

Liczniki włącza się do sieci tak, jak watomierze. Pomiar pracy prądu trójfazowego przy równym obciążeniu wszystkich trzech faz możemy wykonać zapomocą jednego licznika, przy nierównym zaś obciążeniu — zapomocą dwóch liczników.

W ostatnim wypadku zamiast dwóch osobnych liczników używamy jednego, który obejmuje dwa przyrządy, sprzężone w jedną całość i poruszające wspólny mechanizm do obliczania kilowatogodzin.

Przy wysokim napięciu prądu zmiennego przyłączamy liczniki za pośrednictwem transformatorów miernikowych (rys. 52).

Liczniki należy zawieszać w pomieszczeniach suchych, niezbyt gorących, o możliwie stałej temperaturze, a przytem wolnych od wstrząszeń (zdala od drzwi!).

Uszkodzenia zdarzają się rzadko. Wadliwe działanie przyrządu może wynikać wskutek zmniejszenia się siły magnesów stałych, wskutek przerwy przewodnika, uszkodzenia izolacji, nadtopienia kontaktów, pęknięcia oprawy, skrzywienia się płyty podstawowej, pęknięcia kamienia łożyskowego lub też wskutek zanieczyszczenia kolektora, łożysk lub przedkładni ślimakowej.

Mechanizm licznika czyścimy pendzelkiem włosianym i myjemy benzyną, kolektor wycieramy taśmą bawełnianą, myjemy pendzelkiem zwilżonym w eterze i powtórnie wycieramy taśmą. Szmerglowanie kolektorka jest wzbronione. Łożyska smarujemy rzadkim olejem kostnym.

Przyrządy rozdzielcze i ochronne.

§ 51. Łączniki.

Przyrządy rozdzielcze czyli łączniki służą do zamykania i otwierania obwodu elektrycznego lub do wprowadzania w nim zmian. Rozróżniamy dwa rodzaje przyrządów rozdzielczych:

1. wyłączniki czyli przerywacze,
2. przełączniki czyli komutatory.

Wyłącznik przerywa prąd bądź w całym obwodzie, bądź w jednej jego gałęzi, przełącznik zaś kieruje prąd do różnych odgałęzień lub jedną gałąź przyłącza do różnych obwodów.

Zależnie od liczby przewodów wyłączniki i przełączniki bywają:

1. jednobiegunowe (wył. rys. 42, przeł. rys. 88),
 2. dwubiegunowe (wył. rys. 55, przeł. rys. 57),
 3. trójbiegunowe (wył. rys. 51)
- i wogóle wielobiegunowe.

W zasadzie, wyłączniki powinny obejmować wszystkie bieguny odpowiedniej linii. Szczególnie przy wysokiem napięciu zależy na tem, by wszystkie fazy włączaly się i wyłączały jednocześnie, w przeciwnym bowiem razie powstają pewne zjawiska (przepięcia — § 54), w swych następstwach bardzo szkodliwe (§ 25). Przy napięciu niskiem odstępujemy w razie potrzeby od ogólnej zasady i stosujemy nieraz wyłączniki jednobiegunowe. Wyłączniki, służące do zapalania co najwyżej 15-tu lampek żarowych, mogą być również jednobiegunowe. Tylko w przewodach obojętnych i uziemionych nie wolno zakładać wyłączników jednobiegunowych. Skutki, jakie mogą nastąpić przy omyłkowem otworzeniu takiego wyłącznika, opisujemy niżej (§ 52).

Przewody obojętne, czy to w sieciach trójprzewodowych prądu stałego (rys. 14, 15, 37), czy czteroprzewodowych prądu trójfazowego (rys. 20), jak również przewody uziemione należą bądź:

- 1) pozostawić zupełnie bez wyłączników, bądź
- 2) zaopatrzyć wspólnie z pozostałemi przewodami w wyłączniki wielobiegunowe.

Zależnie od sposobu przedstawiania rozróżniamy łączniki:

1. drażkowe w kształcie noży, wciskanych w szczęki kontaktowe wprost lub za pośrednictwem dźwigni, i
2. pokrętne (rys. 105, 154, 156), przedstawiane zapomocą ruchu obrotowego.

Pierwsze są zwykle nieostłonięte, aby położenie noża było widoczne, drugie zaś przeciwnie — zamknięte w meta-

lowej lub izolacyjnej puszcze, aby zabezpieczyć otaczające przedmioty od pożaru, a ludzi — od porażenia.

Łączniki nieosłonięte nadają się do tablic rozdzielczych, do których mają dostęp tylko ludzie obeznani. Wszystkie łączniki, dostępne dla ogółu, a więc łączniki do świeczników, wentylatorów i t. p., powinny być osłonięte. Umieszczamy je na odpowiedniej wysokości, w miejscach dostępnych, zaraz przy wejściu. Łączniki dla składów z materiałami wybuchowymi należy umieszczać nazewnątrz. Urządzenia pod gołem niebem lub w pomieszczeniach wilgotnych wymagają łączników w puszkach szczelnych (hermetycznych), nie przepuszczających wilgoci do wnętrza (rys. 105).

Pod względem ustroju rozróżniamy:

1. łączniki migowe,
2. łączniki olejowe i
3. odłączniki.

Ustrój łączników migowych i olejowych ma na celu zabezpieczenie stykowych części przyrządu czyli kontaktów od szkodliwego działania iskier, powstających przy każdej przerwie prądu. Kontakty w łącznikach migowych dzięki sprężynie rozchodzą się z taką prędkością, że łuk świetlny przerywa się momentalnie w mgnieniu oka. Wszystkie łączniki, przeznaczone do zapalania i gaszenia lamp, do puszczenia i zatrzymywania silników, i wogóle wszystkie łączniki do 5 kW powinny być migowe. Większe przyrządy otrzymują specjalne gasiki w postaci elektromagnesów lub rożków, w rodzaju odgromników (§ 54). W łącznikach drążkowych wielobiegunowych kontakty poszczególnych biegunów powinny być oddzielone od siebie przegródkami izolacyjnymi. Łączniki olejowe z kontaktami zanurzonymi w oliwie używane są do prądu zmiennego o wysokim napięciu. Zarówno łączniki migowe, jak i olejowe, mogą być otwierane podczas przepływu prądu, natomiast zwyczajne wyłączniki niemigowe, używane do tablic rozdzielczych, mogą być otwierane tylko przy zupełnym braku prądu. Przyrządy te nazywamy odłącznikami, gdyż mają na celu nie przerywanie prądu, lecz odłączanie od napięcia. Odłączniki mają



Rys. 105.

Większe przyrządy otrzymują specjalne gasiki w postaci elektromagnesów lub rożków, w rodzaju odgromników (§ 54). W łącznikach drążkowych wielobiegunowych kontakty poszczególnych biegunów powinny być oddzielone od siebie przegródkami izolacyjnymi. Łączniki olejowe z kontaktami zanurzonymi w oliwie używane są do prądu zmiennego o wysokim napięciu. Zarówno łączniki migowe, jak i olejowe, mogą być otwierane podczas przepływu prądu, natomiast zwyczajne wyłączniki niemigowe, używane do tablic rozdzielczych, mogą być otwierane tylko przy zupełnym braku prądu. Przyrządy te nazywamy odłącznikami, gdyż mają na celu nie przerywanie prądu, lecz odłączanie od napięcia. Odłączniki mają

duże zastosowanie przy wysokiem napięciu (rys. 52—d; przy transformatorach — rys. 73 — *W, w*).

Co się tyczy przełączników, to odróżniamy przełączniki:

1. przerywcze, które jednocześnie odgrywają rolę wyłączników i przy pewnem położeniu drążka przerywają obieg prądu, i

2. nieprzerywcze, które nie przerywają prądu ani na chwilę.

Zależnie od liczby odgałęzień przełączniki bywają:

1. dwuodgałęzne (rys. 88 — *p*, rys. 57 — *p*) i

2. wieloodgałęzne, przyczem te ostatnie stosują się najczęściej do mierników: woltomierzy (rys. 42 — cztero-odgał.) i amperomierzy bocznikowych (rys. 93 — trój-odgał.). Poza tem istnieje cały szereg przełączników ze specjalnem przeznaczeniem, że wymienimy tylko przełącznik z gwiazdy w trójkąt (§ 19), przełączniki pająkowe (§ 83) i schodowe (§ 83).

Do łączników zaliczamy jeszcze gniazda wtyczkowe z odpowiedniami wtyczkami, które służą do przyłączania przenośnych odbiorników prądu: lamp stołowych, wentylatorków i t. p. Przy niektórych odbiornikach prądu stałego (lampach łukowych, akumulatorach) zależy na tem, by nie zmieniać biegunów przy łączeniu. W tych wypadkach stosujemy gniazda z otworami o różnej średnicy. W urządzeniach teatralnych używane są złącza wtyczkowe tego ustroju, który pozwala na łączenie zarówno gniazda z wtyczką, jak gniazda z gniazdem lub wtyczki z wtyczką.

Obsługa przyrządów rozdzielczych ogranicza się do czyszczenia kontaktów i sprawdzania temperatury. Kawałek wosku, przylepiony na próbę do rozgrzanego kontaktu, nie powinien topnieć. Do łączników olejowych używamy oliwy „transformatorowej“, którą przedtem nagrzewamy do 110° C, aby wodę doszczętnie odparować (§ 32). Od czasu do czasu sprawdzamy poziom oliwy w łączniku, a raz do roku oliwę zmieniamy. Przy wysokiem napięciu jest rzeczą ważną, aby przyrząd wyłączał jednocześnie wszystkie bieguny (§ 25). Chcąc się w tem upewnić, zakładamy łącznik na próbę do niskiego napięcia i sprawdzamy, czy lampki włączone do różnych faz zapalają się i gasną jednocześnie.

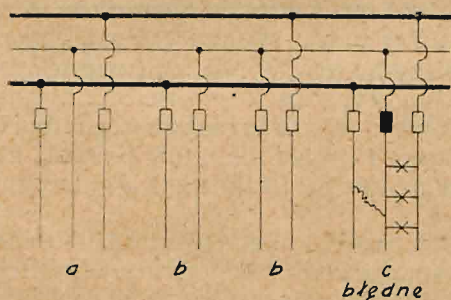
§ 52. Bezpieczniki.

Bezpieczniki prądowe ochraniają przewody elektryczne od prądu nadmiernego. Gdy prąd przekroczy granicę dopuszczalną, bezpiecznik stapia się i przerywa obwód.

Rozmieszczenie. Bezpieczniki należy umieszczać we wszystkich biegunach: 1) na początku głównego przewodu, 2) przy każdym odgałęzieniu i zmniejszeniu przekroju. Odległość między bezpiecznikiem a początkiem zabezpieczonego przewodu nie powinna przekraczać jednego metra. Od zasady ogólnej czynimy następujące wyjątki.

Przedewszystkiem zupełnie nie zabezpieczamy obwodów magnesowych (rys. 42, 56, 57, 58), a w przewodach od prądnic i akumulatorów umieszczamy bezpieczniki dopiero przy tablicy.

W sieciach trójprzewodowych prądu stałego nie zabezpieczamy przewodów obojętnych (rys. 106—*a*). Skutki, jakie mogą wyniknąć przez wprowadzenie bezpiecznika do przewodu obojętnego, przedstawia rys. 106 — *c*.

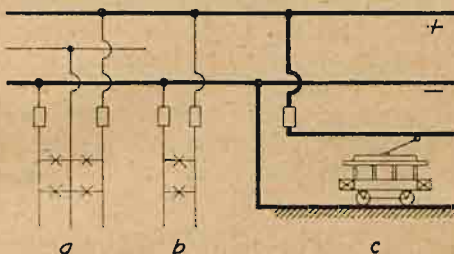


Rys. 106.

W razie zwarcia między jednym z przewodów skrajnych a obojętnym mógłby stopić się bezpiecznik w przewodzie obojętnym, a wówczas przeciwna połowa sieci otrzymałaby napięcie podwójne. Lampki i wogóle odbiorniki uległyby zniszczeniu.

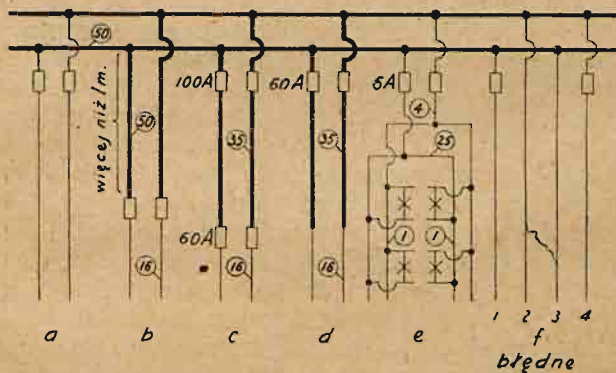
Ze względu na podobne wypadki nie zabezpieczamy również przewodów obojętnych w sieciach czteroprzewodowych prądu trójfazowego (rys. 20). Wyjątki powyższe czynimy tylko dla odgałęzień wieloprzewodowych (rys. 106—*a*), natomiast odgałęzienia dwuprzewodowe z sieci wieloprzewodowej (rys. 106—*b*) zabezpieczamy, zgodnie z zasadą ogólną, na obu biegunach: skrajnym i obojętnym.

Wreszcie nie zabezpieczamy przewodów uziemionych. Na rys. 107 w odgałęzieniu *c* biegun ujemny uziemiono przez połączenie z szynami tramwajowymi. Zresztą wyjątek powyższy czynimy tylko dla przewodu nieizolowanego (rys 107—*c*), natomiast przewody całkowicie izolowane, jakkolwiek odgałęzione od bieguna uziemionego (rys. 107—*a*, *b*), zaopatrujemy w bezpiecznik.



Rys. 107.

Jak mówiliśmy wyżej, bezpieczniki umieszczamy tuż przy rozgałęzieniu (rys. 108—*a*). Gdy przewód między punktem węzłowym a bezpiecznikiem przekracza długość jednego metra, wówczas powinien otrzymać na tej odległości przekrój przewodu głównego (rys. 108 — *b*; prz.



Rys. 108.

głów. 50 mm^2 ; prz. odg. 16 mm^2). W punktach zmniejszenia przekroju zakładamy bezpieczniki wtórne; np. przewód 35 mm^2 , zabezpieczony paskami 100-ampierowymi, wymaga przy przej-

ściu na 16 mm^2 bezpieczników wtórnych 60-amperowych (rys. 108—c). Można obyć się bez bezpieczników wtórnych tylko pod tym warunkiem, jeżeli siła bezpieczników pierwotnych będzie odpowiadała (tabl. § 56) przekrojowi mniejszemu. W przykładzie naszym siła bezpieczników, po zniesieniu wtórnych, nie powinna przekraczać 60 A (rys. 108—d). Odgałęzienia od tabliczek rozgałęźnych otrzymują jedną parę bezpieczników (rys. 108—e) i nie wymagają już powtórnych zabezpieczeń ani przy zmianie przekroju, ani przy następnych rozgałęzieniach tylko wówczas, gdy prowadzą prąd co najwyżej:

- 1) **6 A** do jakichkolwiek odbiorników lub
- 2) **15 A** — do wielkich lamp żarowych (z gwintem gólatowym).

Skutki stosowania bezpieczników jednobiegunowych, wbrew przepisom, przedstawia rys. 108—f. Przewody 2 i 3 w razie zwarcia nie są zabezpieczone i niewątpliwie przepalą się od nadmiernego prądu.

Siła bezpieczników. Tablica w § 56 podaje siłę bezpieczników w zależności od przekroju przewodnika. Można stosować bezpieczniki słabsze niż podaje tablica, lecz nie silniejsze. Naprzykład przewodniki o przekroju 10 mm^2 , obciążone prądem 18 A, można zaopatrzyć w bezpieczniki 20 A, 25 A, najwyżej 35 A (35 A odpowiada 10 mm^2). Trzeba jednak pamiętać, że przy włączeniu niektóre odbiorniki czerpią więcej prądu, niż przy pracy normalnej. Naprzykład lampa łukowa 8-amperowa daje podskoki prądu do 12 A i wymaga bezpieczników przynajmniej 10-amperowych. Również niektóre silniki przy rozruchu dają znaczne podskoki prądu (§§ 16 i 19) i wymagają silniejszych bezpieczników.

Liczba amperów, podana na bezpieczniku, oznacza prąd normalny. Można jednak obciążenie podnieść o 25% bez obawy stopienia bezpiecznika. Obciążenie to nazywamy największym prądem dopuszczalnym (w tablicy trzeci szereg liczb). Np. bezpiecznik 20-amperowy możemy obciążyć prądem 25 A, 100-amperowy — 125 A i t. d.

Rodzaje bezpieczników. Bezpieczniki wykonywa się z łatwotopliwego metalu o dobrej przewodności. Ołów, używany dawniej do tego celu, okazał się zupełnie niezdatnym. Rozróżniamy dwa rodzaje bezpieczników:

1. paskowe i
2. korkowe.

Paski bezpiecznikowe przykręcamy do zacisków, osadzonych na płytce marmurowej lub szyfrowej, i osłaniamy pokrywką z ogniotrwałego materiału izolacyjnego. Pokrywka zabezpiecza otaczające przedmioty od ognia, a ludzi — od oparzenia i porażenia. Przy głównych tablicach rozdzielczych, dostępnych tylko dla ludzi obeznanych, paski bezpiecznikowe mogą pozostać bez osłony, aby były widoczne. W każdym razie, paski sąsiednie powinny być oddzielone od siebie przegródkami ogniotrwałymi, gdyż inaczej ogień przedostawałby się od jednego paska do drugiego. Dla lepszego gaszenia łuku, zakłada się obok pasków różki druciane (rys. 109 — bezpiecznik na izolatorze), jak w odgromnikach (§ 54).

Bezpieczniki korkowe składają się z porcelanowego gniazda bezpiecznikowego i również porcelanowego korka. Korek, wraz z zawartym wewnątrz drucikiem topliwym, wkręca się lub wstawia do gniazda bezpiecznikowego, które znów łączy się z przewodami. W razie stopienia drucika, zamieniamy korek na nowy. Gniazda powinny być urządzone w ten sposób, aby nie można było zastąpić słabszego korka silniejszym. Do tego celu służą zwykle śruby kontaktowe, pierścionki lub wstawki. Ważną zaletą bezpieczników korkowych jest zupełne osłonięcie zarówno drucika topliwego, jak i wszystkich części metalowych, prowadzących prąd. Do 60 A włącznie należy stosować tylko bezpieczniki korkowe.

Obsługa bezpieczników polega na sprawdzaniu temperatury, czyszczeniu kontaktów i dokręcaniu obluźwionych zacisków.

W razie stopienia, zamieniamy pasek lub korek na nowy, a gdy przepali się również, przystępujemy do badania odpowiedniej gałęzi. Dzieląc gałąź na części, odnajdujemy



Rys. 109.

niedokładność i usuwamy. Pod żadnym pozorem nie wolno zakładać silniejszych pasków i korków, a tem bardziej — drutów z metalu trudnotopliwego.

Do bezpieczników korkowych należy używać wyłącznie korków nowych, gdyż „naprawiane“ są wątpliwej wartości i nieraz wywołały wypadek.

§ 53. Wyłączniki samoczynne.

Wyłącznik samoczynny, czyli automatyczny, zamyka się i otwiera ręcznie, jak wyłącznik zwyczajny, a poza tem otwiera się w pewnych momentach sam przez się i przerywa obieg prądu. Wyłącznik samoczynny zaopatrzony jest w elektromagnes, przez który płynie prąd, przyczem siła przyciągania elektromagnesu zмага się z siłą sprężyny. W warunkach normalnych panuje między siłami równowaga i wyłącznik jest zamknięty. Skoro tylko równowaga zostanie naruszona, jedna z obu sił przeważa i otwiera wyłącznik. W wyłącznikach zanikowych i wstecznych przeważa siła sprężyny, w nadmiarowych — siła elektromagnesu.

Rozróżniamy następujące rodzaje wyłączników samoczynnych:

1. zanikowe, przerywające obwód w razie zaniku napięcia prądu,
2. nadmiarowe (czyli maksymalne), przerywające obwód przy prądzie nadmiernym,
3. wsteczne, przerywające obwód w razie zmiany kierunku prądu,
4. nadmiarowo-wsteczne, przerywające obwód zarówno przy prądzie nadmiernym, jak i przy prądzie wstecznym, i
5. czasowe, przerywające obwód po upływie pewnego czasu (np. przy oświetleniu klatki schodowej § 83).

Wyłączniki zanikowe używane są przy silnikach (§ 16). Zdarzają się bowiem wypadki zupełnego zaniku prądu, np. wskutek stopienia się paska bezpiecznikowego w elektrowni.

Wówczas silnik zatrzyma się przy zamkniętym obwodzie i przy wyłączonym rozruszniku. Wyobraźmy sobie, iż maszynista przeoczył, czy też nie zdążył przestawić rozrusznika, gdy tymczasem w elektrowni niedokładność usunięto i prąd puszczono ponownie. Silnik ruszy bez pomocy rozrusznika i spali się od prądu nadmiernego. Samoczynny wyłącznik zanikowy zapobiega tym wypadkom, przerywając obwód w pierwszej chwili zaniku napięcia.

Wyłączniki nadmiarowe mają ten sam cel, co bezpieczniki. Przy wysokim napięciu zależy na tem, aby wszystkie bieguny wyłączały się jednocześnie (§ 25), i dlatego w sieciach wysokonapiętych zakładamy, zamiast bezpieczników, wielobiegunowe wyłączniki nadmiarowe (rys. 52). Poza tem, dajemy pierwszeństwo wyłącznikom samoczynnym w tych wypadkach, gdzie zależy na prędkim ponownem zamykaniu przerwane obwodu, gdyż zamiana stopionego bezpiecznika wymaga dłuższego czasu, niż zamknięcie wyłącznika.

Wyłączniki wsteczne są używane przy kilku źródłach prądu stałego (prądnicach, akumulatorach), połączonych równolegle (rys. 42, 88, 89, 90). Gdyby jedna z prądnic zaczęła pracować jako silnik, przyrząd wyskoczy i maszynę odłączy. Wypadki powyższe zdarzają się przy wadliwym nastawieniu opornika regulacyjnego, lub przy zbyt powolnym biegu silnika napędowego.

Przy równoległym łączeniu prądnic możemy założyć, zamiast bezpieczników i wyłączników wstecznych, wyłączniki nadmiarowo-wsteczne, które są połączeniem jednych i drugich.

Przyrządy samoczynne należy od czasu do czasu sprawdzać, czy wyskakują przy właściwym prądzie, i regulować przez odpowiednie nastawienie śrubki, ciężarka czy sprężyny. Pod żadnym pozorem nie wolno przywiązywać kontaktów i wogóle „zabezpieczać wyłączniki od wyskakiwania“.

§ 54. Odgromniki i bezpieczniki napięciowe.

Elektryczność atmosferyczna. Wyładowania atmosferyczne odbijają się w napowietrznych sieciach elektrycznych i mogą wywołać poważne uszkodzenia. Elektryczność atmosferyczna wyładowuje się najczęściej w postaci chwilowego prądu, bardzo prędko drgającego. Jest to jakby prąd zmienny o wielkiej częstotliwości, przyczem wielkość tego prądu przy każdym drgnięciu zmniejsza się i zmniejsza, a w końcu zanika zupełnie.

W porównaniu ze zwyczajnym prądem roboczym, stałym czy zmiennym, prąd elektryczności atmosferycznej ma własności szczególne. Gdy prąd roboczy płynie z łatwością po przewodach zwiniętych a nie może pokonać oporu powietrza, to prąd atmosferyczny wprost przeciwnie przeskakuje przez warstwę powietrza bez trudności, a zwojnice i cewki stanowią dlań zawadę nie do przezwyciężenia.

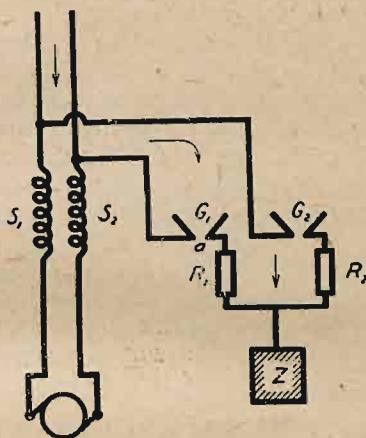
Najwięcej też narażone są na wpływy atmosferyczne wszelkie opory indukcyjne (§ 5), a przedewszystkiem cewki z uziemionym rdzeniem w maszynach (§ 27), transformatorach (§ 32) i przyrządach. Natrafiwszy na cewkę, elektryczność atmosferyczna wybiera sobie drogę łatwiejszą, przebija izolację i podąża do ziemi.

Działanie odgromnika. Chcąc zabezpieczyć urządzenie elektryczne od szkodliwych wpływów atmosferycznych, należy w odpowiednim punkcie przeprowadzić odgałęzienie od przewodów głównych do ziemi i włączyć w powyższe odgałęzienie odgromnik. Odgromnik składa się z dwóch części metalowych zaizolowanych i rozstawionych w niewielkim od siebie odstępie. Jedna część łączy się z przewodem głównym, druga — z ziemią. Prąd roboczy nie może płynąć przez odgromnik, natomiast elektryczność atmosferyczna ma drogę ułatwioną, przeskakuje przez szczelinę i odplywa do ziemi.

W chwili wyładowania atmosferycznego tworzy się w szczelinie odgromnika płomień, a raczej łuk świetlny, który w tym wypadku jest zjawiskiem bardzo niepożądanem. Łuk bowiem jest dobrym przewodnikiem elektryczności

i przepuszcza prąd roboczy do ziemi. Odgromnik ma temu zapobiec, a mianowicie powinien przerwać łuk jak najspieszniej.

Odgromniki różkowe, bardzo rozpowszechnione, składają się z dwóch grubych drutów miedzianych o przekroju co najmniej 50 mm^2 , wygiętych naksztalt różków (rys. 110). U dołu różki tworzą wąską szczelinę a , a ku górze oddalają się jeden od drugiego. Kształt różków ma na celu gaszenie łuku świetlnego, powstającego w szczelinie. I rzeczywiście, powietrze, otaczające łuk, ogrzewa się, podąża do góry i wydmuchuje łuk świetlny. Na końcach różków przerywa się łuk wskutek nadmiernej długości i gaśnie.



Rys. 110.

Inny sposób gaszenia

polega na zastosowaniu elektromagnesów, gdyż pole magnetyczne ma szczególną własność wydmuchiwania łuku świetlnego. Nawet w odgromnikach różkowych bywają niekiedy stosowane dodatkowe gasiki elektromagnetyczne.

Połączenie odgromnika z siecią. Zapomocą odgromników zabezpieczamy maszyny, kable podziemne i wszelkie urządzenia, złączone z napowietrzną siecią elektryczną. Odgromniki zakładamy na wszystkich biegunach, z wyjątkiem uziemionych, w miejscach:

- 1) gdzie sieć napowietrzna wychodzi z budynku (np. z elektrowni) lub wchodzi do budynku (np. do transformatorni),
- 2) gdzie przewód napowietrzny łączy się z kablem podziemnym — i
- 3) w ważniejszych punktach węzłowych rozległej sieci napowietrznej.

Rys. 110 przedstawia maszynę elektryczną, zabezpieczoną zapomocą odgromników G_1 i G_2 . Sieć jest dwuprzewodowa i z obu przewodów wychodzą odgałęzienia do odgromników. Przeciwległe rożki odgromnikowe łączą się ze wspólną płytą ziemną Z .

Jak widzimy z rysunku, przewody główne są zaopatrzone w zwojnice S_1 i S_2 . Zwojnice znajdują się między maszyną a punktem przyłączenia odgromnika i nie przepuszczają prądów atmosferycznych do maszyny.

W przewody, łączące odgromniki z ziemią, wprowadzone są oporniki dodatkowe R_1 i R_2 . Jak wiadomo, łuk świetlny łączy podczas wyładowania atmosferycznego przeciwległe rożki odgromników. Wskutek tego, następuje chwilowe zwarcie obu biegunów sieci przez gałąź $G_1-R_1-R_2-G_2$. Oporniki dodatkowe mają na celu zwiększenie oporu tej gałęzi, czyli zmniejszenie prądu zwarcia.

W elektrowni odgromniki przyłącza się do szyn zbiorczych głównej tablicy rozdzielczej (rys. 52).

Montaż i obsługa odgromnika. Przy wyznaczaniu odstępów między rożkami kierujemy się przede wszystkim wysokością napięcia roboczego. Napięcie wyższe wymaga szczeliny szerszej, niższe—węższej. Zwykle wyznaczamy po 1 mm na każde 1000 V, a więc 15000 V otrzymuje 15 mm, 5000 V—5 mm. Z drugiej znów strony, należy zabezpieczyć odgromnik od przypadkowego zetknięcia lub połączenia rożków. Z tego względu szczelina powinna wynosić co najmniej:

3 mm — w odgromnikach, założonych wewnątrz budynku, a więc narażonych jedynie na wstrząśnienia, a

8 mm — w odgromnikach pod gołym niebem, narażonych na opady atmosferyczne: deszcz, śnieg, szał i t. p.

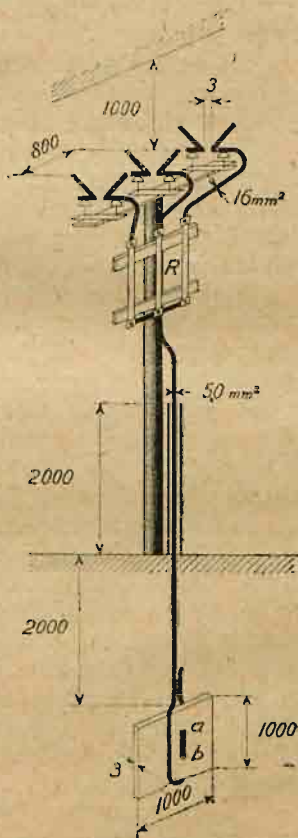
Ponieważ odgromniki pod gołym niebem wymagają większej szczeliny, a zwiększenie szczeliny odbija się niekorzystnie na czułości przyrządu, przeto staramy się, ile możliwości, umieszczać odgromniki wewnątrz budynku. Wokoło odgromnika należy pozostawić wolną przestrzeń dla łuku świetlnego; nad rożkami wystarczy odstęp 1000 mm, a po obu stronach po 400 mm. Odgromniki sąsiednie ustawiamy

w odległości 800 mm (rys. 111). Otoczenie odgromnika zabezpieczamy od ognia, np. przez założenie daszków i przegródek ogniotrwałych.

Zwojnice S_1 i S_2 (rys. 110) możemy utworzyć z przewodu roboczego, zwijając go spiralnie w 10 lub więcej zwojów o średnicy około 100 mm. Do przewodów, skierowanych w stronę odgromnika, nie wprowadzamy żadnych bezpieczników. Co się zaś tyczy oporników dodatkowych R_1 i R_2 , to można użyć tylko oporów „bezindukcyjnych” (§ 5), które nie przeszkadzają wyładowaniom atmosferycznym, np. pałeczki węglowe lub karborundowe.

Po każdej burzy należy przejrzeć wszystkie odgromniki, wygięte różki naprostować, nadpalone oczyścić, a przedewszystkiem zmierzyć i wyregulować odstępy między różkami.

Uziemienie. Nieodzownym warunkiem dobrego działania odgromnika jest dokładne i pewne połączenie z ziemią czyli uziemienie. Do tego celu używamy t. zw. płyty ziemnej z blachy żelaznej cynkowanej, o wymiarach co najmniej $1000 \times 1000 \times 3$ mm (rys. 111) lub z blachy miedzianej cynowanej, o wymiarach $500 \times 500 \times 2$ mm. Płytę należy ustawić w położeniu pionowym na głębokości około 2 m możliwie w ziemi wilgotnej. Najlepiej dokopać się wody gruntowej.



Rys. 111.

Wybrawszy odpowiedni punkt, np. pod ściekiem, można nieraz natrafić na ziemię wilgotną na niewiel-

kiej stosunkowo głębokości. Gdyby jednak ziemia była sucha, nawet na głębokości 2 *m*, wówczas przerywamy kopanie, zapuszczamy płytę i otaczamy ją ziemią osoloną. W tym celu dodajemy do wykopanej ziemi domieszkę soli kuchennej w ilości mniej więcej 35 *kg*. Co dwa lata należy dodawać świeżej soli.

Mając w pobliżu studnię, korzystamy z niej, tak jednak, by płyta nie wisała w wodzie, lecz w położeniu stojącym spoczywała w głębi dna, otoczona ziemią.

Zamiast płyty można użyć ocynkowaną wstęgę żelazną 40×2 *mm*, rozpostartą w linii prostej na długości 15 *m* i zakopaną na głębokości około 0,7 *m*. Najlepsze uziemienie osiąga się zapomocą rur o średnicy 2" i długości 2 *m*, ustawionych lub wbitych w położeniu pionowym.

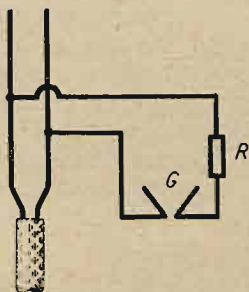
Większe masy żelazne, znajdujące się obok, a więc konstrukcje żelazne, szyny kolejowe, przewody wodociągowe czy kanalizacyjne, nie mogą być uważane za uziemienie, ale powinny być przyłączone do przewodów doziemnych.

Po wykonaniu uziemienia mierzymy zapomocą mostka (§ 48) opór stykowy między przewodem doziemnym a ziemią i pomiar powtarzamy rok rocznie. Przy dokładnem uziemieniu opór nie przekracza 5 Ω .

Przewody doziemne, prowadzące do płyty, wykonywamy z linki miedzianej. Szczególnej uwagi wymaga połączenie z płytą. Jak widzimy z rys. 111, należy płytę opasać linką wokoło, przewlec linkę przez dwa otwory *a* i *b*, koniec przywiązać, a na odległości *a—b*, nie mniejszej niż 250 *mm*, mocno do płyty przylutować. Przewód doziemny przy odgromnikach powinien biec linią możliwie prostą, bez załamań i raptownych zakrętów. Przewód zakładamy w sposób widoczny i tylko na wysokości 2 *m* (rys. 111) osłaniamy listwą drewnianą lub rurą żelazną.

Co się tyczy przekroju, to ogólny przewód doziemny w pracowniach elektrycznych (w elektrowniach, transformatorniach i t. p.) powinien mieć co najmniej 50 *mm*²; przyłączenia do przewodu ogólnego, nie dłuższe nad 5 *m*, mogą mieć 16 *mm*². Poza pracowniami elektrycznymi przewody doziemne mogą mieć przekrój mniejszy, jednak co najmniej 4 *mm*².

Bezpieczniki przepięciowe. W sieciach wysokiego napięcia zdarzają się, oprócz zwykłych wyładowań atmosferycznych, zjawiska nagłych podskoków napięcia, zwane przepięciami. Dla zabezpieczenia sieci od przepięć używane są bezpieczniki przepięciowe najrozszybszej budowy. Między innymi bywają stosowane do tego celu zwyczajne różki odgromnikowe. Rys. 112 wskazuje połączenie różków G w roli bezpiecznika przepięciowego.



Rys. 112.

Przy napięciu roboczym odstęp między różkami nie przepuszcza prądu, natomiast przy napięciu nadmiernym powstaje łuk świetlny i łączy oba przewody. Zwarcie trwa krótko, gdyż łuk przerywa się a napięcie wraca do stanu normalnego.

Bezpiecznik napięciowy. W sieci o wysokim i niskim napięciu może nastąpić wypadek połączenia przewodu jednej sieci z przewodem drugiej. Przyrządy, mające na celu ochronę sieci niżejnapiętej od napięcia wyższego, nazywamy bezpiecznikami napięciowymi. Bezpiecznik napięciowy składa się z dwóch płytek metalowych, oddzielonych cienką warstwą miki. Jedną płytkę łączymy z przewodem ochrańnianym, drugą — z płytą ziemną. Warstwa miki nie przepuszcza napięcia roboczego, natomiast napięcie wyższe przebija mikę i łączy płytkę z ziemią. Rys. 72 podaje sposób włączenia bezpiecznika napięciowego N przy transformatorze trójfazowym.

Bezpiecznik napięciowy ma kształt zwykłego bezpiecznika korkowego, przyczem warstwa miki jest umieszczona w korku. W razie przebicia zamieniamy korek na nowy.

§ 55. Tablice rozdzielcze.

Tablice rozdzielcze skupiają w sobie przyrządy pomiarowe, rozdzielcze, ochronne, regulujące i rozruchowe, a wsku-

tek tego umożliwiają rozrządzenie z jednego miejsca zarówno dopływem prądu, jak odpływem.

Przyrządy rozmieszczamy na tablicy w tym samym porządku, w jakim są uszeregowane maszyny, przyczem wszystkie przyrządy jednej gałęzi układamy koło siebie i zaopatrujemy w odpowiednie napisy: „Maszyna 1“, „Maszyny 2“, „Akumulatory“, „Światło“, „Siła“ i t. p. Najwyżej umieszczamy mierniki, pod nimi łączniki i bezpieczniki, a jeszcze niżej oporniki. Należy uważać, aby wskazanie miernika było widoczne zbliska i zdala i aby dozorca mógł sięgnąć do rękojeści łączników i oporników bez nachylenia się lub wspinania.

Przednią stronę tablicy przeznaczamy w zasadzie na przyrządy, a tylną na połączenia. Bezpieczniki paskowe, odgromniki, oporniki dodatkowe i liczniki zaleca się umieszczać za tablicą. Oporniki regulacyjne i rozruchowe możemy również ustawić z tyłu, byleby korbka czy pokrętko (kółko do regulowania) znajdowało się na przodzie tablicy. Przy wysokim napięciu umieszczamy wszystkie części, prowadzące prąd, w pomieszczeniach specjalnych za tablicą lub pod tablicą. Tablica obejmuje w tym wypadku tylko korbki i rękojeście od przyrządów, umieszczonych zdala, tudzież mierniki, oddzielone od wysokiego napięcia za pośrednictwem transformatorów miernikowych (§ 46, 47).

Wszystkie przewody, doprowadzające prąd i odprowadzające, zbiegają się do kilku szyn zbiorczych, których liczba zależy od liczby biegunów. Rys. 42, 51, 52, 88, 89 i 90 przedstawiają układ połączeń odpowiednich tablic rozdzielczych. Do połączeń używamy szyn i drutów z miedzi gołej, natomiast unikamy przewodników izolowanych, jako zdradliwych, a niezabezpieczających od porażenia. Szyny zbiorcze wspieramy na specjalnych izolatorach, przewody sztywne zostawiamy bez oparcia, a giętkie prowadzimy wprost na marmurze, przymocowując skobelkami. Na skrzyżowaniach przewody wyginamy, aby osiągnąć należyte odstępstwa. Dla odróżnienia biegunów lub faz malujemy szyny zbiorcze i łączące odmiennymi barwami i zaopatrujemy w znaki $+$, $-$, 0 przy prądzie stałym, lub litery R , S , T przy prądzie trójfazowym (rys. 72 i 73) i R , T przy prądzie jednofazowym.

Co się tyczy barw, to biegun:

+	malujemy barwą czerwoną,	
—	„	niebieską,
R	„	żółtą,
S	„	zieloną,
T	„	fioletową.

Przewody zerowe uziemione malujemy kolorem czarnym w białe pasy, a zerowe nieuziemione — czarnym w czerwone pasy. Inne przewody uziemione otrzymują barwę odpowiednią do swej biegunowości i czarne pasy; np. uziemiony przewód ujemny otrzymuje barwę niebieską w czarne pasy.

Płaszczyny styku w szynach cynujemy dla lepszego kontaktu, cynfolji zaś nie używamy, gdyż mogłaby się wytopić, a skapując, wyrządzić szkody. Końce drutów cieńszych skręcamy w uszko, a końce linek i drutów grubszych zaopatrujemy w końcówkę (§ 60).

Bezpieczniki i odgromniki zakładamy zdala od materiałów łatwopalnych. To samo dotyczy oporników, które rozgrzewają się do wysokiej temperatury. Przewodniki powinny dochodzić do oporników z dołu, a nie z góry, aby nie podlegały wpływom unoszącego się gorącego powietrza.

Tablice do napięcia niskiego budujemy z płyt marmurowych o grubości 20 do 30 *mm*. Do małych tablic można użyć płyt szyfrowych, natomiast drzewo nie nadaje się do tego celu. Po wywierceniu otworów, pociągamy tylną niepolewowaną stronę płyt marmurowych białym lakierem izolacyjnym, lub farbą olejną. Przy robocie należy pamiętać, iż plamy tłuste z marmuru nie schodzą.

Dostęp do połączeń za tablicą powinien być zupełnie swobodny i w tym celu ustawiamy tablice w odległości 1 *m* od ściany, a przy wysokim napięciu — 1,5 *m*. Mniejsza odległość, mianowicie 0,6 *m*, jest dopuszczalna tylko w podziemiach kopalnianych (§ 88). Pomieszczenia za tablicą zamkamy na klucz i nie zajmujemy ich żadnymi przedmiotami postronnymi (np. narzędziami, ubraniem, jedzeniem). Przy napięciu wyższym ogradzamy tylną stronę tablicy poręczą ochronną i w ten sposób urządzamy bezpieczne przejście między nią a ścianą.

Szkielet żelazny, podtrzymujący płyty marmurowe, trzeba przy wysokiem napięciu dokładnie uziemić, łącząc z płytą ziemną zapomocą odpowiedniego przewodnika miedzianego (§ 54 — uziemienie). Należy również uziemić wszystkie części metalowe, nie prowadzące prądu, w przyrządach wysokiego napięcia. Z obu stron tablicy układamy izolacyjne chodniki gumowe lub drewniane (§ 27, 32, 44). Chodniki drewniane przy wysokiem napięciu ustawiamy na nóżkach porcelanowych i pokrywamy gumą lub linoleum.

Szkielet żelazny pociągamy farbą, zabezpieczającą od rdzy, a między ramę i płyty marmurowe wkładamy cienką warstwę papy. Zamiast szkieletu żelaznego dopuszcza się przy napięciu niskiem obramowanie drewniane.

Małe tabliczki rozgałęźne obejmują zazwyczaj tylko bezpieczniki. Pod każdą parą bezpieczników umieszczamy odpowiedni napis, np. „Przedpokój i gabinet“, „Salon“, „Stołowy i sypialny“ i t. p. Tabliczki zawieszają się w niewielkiej odległości od ściany, przyczem wszystkie przewodniki doprowadzające i odprowadzające prąd przyłącza się do zacisków na stronie przedniej. Przyłączenie od strony tylnej utrudnia odejmowanie i zakładanie tabliczki przy czyszczeniu i naprawach i wymaga przynajmniej 250 mm odległości od ściany. Połączenia w samych tabliczkach wykonywamy zapomocą drutów izolowanych, przyczem w punktach skrzyżowania wzmacniamy izolację drutów, nawlekając rurki lub gałki porcelanowe (§ 62). Tabliczki rozgałęźne osłaniamy szafkami żelaznymi lub drewnianymi, zamykanymi na klucz.

Co się tyczy obsługi, to najważniejszą rzeczą jest utrzymanie kontaktów w dobrym stanie. Kontakty, rozluźnione od wstrząśnień, dokręcamy, nadpalone i nadtopione oskrobujemy, a zanieczyszczone obmywamy benzyną.

Przewody wogóle.

§ 56. Nagrzewanie i wytrzymałość mechaniczna.

Nagrzewanie. Przewodnik nagrzewa się tem silniej, im większy przepływa prąd (§ 3). Nadmierne nagrzanie może uszkodzić izolację, a w otoczeniu materiału łatwopalnego wywołać pożar. Z tego względu ograniczamy wielkość zagrza-
nia w przewodnikach do 20° C., a w kablach do 25° C. ponad temperaturę otoczenia, a odpowiedni prąd nazywamy największym dopuszczalnym.

Miara obciążenia przewodnika jest liczba amperów. Obciążenie dopuszczalne zależy od: 1) materiału przewodnika, 2) przekroju i 3) sposobu założenia. Przez miedz możemy przepuścić większe prądy, niż przez bronz, glin, żelazo i wogóle ciało o mniejszej przewodności. Przy jednakowym zaś materiale obciążenie dopuszczalne jest tem większe, im większy jest przekrój. Co do sposobu założenia, to chodzi o warunki, sprzyjające chłodzeniu przewodnika. W najniekorzystniejszych warunkach znajdują się przewodniki w budynkach, natomiast kable, zakopane w ziemi, studzą się lepiej i mogą być obciążone prądem większym.

Tablica na str. 156 podaje największe dopuszczalne obciążenie przewodników, używanych w praktyce.

Druga i trzecia kolumna liczb odnosi się do wszelkich przewodników w budynkach bądź gołych, bądź izolowanych i założonych na gąłkach lub w rurkach, bądź płaszczowych, bądź wreszcie kabli obołowionych. Następne kolumny odnoszą się do kabli, zakopanych w ziemi na zwykłej głębokości i umieszczonych niezbyt blisko jeden od drugiego (§ 72). Liczby podane drukiem tłustym, oznaczają dopuszczalne obciążenie przewodnika w amperach, liczby zaś drukiem zwykłym — prąd normalny, podany na odpowiednich paskach lub korkach bezpiecznikowych. A więc np. kabel jednożyłowy 150 mm² może być obciążony prądem, dochodzącym do 510 A, ale powinien być zabezpieczony bezpiecznikiem do 430 A.

Największy prąd dopuszczalny w przewodach miedzianych w amperach.

Przekrój w mm^2	Przewody w budynkach		Kable zakopane w ziemi					
	Obciążenie	Bezpiecznik	jednożyłowe do 750 V		dwużyłowe do 3000 V		trójżyłowe do 3000 V	
			Obciążenie	Bezpiecznik	Obciążenie	Bezpiecznik	Obciążenie	Bezpiecznik
P R A D W A M P E R A C H								
0,5	7,5	6	—	—	—	—	—	—
0,75	9	6	—	—	—	—	—	—
1	11	6	24	15	19	10	17	10
1,5	14	10	31	25	25	15	22	15
2,5	20	15	41	25	33	25	29	20
4	25	20	55	35	42	25	37	25
6	31	25	70	35	53	35	47	35
10	43	35	95	60	70	35	65	35
16	75	60	130	100	95	60	85	60
25	100	80	170	125	125	100	110	80
35	125	100	210	160	150	100	135	100
50	160	125	260	190	190	125	165	125
70	200	160	320	225	230	160	200	160
95	240	200	385	300	275	190	240	190
120	280	225	450	350	315	225	280	225
150	325	260	510	430	360	260	315	225
185	380	300	575	460	405	300	360	260
240	450	350	670	500	470	350	420	300
310	525	430	760	600	530	430	475	360
400	640	500	910	700	635	500	570	430
500	760	600	1035	850	—	—	—	—
625	880	700	1190	1000	—	—	—	—
800	1050	850	1380	—	—	—	—	—
1000	1250	1000	1585	—	—	—	—	—

Bezpiecznik po przekroczeniu prądu normalnego (w naszym przykładzie — 430 A) nie spali się, wytrzyma nawet największy dopuszczalny prąd dla danego przekroju (w naszym przykładzie — 510 A), a stopi się dopiero po przekroczeniu tej granicy.

Wytrzymałość mechaniczna. Przy wyborze przekroju bierzemy pod uwagę nie tylko własności elektryczne przewodnika, lecz i mechaniczne, mianowicie wytrzymałość na rozerwanie. Ze względu na wytrzymałość, przekroje przewodników nie powinny pozostawać poniżej pewnej granicy. Najmniejszy przekrój dopuszczalny zależy od: 1) materiału przewodnika i 2) sposobu założenia. Wytrzymałość największą wykazują przewodniki z brązu, następnie z miedzi twardej, żelaza, glinu, a najmniejszą z miedzi miękkiej (tabl. na str. 158). W jednakowych warunkach przewodnik miedziany wymaga przekroju większego, niż brązowy. Przewodniki napowietrzne najwięcej są narażone na rozerwanie wskutek zmiennych warunków atmosferycznych: wiatru, sadzi, mrozu. Natomiast przewodniki w budynkach, zawieszane przy małych rozpiętościach lub założone w rurkach, znajdują się w znacznie korzystniejszych warunkach i mogą mieć przekroje mniejsze.

Najmniejszy dopuszczalny przekrój przewodnika miedzianego wynosi:

- 0,5 mm^2 — w przewodach izolowanych, założonych wewnątrz świeczników lub na nich;
- 0,75 mm^2 — w sznurach zwieszakowych;
- 1 mm^2 — w przewodach izolowanych, założonych w rurkach lub zawieszonych na gałkach w odstępach najwyżej 1 m, a także w sznurach do przenośnych odbiorników prądu;
- 4 mm^2 — w przewodach izolowanych, zawieszonych w odstępach powyżej 1 m;
- 4 mm^2 — w przewodach gołych wewnątrz budynku i zewnątrz przy rozpiętości poniżej 20 m;
- 6 mm^2 — w przewodach napowietrznych z miedzi, brązu i żelaza przy napięciu niskim i przy rozpiętościach do 35 m;

16 mm^2 — w przewodach napowietrznych jak wyżej, lecz z glinu;

10 mm^2 — w przewodach napowietrznych z miedzi, bronzu i żelaza bez żadnych ograniczeń;

25 mm^2 — w przewodach napowietrznych z glinu bez żadnych ograniczeń;

Dla podziemi kopalnianych (§ 88) przepisy są ostrzejsze i wymagają co najmniej:

1 mm^2 — w przewodach wewnątrz świeczników lub na nich;

2,5 mm^2 — w przewodach, zawieszonych na gałkach w odstępach najwyżej 1 m.

§ 57. Spadek napięcia.

Opór przewodnika. Opór przewodnika zależy od: 1) materiału, 2) przekroju i 3) długości. Z materiałów, używanych do przewodników, najmniejszy opór, a więc największą przewodność, wykazuje miedź, następnie — bronz, glin (aluminium), a w końcu żelazo. Przy jednakowym materiale opór przewodnika jest tem mniejszy, im mniejsza długość a większy przekrój. Znając przewodność właściwą, obliczamy przekrój według wzoru:

$$\text{opór w } \Omega = \frac{\text{długość w } m}{\text{przewodność właściwa} \times \text{przekrój w } mm^2}$$

MATERJAŁ	Przewodność właściwa	Dopuszczalne naprężenie mechaniczne na 1 mm^2 przekroju	Ciężkość właściwa
Miedź miękka	58	45 <i>kg</i>	8,8
„ twarda drut.	56–57	12 „	8,9
„ „ linka	56–57	19 „	8,9
Bronz	24–51	20–12 „	8,85
Glin	34	9 „	2,7
Żelazo	7,5	10 „	7,8

Porównyując przewodność właściwą miedzi i żelaza, widzimy, iż pierwsza jest przeszło 7 razy większa od drugiej. Stąd wynika, iż przy równym oporze drut żelazny musi mieć przekrój 7 razy większy od przewodnika miedzianego.

Przykład. Jaki opór posiada przewodnik miedziany długości 200 m o przekroju 10 mm²?

$$\frac{200}{56 \times 10} = 0,36 \Omega$$

Opór i waga przewodników miedzianych.

Przekrój mm ²	Średnica		100 metrów		
	drutu mm	linki mm	Opór Ω	Waga	
				drutu kg	linki kg
0,75	1,00	—	2,33	0,67	0,68
1	1,13	1,3	1,75	0,89	0,9
1,5	1,38	1,6	1,17	1,34	1,35
2,5	1,79	2,1	0,70	2,23	2,25
4	2,26	2,6	0,44	3,56	3,6
6	2,77	3,2	0,29	5,34	5,4
10	3,57	4,1	0,18	8,9	9,0
16	4,52	5,2	0,11	14,2	14,4
25	5,65	6,5	0,07	22,3	22,5
35	6,68	7,7	0,05	31,2	31,8
50	7,98	9,2	0,035	44,5	45,3
70	—	10,9	0,025	—	63,3
95	—	12,7	0,018	—	86
120	—	14,2	0,015	—	108,5
150	—	15,9	0,012	—	135,6
185	—	17,7	0,0095	—	168
240	—	20,1	0,0073	—	218
310	—	22,9	0,0056	—	282
400	—	26,3	0,0044	—	364
500	—	29,4	0,0035	—	457
625	—	32,9	0,0028	—	573
800	—	37,2	0,0022	—	734
1000	—	41,6	0,0018	—	922

Opór i waga drutów miedzianych.

Średnica <i>mm</i>	Przekrój <i>mm²</i>	100 m e t r ó w	
		Opór Ω	Waga <i>kg</i>
0,1	0,0077	221,00	0,007
0,2	0,0314	55,40	0,028
0,3	0,0707	24,70	0,063
0,4	0,126	13,80	0,112
0,5	0,196	8,86	0,175
0,6	0,283	6,15	0,252
0,7	0,385	4,52	0,343
0,8	0,503	3,46	0,448
0,9	0,636	2,73	0,567
1,0	0,785	2,22	0,70
1,1	0,950	1,83	0,85
1,2	1,131	1,54	1,01
1,3	1,327	1,31	1,18
1,4	1,539	1,13	1,37
1,5	1,767	0,98	1,57
1,6	2,011	0,865	1,79
1,7	2,270	0,766	2,02
1,8	2,545	0,684	2,26
1,9	2,835	0,614	2,53
2,0	3,142	0,554	2,80
2,1	3,464	0,503	3,08
2,2	3,801	0,458	3,38
2,3	4,155	0,419	3,70
2,4	4,524	0,385	4,03
2,5	4,909	0,354	4,37

Spadek napięcia. Wskutek oporu powstaje w przewodach pewien spadek napięcia, którego wielkość możemy obliczyć na podstawie prawa Ohma:

spadek napięcia = prąd \times opór przewodnika.

Przykład. Napięcie w elektrowni wynosi 115 V; odbiornik prądu zużywa 12 A; opór przewodników łączących 0,5 Ω . Obliczyć spadek napięcia.

$$12 \times 0,5 = 6 \text{ V.}$$

$$\text{Napięcie przy odbiorniku } 115 - 6 = 109 \text{ V.}$$

Przy wyznaczaniu przekroju przewodu kierujemy się głównie spadkiem napięcia. Wielki bowiem spadek nie tylko wywołuje nadmierną stratę pracy elektrycznej, lecz ponadto i wahania woltażu. Objaśnimy to na przykładzie.

Przykład. Napięcie w elektrowni 115 V; na końcu linii, której opór wynosi 0,5 Ω , przyłączone są dwa odbiorniki po 6 A.

a) Dopóki odbiorniki nie pracują, na końcu linii panuje napięcie 115 V, jak w elektrowni.

b) Gdy włączymy jeden odbiornik, napięcie spadnie do 112 V.

c) Gdy włączymy dwa odbiorniki, napięcie spadnie do 109 V.

Jak widzimy, woltaż na końcu linii waha się w granicach od 115 do 109 V. Wyobraźmy sobie, iż odbiornikami prądu są świeczniki. Napięcie przy jednym płonącym świeczniku wynosi 112 V, przy dwóch — 109. A więc z chwilą zapalenia drugiego świecznika, światło pierwszego przyciemnia, gdyż różnica 3 V odbija się na świetle bardzo wyraźnie.

Chcąc ograniczyć wahania, musimy obliczyć przekrój przewodów na możliwie najmniejszy spadek napięcia. W sieciach oświetleniowych, gdzie szczególnie zależy na spokojnym woltażu, dopuszczamy spadek napięcia

2 do 3%

całkowitego napięcia, w sieciach zaś wyłącznie z silnikami dopuszczamy

5 do 10%

W obwodzie z lampami łukowymi rzecz ma się inaczej. Spadek napięcia jest w tym wypadku pożyteczny (§ 79), gdyż tłumi wahania prądu i uspokaja światło. Przy lampach z dobrą regulacją różnicową wystarcza spadek

5 do 10%

całkowitego napięcia.

Obliczenie przekroju na spadek napięcia. Przyjawszy pewną określoną wielkość spadku napięcia, możemy obliczyć opór przewodu:

$$\text{opór} = \text{spadek napięcia} : \text{prąd}$$

Opór i waga przewodników bronzowych, glinowych i żelaznych.

Średnica <i>mm</i>	Przekrój <i>mm²</i>	100 metrów					Glin		Żelazo	
		Przewodność właściwa			Waga <i>kg</i>	Opór Ω	Waga <i>kg</i>	Opór Ω	Waga <i>kg</i>	
		24 naprężenie dopuszczalne 17 <i>kg</i>	36 14 <i>kg</i>	51 12 <i>kg</i>						
1	0,79	5,29	3,53	2,5	0,7	—	—	16,6	0,62	
1,2	1,13	3,65	2,42	1,69	1,01	—	—	11,5	0,88	
1,5	1,76	2,35	1,57	1,11	1,55	—	—	7,50	1,35	
2	3,14	1,32	0,883	0,62	2,8	—	—	4,16	2,42	
2,5	4,91	0,833	0,565	0,39	4,4	—	—	2,65	3,85	
2,76	6	—	—	0,32	5,3	0,479	1,59	2,18	4,6	
3	7,07	0,588	0,389	0,27	6,3	—	—	1,84	5,5	
3,56	10	—	—	0,20	8,8	0,287	2,65	1,308	7,7	
4	12,6	—	—	0,16	11,1	—	—	1,045	9,4	
4,52	16	—	—	0,12	14,1	0,179	4,3	0,818	12,3	
5,64	25	—	—	0,078	22,0	0,115	6,6	0,523	19,3	
7×2,52	35	—	—	0,056	30,8	0,082	9,3	0,374	27,0	
19×1,83	50	—	—	0,039	44,8	0,057	13,5	0,261	39,2	
19×2,16	70	—	—	0,028	62,8	0,041	18,9	0,187	54,5	
19×2,52	95	—	—	0,021	85,0	0,032	25,6	0,137	74,5	

a znając przewodność właściwą, możemy obliczyć przekrój przewodu:

$$1. \quad \text{przekrój} = \frac{\text{całkowita długość}}{\text{przewodność właśc.} \times \text{opór}}$$

Całkowita długość przewodów w układzie dwuprzewodowym (prąd stały lub jednofazowy) równa się podwójnej długości toru elektrycznego. Łącząc oba wzory w jeden i uwzględniając przewodność właściwą miedzi = 56, otrzymamy wzór ważny dla prądu stałego i jednofazowego

$$\text{przekrój} = \frac{\text{prąd} \times \text{długość toru}}{28 \times \text{spadek napięcia}}$$

Powyższy wzór możemy przedstawić również w innej formie, wprowadzając waty zamiast amperów:

$$\text{przekrój} = \frac{\text{moc} \times \text{długość toru}}{28 \times \text{spadek napięcia} \times \text{napięcie}}$$

Odpowiednie wzory dla prądu trójfazowego różnią się od powyższego tylko spółczynnikiem liczbowym.

Przekrój przewodu przy prądzie: stałym lub jednofazowym:

$$\text{przekrój w } mm^2 = \frac{\text{prąd w A} \times \text{długość toru w m.}}{28 \times \text{spadek napięcia w V}}$$

trójfazowym:

$$\text{przekrój w } mm^2 = \frac{\text{moc w W} \times \text{długość toru w m.}}{56 \times \text{spadek napięcia w V} \times \text{napięcie w V}}$$

Przykład. Moc prądu — 813 W, odległość — 200 m, dopuszczalny spadek napięcia 3%. Obliczyć przekrój przewodów.

a) przy zastosowaniu prądu stałego o napięciu 110 V

$$\frac{813 \times 200}{28 \times 3,3 \times 110} = 16 \text{ } mm^2;$$

b) przy zastosowaniu prądu stałego o napięciu 220 V

$$\frac{813 \times 200}{28 \times 6,6 \times 220} = 4 \text{ } mm^2.$$

Z przykładu powyższego widzimy wpływ napięcia na przekrój przewodu: przez podwojenie napięcia przekroje zmniejszają się w czwórnasób.

Przykład. Moc prądu — 2540 W, napięcie — 110 V, o głośność — 200 m, dozwolony spadek napięcia 3%. Obliczyć prze przewodów:

a) przy zastosowaniu prądu stałego

$$\frac{2540 \times 200}{28 \times 3,3 \times 110} = 50 \text{ mm}^2;$$

b) przy zastosowaniu — trójfazowego

$$\frac{2540 \times 200}{56 \times 3,3 \times 110} = 25 \text{ mm}^2.$$

Biorąc zaś pod uwagę liczbę przewodów, otrzymujemy sumaryczny przekrój całego toru:

a) przy prądzie stałym $2 \times 50 = 100 \text{ mm}^2$,

b) przy prądzie trójfazowym $3 \times 25 = 75 \text{ mm}^2$.

Z przykładu powyższego widzimy, że w jednakowych zupełnie warunkach przy prądzie trójfazowym wypadają przekroje o połowę mniejsze niż przy stałym i że, stosując prąd trójfazowy zamiast stałego, oszczędzamy na miedzi **25%**.

W sieciach, złożonych z przewodów głównych, czyli zasilających i drugorzędnych, czyli rozsyłowych, dzielimy całkowity spadek napięcia na dwie części; np. z 5% dopuszczalnego spadku od prądnicy do ostatnich lampek możemy przeznaczyć 3% na przewód zasilający, a 2% — na gałęzie rozsyłowe.

Dotychczas przypuszczaliśmy, iż całe obciążenie znajduje się na końcu przewodu. Gdy tak nie jest, obliczamy przekrój z pewnym przybliżeniem, mnożąc całe obciążenie przez „średnią długość“, a raczej przez długość przewodu od początku do „środka obciążenia“. Np. w gałęzi o 15-tu żarówkach, rozstawionych w zupełnie równych odstępach, środek obciążenia przypada przy żarówce środkowej czyli ósmej z rzędu.

Chcąc jednak zupełnie dokładnie obliczyć przekrój przy rozłożonem obciążeniu, musimy pomnożyć długość każdej działki przewodu przez prąd, płynący w tej działce, wszystkie iloczyny zsumować i znalezioną w ten sposób liczbę wstawić do odpowiedniego wzoru, zamiast iloczynu ogólnego.

§ 58. Obliczanie przekroju.

Przekrój przewodu obliczamy:

1) na dopuszczalny spadek napięcia (§ 57), a po obliczeniu wybieramy następny przekrój wyższy z używanych przekrojów normalnych;

2) na nagrzewanie (§ 56) i

3) na wytrzymałość mechaniczną (§ 56).

Z otrzymanych w ten sposób trzech liczb wybieramy największą. Największy przekrój wypada zwykle z obliczenia na spadek napięcia. Względ na nagrzewanie rozstrzyga tylko przy odległościach krótkich, a względ na wytrzymałość przy prądach niewielkich.

Przykład. Budynek, odległy od elektrowni o 20 m, ma być oświetlony żarówkami 16-śwecowymi w liczbie 500 szt. Prąd stały 110 V. Podziemne kable jednożyłowe.

Licząc, iż żarówki zużywają 1 W na świecę i że naraz pali się najwyżej połowa założonych lampek, otrzymamy moc prądu

$$250 \times 16 \times 1 = 4000 \text{ W,}$$

czyli

$$4000 : 110 = 36,4 \text{ A.}$$

1) Na spadek napięcia 3% czyli 3,3 V;

$$\text{przekrój} = \frac{36,4 \times 20}{28 \times 3,3} = 7,9; \text{ następny wyższy} = 10 \text{ mm}^2.$$

2) Na nagrzewanie przy 36,4 A wystarczy 2,5 mm².

3) Na wytrzymałość przy kablach niema ograniczeń.

A więc rozstrzyga spadek napięcia. Przekrój = 10 mm².

Przykład. Budynek, odległy od elektrowni o 1000 m, zużywa prąd o mocy 5 kW. Prąd stały trójprzewodowy 2 × 220 V. Przewody napowietrzne.

A) **Przewody skrajne** prowadzą prąd $5000 : 440 = 11,4$ A.

1) Na spadek napięcia 3% od 440 V, czyli 13,2 V;

$$\text{przekrój} = \frac{11,4 \times 1000}{28 \times 13,2} = 30,7; \text{ następnny wyższy} = 35 \text{ mm}^2.$$

2) Na nagrzewanie przy 11,4 A wystarczy 1,5 mm².

3) Na wytrzymałość wystarczy 10 mm².

A więc decyduje spadek napięcia. Przekrój = 35 mm².

B) **Przewód zerowy** otrzymuje zwykle od $\frac{1}{3}$ do $\frac{1}{2}$ przekroju przewodu skrajnego, czyli w tym wypadku 16 mm².

Przykład. Do sieci o napięciu 440 V przyłącza się obwód o długości 2000 m z szeregiem lamp łukowych 8 A, 40 V. Pożądana jest możliwie największa liczba lamp. Przewody napowietrzne.

Odliczając na zniweczenie 15% napięcia czyli 66 V, otrzymujemy napięcie dla lamp:

$$440 - 66 = 374 \text{ V.}$$

Liczba lamp wypada

$$374 : 40 = 9,35$$

a więc najwyżej 9 lamp. W rzeczywistości lampy pochłona

$$9 \times 40 = 360 \text{ V,}$$

a do zniweczenia pozostanie

$$440 - 360 = 80 \text{ V.}$$

Obliczenie przekroju przewodu:

1) Na spadek napięcia 80 V;

$$\text{przekrój} = \frac{8 \times 1000}{28 \times 80} = 3,6; \text{ następnny wyższy} = 4 \text{ mm}^2.$$

2) Na nagrzewanie: przy zapaleniu lampy łukowe 8-amprowe zużywają około 12 A; dla 12 A wystarczy 1,5 mm².

3) Na wytrzymałość wystarczy 10 mm².

A więc decyduje obliczenie na wytrzymałość. Przekrój = 10 mm².
Opór przewodu miedzianego o przekroju 10 mm² i długości 2000 m według tablicy na str. 159:

$$20 \times 0,18 = 3,6 \text{ } \Omega.$$

Całkowity opór, potrzebny do zniweczenia 80 V, wynosi

$$80 : 8 = 10 \text{ } \Omega.$$

A zatem opór przewodu nie wystarcza i niezbędny jest opornik dodatkowy o oporze

$$10 - 3,6 = 6,4 \Omega.$$

Przykład. W domu czteropiętrowym w klatce schodowej projektuje się przewód pionowy, do zasilania mieszkań, liczących ogółem 30 pokoi. Prąd trójfazowy 120 V. Odległość od mufy kabla do środka obciążenia, w tym przypadku do punktu między piętrem II a III, wynosi 45 m.

Według przepisów warszawskich, obciążenie pionowych przewodów zasilających oblicza się po 100 W na jeden pokój:

$$30 \times 100 = 3000 \text{ W,}$$

czyli

$$\frac{3000}{1,73 \times 120} = 14,4 \text{ A.}$$

1) Na spadek napięcia $1\frac{1}{2}\%$ czyli 1,8 V;

$$\text{przekrój} = \frac{3000 \times 45}{56 \times 1,8 \times 120} = 11,2; \text{ następny wyższy} = 16 \text{ mm}^2.$$

2) Na nagrzewanie przy 14,4 A wystarczy 2,5 mm².

3) Na wytrzymałość wystarczy 1 mm².

A więc wybieramy 16 mm².

Przykład. Silnik trójfazowy 20-konny przyłącza się do sieci miejskiej o napięciu 120 V. Od mufy do licznika — 30 m kabla podziemnego, od licznika do silnika — na odległości 5 m przewody izolowane.

Sprawność silnika według tablicy (§ 23) wynosi — 0,88.

Moc elektryczna

$$\frac{20 \times 736}{0,88} = 16,730 \text{ W.}$$

Prąd przy współczynniku mocy (§ 23) — 0,87

$$\frac{16730}{1,73 \times 120 \times 0,87} = 92,6 \text{ A.}$$

A) Kabel od mufy do licznika.

1) Na spadek napięcia 2% czyli 2,4 V;

$$\text{przekrój} = \frac{16730 \times 30}{45 \times 2,4 \times 120} = 38,7; \text{ następny wyższy} = 50 \text{ mm}^2.$$

2) Na nagrzewanie przy 92,6 A wystarczy 25 mm².

A więc wybieramy 50 mm^2 .

B) Przewód od licznika do silnika.

1) Na spadek napięcia 3%, czyli 3,6 V;

$$\text{przekrój} = \frac{16730 \times 5}{45 \times 3,6 \times 120} = 4,3; \text{ następny wyższy} = 6 \text{ mm}^2.$$

2) Na nagrzewanie przy 92,6 A wystarczy 25 mm^2 .

3) Na wytrzymałość wystarczy 1 mm^2 .

A więc wybieramy 25 mm^2 .

C) Przewód od silnika do rozrusznika.

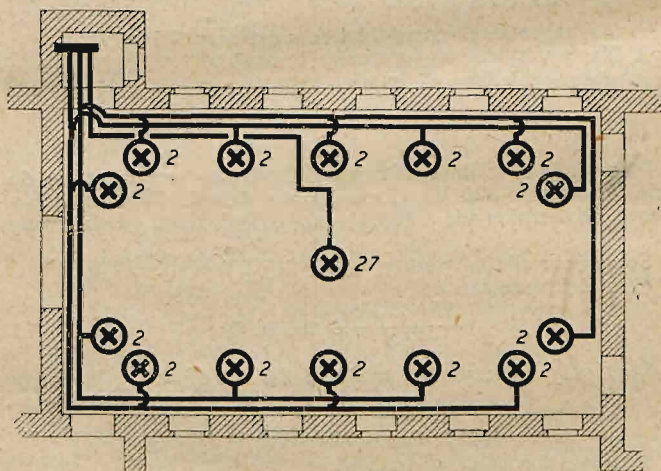
Napięcie przy pierścieniach 100 V. Według wzoru na str. 65, między silnikiem a rozrusznikiem płynie co najwyżej

$$\frac{20 \times 425}{100} = 85 \text{ A.}$$

2) Na nagrzewanie przy 85 A wystarczy 25 mm^2 .

3) Na wytrzymałość wystarczy 1 mm^2 .

Wybieramy 25 mm^2 .



Rys. 113.

Przykład. Rys. 113 przedstawia plan sali oświetlonej: a) pałkiem o 27 światłach i b) 14-tu świecznikami ściennymi, każdy po 2 światła. Zaprojektować i obliczyć przewody do napięcia 120 V.

Zużycie prądu każdego światła (25-świecej żarówki) będziemy liczyli po 0,2 A.

A) **Pająk.** Pająk bez względu na liczbę lampek może być objęty jednym odgałęzieniem (§ 83). Pojedyncza długość gałęzi — 20 m. Zużycie prądu $27 \times 0,2 = 5,4$ A.

1) Na spadek napięcia 1% czyli 1,2 V;

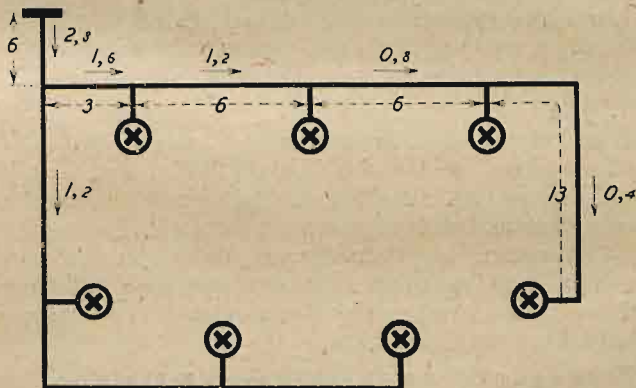
$$\text{przekrój} = \frac{5,4 \times 20}{28 \times 1,2} = 3,2; \text{ następny wyższy} = 4 \text{ mm}^2.$$

2) Na nagrzewanie przy 5,4 A wystarczy 0,5 mm².

3) Na wytrzymałość wystarczy 1 mm².

Wybieramy 4 mm².

B) **Świeczniki ściienne.** Świeczniki obejmują w sumie 28 światel, a ponieważ każde odgałęzienie powinno łączyć najwyżej 15 lampek (§ 83), przeto rozdzielamy światło na dwie gałęzie. Każda gałąź obejmuje co drugi świecznik i daje światło wokół sali.



Rys. 114.

1) Na spadek napięcia. Na rys. 114 podajemy jedną z gałęzi. Jak widzimy, gałąź rozszczepia się na dwie odnogi, z których dłuższa zasila 8 żarówek, krótsza — 6. Łatwo przewidzieć, że przy jednakowym przekroju największy spadek napięcia wypadnie na końcu odnogi pierwszej. Chcąc obliczyć przekrój dokładniej, rozpatrujemy każdą gałąź z osobna:

przez 1-szą	działkę na długości 6 m	plynie prąd 2,8 A
" 2-gą	" " " 3 m	" " 1,6 A
" 3-cią	" " " 6 m	" " 1,2 A
" 4-tą	" " " 6 m	" " 0,8 A
" 5-tą	" " " 13 m	" " 0,4 A

Suma iloczynów:

$$(2,8 \times 6) + (1,6 \times 3) + (1,2 \times 6) + (0,8 \times 6) + (0,4 \times 13) = 38,8.$$

$$\text{przekrój} = \frac{38,8}{28 \times 1,2} = 1,2; \text{ następny wyższy} = 1,5 \text{ mm}^2.$$

2) Na nagrzewanie przy 2,8 A wystarczy 0,5 mm².

3) Na wytrzymałość wystarczy 1 mm².

Wybieramy 1,5 mm².

§ 59. Rodzaje przewodników.

Przewodniki okrągłe bywają bądź:

1. jednodrutowe czyli druty, bądź

2. wielodrutowe czyli linki.

Linki bywają giętkie lub sztywne, zależnie od tego, czy się składają z większej, czy mniejszej liczby drucików.

Pod względem izolacji rozróżniamy przewodniki:

1. gołe i

2. odziane czyli izolowane.

Przewodniki izolowane bywają jedno, dwu i trójżyłowe i wogóle wielożyłowe. Przewodniki pokryte warstwą ołowianą nazywamy kablami obołowionemi, przewodniki giętkie wielożyłowe — sznurami. Najważniejszym materiałem izolacyjnym w przewodnikach jest guma. Rozróżniamy dwa rodzaje gumy: naturalną w postaci taśmy i wulkanizowaną w kształcie powłoki czyli jednolitej rurki bez szwu.

Przewodniki do zakładania na stałe.

1. Przewodniki gołe zwykle bywają okrągłe, z wyjątkiem szyn, używanych np. w pracowniach elektrycznych, i z wyjątkiem tramwajowych drutów jezdnych o przekroju nieco wciętym.

2. Przewodniki w izolacji włóknistej, np. przewodniki haketalowskie („Hacketal“), składające się z żyły niedzianej, pokrytej warstwą włóknistą, przesyconą minją i olejem lnianym; odzież posiada słabe własności izolacyjne lecz jest dość odporna na wpływy atmosferyczne i nadaje się do miejsc pod gołym niebem.

3. Przewodniki otaśmowane; żyła miedziana cynowana, owinięta bawełną, taśmą gumy naturalnej, bawełną i opleciona przędzą nasyconą; odzież jest nietrwała i nadaje się tylko do miejsc zupełnie suchych.

4. Przewodniki powleczone jednowarstwowe, żyła miedziana cynowana, powleczona warstwą gumy wulkanizowanej, owinięta taśmą nagumowaną i opleciona przędzą nasyconą; przy odpowiedniej grubości warstwy gumowej nadają się do 750 V.

5. Przewodniki powleczone wielowarstwowe, izolowane, jak 4), lecz zamiast jednej, kilka warstw gumy wulkanizowanej; przy odpowiedniej grubości warstw gumowych nadają się do wysokiego napięcia bez żadnych ograniczeń.

6. Przewodniki płaszczowe systemu Kuhlo (czytaj „kulo“), jedno lub wielożyłowe; żyły izolowane, jak 4), i objęte wspólnym płaszczem metalowym z mosiądzu lub żelaza ołowionego; nadają się do napięcia niskiego.

7. Przewodniki pancerne jedno lub wielożyłowe; żyły izolowane, jak 5), i wspólnie owinięte lub oplecione drutem stalowym, zabezpieczonym od rdzy; nadają się do 1000 V.

8. Sznury otaśmowane wielożyłowe; giętkie żyły izolowane, jak 3), lecz oplecione nićmi zamiast przędzą i skręcone razem.

9. Sznury powleczone wielożyłowe; giętkie żyły miedziane cynowane, owinięte bawełną, powleczone warstwą gumy wulkanizowanej, oplecione nićmi i skręcone razem.

Ostatnie przepisy bezpieczeństwa Związku Elektrotechników Niemieckich polecają do zakładania na stałe tylko przewodniki bądź gołe, bądź powleczone, bądź płaszczowe, bądź opancerzone. Przewodniki otaśmowane 3) i sznury 8) i 9) są według tych przepisów wzbronione.

Przewodniki do świeczników.

10. Przewodniki świecznikowe jedno lub dwużyłowe; żyły miedziane cynowane, powleczone warstwą gumy wulkanizowanej i wspólnie oplecione nićmi; nadają się do napięcia niskiego.

11. Przewodniki zwieszakowe dwużyłowe; giętkie żyły miedziane cynowane, owinięte bawełną, powleczone warstwą

gumy wulkanizowanej, skręcone razem ze szpagatem nośnym lub linką i oplecione wspólnie przędzą; nadają się do zawieszania lampek przy napięciu niskim.

Przewodniki do przenośnych odbiorników prądu.

12. Sznury pokojowe wielożyłowe:

a) skręcone, jak 9),

b) okrągłe lub płaskie; giętkie żyły miedziane cynowane, owinięte bawełną, powleczone warstwą gumy wulkanizowanej, oplecione przędzą i wspólnie oplecione nićmi; nadają się do napięcia niskiego.

13. Sznury warsztatowe wielożyłowe; giętkie żyły miedziane cynowane, powleczone warstwą gumy wulkanizowanej, owinięte taśmą nagumowaną, wspólnie oplecione przędzą i szpagatem; nadają się do napięcia niskiego.

14. Sznury specjalne wielożyłowe; pojedyncze żyły izolowane, jak 13), lecz objęte wspólnie warstwą gumy wulkanizowanej, owinięte taśmą nagumowaną, oplecione przędzą i bądź oplecione szpagatem, bądź objęte giętką oponą metalową (wąz stalowy lub mosiężny), bądź obszyte skórą; nadają się do napięcia niskiego.

15. Sznury do wysokiego napięcia, wielożyłowe; izolowane, jak 4), lecz każda żyła pojedyncza powleczona kilkoma warstwami gumy wulkanizowanej; przy odpowiedniej grubości warstwy gumowej nadają się do 1000 V.

16. Sznury bębnowe, wielożyłowe; bardzo giętkie żyły miedziane izolowane, jak 4), objęte wspólną oponą niemetalową (płótno żaglowe, skóra) lub metalową (wąz stalowy czy mosiężny); opona metalowa powinna być wyłożona warstwą materiału odpornego na wilgoć; sznury przeznaczone do zwieszania otrzymują jeszcze linkę nośną, powleczoną również materiałem odpornym na wilgoć; sznury do napięcia powyżej 250 V otrzymują izolację pojedynczych żył, jak 5), i wspólną dla obu żył oponę metalową.

Kable obojętne. Żyły miedziane w kablach mogą być izolowane bądź papierem, bądź gumą wulkanizowaną i taśmą nagumowaną.

17. Kable gołe; żyła miedziana, pokryta nasyconą warstwą papierową (lub gumą) i powłoką ołowianą; ołów chroni warstwę izolacyjną od wilgoci, lecz sam podlega uszkodzeniom chemicznym i mechanicznym; kable gołe mogą być układane tylko wewnątrz budynku lub w kanałach.

Średnice zewnętrzne przewodników izolowanych.

Przekrój " mm ²	Przewodniki sztywne			Przewodniki giętkie		
	Liczba drutów	otaśmo- wane	powle- czone	Liczba drutów	otaśmo- wane	powle- czone
	1	3	4,3	7	3	4,5
	1	3	4,5	7	3,5	4,8
	1	4	5	7	4	5,5
	1	4,5	5,5	19	4,5	6
6	1	5	6	19	5,5	6,5
10	1	6	7,5	49	6,5	8,5
16	7	8	9,5	84	9	10,5
25	7	10	11,5	84	11,5	12,5
35	19	11	12,5	133	12,5	13,5
50	19	13	14,5	133	14,5	15,5
70	19	14,5	16,5	189	16,5	18,5
95	19	16	18,5	259	18,5	20,5
120	(19) 37	(18)	21	336	20,	23
150	(19) 37	(20)	23	392	22,5	25,5

18. Kable asfaltowane jedno lub wielożyłowe; żyły powleczone nasyconą warstwą papierową (lub gumą), skręcone z sobą i z pasmami przędzy, owinięte wspólnie materiałem włóknistym, pokryte okrągłą powłoką ołowianą, warstwą masy izolacyjnej, owinięte taśmą papierową, powtórnie pokryte masą, owinięte jutą nasmołowaną i pokryte warstwą masy asfaltowej; warstwy otaczające powłokę ołowianą chronią ją od uszkodzeń chemicznych; kable asfaltowane mogą być układane w miejscach, gdzie niema obawy uszkodzeń mechanicznych.

Średnice zewnętrzne waga kabli obołowionych.

Przekrój w mm ²	Kable asfaltowane						Kable opancerzone							
	jednożyłowe			dwużyłowe			jednożyłowe			dwużyłowe				
	do 250 V			do 600 V			do 250 V			do 600 V				
Waga 100 m w kg	średn. zewn. w mm	Waga 100 m w kg	średn. zewn. w mm	Waga 100 m w kg	średn. zewn. w mm	Waga 100 m w kg	średn. zewn. w mm	Waga 100 m w kg	średn. zewn. w mm	Waga 100 m w kg	średn. zewn. w mm	Waga 100 m w kg	średn. zewn. w mm	Waga 100 m w kg
1	22	11	35	—	75	80	45	—	—	115	—	140	—	140
1,5	24	11	37	—	80	90	47	—	—	120	—	155	—	155
2,5	27	12	40	—	95	100	51	—	—	160	—	170	—	170
4	30	12	51	—	105	120	56	—	—	170	—	190	—	190
6	34	13	56	—	120	135	61	—	—	195	—	210	—	210
10	42	14	65	—	150	170	70	18	110	26	26	245	26	245
16	58	16	90	—	165	190	90	19	125	28	28	274	28	274
25	73	18	105	—	210	254	108	21	130	30	30	350	32	350
35	93	19	130	—	270	310	131	23	150	33	33	435	36	435
50	116	21	155	—	315	385	157	25	200	37	37	525	39	525
70	150	23	195	—	390	485	196	27	230	40	40	650	45	650
95	184	24	230	—	475	595	234	29	280	46	46	780	48	780
120	223	27	275	—	560	710	277	30	320	50	50	940	52	940
150	262	30	335	—	620	820	319	33	395	53	53	1060	56	1060
185	—	—	—	—	740	1010	404	35	460	57	—	1280	60	1280
240	—	—	—	—	920	1230	490	37	520	—	—	1510	65	1510
								40	630	—	—		71	

19. Kable opancerzone jedno lub wielożyłowe; kabel asfaltowany, jak 18), owinięty dwiema wężowemi wstęgami żelaznymi (rys. 115), pokryty warstwą masy asfaltowej, owinięty jutą nasmołowaną i jeszcze raz pokryty warstwą masy asfaltowej; wstęgi żelazne zabezpieczają kabel od uszkodzeń mechanicznych (przekłócia, zgniecenia, przecięcia).

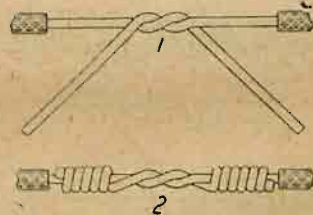


Rys. 115.

20. Kable opancerzone szybowe, jak 19), tylko zamiast wstęg — snop płaskich drutów stalowych, poprowadzonych wokoło kabla wzdłuż; druty zabezpieczają kabel od rozerwania; kable opancerzone drutami nadają się do zawieszania w położeniu pionowym w szybach kopalnianych.

§ 60. Złącza i odgałęzienia.

Końce przewodników, przeznaczone do łączenia, należy przedewszystkiem obnażyć z izolacji i oczyścić dokładnie, aż do połysku metalicznego. Izolację strugamy nożem bardzo ostrożnie, aby nie uszkodzić żyły miedzianej. Przecinanie warstwy izolacyjnej wokoło byłoby niebezpieczne, szczególnie dla linek skręconych z drucików cienkich. Złącza i odgałęzienia wykonywamy bądź przez lutowanie końców, bądź przez skręcanie za pośrednictwem zacisków.

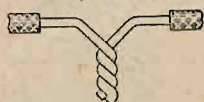


Rys. 116 (złącze poprawne).

Lutowanie. Przystępując do wykonania złącza lub odgałęzienia, najpierw wiążemy z sobą końce przewodników przez skręcenie, owinięcie lub splecenie, a następnie lutujemy. Wiązanie powinno być tak mocne i ściste, aby wytrzymałość mechaniczna węzła nielutowanego nie ustępowała wytrzymałości przewodnika w każdym innym punkcie. Lutowanie zaś ma na celu jedynie utrzymanie dobrego kontaktu elektrycznego.

Przewodniki o przekroju poniżej 6 mm^2 skręcamy, jak wskazuje rys. 116; skrzyżowawszy oba końce (1), owijamy na

przewodniku pierwszym koniec przewodnika drugiego i odwrotnie (2). Skręcanie zaś obu końców z sobą (rys. 117) jest



Rys. 117
(złącze wadiwe).

wadliwe, gdyż złącze w tym wypadku wystaje z linii przewodu, a ostre końce drutów mogą z łatwością uszkodzić izolację. Przewodniki o przekroju powyżej 6 mm^2 przykładamy jeden do drugiego i owijamy



Rys. 118.



Rys. 119.



Rys. 120.

wspólnie drutem wiązałkowym o średnicy 1 mm , przedtem jednak zaginamy nieco oba końce (rys. 118), aby uniemożliwić wysuwanie. Wreszcie linki łączymy przez splatanie (rys. 119). W tym celu, na obu końcach obcinamy wewnętrzne skrętki drucików, skrętki zaś zewnętrzne odginamy prostopadłe na kształt rozchodzących się wokół promieni. Utworzone w ten sposób gwiazdy zbliżamy do siebie, aby powierzchnie obciętych drucików zupełnie przylegały. Rozpoczynamy splatanie drucików odgiętych, umieszczając każdy drucik linki pierwszej pomiędzy druciki linki drugiej i odwrotnie. Na zakończenie owijamy jedną i drugą linkę drucikami linki przeciwnej.

Chcąc odgałęzić przewód o przekroju poniżej 6 mm^2 , okręcamy nim przewód główny, jak na rys. 120.

Przewodniki grubsze przykładamy do przewodu głównego i wspólnie owijamy drutem wiązałkowym (rys. 121). Gdy przewód odgałęziony jest linką, możemy ją rozszczepić na dwie połowy i jedną z nich owinać lewą stronę przewodu głównego, a drugą — owinać stronę prawą. Rys. 122 przedstawia odgałęzienie linki cienkiej od linki grubej. W tym wypadku wydzielamy od linki głównej tylko kilka drutów

i do nich przyłączamy odgałęzienie. Należy jednak uważać, aby przekrój wydzielonych drutów równał się co najmniej przekrojowi przewodnika odgałęzionego.

Połączywszy przewodnik mechanicznie, przystępujemy do lutowania. Do tego celu używamy bądź cyny z kałafonją rozpuszczoną w spirytusie, bądź też preparatów specjalnych, jak fludor, tinol w postaci pałeczek lub pasty. Natomiast nie wolno posiłkować się przy lutowaniu przewodników elektrycznych kwasem, gdyż działa szkodliwie na miedź. Węzeł przewodników zanurzamy w roztopionej cynie lub odwrotnie, nalewamy cyny na złącze rozgrzane za pomocą lampki lutowniczej (benzynowej), albo wreszcie, podstawiwszy lutówkę (kolbę) z salmakiem, kładziemy na przewodach kawałki cyny. Lutowie powinno przeniknąć wszystkie warstwy drucików i wszystkie pokryć cienką powłoką. Cynę zbyteczną ścieramy gałgankiem na gorąco. Gdy węzeł ostygnie, czyścimy go dokładnie.



Rys. 121.

Najłabszym miejscem przewodów pod względem izolacji są złącza i odgałęzienia. Ukończywszy lutowanie, przystępujemy do izolowania miejsc obnażonych. Owinięcie taśmą izolacyjną wystarcza tylko w przewodnikach otasowanych, natomiast złącza przewodników powleczone należy pokryć przede wszystkim warstwą masy izolacyjnej „Chatterton-Compound“ (czytaj „czeterton-kompand), a dopiero po wierzchu owinać taśmą. Masę izolacyjną nakładamy w stanie gorącym. Taśma powinna nie tylko otaczać miejsce obnażone, lecz również zachodzić na izolację. Wogóle, staramy się tak dokładnie odziewać złącza, aby izolacja ich nie ustępowała izolacji przewodnika w każdym innym punkcie.



Rys. 122.

Zaciski. Połączenia w sieciach kablowych, rurkowych i sznurowych wykonywamy zapomocą zacisków. Do kabli używa się zacisków gołych, które w mufie (§ 73) zalewa się masą kablową. W puszkach do rurek (rys. 150, 151), w gniazdach do sznurów (rys. 141) i do przewodników płaszczowych (rys. 161, 162, 163) zaciski spoczywają na podkładkach porcelanowych, a zaciski do łączenia przewodników świecznikowych (§ 85) otoczone są porcelaną wokóło.



Rys. 123.

Końce przewodników należy przystosować do zacisków, a więc skrócić w odpowiednie uszka lub zaopatrzyć w końcówki (rys. 123). Koniec linki musi być przedtem olutowany, dla połączenia wszystkich drucików w jedną całość; zanurzwszy go w roztopionej cynie, nagrzewamy niezbyt silnym płomieniem, aby nie przepalić drucików. Linki powyżej 6 mm^2 , a druty powyżej 16 mm^2 powinny być bezwarunkowo zaopatrzone w końcówkę. Obnażoną część przewodnika owijamy taśmą izolacyjną do samego uszka lub końcówki.

Przewody w budynkach.

§ 61. Zakładanie przewodów wogóle.

Sposoby zakładania. Wewnątrz budynku przewody mogą być nieosłonięte, osłonięte lub zupełnie przed okiem ludzkim ukryte.

Do nieosłoniętych zaliczamy:

1. Przewody przygwożdżone skobelkami wprost do ściany; w ten sposób wolno prowadzić wyłącznie tylko gołe przewody uziemione.

2. Przewody na izolatorach lub gałkach.