

chaniki. W ciągu czterech lat odbyło się takich odczytów 69; szereg odczytów, obejmujący cały zakres elektrotechniki w ogólnych zarysach, powtórzono w ciągu tych czterech lat dwa razy.

Dla ułatwienia słuchaczowi przyswojenia trudniejszych pojęć i wyświetlenia zawilszych zjawisk, po odczycie nawiązywano dyskusję, która ciągnęła się nieraz dosyć długo.

Poza tem umieszczono w lokalu Sekcyi skrywkę zapytań. Ze skryzki tej wyjęto i przedyskutowano dziesięć zapytań treści praktycznej.

W r. 1908 otwarte zostały kursy elektrotechniczne przy klasach rzemieślniczych Muzeum Przemysłu i Rolnictwa dla monterów elektrotechników, pracujących w swoim zawodzie przynajmniej dwa lata.

Rozpoczęto od półrocznego kursu przygotowawczego, w ciągu którego wykładano arytmetykę, geometryę, fizykę i chemię sposobem lekcyjnym, t. j. przy ciągłej dyskusji ze słuchaczami. Z fizyki i chemii prowadzono w skromnym zakresie zajęcia praktyczne w pracowniach Szkoły H. Wawelberga i S. Rotwanda; z fizyki—pomiarowe, z chemii—jakościowe, w celu praktycznego zaznajomienia z zasadniczymi własnościami ciał i najprostszymi operacjami treści chemicznej, np.: oczyszczanie metali, barwienie metali, lutowanie, elektroliza. Następnie, po odpowiednim egzaminie, kilkudziesięciu słuchaczy przyjęto na kurs specjalny, na którym w ciągu półtora roku wykładano kilka godzin tygodniowo budowę maszyn elektrycznych, obliczanie i układanie sieci, telefonię i sygnalizację, teoretyczne podstawy elektrotechniki, a poza tem na ćwiczeniach obznajmiono z rysunkiem technicznym ogólnym i specjalnym w dziedzinie budowy maszyn i planów zładów elektrycznych.

Obok wykładów, słuchacze co dwa tygodnie zajmowali się w pracowni elektrotechnicznej, gdzie mieli sposobność zapoznać się z zasadniczymi sposobami badania maszyn elektrycznych, kontrolowania stanu izolacji sieci i przeprowadzania najprostszymi pomiarów. Zwiedzali również słuchacze urządzenia elektryczne pod kierunkiem wykładowców.

Po skończeniu kursu słuchaczy poddano egzaminowi ze wszystkich przedmiotów, nie wyjącając zajęć w pracowni

i ci, którzy zdali, w liczbie 17, otrzymali odpowiednie świadectwa.

W lutym r. 1910 rozpoczęto ponownie kurs przygotowawczy już po raz ostatni, przewidując, że w przyszłości kandydatów na kursa elektrotechniczne będą przygotowywały klasy rzemieślnicze.

W kwietniu r. 1910 był przeprowadzony specjalny kurs miesięczny dla maszynistów, obsługujących elektrownie głównie zamiejscowe. Kilkudziesięciu słuchaczom, przybyłym na ten kurs, wyłożono pokrótce zasady elektrotechniki, obznajmiono trochę z rysunkiem technicznym, a w pracowni elektrotechnicznej — z ważniejszymi własnościami maszyn i z najprostszymi pomiarami. Zadania polegały np. na przyłączeniu do sieci motorów, dynamomaszyn prądu stałego i zmiennego, lamp i zmierzeniu siły prądu, napięcia i mocy; rozpoznawaniu biegunów w źródłach prądu i sprawdzaniu stanu izolacji sieci. Egzaminów nie było, wydano tylko świadectwa przesłuchania kursu.

Wszystkie lekcje i zajęcia wyżej przytoczonych kursów, za wyjątkiem miesięcznych, odbywały się: w godzinach wieczornych od 7 $\frac{1}{2}$ do 9 $\frac{1}{2}$, w dni powszednie i koło południa w niedzielę; zresztą w niedziele odbywały się wykłady tylko wyjątkowo, poza zasadniczym planem.

Wreszcie należy zaznaczyć, że w roku 1909 otwarto w Warszawie oddział elektrotechniczny szkoły rzemieślniczej przy gminie starozakonnych, gdzie młodzież, po przyswojeniu sobie w ciągu kilku lat elementarnych nauk języków i rachunku, przez kilka miesięcy zapoznaje się z urządzeniem i działaniem maszyn elektrycznych przez zajęcia praktyczne w pracowni szkoły, objaśnienia do tych zajęć i udział w kontrolowaniu urządzeń oświetlenia przyłączonych do sieci miejskiej. Podobny wydział urządził się w Łodzi.

Nie można jeszcze pominąć milczeniem szeregu wykładów z elektrotechniki, przeprowadzonych przy kursach różnych specjalności, między którymi na szczególną wzmiankę zasługuje kurs elektrotechniki, wykładany co kilka lat, na kursach wiosennych dla cukrowników.

(D. n.)

M. Pożaryski, inż.

Kondensatory elektryczne Mościckiego i ich zastosowanie.¹⁾

Podał Kazimierz Drewnowski.

I. Uwagi ogólne o kondensatorach.

Zastosowanie kondensatorów w praktyce zależy od trzech czynników: wytrzymałości, pojemności i ceny; musi więc być:

1) wytrzymałość na przebicie dostatecznie wielka, aby można je było używać także do bardzo wysokich napięć;

2) pojemność jednostkowa znaczna, aby uniknąć potrzeby łączenia równoległego wielkiej liczby ogniów i aby moc pozorna, jaką mogą przepuścić kondensatory, była wielka, — i

3) cena przystępna.

Warunek pierwszy jest najważniejszy; od niego są w znacznym stopniu oba inne zależne.

Wytrzymałość na przebicie zależy w pierwszym rzędzie od materiału dielektryku kondensatora, a także — jak to wykazał Mościcki — od miejsca styku obłożenia z dielektrykiem. Ze względu na to, że pojemność kondensatora jest odwrotnie proporcjonalna do grubości dielektryku, musi być on możliwie cienki: materiał więc, z jakiego jest zrobiony, dostatecznie odporny na przyłożone napięcie. Z natury rzeczy wynika, że ten materiał musi być izolatorem i to jak najlepszym, aby straty, wskutek przepuszczenia prądu, były jak najmniejsze. Na wybór materiału jeszcze jedna rzecz wpływa. Ponieważ kondensatorów technicznych używa się prawie wyłącznie przy prądach zmiennych, wystawione są one na ładowanie i wyładowanie za każdym okresem, i im większa jest częstość okresów prądu, tem częściej muszą „pracować“, a więc przyjmować i wydawać pewną ilość energii, co połączone jest z ogrzewaniem kondensatora. Ponieważ je-

dnak ze wzrostem temperatury odporność izolatorów na przebicie spada, musi być to ogrzewanie jak najmniejsze i ciepło jak najprędzej odprowadzone; to prowadzi do nadania odpowiednich kształtów kondensatorowi i do umieszczenia go w środowisku łatwo przewodzącym ciepło. Ten wzgląd wyklucza wprost budowanie kondensatorów technicznych na wzór precyzyjnych, laboratoryjnych, które składają się najczęściej z wielu płaskich warstw, np. miki, przekładanej cynfolią.

Co się tyczy pojemności kondensatorów, to ta zależy, jak to wyżej wspomniano, od grubości dielektryku a także od jego powierzchni i materiału izolatora, czyli od tak zw. stałej dielektrycznej.

Cena kondensatora zależy głównie od sposobu fabrykacji, a więc znów od materiału, od tego, czy on się trudniej czy łatwiej obrabiać daje.

Z licznych izolatorów najlepiej nadają się do wyrobu kondensatorów: mika, ebonit, papier, szkło, jakkolwiek i z innymi materiałami niezłe doświadczenia poczyniono.

Z mnóstwa prób nad budową kondensatorów na wysokie napięcie, warto wymienić następujące:

Kondensatory ebonitowe Hutina i Leblanca²⁾ (płytki ebonitowa 0,2 mm gruba pokryta cynfolią) wytrzymały 10 000 v. Główną ich wadą było psucie się z czasem ebonitu i nadmierne ogrzewanie się.

Kondensatory parafinowe Lombardi'ego³⁾ wytrzymały przy 1 mm grubości 5000 v.; do napięcia 10 000 v. idą dwa

¹⁾ Odczyt wygłoszony na posiedzeniu V-go Zjazdu Techników Polskich we Lwowie.

²⁾ Lumière électrique, 1891, t. XL, 260.

³⁾ Tamże, 1900, str. 1080.

w szereg. Wada: ogrzewanie się niedopuszczalne przy dłuższej pracy. Koszt około 900 kor. za 1 μ F.

Kondensatory rycynowe Boasa ¹⁾ (stała dielektryczna ok. 5; cienkie płyty cynkowe izolowane kauczukiem, wewnątrz olej rycynowy; odstęp płyt 0,6 mm) wytrzymały 10 000 v.

Kondensatory o zgęszczonym powietrzu Fessendena ²⁾ (11—12 atm.; odstęp płyt 2 mm) pracowały pod napięciem 27 000 v.; ze względu na bardzo małą pojemność, nadają się tylko do telegrafii bez drutu.

Znacznie lepsze od poprzednich i, można powiedzieć, najlepsze do napięć niżej 10 000 v., są kondensatory papierowe Meirowsky'ego ³⁾, który początkowo wyrabiał kondensatory z papieru parafinowego, a później zastąpił parafinę stalszą od niej żywicą. Papier dlatego nadaje się do średnich napięć, gdyż można go otrzymać dostatecznie cienkim, cieńszym niż np. szkło — a więc zwiększyć pojemność; wyższe napięcie wymaga już grubszej warstwy.

Do bardzo wysokich napięć nadaje się szkło, które było materiałem pierwszych kondensatorów (butelka lejdejcka, tablica Franklina). Próbowano też niejednokrotnie budować kondensatory techniczne ze szkła, ale natrafiano na trudność otrzymania jednolitej tafli szklanej, dostatecznie cienkiej, która by wytrzymała wysokie napięcie.

Szkło jest materiałem kondensatorów Mościckiego.

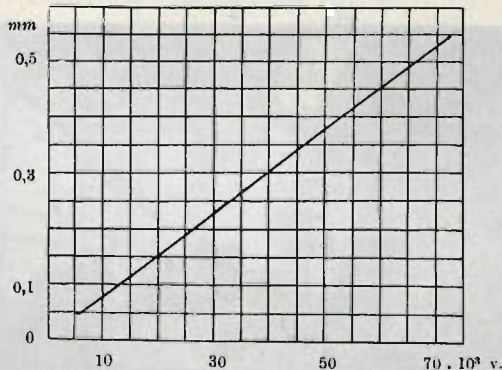
Badania Mościckiego nad wytrzymałością dielektryków i nad stratami w kondensatorze.

Pierwsze doświadczenie Mościckiego z kondensatorami płaskimi ze szkła wykazały dwie zasadnicze ich wady:

1) przebicie następowało prawie zawsze na brzegu obłożenia — i

2) aby zwiększyć pojemność kondensatora, trzeba składać kilka płyt razem, których brzegi należy potem zalać masą izolującą, celem uniknięcia wyładowań krawędziowych; skutkiem tego ochładzanie było bardzo trudne i straty znaczne, oraz zmniejszała się wytrzymałość na przebicie.

Stwierdzenie tych dwóch faktów doprowadziło do zasadniczej zmiany kształtu kondensatorów; zamiast płaskich, obrał Mościcki rurkowe, co pozwoliło z łatwością wykonać brzeg kondensatora grubszy w miejscu, gdzie kończyło się obłożenie, oraz osiągnąć jak najlepsze chłodzenie. To jest zasadniczą cechą wynalazku Mościckiego. Kondensatory je-



Rys. 1.

go mają pojemność, odpowiadającą grubości ścianki, a wytrzymują napięcie, odpowiadające grubości krawędzi.

Przy doświadczeniach i próbach z nowym typem kondensatora, dzięki zastosowaniu nowych metod pomiarowych, wykonał Mościcki cały szereg ciekawych spostrzeżeń nad wytrzymałością dielektryków na przebicie i stratach w kondensatorach, o których tu w krótkich słowach wspomnę.

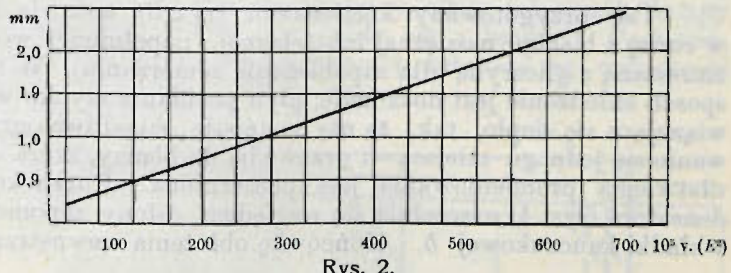
1) Szkło i ebonit mają tę własność, że na brzegu obłożenia następuje przebicie pod niższym napięciem, niż w środku powierzchni obłożonych o równej grubości. To można sobie tem wytłumaczyć, że tam powstaje zgęszczenie linii sił.

2) Napięcie przebijające wewnątrz obłożenia jest proporcjonalne do grubości dielektryku (rys. 1 dla szkła zwyczajnego). Napięcie, przebijające szkło zwyczajne — można wy-

razić w postaci $\frac{E}{d} = 1\,300\,000 \text{ v./cm}$, gdzie E — napięcie w voltach, a d — grubość szkła w cm.

3) Kwadrat napięcia przebijającego jest proporcjonalny do grubości dielektryku (rys. 2) na brzegach obłożenia.

4) Częstota okresów wpływa na wysokość napięcia przebijającego: przy większej częstotliwości napięcie przebijające jest mniejsze dla tej samej grubości, np. przy częstotliwości 8 — 9000, wysokość napięcia spada o połowę wobec częstotliwości 50.

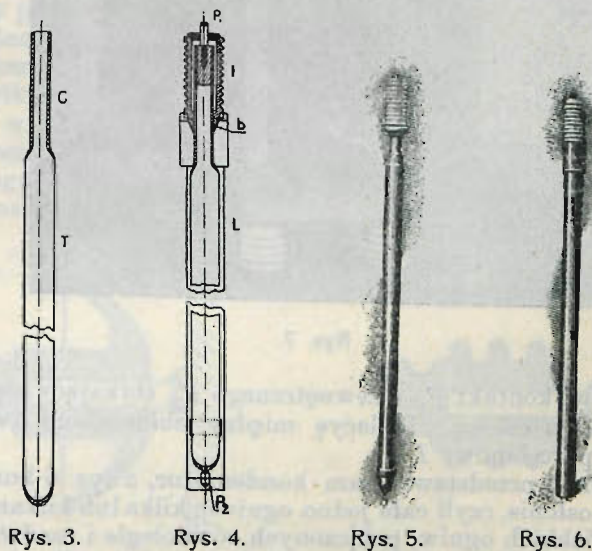


Rys. 2.

5) Straty energii, jaką dielektryk ze szkła przepuszcza, są tylko w nieznacznej części (około 2%) spowodowane przewodzeniem prądu; główne ich źródło leży w odkształceniach, jakim on podlega pod wpływem zmiennego napięcia, zależą więc one od liczby tych przekształceń w sekundzie, czyli od częstotliwości okresów.

6) Straty energii rosną z rosnącym napięciem E , a maleją z rosnącą grubością dielektryku d , czyli zależą od spadku napięcia $\frac{E}{d}$. Dla szkła czeskiego wynosiły, przy $\frac{E}{d} = 250\,000 \text{ v./cm}$, mniej niż 1% przepuszczanej energii (według Lombardi'ego 8%). Straty procentowe można wyrazić następującym wzorem

$$100 \cos \varphi = k \cdot \left(\frac{E}{d}\right)^\alpha \cdot n^\beta$$



Rys. 3.

Rys. 4.

Rys. 5.

Rys. 6.

gdzie k — stała, E — napięcie w voltach, d — grubość dielektryku w cm, n — częstota okresów, α i β wykładniki bliżej nieokreślone a zawarte między 0 a 1. Jeżeli to podstawimy we wzorze na straty w kondensatorze

$$p = 2 \pi n E^2 C \cos \varphi, \text{ gdzie } C = \frac{c S}{4 \pi d},$$

to otrzymamy

$$p = K \cdot d \left(\frac{E}{d}\right)^{2+\alpha} \cdot n^{1+\beta}$$

gdzie $K = \frac{k \cdot c \cdot S}{200}$, a $0 < \alpha < 1$ i $0 < \beta < 1$.

Ten wzór jest poprawionym wzorem Steinmetza $p = K \cdot E^2 \cdot n$, gdzie wielkość K jest stałą bez względu na zmiany w napięciu i częstotliwości. Badania Mościckiego wykazały, że K we wzorze Steinmetza dla szkła rośnie z rosnącym spadkiem napięcia i częstotłością.

¹⁾ E. T. Z. 1905, str. 383.

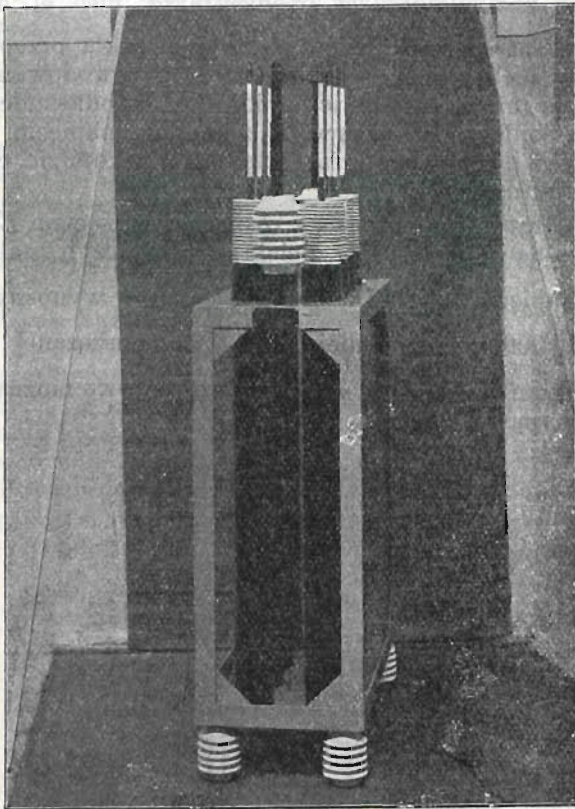
²⁾ T. T. Z. 1905, str. 980.

³⁾ E. T. Z. 1905, str. 601.

III. Opis kondensatorów Mościckiego.

Właściwy kondensator stanowi rurka szklana 40 lub 60 mm średnicy, zatopiona na jednym końcu, a na drugim wydłużona w szyjkę; grubość ścianki wynosi 1,5—2,2 mm, a szyjki 7—10 mm; długość rurki bez szyjki 400, 800 i 1200 mm. Wewnątrz i zewnątrz rurka jest powleczona galwanoplastycznie cieniutką warstwą srebra, która stanowi obłożenie kondensatora; ażeby uchronić obłożenie zewnętrzne od przetarcia, powleka się je warstwą miedzi.

Tak przygotowany kondensator (rys. 3) wstawia się w rurkę z blachy mosiężnej lub żelaznej, napełnionej wodą zmieszaną z gliceryną (dla zapobieżania zamarzaniu). W ten sposób chłodzenie jest doskonałe: plyn pochłania szybko wywiązujące się ciepło, tak, że nie następuje szkodliwe ogrzewanie się jednego miejsca — i przewodzi do blachy, która dla ułatwienia promieniowania jest poczerniona. Rurka kondensatora (rys. 4) uszczelnia się względem osłony zapomocą wkładki kauczukowej *b*. Końcówkę obłożenia wewnętrzne-



Rys. 7.

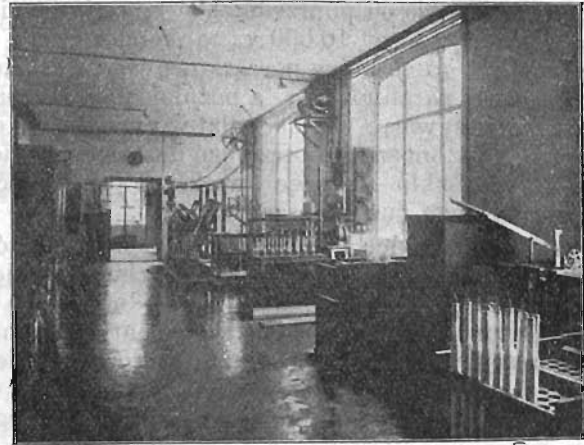
go stanowi kontakt P , a zewnętrznego P_2 , stykający się bezpośrednio z osłoną. Izolację między obłożeniami tworzy izolator porcelanowy I .

Rys. 5 przedstawia sam kondensator, a rys. 6 kondensator w osłonie, czyli całe jedno ogniwo; kilka lub kilkanaście (6—16) lekkich ogniw, połączonych równolegle i osadzonych w odpowiednich ramach metalowych na izolatorach, stanowi baterię kondensatorów (rys. 7). Obłożenia wewnętrzne baterii są połączone między sobą, zewnętrzne zaś łączą się za pośrednictwem osłon i ramy. Każde ogniwo opatrzone jest bezpiecznikiem (druć srebrny w rurce szklanej) do ochrony przed nadmiernym prądem.

Kondensatory systemu Mościckiego wyrabia fabryka kondensatorów w Fryburgu (Szwajcarya), założona w r. 1904 przez Modzelewskiego a zamieniona następnie na towarzystwo akcyjne (Société générale des condensateurs électriques). Towarzystwo posiada obecnie własny budynek i zatrudnia kilkudziesięciu robotników; prócz kondensatorów systemu Mościckiego, wyrabiają tam przyrządy pomocnicze do ochrony linii, jak cewki indukcyjne i statyczne, wyłączniki, t. zw. wentyle elektryczne, o których będzie później mowa, przyrządy do wytworzenia promieni Roentgena (przy zastosowaniu kondensatorów) i t. p. Rys. 8 przedstawia salę do galwanoplastyki, a rys. 9 montownię bate.yi kondensatorów.

Fabryka wyrabia obecnie głównie dwa typy kondensatorów: jeden do 18000 v. napięcia skutecznego przy zwykłej częstotliwości okresów i do 25 000 v. napięcia maksymalnego przy wielkiej częstotliwości (ochrona linii, telegrafia bez drutu); średnica rurki wynosi 40 mm, a grubość ścianki 1,5 mm. Drugi typ jest przeznaczony do napięć 35 000 lub 50 000 v. (zależnie od częstotliwości); średnica rurki wynosi 60 mm, a grubość ścianki 2,2 mm.

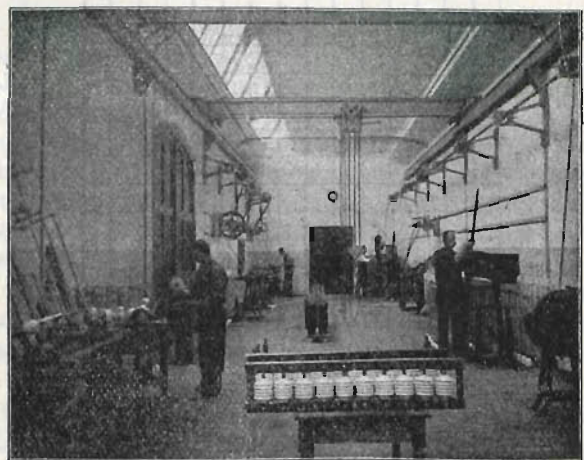
Do wyższych napięć należy łączyć kondensatory w szereg.



Rys. 8.

Ceny i pojemność zwykłych ogniw podane są w tabelce:

Typ	Napięcie	Pojemność w μ F.	Cena w kor.	Moc w watach	Koszt 1 KVA w kor.
400 40	18 000	0,0015—18	24	170	ok. 140
800 40	18 000	0,0030—36	30	340	ok. 90
1200 40	18 000	0,0040—50	42	460	ok. 85
800 60	35 000	0,0030—35	70	1250	ok. 85



Rys. 9.

Z równania $P = 2 \pi n E^2 C 10^{-6}$ widać, że moc P , do jakiej mogą służyć kondensatory, będzie tem większa, im większe napięcie E i częstotać okresów n . Widać stąd, a i tabelka powyższa to wskazuje, że ze względu na cenę nadają się one przede wszystkim tam, gdzie się ma do czynienia z wielkimi napięciami i wielką częstotnością okresów. Wy-równywanie przesunięcia fazy w sieciach o wysokim napięciu, telegrafia bez drutu i — jak to Mościcki w ostatnich latach zainicjował — ochrona sieci przed wyładowaniami elektryczności atmosferycznej i przepięciami — oto najważniejsze zastosowania kondensatorów Mościckiego. (C. d. n.)