

Przedmiot.	Liczba godz. wykł. w tyg.		
	klas. I	kl. II	kl. III
1. Religja	2	1	—
2. Język polski	4	3	1
3. Arytmetyka z algebrą	4	3	1
4. Geometria	—	3	1
5. Krajoznawstwo	1	—	—
6. Historia Polski	1	—	—
7. Fizyka i chemja	2	2	—
8. Maszynoznawstwo	—	—	2
9. Kreślenie	2	—	—
10. Rysunek techniczny	2	2	4
11. Towaroznawstwo	—	—	2
12. Zasadnicze pojęcia z elektrotechniki	—	4	—
13. Elektrotechnika stosowana	—	—	7
14. Ćwiczenia w pracowni elektrotechn.	—	—	6
Razem wykładów tygodniowo	18	18	24
Praca w warsztatach godzin tygodniowo	30	30	30
Ogółem zajęć w szkole godzin	48	48	54

Profesor Politechniki Warszawskiej KAZIMIERZ DREWNOWSKI.

Isolatory wysokich napięć.

Poniższy artykuł o izolatorach wysokich napięć zamieszczamy w przekonaniu, że zainteresuje on koła przemysłu ceramicznego i zwróci uwagę na różnorodność zagadnień teoretycznych i technicznych związanych z tą dziedziną.

O ile nam wiadomo, w Polsce mamy tylko dwie fabryki wyrobów porcelanowych, t. j. Ōmielów i Chodzież, które produkują także izolatory, lecz przeważnie niskiego napięcia wzgl. prądu słabego. Wobec widoków, jakie ma elektryfikacja w Polsce, spodziewać się jednak należy, że nasz przemysł nie będzie nieprzygotowanym, skoro potrzeba zażąda od niego dużych ilości izolatorów wysokiego napięcia różnych rodzajów, co stać się może, gdy zacznie się realizacja opracowywanych obecnie projektów przesyłania energii na duże odległości.

Kwestja wyrobu izolatorów wysokiego napięcia nie jest tak prosta, jakby się może wielu wydawało. Fabryki zagraniczne studjują od szeregu lat teoretycznie i praktycznie kwestję wynalezienia najlepszego typu izolatora, pracując przy pomocy całego sztabu inżynierów-naukowców, którzy mają do dyspozycji doskonale zaopatrzone laboratorium, o napięciach przewyższających już 1,000,000 woltów. Pozatem prawie każda szkoła politechniczna pielęgnuje u siebie dziedzinę techniki wysokich napięć, wysuwając się obecnie na czoło zagadnień i zastosowań elektrotechniki.

Jeżeli w tym względzie nie mamy się zdać całkowicie na łaskę zagranicy, musimy jaknajprędzej przystąpić do systematycznego i naukowego studjowania zagadnień związanych m. i. z wyrobem izolatorów wysokiego napięcia. Powodując się powyższymi pobudkami, uzyskaliśmy niniejszy art. od p. prof. K. DREWNOWSKIEGO, który studjuje tę kwestję w swym zakładzie wysokich napięć w Politechnice Warszawskiej, rozporządzając, niestety — wobec braku środków — napięciem zaledwie do 150,000 woltów. Warto, aby nasze sfery przemysłowe zainteresowały się tą placówką naukową i poparły usiłowania rozszerzenia jej, idąc wzorem zagranicy, gdzie laboratorja naukowe powstają kosztem przemysłu krajowego.

REDAKCJA.

Isolatory służą do odosobnienia przewodów elektrycznych w ten sposób, aby elektryczność nie uchodziła z nich ani w postaci prądu, przepływającego przez izolację do ziemi lub do innych przewodów, ani też w postaci upływów po powierzchni izolacji. Ponieważ niema doskonałych materiałów izolacyjnych, nie można tego uniknąć w zupełności, dążymy zatem, by izolatory w jaknajmniejszym stopniu dozwalały na przejście czy też upływ prądu.

Pierwszy warunek osiągamy łatwo, przez to samo, że materiały izolacyjne mają bardzo małą przewodność, drugi — nieco trudniej, przez nadanie odpowiedniego kształtu izolatora, aby droga upływów była utrudniona. Dochodzi do tego jeszcze wzgląd na odporność izolatora na wpływy zewnętrzne, jak uderzenia, wpływy atmosferyczne i t. p.

O ile przy niskim napięciu można tym wszystkim warunkom sprostać z łatwością, o tyle przy napięciu wysokim dochodzą specjalne wymagania, tak

Do takiej szkoły mogliby być przyjmowani uczniowie w wieku lat 14 do 16-tu z pewnym przygotowaniem w zakresie kilkoletniej nauki w szkole powszechnej. Nauki ogólnie kształcące muszą być przystosowane do programu szkoły powszechnej, aby stanowiły logiczny ciąg dalszy nauczania przygotowawczego. Nauki specjalne elektrotechniczne powinny mieć zakres przedstawiony wyżej przy kursach monerskich z uwzględnieniem praktyki w reperaturacji maszyn i wyrobie przyrządów specjalnych. Teorię elektrotechniki należałoby może już w drugim roku traktować nieco szerzej, aby dobrze ośwoić ucznia z pojęciami odpowiadającymi jego przyszłemu zawodowi.

Należy spodziewać się, że Rząd nasz oraz organizacje przemysłowe i handlowe poprą finansowo i moralnie szkolnictwo zawodowe wogóle, a elektrotechniczne w szczególności, rozumiejąc, że bogactwo kraju i byt Państwa opiera się na obywatelach gruntownie zawodowo wykształconych.

co do wytrzymałości elektrycznej, jak mechanicznej gdyż wtedy tak pod względem elektrycznym, jak mechanicznym jest izolator stosunkowo znacznie więcej naprężany.

Zwiększone napięcie wywołuje zwiększenie naprężenia elektrycznego, większe zaś naprężenie mechaniczne pochodzi od zwiększonych rozpiętości przewodów i dużych odstępów, jakich wymaga wysokie napięcie.

Stąd pochodzi stosowanie odrębnych typów izolatorów przy napięciu niskim i wysokim, oraz nader wielka różnorodność typów i konstrukcji izolatorów wysokiego napięcia, dążąca do najlepszego rozwiązania tak ważnej sprawy dobrego odizolowania przewodów; każdy bowiem niestosowny lub niedobry izolator jest źródłem zakłóceń prawidłowego ruchu linii, narażających urządzenie często na bardzo znaczne straty. To też nowoczesna technika wysokich napięć dąży do zastosowania takich materiałów izolatorowych, któreby dały taką pewność ruchu.

Izolatory wszelkiego rodzaju używane w elektro-technice można podzielić — według napięcia na

- a) izolatory prądów słabych,
- b) „ niskiego napięcia,
- c) „ wysokiego napięcia,

a te ostatnie według przeznaczenia, względnie kształtu na

- a) izolatory stojące,
- b) „ wiszące,
- c) „ odciągowe,
- d) „ przepustowe,
- e) „ wsporcze.

Przy izolatorach wysokiego napięcia wysuwa się na pierwszy plan kwestja doboru materiału i jego wyrobu.

1. MATERJAŁY IZOLACYJNE.

Jako materiał, z którego wyrabia się izolatory stosowana jest prawie wyłącznie porcelana; używają również gdzie nie gdzie szkła, a w 1921 roku ukazały się izolatory bazaltowe.

Porcelana izolatorowa jest to t. zw. porcelana twarda; jest to mieszanina $\frac{2}{4}$ kaoliny, $\frac{1}{4}$ krzemu i $\frac{1}{4}$ feldszpatu, którą się wypala w specjalnych piecach. Kaolina jest to związek krzemo-aluminowy ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), topliwy przy temperaturze ponad $1800^\circ C$. Przez dodanie dwu innych składników łatwiej topliwych, otrzymuje się materiał, który daje się dobrze formować i wypalać już przy temperaturze $1400 - 1500^\circ C$.

Kaolina daje porcelanie wymaganą wytrzymałość mechaniczną i elektryczną; za duża jej ilość powoduje jednak kruchość materiału, a powierzchni złomu daje wygląd cukrowaty. Przeciwnie, większy procent krzemu i feldszpatu daje przełom bardziej szklisty. Większa ilość krzemu zwiększa elastyczność,

Najważniejszym czynnikiem warunkującym dobroć izolatorów jest wypalanie porcelany przy właściwej temperaturze. Za taką uchodzi $1400 - 1500^\circ C$. Za niska temperatura powoduje to, że porcelana jest za mało gęsta i wytrzymała. Przy temperaturze za wysokiej masa staje się w piecu zbyt miękka i przedmiot wypalany może zanadto lub krzywo osiąść, a porcelana wypalona jest zbyt krucha.

Na wytrzymałość porcelany ma wielki wpływ jej spoiistość, czystość i jednolitość. Wszelkie pory, bańki powietrzne i t. p. powodują zmniejszenie jej wytrzymałości.

Ażeby porcelanę uczynić bardziej odporną na wpływy zewnętrzne, pokrywa się ją glazurą, t. j. szklistą masą porcelanową z dodatkiem kredy, magnezji i potasu, posiadającą wyższy punkt topliwości niż porcelana. Glazura musi ściśle przylegać do porcelany, bo inaczej popęka i odpadnie po ostudzeniu. Glazura chroni izolator od osadzania się na nim brudu, dymu i t. p., przez co z czasem powierzchnia izolatora mogłaby się stać przewodzącą. Także wpływy atmosferyczne mniej dają się odczuć izolatorom glazurowanym niż bez glazury.

Ażeby przedmiot porcelanowy jednostajnie się ostudzał po wypaleniu, przez co unika się niejednolitych naprężeń mechanicznych wewnątrz masy porcelanowej, należy unikać nadmiernych zgrubień masy. Przedmioty cieńsze wykazują większą wytrzymałość mechaniczną niż uformowane niejednolicie. Nowoczesna technika izolatorowa przepisuje, aby izolatory nie miały w żadnym miejscu grubszej ścianki niż 20 do 25 mm.

Wytrzymałość mechaniczna porcelany jest podawana bardzo różnorodnie, zależnie od struktury materiału, jego grubości, kształtu przedmiotu badanego i t. p. Wynosi ona:

na zgniecenie około $4000 - 5000$ kg/cm² (najlepsze próbki),

na ciągnięcie około $240 - 260$ kg/cm²,

na rozbicie około $5,6 - 6,4$ cm. kg/cm² przy sztabkach po obu stronach umocowanych, a około $0,9 - 1,23$ cm. kg/cm² przy jednostronnie umocowanych.

Wytrzymałość elektryczna porcelany na przebicie również jest podawana w różnych wysokościach, zależnie od grubości płytek badanych. Dla grubości 1 cm można przyjąć wytrzymałość:

$$\delta = 100 + 120 kV/cm.$$

Wytrzymałość na przebicie spada z rosnącą temperaturą dość znacznie np. przy ogrzaniu do $100^\circ C$, zmniejsza się o około 50%.

Zmiany do 10% składu chemicznego porcelany nie wpływają prawie zupełnie na wytrzymałość, o ile porcelana jest prawidłowo wypalona; w przeciwnym razie wytrzymałość się zmniejsza.

Przewodność porcelany rośnie szybko z rosnącą temperaturą, tak że porcelana rozpalona staje się przewodnikiem. Jej opór właściwy wynosi przy temperaturze napięciach $V = 10$ do 40 kV.

Straty dielektryczne porcelany są przy normalnej częstotliwości znikomo małe.

Stała dielektryczna porcelany: $4,4 + 5,4$.

Ciężar gatunkowy: $2,1 + 2,5$.

Porcelana ma tę bardzo dobrą własność, że jest odporna na wyładowania jarzące krócej trwające. Wyładowania ślizgowe również nie są niebezpieczne ponieważ przebiegają właściwie w powietrzu w pobliżu porcelany; dopiero wyładowania w postaci dłużej trwającego łuku elektrycznego mogą spowodować lokalne nadmierne nagrzanie i nadtopienie.

Natomiast wyładowania iskrowe po powierzchni porcelany zanurzonej w oleju są niebezpieczne, gdyż, jak zauważono, nagryzają one powierzchnię porcelany, przypuszczalnie dlatego, że przejście przez olej jest dla nich trudniejsze niż przez powierzchnię warstewkę porcelany, zawierającą sporo porów powietrznych. Zjawisko to jest szczególnie ważne przy izolatorach przepustowych, których jedna część znajduje się zwykle w oleju transformatora.

2. IZOLATORY STOJĄCE.

Izolatory stojące używane są przeważnie do izolacji od ziemi przewodów napowietrznych, na nich spoczywających. Izolator taki naprężony jest przy układach jednofazowych połową napięcia roboczego, a przy trójfazowych — napięciem fazowym. Musi być jednak przygotowany na całe napięcie robocze, wzgl. międzyfazowe, w razie zwarcia linii z ziemią.

Trzy czynniki elektryczne mają wpływ na budowę izolatorów: wpływ prądu roboczego po powierzchni izolatora, przeskok iskry naokoło izolatora i przebicie iskrowe izolatora; pozatem ważnym czynnikiem są naprężenia mechaniczne, jakim izolator ma sprostać wraz z jego trzonem wzgl. zawieszeniem.

Pierwotną formą izolatora jest izolator telegrafowy dzwoniastego typu (rys. 1). Izolator ten najprostsz konstrukcji, z jednego nasadzonego na trzon klosza, mógł być używany tylko przy napięciach naj-

niższych ze względu na zachowanie się podczas deszczu. Wobec tego, że mokra powierzchnia izolatora staje się przewodzącą, zwrócić uwagę należy na odstęp dolnej powierzchni izolatora od trzona. Podczas deszczu krople spadającej wody poruszają się po liniach siły, mają więc dążność do trzona izolatora i zmniejszają wytrzymałość na przeskok iskry. Przez zastosowanie zewnętrznego szerokiego klosza nadajemy kroplom wody kierunek odśrodkowy i zwiększamy wytrzymałość na przeskok; klosz wewnętrzny osłania trzon izolatora. Przy wyższych napięciach stosujemy jeden lub więcej kloszy środkowych (rys. 2).

Izolatory o kilku kloszach zostały wprowadzone przez fabrykę hermsdorfską (Niemcy) i mają nazwę *deltowych*. Zwiększenie liczby kloszów zwiększa też mechaniczną wytrzymałość izolatora, ponieważ cieńsze klosze nadają się łatwiej do wykonania. Poszczególne części izolatora są połączone między sobą zapomocą kitu.

W izolatorach napowietrznych mamy warstwy powietrza, znajdujące się w zagłębieniach pomiędzy kloszami izolatora, w głębokich rowkach. Stanowią one wraz z porcelaną izolatora układ złożony o różnych stałych dielektrycznych, w którym przeto warstwy o mniejszej stałej dielektrycznej są więcej naprężane. Wylądowania jarzące, które tam w rowkach skutkiem tego powstają, nagrzewają lokalnie izola-

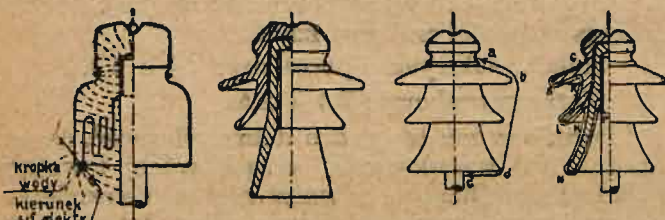
Pole elektryczne poprawia się jeszcze bardziej, jeżeli zastosujemy u spodu izolatora *pierścień* lub *klosz ochronny*. Wtedy wylądowania odbywać się będą między daszkiem a pierścieniem, zdala od części izolacyjnych, które w ten sposób nie będą narażone na lokalne ogrzania, mogące uszkodzić izolator mechanicznie i elektrycznie.

Zabezpieczenie to polega na tej zasadzie, że lepiej jest dopuścić do wylądowania około izolatora, czyli do *przeskoku* iskry między przewodni a trzonym izolatora przez powietrze, otaczające izolator, po czym linia może być dalej w stanie normalnym, aniżeli do *przebicia* przez materiał izolacyjny.

Żeby przeskok iskry naokoło izolatora mógł zawsze nastąpić przed jego przebicciem, musi być izolator tak kształtowany, żeby iskra elektryczna miała odpowiednią drogę do przeskoczenia naokoło izolatora, oraz żeby upływy miały dostatecznie długą drogę. W przybliżeniu można uważać, że izolator jest odpowiednio dobrany, jeżeli na każde 1000 woltów napięcia skutecznego względem ziemi, droga upływu GHKLMNP wynosi 2 cm (rys. 3) przy stopniu bezpieczeństwa 4—6 podczas suszy, a 2 do 3 podczas mgły. Tak samo obliczona droga przeskoku *c d b a* winna wynosić około 1 cm na 1000 woltów przy stopniu bezpieczeństwa 3 do 4 podczas deszczu.

Straty w izolatorach nie są duże i nie przekraczają 4—6 watów na izolator przy napięciu międzyfazowym od 60 do 100 kV.

Nader ważną kwestją w izolatorach stojących jest ich *wytrzymałość mechaniczna*. Naprężenia mechaniczne i termiczne w izolatorach mogą być bardzo duże. Izolatory o grubych ściankach, względnie skitowane nieelastycznie, są wystawiane na naprężenie niejednolite z powodu dużych różnic temperatury przy zmianie pogody, jak na przykład silny deszcz w upalny dzień. Różnice temperatury działają szkodliwie zwłaszcza wtedy, gdy albo materiał ma za małą wytrzymałość, albo gdy jest za mało elastyczny, albo gdy się bardzo różnią współczynniki termiczne materiałów wchodzących w skład izolatora. Porcelana jest właśnie takim materiałem, który nie wytrzymuje dużych naprężeń międzycząsteczkowych i one to właśnie, a nie przyczyny mechaniczne lub elektryczne są częściej przyczyną uszkodzeń izolatorów i to tem bardziej, im grubsza jest warstwa dielektryka. Wobec tego ścianki izolatora, a właściwie poszczególnych je-



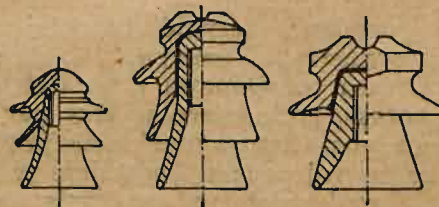
Rys. 1. Izolator telegraficzny. Rys. 2. Izolator deltowy. Rys. 3. Droga upływu izolatora.

tor i zmniejszają jego wytrzymałość. Z tego względu nowoczesne izolatory mają szerokie szczeliny między kloszami.

Kształt izolatora napowietrznego do wysokiego napięcia jest szczególnie dostosowany do wyżej opisanych warunków. Przy niskim napięciu czynnikiem, warunkującym konstrukcję izolatora, była głównie dążność do zapobieżenia upływom elektrycznym po jego powierzchni w stanie mokrym; stąd zwiększenie drogi upływów przez rowki, karby i t. p. Przy napięciu wysokim dążymy natomiast do możliwie równomiernego rozdziału pola elektrycznego i do unikania nadmiernych skupień linii elektrycznych, względnie do takiego ukształtowania pola, aby ewentualne wylądowania elektryczne poprowadzić po najmniej szkodliwej drodze.

Wytrzymałość elektryczna jest zwykle już dostatecznie zabezpieczona względami na wytrzymałość mechaniczną izolatora, o ile tylko nie dopuścimy w jakim miejscu do nadmiernego skupienia linii siły.

Ta okoliczność, że zmoczony klosz zewnętrzny izolatora przestaje być izolatorem, prowadzi do pokrycia klosza zewnętrznego *daszkiem metalowym*, połączonym metalicznie z przewodem. W ten sposób otrzymujemy stale równomierniejszy rozkład linii pola, linie sił wychodzą z większej powierzchni, napięcie przeskoku się zwiększa, a pojemność takiego izolatora jest duża.



Rys. 4—6. Typy nowoczesnych izolatorów: niemiecki (rys. 4), francuski (rys. 5) i amerykański (rys. 6).

go kloszów nie powinny być grubsze od 25 mm. Naprężenia mechaniczne izolatora leżą zwykle niedaleko granic dopuszczalnych i wobec tego takie izolatory łatwiej są narażone na uszkodzenia.

Kształt nowoczesnego izolatora (15 kV) według norm niemieckich przedstawia rys. 4; rys. 5 przedstawia izolator stojący francuski. Rys. 6 izolator amerykański (skala różna).

Używany do sklejanego poszczególnych kloszów izolatora *kit* musi być bardzo elastyczny. Miejsce

skitowane powinno się stykać z powietrzem tylko na bardzo cienkiej przestrzeni, aby wysychanie kitu trwało długo; im warstwa kitu cieńsza, tem dłużej schnie. Izolatory o grubej warstwie kitu są mniej trwałe. Kit do sklejanja przygotowuje się z cementu portlandzkiego z domieszką żywicy lub parafiny. Próbowano podnieść elastyczność kitu przez dodanie lakierowanej powłoki, przez wkładki elastyczne i t. p., lecz są to niepewne środki, gdyż niewiadomo, jak długotrwałą jest ich elastyczność. Wiadomo, że izolator z biegiem lat się starzeje, daje większą stratność i częstokroć, bez żadnej wyraźnej przyczyny, zostaje uszkodzony; być właśnie może, że kit jest tego przyczyną.

Z powyższego wnioskować możemy, że należy unikać zgrubień nadmiernych w ściankach izolatorów, bo przy nieodpowiednim wysychaniu na grubszych częściach mogą powstać rysy. Grubość ścianki nie powinna być większa, niż tego wymaga wytrzymałość elektryczna i mechaniczna, według prawidłowo przeprowadzonego obliczenia. Poszczególne części izolatora muszą być tak połączone, aby jedna wobec drugiej mogła się swobodnie rozszerzać i ścigać. Izolatory grubsze i większe mają zwykle mniejszą długotrwałość niż typy mniejsze, chociaż są mniej stosunkowo naprężane elektrycznie i mechanicznie.

Wobec tego, że kit sklejący izolatory długo wysycha, izolatory mogą być próbowane po dostatecznie długim czasie jego wysychania.

Izolatory umocowuje się zapomocą *trzonów* z żelaza kutego lub zlewego, prostych lub zagiętych, opatrzonych u spodu gwintem do żelaza lub drzewa, a u góry nacięciem, aby się trzymały kitu. Podobnie, jak kit, służący do spojenia kloszów izolatora, kit, zapomocą którego umocowuje się sam izolator na trzonie, powinien być starannie dobrany. Najlepszym kiem jest kit cementowy; używany dawniej kit marmurowy okazał się za mało wytrzymały na naprężenia mechaniczne.

Trzon izolatora nie powinien być opatrzony występami lub rowkami na całej długości, wchodzącej w kit, gdyż to uniemożliwi mu swobodne rozciąganie się pod wpływem zmian temperatury, najlepiej dać na samym końcu występy lub nacięcia zadzierzyste.

Izolatory stojące nie mogą być stosowane przy wszelkich napięciach wobec tego, że ciężar ich, a więc i cena, szybko rosną z napięciem. Powyżej 60 kV zwykły izolator deltowy przybiera zbyt duże wymiary, co pociąga za sobą wzrost kosztów i ciężaru, które naogół rosną od 60 kV z 3 potęgą napięcia. Przeciętny ciężar izolatorów stojących wynosi:

dla 9 kV	— 0,4 kg	dla 30 kV	— 3,0 kg
" 15 "	0,8 "	" 40 "	4,5 "
" 20 "	1,2 "	" 50 "	6,5 "
	dla 60 kV	— 10,0 kg	
	" 70 "	16,0 "	
	" 80 "	25,0 "	

Izolator na 66 kV ma 40 cm. wysokości i 32,5 cm. największej średnicy. Waga około 15 kg. Wymaga to zbyt dużych masztów i bardzo utrudnia montowanie.

Wobec tego, przy napięciach, przekraczających 35 do 40 k V zarzucamy izolatory stojące, a stosujemy izolatory wiszące.

3. IZOLATORY WISZĄCE I ODCIĄGOWE.

Izolatory wiszące i odciągowe są stosowane dla napięć od 35—40 k V. do najwyższych przez szeregowie ich łączenie pomiędzy sobą.

Zależnie od kształtu rozróżniamy izolatory kloszowe, talerzowe i łańcuchowe.

Izolatory *kloszowe* (wprowadzone w 1909 r. przez fabrykę hermsdorfską) są podobne do izolatorów deltowych stojących. Opatrzony są kołpakiem z żelaza lanego, przykitowanym do głowy porcelanowej izolatora oraz trzonem zakończonym uchem; kołpak żelazny ma dwa ucha; ucho trzona i oba ucha kołpakowe łączą się z sobą śrubami (rys. 7). Izolator posiada zwykle dwa klosze porcelanowe, które osłaniają trzon od deszczu, nawet skośnie padającego, tak że przeskok iskry ma następować raczej między przewodem a wspornikiem wprost, niż między kołpakiem jednego dzwona, a jego trzonem, lub kołpakiem drugiego. Niezawsze jednak to się dzieje, a potem dzwona poszczególne dłuższe raczej niż szersze, tworzą zbyt długi i ciężki łańcuch izolatorów, co pociąga za sobą większe odstępy przewodów, a więc droższą konstrukcję linii. Takich izolatorów w nowych urządzeniach prawie nie spotykamy.

Izolatory *talerzowe* (r. 1911) mają kształt zasadniczo inny, są raczej szersze niż dłuższe. Porcelana ma kształt talerza, opatrzonego ocynkowanym kołpakiem żelaznym u góry, a 2—4 żebrami u dołu i trzonem żelaznym. Trzon jednego dzwona łączy się przegubowo z kołpakiem drugiego dzwona, tak że można go nader łatwo zakładać i zdejmować bez użycia śrub (rys 8).

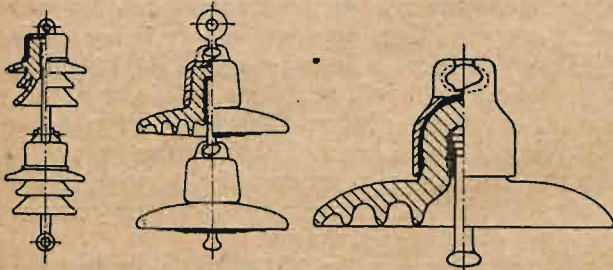
Podczas deszczu powierzchnia zewnętrzna izolatora i trzon nie są tak chronione od zamoczenia, jak u izolatorów kloszowych; to też wyładowania występują tu z reguły między kloszami, względnie między kołpakami naokoło talerza. To może doprowadzić do pęknięcia talerza pod wpływem łuku świetlnego dłużej trwającego. Stosowanie daszków metalowych na talerzach łagodzi wprawdzie te niemiłe skutki, lecz zwiększa ciężar i koszt izolatorów.

Ażeby utrzymać wyładowania iskrowe możliwie zdala od izolatorów, stosuje się dziś pałaki żelazne u spodu dzwona najbliższego przewodowi, wobec czego przeskok iskry następuje między tym pałakiem a wspornikiem, omijając izolatory.

Izolatory *łańcuchowe* mają znowu zupełnie inną budowę. Część porcelanowa posiada wydrążone kanały, przez które przechodzą linki stalowe, zczepiające się ze sobą, jak ogniwa łańcuchowe. W ten sposób porcelana naprzana jest na ściskanie, w przeciwieństwie do tamtych rodzajów, które są rozciągane, a więc mniej wytrzymałe. Zaleta ta nie jest jednak istotną, gdyż nowoczesna porcelana ma taką wytrzymałość na rozerwanie, która wystarcza przy normalnych naprężeniach. Istotniejszą jest druga zaleta izolatorów łańcuchowych, t. j. to, że w razie pęknięcia porcelany, łańcuch się nie rozrywa i pozostałe ogniwa mogą wytrzymać całe napięcie. Ujemną stroną natomiast są wyładowania jarzące, powstające dosyć wcześnie w kanałach, mogące nadpsuć izolator, o ile na nim znajdują się rysy, pory i t. p. Szkodzą one również linkom izolatorowym. Charakterystyczna budowa izolatorów i ich umocowań dopuszcza raczej wyładowania ślizgowe, łukowe, niż wolny przeskok iskry poza izolatorem. Izolatory tego typu są droższe niż talerzowe.

Na wytrzymałość izolatorów mają bardzo duży wpływ: umocowanie kołpaka i trzona do izolatora, oraz grubość ścianek izolatora. Pierwszy wzgląd odpada przy izolatorach łańcuchowych, przy dwóch innych typach odgrywa jednak wielką rolę, i tu znowu kwestja kitu wysuwa się na czoło zagadnienia.

Używa się do tego kitu cementowego. Ani kołpak, ani trzon nie powinny mieć większych występow wchodzących w kit, aby mogły się swobodnie rozciągać pod wpływem zmian temperatury; na powierzchni zetknięcia się z kitem są one pokryte elastyczną powłoką, umożliwiającą ruchy osiowe. Niektóre izolatory mają na powierzchni zetknięcia porcelany z kitem powłokę przewodzącą (metalową lub grafitową). Powłoka ołowiana okazała się nieodpowiednia wobec pęcznienia ołowiu), a warstwę kitu związała metalicz-



Rys. 7. Izolator kloszowy z główką cylindryczną.

Rys. 8. Izolator z główką cylindryczną.

Rys. 9. Izolator talerzowy z główką kulistą.

nie, aby w ten sposób wyeliminować wpływ różnorodnych stałych dielektrycznych (porcelana, cement) połączonych szeregowo. Doświadczenie wskazało jednak, że nie jest to konieczne potrzebne.

Zamiast kitu stosują czasem pierścienie stalowe, zachodzące w odpowiednie rowki kołpaka i izolatora, względnie wstawki kuliste lub stożkowe we wnętrzu izolatora, w które się wkręca trzon, wobec czego naprężenie na rozerwanie przenosi się z kitu na samą masę izolatora.

Kwestja grubości ścianek jest szczególnie ważna ze względu na nierównomierność zastygania izolatora; nie powinny one być grubsze niż 20—25 mm. Tu rozróżniamy izolatory a) z główką cylindryczną — rys. 8 i b) z główką kulistą — rys. 9.

Inż. TADEUSZ GAYCZAK, Lwów.

O elektrycznym spawaniu łukowym.

Firma *Wilson Plastic Arc* poleca następujące gatunki:

Drut Nr. 4 (oznaczony zielonym kolorem na końcach z etykietą zieloną na opakowaniu). Wymiar: $0,148'' = \frac{3}{32}''$. Do spoięń poziomych, pionowych i podniebieniowych (robionych nad głową). Najlepsze wyniki otrzymujemy przy prądzie 115—135 amp., przy $0,148'' (\frac{3}{32}'')$ łukiem o napięciu około 16—18 woltów. Drut ten nadaje się do nakładania główicy szyn, iglic i krzyżowych szyn na rozjazdach, szcęk aparatów do kruszenia skał, prowadnic i innych części, gdzie wytrzymałość na zużycie powierzchniowe jest ważnym czynnikiem.

Drut № 9 (kolor niebieski). Wymiary: $0,148'' = \frac{5}{32}''$ i $0,120'' = \frac{1}{8}''$. Do spoięń poziomych, pionowych i nad głową. Tworzy spojenie o wytrzymałości przeszło $60\,000 \text{ t/cal}^2$ ($4\,200 \text{ kg/cm}^2$) i o wydłużeniu 15%. Najlepsze wyniki prądem 135—150 amp., przy drucie $0,148''$ i 110—125 amp. przy drucie $0,120''$, napięcie łuku 16—18 woltów. Nadaje się na wały, armatury, ramy automobilowe, osłony łożysk, bańki w odlewach ze stali wysok. gat., blachy kotłowe, nakładane zatartych spalonych czopów, części lane stalowe, osie

izolatory z główką kulistą (wytwórni Schomburg) mają w przeciwieństwie do pierwszych ścianki równomiernej grubości. Pozatem trzon mają one wkręcony do naśrubka kulistego, wpuszczonego wgłąb izolatora. Ta konstrukcja daje im stosunkowo dużą pojemność i większą wytrzymałość elektryczną i mechaniczną.

Izolatory talerzowe są obecnie pod wieloma względami lepsze od łańcuchowych. Ich fabrykacja poczyniła w ostatnich latach 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 dzwona, a przez to i długość całego łańcucha, a ponadto są łatwiejsze w wyrobieniu i wytrzymalsze elektrycznie i mechanicznie.

Poniższe zestawienie daje wyraźny przegląd właściwości trzech typów:

Typ izolatora	Napięcie		Pojemność	Wytrzymałość na rozerwanie	Napięcie na ostatn. izolator.
	przebiecia	przesk. mokr.			
a) łańcuch . . .	100 kV	30 kV	$14,10^{-6} \mu\text{F}$	2500 kg	43,9%
b) talerz z gł. cyl.	130 .	42 .	$30,10^{-6} \mu\text{F}$	2500 .	32,9%
c) talerz z gł. kul.	160 .	42 .	$50,10^{-6} \mu\text{F}$	4000 .	28,4%

Do napięcia 100 kV, można według Siemens-Schuckert-Werke wziąć 7 izolatorów typu *a*, 6 izolatorów *b*, a tylko 5 typu *c*. Wtedy przypada na ostatni izolator typu *a* — 43,9%, typu *b* — 32,9%, a typu *c* — 28,4% napięcia całkowitego przewodu względem ziemi. Dzięki lepszemu rozdziałowi napięcia w typie *c* można się tu obejść mniejszą liczbą dzwonów.

(c. d. n.).

wykorbione, ramy maszyn (stalowe), narzędzia rolnicze (części stalowe), szwy skrzyń ogniowych, łąty na płomienicach, ramy parowozów, obręcze kół parowozu, roboty przy kotłach wysokopięnych, dysze ropne, gazowe i parowe (stal), wały śrub okrętowych, wały sterowe, blachy okrętowe, wały sterowe, wentyle, zbiorniki.

Drut № 12 (kolor szary). Wymiary: normalny = $0,148''$, pozatem $0,120''$ i $0,093 = \frac{3}{32}''$. Nie do użycia przy spawaniu nad głową. Daje obrabialne spojenie na lanem żelazie bez czopków. Przy normalnej ($0,148''$) średnicy, prąd 175 amp. i 16—18 woltów. Do cylindrów o grubości ścianek $\frac{1}{4}''$ używać drutu śr. $0,120 = \frac{1}{8}''$ i 100—130 amp.; do cylindrów o grub. ścianek $\frac{1}{8}''$ używać drutu śr. $0,093 = \frac{3}{32}''$ i 80 amp. Spoina winna być klepana w stanie gorącym po osadzeniu $2''$ drutu. Nadaje się do wszelkich robót na lanem żelazie, gdzie obrabialność spojenia jest pożądana lub w wypadku, gdy koszt czopkowania jest większy, niż koszt użycia Nr. 12.

Drut Nr. 17 (czerwony). Wymiary: normalny $0,148''$ pozatem $0,120''$. Do spawania poziomego, pionowego i nad głową na żeliwie, przy stosowaniu czop-