

## Wentyle Giles'a.

Prof. dr. I. Mościcki.

Przed kilkunastu laty (około 1907 r.) fryburska fabryka<sup>1)</sup> kondensatorów elektrycznych zaczęła wytwarzać nowe aparaty, przeznaczone do zabezpieczania sieci elektrycznych od szkodliwych następstw, wywołanych przepięciami. Aparaty te są znane obecnie pod nazwą wentyli Giles'a, opracowanie zaś podstaw dla ich budowy, zarówno teoretycznych jak i eksperymentalnych, pochodzi ode mnie.

Sprawozdania z tych badań do tej pory nie publikowałem; czynię to obecnie w przekonaniu, że temat ten nie wiele stracił jeszcze na swej aktualności.

\* \* \*

Przy opracowywaniu kondensatorów elektrycznych na wysokie napięcie (r. 1903) zwróciłem uwagę na zjawisko silnego iskrzenia na powierzchniach dielektryków, poczynające się na brzegach okładek kondensatorów. Do badań tego zjawiska stosowałem rurki szklane w formie długich epruwetek, napełnionych rtęcią i w pozycji pionowej zanurzonych częściowo w rtęci. W ten sposób otrzymywało się kondensatory, których okładziny stanowiła rtęć, a dielektryk—szkło.

Po włączeniu tak zbudowanego kondensatora w obwód elektryczny prądu zmiennego o wysokim napięciu, następowało wyładowanie powierzchniowe wzdłuż ścianki rurki rtęciowej.

Ówczesne badania stwierdziły następujące fakty:

- 1) Odległość od brzegu okładziny, do której dochodzi wyładowanie powierzchniowe, jest proporcjonalna do stosowanego napięcia elektrycznego.
- 2) Zmniejszenie grubości dielektryka wpływa na zwiększenie odległości wyładowania.
- 3) Dielektryki o wyższej stałej dielektrycznej powodują również zwiększenie odległości w wyładowaniu.

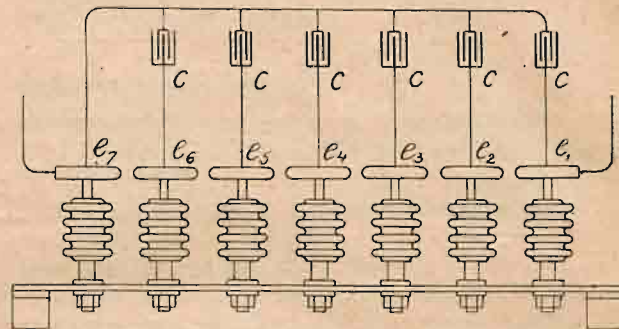
Blizsze wniknięcie w warunki wyładowań elektrycznych na powierzchniach dielektryków pozwoliło mi na zbudowanie modelu, odtwarzającego w sposób bardziej przejrzysty mechanizm omawianego zjawiska.

Rys. 1 przedstawia zasadę zbudowanego wówczas modelu.  $e_1, e_2, e_3, \dots$  oznaczają elektrody iskierników, włączonych w szereg. Literą C oznaczono małe kondensatorki, włączone pomiędzy elektrody e wielokrotnego iskiernika i jedną z końcowych elektrod.

Po włączeniu tego modelu w obwód prądu zmiennego i powolnem podnoszeniu napięcia, następuje wyładowanie iskrowe pomiędzy elektrodami  $e_1—e_2$ , a w miarę dalszego podnoszenia napięcia, rozszerza się iskrzenie na następne iskierniki aż do ostatecznego przebicia wszystkich iskierników, włączonych w szereg. Wystarczy spojrzeć na rysunek 1, żeby zdać sobie sprawę z całego mechanizmu omawianego zjawiska. Przebijanie iskierników musi tu następować po kolei.

Oprócz kondensatorów C same elektrody iskierników, obok siebie stojące, posiadają pewną małą pojemność kondensatorową. Dzięki jednak temu, że pojemność C jest znacznie większa od pojemności,

wytworzonej pomiędzy elektrodami  $e_1—e_2$ , prawie całe napięcie stoi do dyspozycji dla przebicia iskiernika  $e_1—e_2$ . Po przebiciu iskiernika  $e_1—e_2$  powtórza się w następstwie to samo zjawisko z iskiernikiem  $e_2—e_3$  z tą różnicą, że napięcie, które przebijają



Rys. 1.

iskiernik  $e_2—e_3$  jest już zmniejszone o spadek napięcia na iskrze w iskierniku  $e_1—e_2$ .

Przy dalszem kolejnem przebijaniu iskierników napięcie, stojące do dyspozycji dla przebicia każdego następnego iskiernika, jest zmniejszone o sumę spadku napięć na iskrach już wytworzonych w poprzednich iskiernikach.

Jeżeli oznaczymy przez  $V_1$  napięcie, potrzebne do przebicia jednego iskiernika, i niech  $V_2$  oznacza spadek napięcia na wytworzonej iskrze iskiernika, to możemy napisać równanie  $V = V_1 + nV_2$ , w którym n oznacza ilość iskierników, przebitych napięciem V.

Zmniejszając odległość elektrod, jesteśmy w stanie tak zmniejszyć  $V_1$  w stosunku do  $nV_2$ , że wreszcie będzie zachodzić proporcjonalność napięcia V do ilości przebitych iskierników n. Taka sama proporcjonalność została stwierdzona przy wyładowaniu powierzchniowem.

Dalsze dwa wyżej wspomniane wyniki doświadczeń z wyładowaniem powierzchniowem można również wyjaśnić zapomocą tego samego modelu.

Zmniejszanie grubości dielektryka, jak również zastosowanie dielektryka o wyższej stałej dielektrycznej zwiększają pojemność kondensatorów. Jeżeli więc w naszym modelu pojemność kondensatorów C zwiększymy, to spowodujemy tem zwiększenie natężenia prądu w iskrach. Zwiększenie zaś natężenia prądu w wyładowaniu iskrowem sprowadza za sobą zmniejszenie spadku napięcia  $V_2$ , a to z kolei umożliwia napięciu V przebicie odpowiednio większej ilości iskierników.

Po kilku latach (1907), interesując się rozwojem fryburskiej fabryki kondensatorów mego systemu, powziąłem myśl wykorzystania omówionych badań do budowy aparatów dla zabezpieczenia sieci elektrycznych od szkodliwych następstw, wywołanych przepięciami.

Na samym wstępie nasunęło się pytanie, jak szybko następuje po sobie przebijanie iskierników? Czy to zjawisko kolejnego przebijania dostatecznie szybko przechodzi, żeby mogło skutecznie zabezpieczyć urządzenia elektryczne od przepięć w sieci?

W tym celu przeprowadziłem doświadczenia, uwidocznione na rys. 2.

T oznacza cewkę Ruhmkorffa, za pomocą której ładowano przez prostownik P baterję kondensa-

<sup>1)</sup> Fabryka pod firmą „Société Générale des Condensateurs Electriques à Fribourg (Suisse)”.



torów C. Równolegle do baterji kondensatorów C jest włączony wielokrotny iskiernik z elektrodami  $e_1, e_2, e_3$ , i kondensatorami c. Obwód ten jednak przerwany jest iskiernikiem  $I_1$ , nastawionym na maksymalne napięcie, na które baterja kondensatorów C była ładowana.

W boczniku wielokrotnego iskiernika znajdował się iskiernik  $I_2$  ze śrubą mikrometryczną, pozwalającą na dokładne nastawienie i odczytanie skoku iskier, oraz duży bezindukcyjny opór R.

Po puszczeniu w ruch cewki Ruhmkorffa, baterja kondensatorów C ładowała się i w chwili podniesienia się odpowiednio napięcia, następowało przebicie iskiernika  $I_1$ , a następnie przebicie kolejno po sobie iskierników  $e, -e_2, e_2 - e_3, \dots$

Doświadczenie polegało na tem że nastawiało się iskiernik  $I_2$  na skok iskry, wyrażający dokładnie maksymalny spadek napięcia na całym wielokrotnym iskierniku.

Te doświadczenia powtarzano wielokrotnie, łącząc różne ilości iskierników, bacząc jednak na to, żeby wszystkie iskierniki, tak co do kształtu elektrod i ich odległości, jakoteż i pojemności kondensatorów c, były identyczne.

Rezultaty powyższych doświadczeń potwierdziły dokładnie poprzednio już omówione równanie  $V = V_1 + nV_2$ , a tem samem stwierdziły również, że i szybkość kolejnego przebijania iskierników jest dostatecznie duża.

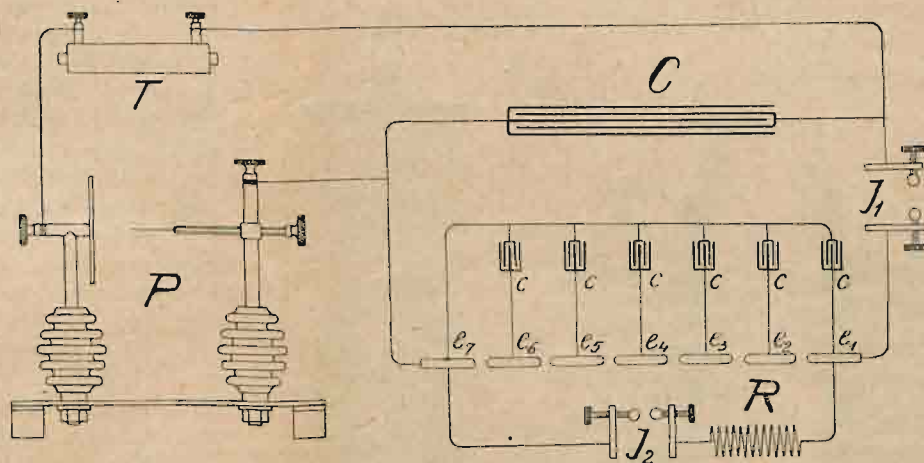
Na podstawie powyższych doświadczeń fryburska fabryka kondensatorów zbudowała techniczny model ochronnika, którego działanie przedstawia schematycznie rys. 3.

Iskierki  $i_1, i_2, i_3, \dots$  wraz z kondensatorami c stanowią urządzenie wielokrotnego iskiernika poprzednio omawianego, pozbawionego w ten sam szereg włączony jest iskiernik I i opór R. Opór ma za zadanie ograniczenie natężenia prądu w chwili przebicia wszystkich iskierników. W iskierniku I nastawia się elektrody na taką odległość, żeby normalne napięcie nie było go w stanie przebić, natomiast powinno go przebić napięcie podwyższone np. o 10 lub 20%.

Gdyby iskiernika I nie stosowano a jedynie iskiernikami  $i_1, i_2, i_3, \dots$  chciano zabezpieczyć dane miejsce sieci elektrycznej, to i przy normalnym spadku napięcia pomiędzy przewodem prądu a ziemią następowałyby w części iskierników ciągłe wyładowania, powodujące szkodliwe rozgrzewanie elektrod.

Dla dobrego funkcjonowania ochronnika, zbudowanego według omawianych zasad, muszą być zachowane następujące warunki.

Pojemności kondensatorów, które tworzą z sobą same elektrody iskierników  $i_1, i_2, i_3, \dots$ , powinny być bardzo małe w stosunku do pojemności kondensatorów c. Jedynie w tym przypadku można włączyć dla danego napięcia odpowiednią ilość iskierników, — gwarantujących, że natychmiast po przemi-



Rys. 2.

nięciu przepięcia wyładowanie iskierników będzie przerwane. Bo niech np. pojemność samego iskiernika  $i_1$  na rys. 3 będzie m razy większa od pojemności kondensatora c, to napięcie, które pozostało po kolejnym przebicciu poprzednich wszystkich iskierników, nie będzie pozostawało całkowicie do dyspozycji dla przebicia iskiernika  $i_1$ , ale tylko, jak to widać z rysunku, jego m + 1 razy mniejsza część.

Dalszy warunek stanowi wielkość omowego oporu R, dostosowana do napięcia sieci oraz pojemności kondensatorowej ochronnika. Opór R powinien tak ograniczyć natężenie prądu przy całkowitym przebicciu iskierników, żeby normalne napięcie nie było w stanie podtrzymać wyładowania, po za czas trwania przepięcia. W tym celu nietylko odpowiednia ilość iskierników powinna być dla danego napięcia włączona, ale i natężenie prądu nie powinno przekraczać odpowiedniej granicy. Oprócz tego wielkość oporu R nie powinna pozwolić na oscylacyjne wyładowania iskiernika.

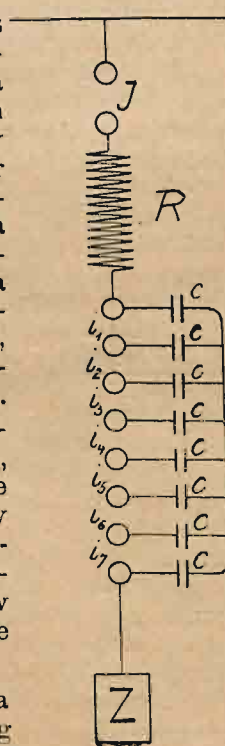
Utrzymanie wymienionych warunków jest nadzwyczajnie ważne dla budowy technicznych aparatów.

Jedynie ograniczenie czasu każdorazowego wyładowania w ochronniku do czasu trwania półokresu prądu zmiennego, t. j. normalnie do  $1/100$  części sekundy, pozwala na racjonalną i ekonomiczną budowę aparatu.

W tym przypadku opór R może mieć bardzo małe wymiary a tem samem może być tani, również i elektrody iskierników mogą posiadać małe wymiary i małą pojemność cieplną.

Rys. 4 przedstawia przekrój szeregu iskierników modelu technicznego ochronnika, opracowanego przez fabrykę i znanego pod nazwą wentyla Giles'a. Elektrody, oznaczone literą e, stanowią krążki cynkowe, izolowane od rdzenia żelaznego, przeprowadzonego przez środek krążków w mikanitowej izolacji a i b. Izolacja b izoluje jednocześnie elektrody pomiędzy sobą.

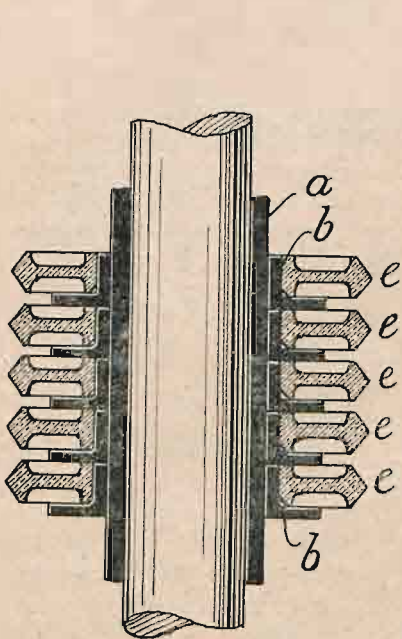
W tym przykładzie kondensatorki c tworzą krążki cynkowe ze wspólnym rdzeniem żelaznym.



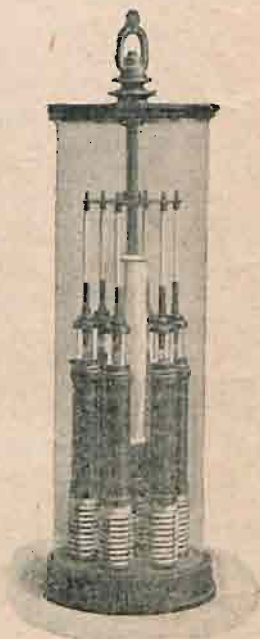
Rys. 3.



Rys. 5 przedstawia model fabryczny całego ochronnika, składającego się z 6 wentyli Giles'a. Na dole widzimy kolumny iskierników cynkowych, wyżej — opory omowe o jednej warstwie nawinięcia z bardzo cienkiego drutu manganinowego, jeszcze wyżej — iskierniki, analogiczne do oznaczonych na ry-



Rys. 4.



Rys. 5.

sunku 3 literą T. Oprócz tego każdy element jest zaopatrzony w bezpiecznik na wysokie napięcie, który składa się z cieniutkiego srebrnego druczka, umieszczonego w osi rurki szklanej, wypełnionej suchym proszkiem azbestowym.

Spotykałem się ze zdaniem, że wentyle Giles'a nie przedstawiają nic nowego w porównaniu z ochronnikami krążkowymi Würtz'a, które również składają się z wielu iskierników, włączonych w szereg. Mniemanie to jest niewłaściwe. Iskierniki Würtz'a nie posiadają charakterystycznych dla wentyli Giles'a kondensatorków, oznaczonych na powyższych schematach literą c. Wprawdzie można tu mówić o pojemności poszczególnych elektrod iskierników względem ziemi, lecz należy jednocześnie stwierdzić, że te pojemności są nadzwyczajnie małe w stosunku do tych, jakie tworzą same elektrody między sobą. Panują tu zatem warunki zupełnie odwrotne do tych, które, — jak to już zostało wyjaśnione, są potrzebne do dobrego działania ochronników.

Dopiero po dłuższym już stosowaniu w praktyce wentyli Giles'a różne firmy starały się w iskiernikach Würtz'a zwiększać pojemności elektrod względem ziemi przez ustawianie w bliskości iskierników uziemionych płytek metalowych. Na podstawie jednak różnych notatek w literaturze doznaję wrażenia, że jeszcze do tej pory ulepszenia iskierników Würtz'a nie doszły do takiej doskonałości, iżby każdorazowy czas ich działania można było ograniczyć do czasu trwania jednej zmiany prądu zmiennego. Wystarczy tu przytoczyć różne przykłady instalacji, w których załączone są w szereg z iskiernikami Würtz'a różki Siemens'a, służące do każdorazowego przerywania wyładowania do ziemi. Powolne działanie różków Siemens'a, trwające całe sekundy, jest powszechnie znane.

\* \* \*

Temat powyższy już od szeregu lat jest omawiany w literaturze fachowej. Są to jednak tylko wzmianki, którym brak jest najważniejszych nawet dat, potrzebnych do racjonalnej budowy ochronników tego systemu. Dzięki temu czeka na rozwiązanie wdzięczne zadanie, wymagające metodycznej pracy eksperymentalnej elektrotechnika.

Jedynie na drodze doświadczalnej można wypośrodkować korzystną wielkość kondensatorów C, oznaczyć ilość iskierników, włączonych w szereg dla danego napięcia V, pojemności C i odległości elektrod, — wskazać wielkość oporu R, ograniczającego natężenie prądu w zależności od innych danych, wreszcie — znaleźć napięcie, na które iskiernik I powinien być nastawiony w stosunku do normalnego napięcia sieci, co jest jednoznaczne ze stwierdzeniem procentowym bezpieczeństwa przy użyciu danego aparatu. Wszystkie te daty należy rozpatrywać z punktu widzenia najważniejszego warunku działania ochronnika, t. j. zapewnienia mu takiego funkcjonowania, żeby natychmiast po przeminieciu przepięcia wyładowanie do ziemi zostało przerwane.

Kończę tych parę słów o wentylach Giles'a w nadziei, że zachęcą one polskich elektr. techników do podjęcia na nowo tego niedostatecznie jeszcze wyzyskanego zagadnienia.

## Prostowniki (zwrotniki) mechaniczne i elektrolityczne.

Dr. K. Pollak.

W wydawnictwie „Saper i Inżynier Wojskowy” r. II, Nr. 9 i 10, str. 384 w artykule kap. Noworolskiego p. t. „Prostownik elektrolityczny” wynalazek, przedstawiony jako francuski i niemiecki (Nodon, Graetz), jest w rzeczywistości wynalazkiem polskim i przez polaka opracowanym<sup>1)</sup>.

W myśli, że wiadomości historyczne, konstrukcja, a także praktyczne zastosowanie prostowników zainteresują szersze koła elektryków, podajemy co następuje.

Około roku 1891 rozgorzała polemika między bracią w elektrze. Podzielono się na dwa obozy — prądu stałego i zmiennego (zwrotnego). Chcąc wykazać, że oba obozy mają po połowie racji i że łącząc te dwie połówki zyskać można harmonijną całość, starał się autor zrobić łącznik, budując przyrząd, pozwalający z prądu zmiennego zrobić tętniący, (idący w jednym kierunku), a z niego — wykrawiać części potrzebne.

Dnia 21 marca 1893 rzuciła gazeta frankfurcka (Frankfurter Zeitung) w świat wiadomość, iż udało się po raz pierwszy ładować akumulatory prądem zmiennym.

Biorąc pod uwagę, że w każdej dynamomaszynie powstaje prąd zwrotny, który dopiero przez komutator jest przełączany na prąd jednokierunkowy, umyśliłem przedłużyć niejako oś generatora (wytwornicy), a komutator umieścić na końcu tej długiej osi, co w zastosowaniu praktycznym przedstawiło

<sup>1)</sup> Pollak w 1895 r.  
Graetz w 1897 r.  
Nodon w 1902 r.