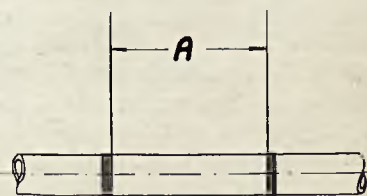
W tym przypadku, p/g rys. 5-go, dla ścianki, złożonej z 10 i 5-cio mm grubości bakelitu, trzeba wziąć $3 \times 10 + 5$ mm t. j. ogółem ściankę 35 mm grubości. Gorzej wy-



Rys. 6.

padnie z powierzchniową wytrzymałością, gdyż tu odległość a b c d (rys. 8) przy 9-krotnym bezpieczeństwie powinna przewyższać 400 mm. Podane na wykresach rys. 5 i 6-go wytrzymałości nie uwzględniają zawilgocenia, zabrudzenia, drobnych okaleczeń i t. p. czynników, tak możliwych w praktyce.

Rurka bakelito-wa (rys. 7-my) w stanie czystym wykazuje wytrzymałość $A = 70$ mm na 100 kV. Takie same rurki, po wmontowaniu przez ślusarzy do przyrządu dla regulacji napięcia wy-

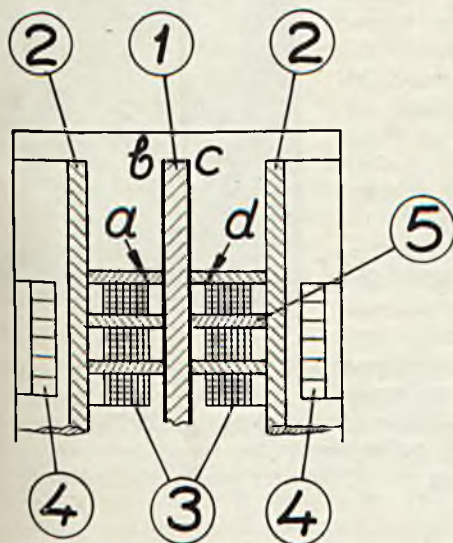


Rys. 7.

trzymały już tylko średnio 100 kV przy $A = 135$ mm. Następnie w przyrządach, wykonanych przez pracowników, którym została zwrócona uwaga na niebezpieczeństwo wcierania metalicznego brudu w powierzchnię bakelitu, odległość A stała się równa 85 mm przy 100 kV.

Fale przepięciowe są niebezpieczne w transformatorach swą stromością, mniej zaś amplitudą, czyli wysokością napięcia. Powyższe zdanie wygłasza, między innymi, T. Norris, naczelny konstruktor Tow. Ferranti w „The Electrician” z dn. 30 stycznia r. b., na str. 163. Doświadczenia z 25 kVA transformatorem na 11 kV, poddanym uderzeniom fal na 230 kV, wykazały uszkodzenie tylko izolacji zwojowej i międzywarstwowej. Główna izolacja między napięciem wysokim i niskim nie została nawet drażnięta.

Niestety, T. Norris nie podaje ani grubości izolacji zwojowej, warstwowej lub międzyzwojowej, ani też wytrzymałości tychże lub sposobu wykonania zwojnic.



Rys. 8.

- 1 — płyta izolacyjna między fazami,
- 2 — izolacja między uzwoj. niskim i wysokim,
- 3 — uzwojenie wysokie,
- 4 — uzwojenie niskie,
- 5 — izolacja między zwojnicami.

Przyjmując stromość 10 kV na 1 m, (pg. E. Flegler a ETZ 1930 r. str. 73) przy długości zwoju 1 m, otrzymujemy między pierwszemi zwojami 10 kV napięcia. Wskutek krótkotrwałości (mniej, niż 10 μ s) tego napięcia możemy przyjąć (choć to nie będzie ściśle), że 2,25 razy mniejsze normalne napięcie posiada taką samą siłę na przebicie przy trwaniu w ciągu 1-ej minuty. W tym wypadku wytrzymałość pierwszych zwojów powinna przekraczać $10 : 2,25 = 4,4$ kV, co w zwojnicach z mocno wzmocnioną izolacją z łatwością się osiąga. Pozatem stromość 10 kV na 1 m jest, być może, graniczna.

Największą trudność przy budowie transformatorów starowi nie to, co jest określane i projektowane przez konstruktorów, lecz te liczne, drobne napozór, lecz tem niemniej ważne szczegóły, których sposób wykonania musi być powierzany nawijaczom, monterom i wogóle wszelkim pracownikom, którzy choćby tylko dotykają się materiałów izolacyjnych. Wytrzymałość izolacji transformatorów zależy też w wysokim stopniu od uświadomienia i zrozumienia przez wszelkich pracowników wpływu różnych pobocznych czynników na wytrzymałość izolacji.

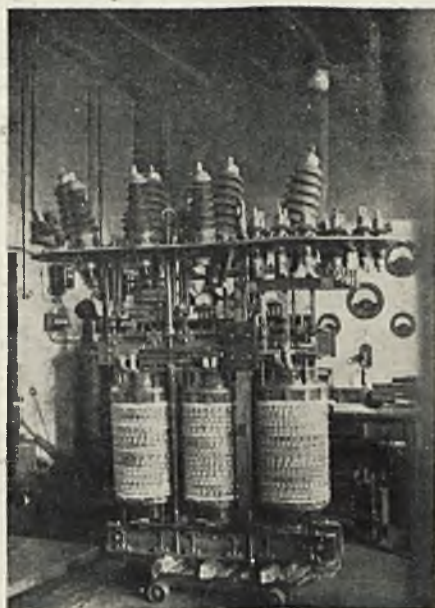


Rys. 9.

Rys. 9 i 10-ty przedstawiają widok uzwojeń transformatora 320 kVA na $33 \pm 5/6,3, 5/0,4$ kV. Na fotografiach widoczny jest sposób przeprowadzenia końców uzwojenia 6,3 kV do przełączników, wzdłuż krawędzi ścianki izolacyjnej między uzwojeniami faz, oraz krzyżowanie się końców uzwojeń na 6,3 i 0,4 kV. Rys. 9-ty uwidocznia, że prze-



Rys. 10.



Rys. 11.



Rys. 12.

wody nie wystają wcale poza ogólne krawędzie zwojnic, czyli, że wszystko jest dość ciasno wykonane.

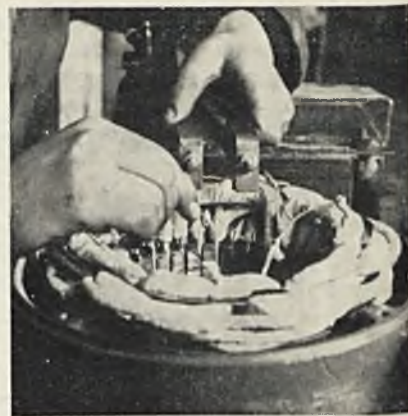
Rys. 11 i 12-ty są widokami transformatora na 5 napięć: $33 \pm 5/6,6/6,3/0,4/0,231$ kV, przy możliwości jednoczesnego pobierania prądu z 3-ch uzwojeń oraz przełączenia na 0,4 kV w zygzak i 0,231 kV w gwiazdę, przy 2-ch przewodach równolegle.

Wszystkie rodzaje napięć można otrzymać przez przełączanie na pokrywie kadzi transformatora. Widok rys. 12-go wskazuje tutaj też, że żaden koniec nie wystaje poza kontury zwojnic. W tym ostatnim transformatorze 12 końców uzwojenia niskiego na 400 i 231 V, 9 końców uzwojenia na 6,6 i 6,3 kV oraz 16 końców uzwojenia na 33 kV dochodzi do pokrywy izolatorów i przełączników.

Podane tu na rys. od 9-go do 12-go konstrukcje przewodzenia końców uzwojeń są świadectwem fachowego uzdolnienia polskiego pracownika elektrotechnicznego. Możemy się poszczycić, że posiadamy w Polsce rzemieślników-artystów, których wyroby nie ustępują wyrobom najdalej pouniętych w kulturze narodów, co zresztą wszyscy ludzie pracy u nas doskonale wiedzą.

Rys. 13 - sty przedstawia przyrząd do spawania srebrem końców zezwojów w małym silniku. Powyższy sposób był od dłuższego czasu stosowany przy łączeniu końców zwojnic w transformatorach.

Uważam sobie za miły obowiązek nadmienić, że pomysł i wykonanie zastosowania tego sposobu do silników jest zasługą p. Wiktora Jodkowskiego, podmajstrzego w naszej nawijalni. Końce zezwojów są po zalutowaniu gruntownie polerowane i lekko izolowane.



Rys. 13.

Wartość wyprodukowanych w kraju artykułów elektrotechnicznych 119 255

PRZEMYSŁ I HANDEL.

Zapotrzebowanie na artykuły elektrotechniczne w Polsce. Ogłoszone przed kilku tygodniami przez Główny Urząd Statystyczny wiadomości o naszej produkcji przemysłowej w 1929 roku pozwalają odtworzyć pojemność rynku polskiego na artykuły elektrotechniczne oraz wyciągnąć wniosek, w jakim stopniu produkcja własna zaspakaja ten rynek.

Całkowita wartość produkcji przemysłowej roku 1929 została oszacowana na 6 410 milionów złotych, w tem produkcja artykułów elektrotechnicznych na 119 milionów zł.

Oto ustosunkowanie wzajemne poszczególnych dziedzin przemysłu:

	wartość produkcji 1929 r. w tysiącach zł.
przemysł mineralny	310 573
przemysł metalowy	1 887 873
przemysł chemiczny	873 128
przemysł włókienniczy	2 267 825
przemysł papierniczy	183 987
przemysł skórzaný	151 819
przemysł drzewny	385 561
przemysł spożywczy	243 223
przemysł odzieżowy	106 258

W roku 1929 przywieziono do Polski:

maszyn elektrycznych na sumę	31 159
przyrządów, przewodników i innych materiałów elektrycznych	96 659
	127 818

Przewyżka importu	126 174
Wartość wyprodukowanych w kraju artykułów elektrotechnicznych	119 255
Ogólne zatem zapotrzebowanie wynosiło	245 429

Jakkolwiek liczby przytoczone wymagałyby jeszcze specjalnego omówienia i nie można ich uważać za nazbyt dokładne, gdyż Główny Urząd Statystyczny po raz pierwszy przeprowadzał ankietę na temat produkcji przemysłowej, to jednak przyjęte, jako nawet przybliżone, dają dostateczny obraz pojemności rynku polskiego na artykuły elektrotechniczne. — Z cyfr powyższych można wnioskować, że krajowa wytwórczość pokryła zapotrzebowanie zaledwie w 49% co do wartości produkcji.

Inne ciekawe refleksje nasuwa następujące zestawienie również dla roku 1929:

Nazwa artykułów	Import		Własna produkcja		Stosunek krajowej produkcji do zapotrzebowania
	tonn	tys. zł.	tonn	tys. zł.	
Maszyny elektryczne	4 244	31 159	1 662	11 548	27%
Kable i przewodniki obołow.	2 013	5 415		24 681	82%
Zarówki	126	10 363		14 443	58%
Liczniki	371	8 450		215	2%
Aparaty telefoniczne	317	11 687	199	12 201	51%
Radioaparaty i ich części	172	9 523		10 360	52%