

# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTROTECHNIKÓW POLSKICH.

WYCHODZI 1-go i 15-go KAŻDEGO MIESIĄCA.

PRZEDPŁATA:  
kwartalnie . . . . . zł. 6.—

Cena zeszytu 1 zł.

Biuro Redakcji i Administracji: Warszawa, Czackiego № 5 m 24, I piętro  
(Gmach Stowarzyszenia Techników), telefon № 90-23.

Administracja otwarta codziennie od g. 12 do g. 4 po poł.

- Redaktor przyjmuje we wtorki od godziny 7-ej do 8-ej wieczorem. -

Konto № 363 Pocztovej Kasy Oszczędności.

## CENNIK OGŁOSZEŃ:

Ogłoszenia jednoraz. na 1/1 str.	120
" " na 1/2 " "	75
" " na 1/4 " "	40
" " na 1/8 " "	20
Strona tytułowa (I) 50 proc. drożej,	
" okładki zewn. (II) 20% "	
" " wewn. (II) i (III) 20% droż.	
Ogłoszenia strony tytułowej przyjmowane są tylko całostronicowe.	
Podwyżka cennika ogłoszeń obowiązuje wszystkie już złożone ogłoszenia od dnia zmiany cen bez uprzedniego zawiadom.	

Rok VIII.

Warszawa, 1 kwietnia 1926 r.

Zeszyt 7.

## Isolatory przewodowe wysokiego napięcia.

Prof. **Kazimierz Drewnowski**  
(Dokończenie).

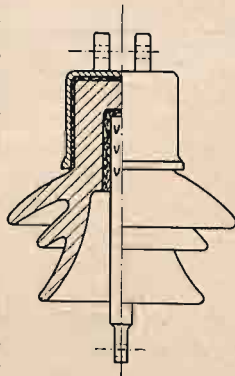
### 3. Isolatory wiszące.

Pierwotna forma izolatora wiszącego pochodzi z Ameryki, gdzie Hewlett w 1907 r. spróbował zawiesić kilka izolatorów pod sobą, nadając im charakterystyczny kształt ogniwa łańcucha, który przetrwał z małymi zmianami do dzisiaj u izolatorów łańcuchowych. Przewód umieszczony był u dołu, zamiast u góry, jak w stojących; stąd nazwa izolatora wiszącego. W parę lat później zjawily się w Europie (1909, fabryka porcelany w Hermsdorf, Niemcy) izolatory wiszące innego typu, których łączenie ze sobą odbywało się za pomocą kołpaka osadzonego na główce izolatora i odpowiednio zakończonego trzona; stąd nazwa izolatorów kołpakowych. W parę lat znowu później w Ameryce pojawił się typ izolatorów kołpakowych (Jeffery-Dewitt), które miały dolną część wyrobioną również na kształt główki, a zamiast trzona — drugi kołpak; są to izolatory dwukołpakowe.

Te trzy typy — różniące się między sobą zasadniczo pod względem elektrycznym — dziś są powszechnie używane, po przejściu szeregu ulepszeń.

#### a) Isolatory kołpakowe.

Pierwsze izolatory kołpakowe (Hermsdorf, 1909 r.) wzorowano na typie izolatorów stojących deltowych. Były one opatrzone w kołpaki z żelaza lanego, przykitowane do głowy porcelanowej izolatora, oraz trzon zakończony uchem. (Rys. 5). Ucho trzona łączyło się śrubami z uszami kołpaka. Izolator taki miał zwykle dwa klosze porcelanowe, osłaniające trzon od deszczu, nawet skośnie padającego, tak, że przeskok iskry miał następować raczej między przewodem a wspornikiem a nie między kołpakiem jednego ogniwa, a jego trzonem lub kołpakiem drugiego; nie zawsze jednak to się działo. Prócz tego, ogniwa poszczególne, będąc dłuższe niż szersze, tworzyły łańcuch zbyt długi i ciężki, co pociągało za sobą większe odstępy przewodów,

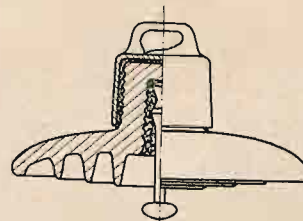


Rys. 5.

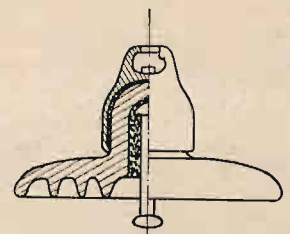
a więc droższą konstrukcją linii. W nowych urządzeniach takie izolatory są prawie nie spotykane.

Nowsze izolatory kołpakowe (1911) mają kształt zasadniczo inny, niż kloszowe; są raczej szersze, niż dłuższe i są pozbawione kloszów. Porcelana zato ma kształt talerza z paroma żebrami u spodu, opatrzonego ocynkowanym żelaznym kołpakiem u góry i trzonem żelaznym u dołu. Trzon jednego dzwona łączy się przegubowo z kołpakiem drugiego tak, że można je bardzo łatwo zakładać bez użycia śrub. (Rys. 6).

Podczas deszczu powierzchnia zewnętrzna izolatora i trzon są chronione od zamoczenia podobnie, jak u izolatorów kloszowych, to też wyładowania występują tu z reguły: na sucho — między kołpakami naokoło talerza, a przy deszczu między talerzami. To może doprowadzić do pęknięcia talerza pod wpływem łuku świetlnego dłużej trwającego. Umieszczenie na izolatorze daszków metalowych na talerzach lub obręczach, o których była mowa przy izolatorach stojących, łagodzi wprawdzie te niemiłe skutki, lecz zwiększa ciężar i koszt izolatorów. Najlepszym środkiem jest tu stosowanie kabłąka ochronnego, mającego ponadto inne jeszcze znaczenie. Będzie o tem mowa w następującym ustępie.



Rys. 6.



Rys. 7.

Obliczenie elektryczne izolatora kołpakowego jest częściowo odmienne, jak stojącego. Ponieważ jednak izolator wiszący nie stosuje się pojedynczo, lecz tylko zawsze w łańcuchu przynajmniej dwu ogniw, przeto warunki przeskoku iskry jednego ogniwa mniej nas interesują. To też izolatorom wiszącym stawiamy pod tym względem tylko takie wymagania, aby ich talerze nie dopuszczały do przeskoku od kołpaka do trzona naokoło jednego ogniwa, lecz raczej wzdłuż całego łańcucha. Szerokość talerza wpływa tylko nieznacznie na zwiększenie wytrzymałości łańcucha na przeskok. Obliczenie zaś na przebicie odbywa się podobnie, jak stojącego, mamy bowiem tu część kulistą i walcową, które można traktować jako układy podstawowe.

Dażenie do zwiększenia wytrzymałości izolatora na przebicie doprowadziło do takiego ukształtowania

ścianek porcelany izolatora, aby naprężenia były, ile możliwości, jednostajne, a pole prostolinijne. Izolatory takie mają główkę kulistą, w przeciwieństwie do poprzednio opisanych o główce walcowej.

Izolatory wiszące są zwykle wystawione na duże naprężenia mechaniczne, większe, niż u stojących, gdyż przy wyższych napięciach, przy których stosowane są one, mamy do czynienia z większymi rozpiętościami przewodów; również z powodu wzmagających się energii do przesyłania, przekroje przewodów robi się coraz grubsze. W związku z tem stawia się izolatorom coraz większe wymagania mechaniczne.

Normalnie dotąd wymagane gwarancje naprężeń 2500 kg. dla izolatorów kołpakowych wiszących, a 3000 kg dla odciągowych, stają się obecnie niewystarczające i żąda się, przy napięciach 200 kV, wytrzymałości nawet 7—8000 kg., a to ze względu na specjalnie mocne linki stalowo-aluminiowe. Przy tak dużych naprężeniach mechanicznych wysuwa się odpowiednie zamocowanie trzona i kołpaka na czoło zagadnienia, a więc znowu zjawia się kwestja kitu.

W izolatorze kołpakowym zwykłym, pierwotnego typu, umocowuje się trzon we wnęce, zalewając ją cementem. Trzon nie powinien mieć większych występów, wchodzących w kit, gdyż to utrudniałoby mu ruchy osiowe przy wydłużaniu się. Cement naprężony jest na ścinanie przez występy trzona i występy ścianki wnęki porcelany. I tu leży właśnie granica stosowalności dużych naprężeń mechanicznych. Poza to pęcznienie kitu może spowodować pęknięcie izolatora. Zjawiała się przeto dążność do takiego ukształtowania naprężeń, aby kit był naprężony na zgniatanie.

Pierwszym typem takiego izolatora kołpakowego był typ szwedzki „Untra” o główce kulistej i kulistym wydrążeniu wnęki, do której wchodzi trzon. Cement, którym zalewano otwór, tworzył po zastygnięciu formę kulistą, pozwalającą mu na równomierne przenoszenie naprężeń na porcelanową ściankę. Zwiększało to wytrzymałość mechaniczną.

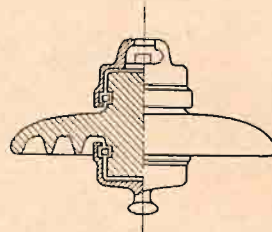
Za tem poszły inne pomysły, dążące do zupełnego usunięcia kitu, a zastąpienia go mechanicznym zamocowaniem gałek porcelanowych lub metalowych, wpuszczanych do wnęki przed wypaleniem porcelany; po ostudzeniu porcelana się kurczy i otwór u zęważa się tak, że gałka nie może się już wydostać na zewnątrz. Między gałką a porcelaną znajdują się wkładki tekturowe i t. d., służące do równomiernego rozkładania naprężeń trzona na ścianki porcelanowe. Podobnych pomysłów jest bardzo wiele, naogół mało różniących się pod względem wytrzymałości, która — trzeba przyznać — zwiększa się przez takie konstrukcje.

Umocowanie kołpaka na główce jest prostsze, tam rozszerzanie się metalu nie odgrywa roli, gdyż odbywa się w kierunku od porcelany. Przez występy na kołpaku i na porcelanie i zalanie kitem osiąga się dostateczną wytrzymałość. Izolator z główką kulistą nie potrzebuje specjalnych występów. (Rys. 7). Można tu również zastąpić kit pierścieniem stalowym, wchodzącym w odpowiednie rowki kołpaka i porcelany.

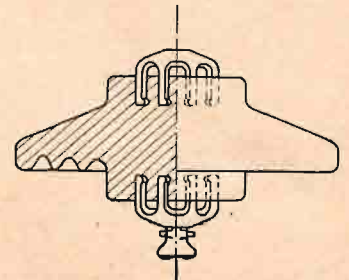
#### b) Izolatory dwukołpakowe.

Dążność do usunięcia niemiłych skutków pęcznienia kitu wewnątrz izolatora, przy trzonie, spowodowała powstanie typu izolatora wiszącego o podobnym kołpaku (Rys. 8), gdzie trzon jest zastąpiony drugim kołpakiem. Oba kołpaki mogą być zresztą

umocowane zapomocą pierścieni stalowych, aby i z pod nich kit usunąć, albo też za pomocą pazurów (typ Jeffery-Dewitt, Rys. 9). Taki izolator jest naprężony mechanicznie, wybitnie na rozerwanie. Dawniej obawiano się napręzać porcelanę na rozerwanie, obecnie, kiedy okazało się, że porcelana na rozerwanie posiada wytrzymałość wystarczającą, zastosowano to właśnie przy tych izolatorach.

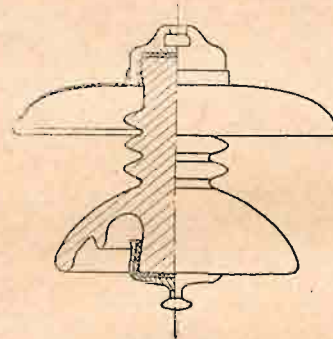


Rys. 8.



Rys. 9.

Pozatem zastosowanie izolatorów z grubym rdzeniem daje pewność, że napięcie przebicia będzie leżeć znacznie wyżej, niż napięcie przeskoku na sucho. Ten właśnie wzgląd doprowadził do konstrukcji izolatorów typu „Motor” (Rys. 10), wchodzącą obecnie coraz



Rys. 10.

częściej w użyciu. Przy tym izolatorze droga przebicia jest prawie jednakowa; wytrzymałość na przebicie jest zatem znacznie większa, niż na przeskok. Izolator tego typu odznacza się poza to jeszcze tem, że posiada kłosz górny metalowy, dający większą odporność na uderzenia oraz lepszy rozdział pola elektrycznego. Wytrzymałość na przeskok na sucho i na mokro różnią się tu znacznie mniej, niż u typów poprzednich.

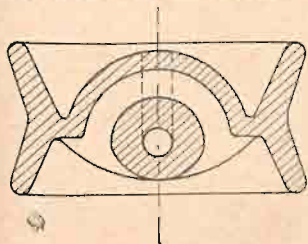
Stosuje się jednak także porcelanowe kłosze górne. Wytrzymałość mechaniczna tych izolatorów sięga już 5—10 000 kg. Wymagają jednak one nader starannej fabrykacji.

#### c) Izolatory łańcuchowe.

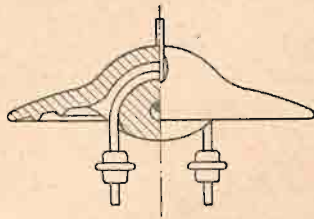
Mają one budowę zasadniczo odmienną ze względu na sposób umocowania ich. (Rys. 11). Część porcelanowa posiada wydrążone kanały, przez które przechodzą linki stalowe cynkowane, zaczepiające się ze sobą, jak ogniwa łańcucha. W ten sposób porcelana naprężona jest tylko na ściskanie, w przeciwieństwie do poprzednich, gdzie porcelana jest rozciągana. Zaleta ta nie jest jednak istotną, gdyż nowoczesna porcelana ma tak dużą wytrzymałość na rozerwanie, że wystarcza dla normalnie zachodzących naprężeń. Korzystniejszą zaś może być ta okoliczność, że w razie pęknięcia porcelany, łańcuch się nie rozrywa i pozostałe ogniwa mogą ewentualnie wytrzymać całe napięcie.

Ujemną stroną natomiast są wyładowania jarzące, powstające dosyć wcześnie w kanałach i mogące nadpsuć izolator, o ile na nim znajdują się rysy, pory i t. p.; szkodzą one również linkom izolatorowym. Charakterystyczna budowa izolatorów i ich umocowanie dopuszcza raczej do wyładowań ślizgowych lub łukowych między poszczególnymi ogniwami, niż do dowolnego przeskoku iskry poza izolatorem.

Nowoczesny izolator łańcuchowy ma budowę częściowo przejętą od typu kołpakowego; posiada on talerz, podobnie jak tamten, mający utrudnić wyładowania powierzchniowe. (Rys. 12).



Rys. 11.



Rys. 12.

Izolatory tego typu są droższe, niż talerzowe. Wyrób ich jest trudniejszy, niż izolatorów kołpakowych, które mają kształt brył obrotowych. Grubość ścianki nie może być tak jednostajna, jak tego wymagają względy na odporność termiczną. Wytrzymałość na przebicie jest też mniejsza. Mniejsza także pojemność własna, co jest niedogodne z punktu widzenia rozdziału napięć na łańcuchu izolatorów; — będzie o tem mowa poniżej.

Izolatory kołpakowe są obecnie pod wieloma względami lepsze, niż łańcuchowe. Ich fabrykacja poczyniła w ostatnich czasach bardzo duże postępy w Europie i wypiera izolatory łańcuchowe, które przysły z Ameryki, gdzie dotąd przeważnie panują. Wykazują one wobec tamtych większą pojemność, a przez to lepszy rozkład napięcia w łańcuchu, krótszą długość poszczególnego ogniwa, a przez to i całego łańcucha, a ponadto są one łatwiejsze w wyrobie i wytrzymałsze elektrycznie i mechanicznie.

Dla większego bezpieczeństwa, np. przy przejściach ponad rzekami, drogami, linjami niskiego napięcia i t. p., stosuje się izolatory w 2 lub nawet 3 rzędach.

#### 4. Łańcuch izolatorów wiszących.

Izolatorów wiszących pojedynczo prawie się nie używa, zwykle stosuje się łańcuchy z dwóch lub więcej ogniw. Łańcuch taki ma wytrzymać całe przepięsane napięcie przeskoku. Napięcie przebicia zaś odnosi się do każdego poszczególnego izolatora, powinno być zawsze większe, niż jego napięcie przeskoku; jest więc uwarunkowane samą budową typu. Zależnie od obranego typu izolatora (łańcuchowe czy kołpakowe) mamy różne wartości napięcia przebicia w stosunku do napięcia przeskoku na sucho lub na mokro. Izolatory łańcuchowe są gorsze pod tym względem od kołpakowych. Natomiast co do napięcia przeskoku całych łańcuchów o równej liczbie ogniw, oba rodzaje są prawie jednakowe.

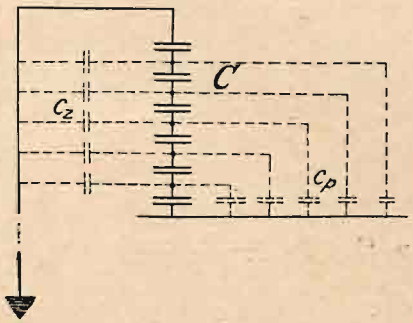
Przy izolatorach stojących każdy typ ma przepisane granice napięcia używalności; stąd duża ilość typów takich izolatorów. Przy wiszących natomiast staramy się mieć do czynienia zwykle z jednym typem, z którego kombinuje się łańcuchy izolatorów, stosownie do napięcia.

Wobec tego, że każde ogniwo łańcucha bierze na siebie część ogólnego napięcia linii, przeto zwiększając napięcie, zwiększać trzeba liczbę ogniw izolatora. Napięcie linii nie rozdziela się jednak jednakowo na wszystkie izolatory, jakby tego można było się spodziewać w razie, gdy wszystkie ogniwa są tego samego typu. Praktyka zaś wykazuje, że na ogniwa bliższe przewodu przypada większe napięcie.

Niejednakowy podział napięcia na poszczególnych ogniwach łańcucha izolatorów tłumaczy się

wplywem pojemności izolatorów (Rys. 13): względem siebie ( $C$ ), względem słupa, czyli ziemi ( $c_z$ ), oraz względem przewodu ( $c_p$ ).

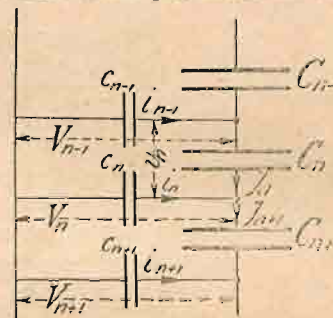
Pojemności własne izolatorów  $C$  są dla tego samego typu jednakowe; pojemności względem słupa  $c_z$  również; natomiast pojemności względem przewodu  $c_p$  są różne: im izolator jest dalej od przewodu, tem ta pojemność jest mniejsza.



Rys. 13.

Prąd pojemnościowy, przepływający przez cały taki układ kondensatorowy, dzieli się skutkiem tego niejednakowo na poszczególne ogniwa i to jest przyczyną niejednakowego rozdziału napięć. Im większy bowiem prąd płynie przez izolator, tem większa jest różnica napięć.

Ażeby poznać bliżej prawa rozdziału napięć, weźmiemy pod uwagę część łańcucha izolatorów, schematycznie przedstawioną (Rys. 14) i uwzględnimy na razie tylko pojemności własne i względem ziemi,



Rys. 14

Kondensatory  $C_{n-1} = C_n = C_{n+1} = \dots = C$  przedstawiają pojemności poszczególnych ogniw łańcucha izolatorów, kondensatory zaś  $c_{n-1} = c_n = c_{n+1} = \dots = c$  ich pojemności (t. zn. pojemności ich okuć) względem słupa uzziemionego, na którym łańcuch wisi, a więc względem ziemi. Oznaczmy prądy i napięcia w tym układzie — jak na

rysunku.

$$\begin{aligned} \text{Wtedy prądy } I_n + i_n - I_{n+1} &= 0 \\ \text{oraz } I_n &= \omega C_n v = \omega C (V_n - V_{n-1}), \\ I_{n+1} &= \omega C (V_{n+1} - V_n) \\ i_n &= \omega c V_n \end{aligned}$$

Po podstawieniu otrzymamy

$$\frac{c}{C} V_n = V_{n+1} - 2 V_n + V_{n-1} \dots \dots \dots \text{ a)}$$

Równanie to przedstawia zależność napięcia na  $n$ -tym ogniwie, w zależności od napięć ogniw sąsiednich, a więc rozkład napięć na łańcuchu. Aby to równanie rozwiązać kładziemy:

$$V_n = A e^{n\alpha}, \quad V_{n+1} = A e^{(n+1)\alpha}, \quad V_{n-1} = A e^{(n-1)\alpha},$$

gdzie  $A$  jest stałą, którą później wyznaczymy.

Po podstawieniu do równania a) otrzymamy:

$$\frac{c}{C} = \left( e^{\frac{\alpha}{2}} - e^{-\frac{\alpha}{2}} \right)^2 = \left( 2 \sinh \frac{\alpha}{2} \right)^2$$

$$\text{skąd } \sinh \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{c}{C}} \dots \dots \dots \text{ b)}$$

$\alpha$  jest zatem określone stosunkiem pojemności  $c/C$ ; dla tego stosunku małego  $\alpha \cong \sqrt{\frac{c}{C}}$

Ponieważ w równaniu b)  $\alpha$  może być  $\pm$ , przeto wprowadzamy drugą stałą  $B$  do równania na  $V_n$ :

$$V_n = Ae^{n\alpha} + Be^{-n\alpha}$$

Stałe  $A$  i  $B$  wyznaczymy z warunków krańcowych. Na początku łańcucha ( $n=0$ )  $V_0=0$ , bo łańcuch uziemiony. Wtedy

$$V_0 = A + B = 0 \quad \text{czyli} \quad A = -B$$

a zatem  $V_n = A(e^{n\alpha} - e^{-n\alpha}) = 2A \sinh n\alpha$ .

Na końcu łańcucha ( $n=z$ ) panuje napięcie robocze  $V_z = V$ . Wtedy

$$V_z = 2A \sinh z\alpha \quad \text{czyli} \quad A = \frac{V}{2 \sinh z\alpha}$$

Stąd 
$$V_n = V \frac{\sinh n\alpha}{\sinh z\alpha}$$

Według tego wzoru można obliczyć napięcie względem ziemi każdego izolatora w łańcuchu, znając  $\alpha$ , które można wyznaczyć ze stosunku  $c/C$  według wzoru b).

Napięcie, przypadające na każde ogniwo, będzie zatem:

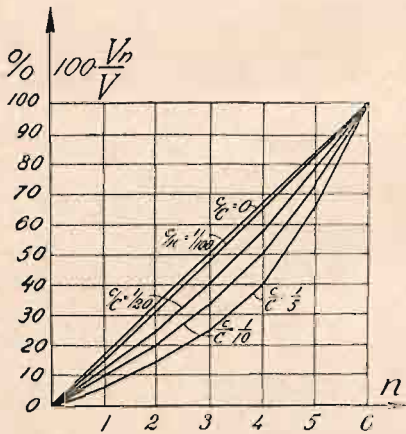
widać, ile procentów napięcia przypada na każde ogniwo, stosownie do wzoru e).

Z obu tych rysunków widzimy, że najwięcej naprężone jest ogniwo ostatnie, leżące najbliżej przewodu. Rys. 17 przedstawia właśnie napięcie na ostatnim ogniwie, obliczone według wzoru f) dla różnej liczby ogniw w łańcuchu i przy różnych stosunkach  $c/C$ . Napięcie na ostatnim ogniwie łańcucha izolatorów pewnego typu osiąga przy pewnej liczbie ogniw wartość prawie stałą.

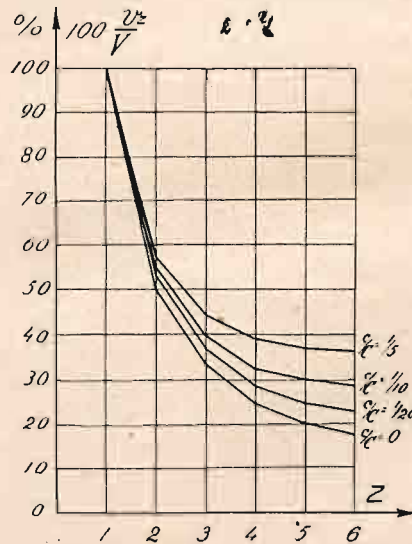
Dla łańcuchów z dużej liczby ogniw można przyjąć (wzór f)  $\sinh z\alpha \cong e^{z\alpha}$ ; przeto wtedy otrzymamy:  $v_z = V(1 - e^{-\alpha})$ , jako wartość graniczną napięcia, przypadającego na ostatnie ogniwo. Zależy ona tylko od  $\alpha$  czyli od  $c/C$ . Stąd łatwo obliczyć napięcie największe, jakie możnaby zastosować na łańcuchu izolatorów o dużej liczbie ogniw, przy dopuszczalnym napięciu  $v_z = v_0$  dla danego typu izolatorów:

$$V_{\max} = \frac{v_0}{1 - e^{-\alpha}}$$

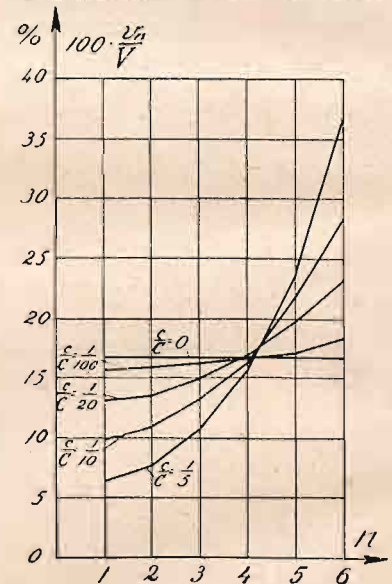
Dalsze zwiększanie liczby ogniw nie przyniosłoby (teoretycznie) żadnego polepszenia rozdziału napię-



Rys. 15.



Rys. 16.



Rys. 17.

$$v_n = V_n - V_{n-1} = V \frac{\sinh n\alpha - \sinh (n-1)\alpha}{\sinh z\alpha} \quad \text{e)}$$

A zatem na ostatnim izolatorze najbliższym przewodu będzie panować napięcie:

$$v_z = V \left(1 - \frac{\sinh (z-1)\alpha}{\sinh z\alpha}\right) \quad \text{f)}$$

Ostatnie wzory są miarodajne przy obliczaniu naprężeń izolatorów w łańcuchu. Jak widać, głównym czynnikiem warunkującym rozdział napięć jest  $\alpha$ , czyli stosunek  $c/C$ .

Najlepiej uzmysłowi to przykład, przeliczony dla łańcucha z 7 ogniw. Rys. 15 przedstawia procentowy rozdział napięć w łańcuchu, obliczony ze wzoru d). Widać tam, jak bardzo stosunek  $c/C$  wpływa na ten rozdział. Im jest on mniejszy, tem bardziej jednostajny jest rozkład napięć. Dla  $c/C=0$  wypada jednakowe napięcie na każdym ogniwie.

Lepiej jeszcze uzmysłowi to Rys. 16, z którego

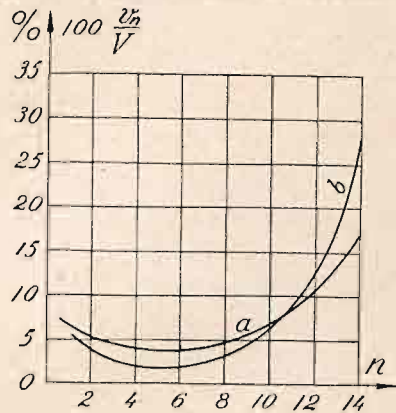
cia, czyli, że — przy normalnie używanych typach — nie możnaby wyjść poza pewną granicę napięcia roboczego, gdyż inaczej ostatni izolator zawsze znajdowałby się pod nadmiernym naprężeniem.

Sposób obliczania, podany powyżej, aczkolwiek teoretycznie słuszny, nie odtwarza jednak ściśle zachodzących w praktyce zjawisk.

Przedewszystkiem trzeba bowiem uwzględnić jeszcze wpływ pojemności izolatorów względem przewodu ( $c_p$  na Rys. 13), która, jak ze schematu wynika, działać musi przeciwnie, niż pojemność względem ziemi ( $c_z$ ). Ze względu na niejednakowe dla poszczególnych ogniw wartości tej pojemności, nie można liczyć zastosować powyżej znalezionych wzorów na obliczanie rozdziału napięć w łańcuchu. Jakościowo da to jednak obraz, z którego widać, że wpływ ten będzie wzrastać z rosnącą liczbą ogniw. Widać to np. na Rys. 18, na którym przedstawione są wyniki pomiarów na łańcuchu z 14 izolatorów kołpakowych (a) i łańcuchowych (b). Mamy tu wyraźnie wpływ

odciążający pojemności względem przewodu, oraz większe odchylenia w rozdziale napięć przy izolatorach łańcuchowych, niż przy kołpakowych (z powodu mniejszej pojemności własnej pierwszych).

Ponadto okazuje się z doświadczeń (np. W. F. Peeka z linjami na 1000 kV), że, aczkolwiek początkowo rozdział napięcia na łańcuchu izolatorów odbywa się według praw powyższych, to w chwili przeskoku iskry stosunki się zmieniają i na każdy izolator przypada prawie takie same napięcie. Przypisują to zwiększeniu pojemności poszczególnych izolatorów, skutkiem działania wyładowań jarzących, które występują tem silniej, im izolator jest bliżej przewodu. Nie mniej przeto jednak trzeba liczyć się z większymi naprężeniami na ostatnim ogniwie, występującymi przed przeskakiem i mogącymi wywołać lokalne przeskoki lub nawet przebicia.



Rys. 18.

Przeto nierównomierny podział napięcia dlatego jest szkodliwy, że najbliższy do przewodu izolator może otrzymać zbyt wysokie napięcie tak, że nie będzie w stanie go wytrzymać i zostanie przebity; wtedy ogólny stan izolacji pogorszy się, bo to samo napięcie będzie się musiało rozdzielić na liczbę izolatorów o jeden mniejszą, co postawi te izolatory w jeszcze cięższe warunki pracy.

W normalnych warunkach, począwszy od 5—6 ogniów w łańcuchu, wypada zawsze około 30% całego napięcia na izolator najbliższy przewodu tak, że wreszcie dochodzimy do naprężenia tego izolatora powyżej dopuszczalnego stopnia bezpieczeństwa.

Polepszenie rozdziału napięcia na łańcuchu izolatorów wiszących może nastąpić przez zmniejszenie stosunku  $c_z/C$  lub przez zwiększenie stosunku  $c_p/C$ . Pierwsze można osiągnąć przez zwiększenie odstępów łańcucha od słupa, co zmniejsza pojemność  $c_z$ ; albo przez zwiększenie pojemności poszczególnych ogniów ( $C$ ) czy to przez ścinienie porcelany izolatora, czy przez nakładanie na izolatory płytek metalowych; można to również osiągnąć przez stopniowanie izolatorów, stosując bliżej przewodu izolatory o pojemności większej.

Stosowanie do jednej linii izolatorów różnych typów jest dosyć kłopotliwe; raczej staramy się tego unikać. W ostatnich czasach stosuje się przeto coraz więcej kablonki ochronne, umieszczane u spodu łańcucha i połączone z przewodem. (Rys. 19). Przez to osiąga się zwiększenie działania pojemności względem przewodu, działającej przeciwnie, niż pojemność izolatora względem ziemi. Pozatem te kablonki stanowią ochronę od wyładowań ślizgowych, trzymając przeskoki iskry zdala od izolatorów.

Wyładowania między kabłkami odbywają się prawie bez wpływu pojemności izolatorów, to też przeskoki takiego łańcucha idzie według praw wyładowań między elektrodami o małej krzywiznie. To znacznie poprawia warunki stosowalności łańcuchów o dużej liczbie ogniów, o czym była mowa poprzednio.

Przy obliczaniu łańcuchów izolatorów wiszących,

t. zn. obliczaniu liczby jego ogniów przy danym napięciu roboczym, trzeba uwzględnić zarówno wytrzymałość na przebicie i na przeskoki jednego izolatora, jak i całego łańcucha, a także jego pojemność własną, oraz pojemność względem ziemi, a może i względem przewodu; trzeba ponadto uwzględnić stopień bezpieczeństwa, rozdział napięć w łańcuchu, a głównie napięcie na ostatnim ogniwie i t. d.

Pojemność własną izolatora mierzy się zwykłymi sposobami pomiaru pojemności małych. Jest ona zwykle rzędu  $10 \div 50 \cdot 10^{-6} \mu F.$ , mniejsze cyfry dotyczą izolatorów łańcuchowych, większe — kołpakowych. Trudniej jest wyznaczyć pojemność względem ziemi. Na podstawie licznych pomiarów stosunek  $c_z/C$  wynosi średnio dla izolatorów łańcuchowych  $1/3$ , kołpakowych  $1/10 - 1/20$  (druga cyfra odnosi się do izolatorów z główką kulistą), a dla izolatorów z podwójnym kołpakiem jeszcze mniej.

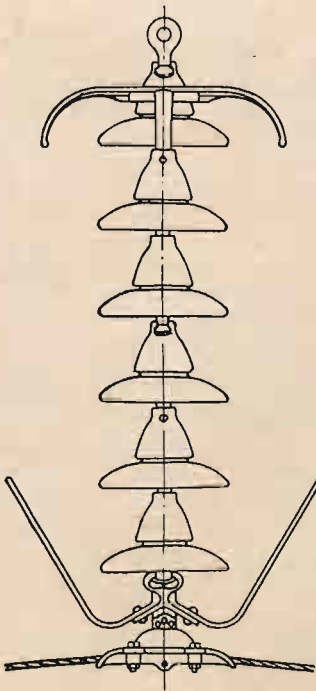
Na podstawie wyżej podanego sposobu obliczania rozdziału napięcia w łańcuchu izolatorów można również obliczyć pojemność całego łańcucha. Przez ostatnie ogniwo przechodzi cały prąd pojemnościowy łańcucha, powodując tam spadek napięcia  $V_z$ . Pojemność zatem całego łańcucha  $C$  i pojemność ostatniego ogniwa  $C_z$  mają się odwrotnie, jak napięcia na łańcuchu ( $V$ ) i na tym ogniwie ( $v_z$ ):

$$\frac{C}{C_z} = \frac{v_z}{V}$$

podstawiając za  $v_z$  wartość z równania  $f$  otrzymamy:

$$C = C_z \left( 1 - \frac{\sinh \alpha (z-1)}{\sinh \alpha z} \right)$$

Napięcie przeskoku na mokro, które jest najbardziej miarodajne przy obliczaniu izolatorów, zależy od typu izolatora. Leży ono w granicach 30—34 kV dla izolatora łańcuchowego, 42—44 kV dla kołpakowego, a 80—100 kV dla izolatora o podwójnym kołpaku.



Rys. 19.

Podzieliwszy te cyfry przez stopień bezpieczeństwa, otrzymamy wartości, których nie powinien osiągnąć ostatni izolator, jako najbardziej naprężony. Wpływ pojemności, względnie sposoby zaradcze, powinny tu być uwzględnione. W ten sposób otrzymamy 5—6 izolatorów kołpakowych przy napięciu 100 do 120 kV, 7—8 przy napięciu 150 kV, a 9—10 przy napięciu 220 kV (przy zastosowaniu stopniowania pojemności).

Izolatory z podwójnym kołpakiem typu „Motor” wytrzymują znacznie większe napięcia przeskoku,

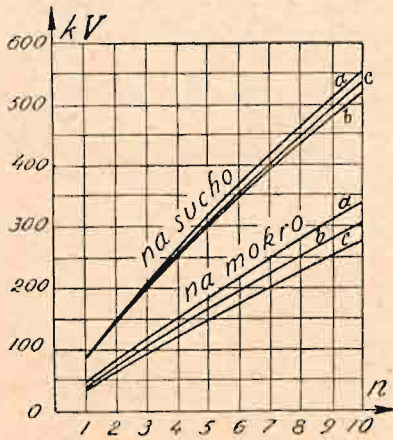
przeto stosuje się mniejszą ich liczbę, a mianowicie 1 izolator przy 50 kV, 2 przy 90 kV, a 3 przy 135 kV.

Dobłą orientację przy obliczaniu liczby ogniów w łańcuchu izolatorów dają wykresy, otrzymane doświadczalnie (Rys. 20)\*, przedstawiające napięcie

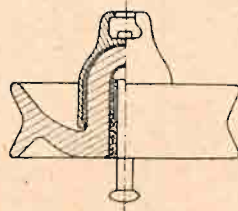
\*) Schering, Isoliermaterialien, 1924.

przeskoku na sucho i na mokro, w zależności od liczby ogniów. — Widać z nich, że najkorzystniej wypada izolator kołpakowy (a), potem z podwójnym kołpakiem (b), wreszcie łańcuchowy (c).

Izolatory odciągowe — są odmianą izolatorów wiszących. Stosuje się je do słupów odporowych i narożnych, gdzie przewód szczególnie napręża słup na zginanie. Pod wpływem sił ciągnących znajdują się one w pozycji nie pionowej, jak wiszące, lecz



Rys. 20.



Rys. 21.



Rys. 22.

ukośnej lub poziomej. Z tego powodu izolatory takie są bardziej narażone na zmoczenie części spodnich, niż wiszące; wyładowania powierzchniowe powstają w nich wcześniej. Stąd kształt ich jest tego rodzaju, aby woda łatwo z nich spływała i nie ułatwiała przeskoku iskry. Przewoły takich izolatorów, przypadająca na łańcuch, jest o 1—2 większa, niż wiszących przy tem samym napięciu.

Nowoczesny izolator odciągowy typu kołpakowego przedstawia Rys. 21, a typu łańcuchowego Rys. 22.

Dla większego bezpieczeństwa stosuje się też izolatory odciągowe dwu — a nawet trójrzędowe.

## Rozwój telefonji w świetle cyfr.

Mjr. inż. **K. Dobrski.**

Za podstawę niniejszego artykułu przyjmuję dane statystyczne z roku 1923 i 1924, zebrane przez przedsiębiorstwo wszechświatowe „Western Electric Cy”.

Według tych danych całkowita liczba telefonów w świecie 1-go stycznia 1924 r. wynosiła przeszło 24 550 000. Liczba ta obejmuje telefony, będące w eksploatacji bądź towarzystw rządowych, bądź prywatnych, a więc w każdym razie towarzystw, zajmujących się eksploatacją sieci publicznych.

Z tej liczby na Amerykę Północną przypada 16 500 000, t. j. 67,24%; na Europę — 6 390 000, t. j. 26%; na Azję — 708 000, t. j. 2,88%; na Oceanję (Australja) — 465 000, t. j. 1,90%; na Amerykę Południową — 350 000, t. j. 1,41%; na Afrykę — 140 000, t. j. 0,57%.

W stosunku do liczby mieszkańców otrzymamy liczby następujące: na 100 mieszkańców przypada w Ameryce Północnej — 10,9 telefonów; w Europie — 1,3; w Oceanji — 0,7; w Południowej Ameryce — 0,5; w Azji — 0,7; w Afryce — 0,1.

Na poszczególne kraje liczby powyższe rozkładają się, jak następuje: Stany Zjednoczone Ameryki Półn. liczyły 1 stycznia 1924 roku 15 370 000 telefonów, t. j. 62,54% całkowitej ilości telefonów w świecie, za nimi idą Niemcy z 2 240 000 telef. (9,12%), potem Anglja z Irlandją z 1 150 000 (4,67%), dalej Kanada z 1 000 000 (4,11%), Francja z 680 000 (2,45%), Japonja z 470 000 (1,92%), Szwecja z 400 000 (1,64%), Danja z 290 000 (1,19%), Australja z 280 000 (1,15%), nakoniec wszystkie pozostałe kraje z 2 750 000 (11,21%). Wśród tych krajów Polska liczyła — 110 000 telefonów, co stanowi 0,45% ogólnej liczby, pobliska Czecho-Słowacja — 103 000 (0,42%), Rosja wraz z Syberją — 130 000 (0,53%) i t. d.

Na stu mieszkańców przypadało w Stanach Zjednoczonych Am. Półn. — 13,7 telefonów, w Kanadzie — 11,0, co świadczy o nadzwyczajnym rozpowszechnieniu telefonów w tych krajach. W Europie pierwsze miejsce pod tym względem i następnym po St. Zjedn. i Kanadzie zajmuje Danja, gdzie przypada 8,7 telefonów na 100 mieszkańców. W Nowej Zelandji mamy 8,3 telefonów na 100 mieszkańców, w Szwecji — 6,7; w Norwegji — 6,1; w Hawaji — 6,0; w Australji — 5,0; w Szwajcarii — 4,6; w Niemczech — 3,6; w Holandji — 2,5; w Anglji — 2,5; w Finlandji — 2,3; we Francji — 1,5 i t. d. W Polsce przypada na 100 mieszkańców 0,4 aparatów, w pobliskiej Czecho-Słowacji — 0,7, w Rosji — 0,1 i t. d.

Dla lepszego uzmysłowienia powyższych liczb podaję dwa wykresy, z których 1-szy przedstawia ilość telefonów w poszczególnych krajach, zaś drugi ilość telefonów, przypadającą w tych krajach na 100 mieszkańców.

Statystyka powyższa obejmuje, jak zaznaczałem, telefony eksploatowane bądź przez towarzystwa prywatne, bądź przez rządy poszczególnych krajów, przyczem zależnie od kraju przewagę ma rząd lub przedsiębiorstwo prywatne. Pod tym względem istnieje znaczna różnica pomiędzy Europą a Ameryką. W Ameryce na 16 850 000 telefonów ok. 16 650 000 przypada na przedsiębiorstwa prywatne. A więc praktycznie w Ameryce telefon znajduje się całkowicie w rękach prywatnych. W Europie natomiast 5 780 000 telefonów eksploatują rządy, a tylko około 600 000 przedsiębiorstwa prywatne.

Kolosalny rozwój telefonji w Stanach Zjednoczonych Am. Półn. oraz w Kanadzie wydaje bezsprzecznie chlubne świadectwo przedsiębiorczości prywatnej w zakresie telefonji. Lecz z drugiej strony przykład niektórych krajów europejskich, jak Szwecji, Szwajcarii, Niemiec wskazuje, iż i zarządy państwowe przynajmniej niektórych krajów potrafiły również doprowadzić rozwój telefonji do wysokiego poziomu.

Ciekawe są liczby, które wskazują, w jakim tempie wzrasta obecnie liczba instalowanych telefonów w świecie i poszczególnych krajach. A więc w ciągu 1923 roku liczba telefonów na całym świecie wzrosła o ok. 1 500 000, co stanowi 6,6% od liczby telefonów w początku 1923 roku, podczas kiedy w ciągu roku 1922 wzrost ten wynosił ok. 1 100 000. Przyrost liczby telefonów w Ameryce Północnej w ciągu 1923 roku wynosił ok. 950 000 aparatów (ok. 6%), a w Europie ok. 520 000 (ok. 8,9%), co wskazuje, iż Europa, nadrabiając stracone lata wielkiej wojny, rozszerza u siebie urządzenia telefoniczne szybciej, niż w innych częściach świata. Odpowiednie liczby dla państw Europy przedstawiają się, jak następuje:

W Belgji zainstalowano w ciągu 1923 roku ok. 18 000 nowych aparatów, co stanowi 19,3% liczby apa-