

Przyrządy pomocnicze.

161. Bezpieczniki.

W celu zabezpieczenia źródeł prądu, odbiorników i przewodów od zbyt silnego prądu, włączamy w obwód przewodniki topliwe w odpowiednich oprawkach, zwane bezpiecznikami.

Bezpieczniki wstawiamy przy źródłach prądu i przy większych odbiornikach, a także w sieciach przewodów przy rozgałęzieniach i przy każdej zmianie przekroju, za wyjątkiem takich obwodów, w których bliżej źródła są już bezpieczniki, odpowiadające najcieńszemu przewodowi. W obwodzie lamp żarowych mamy zazwyczaj najmniejsze bezpieczniki 6-amperowe, umieszczone na tabliczkach rozdzielczych. Wyjątek tu stanowią tylko małe dwuamperowe, albo jeszcze mniejsze bezpieczniki w gniazdach kontaktowych ściennych, zabezpieczające sznury lamp ruchomych. W innych odgałęzieniach bezpieczników włączać nie trzeba, gdyż bezpieczniki tabliczki rozdzielczej zabezpieczają dostatecznie.

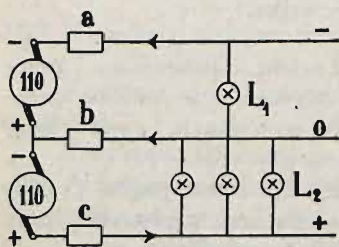
Czasem przy wielkich żyrandolach, zasilanych prądem o napięciu 110 woltów, stawiamy bezpieczniki 10 amperowe.

Przy maszynach i przyrządach bezpieczniki umieszczamy za przerywaczami.

W sieciach przewodów bezpieczniki umieszczamy jak najbliżej do miejsca zmiany przekroju przewodów, w każdym razie nie dalej, niż na odległości jednego metra od tego miejsca. W linii dwu — lub wieloprzewodowej usta-

wiamy bezpieczniki na wszystkich przewodach, za wyjątkiem przewodów zerowych w układzie trójprzewodowym stałego prądu lub czteroprzewodowym prądu trójfazowego.

Łatwo spostrzec, że w razie spalenia się bezpiecznika na przewodzie zerowym mogą być uszkodzone lampy. Wystawmy sobie, że w układzie, wskazanym na rys. 380, bezpiecznik *b* przetopił się; w takim razie prąd dopływa i odpływa tylko po przewodach zewnętrznych. Teraz mamy połączone w szereg dwie grupy lamp, z których jedna składa się z trzech lamp, połączonych równolegle, a druga ma tylko



Rys. 380.

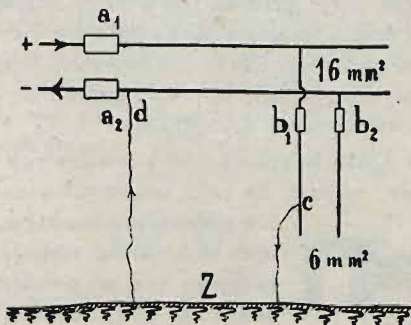
jedną lampę. W takich warunkach lampy nie mogą świecić równo, gdyż prąd, przepływający przez jedną lampę L_1 , następnie dzieli się pomiędzy trzy lampy L_2 , a napięcie na lampach L_2 jest w tym wypadku trzy razy mniejsze, niż na lampie L_1 , skutkiem tego, że opór jednej lampy jest trzy razy wię-

kszy od oporu trzech równolegle połączonych lamp. Jeżeli założymy, że całe napięcie między przewodami *a* i *c* wynosi 220 woltów, to na lampie L_1 będzie napięcie 165 woltów, a na lampach L_2 tylko 55 woltów. Lampy są sporządzone na 110 woltów, więc, przy 165 woltach, prąd bezwątpienia uszkodzi lampę, gdyż jest zbyt silny. Jeszcze gorsze skutki będzie miało spalenie się bezpiecznika *b*, jeżeli nastąpi przy krótkim zwarcie przewodu krańcowego z zerowym naprz. (—) z (0); wtedy lampka L_1 zgaśnie, a lampy L_2 otrzymają prąd przy pełnym napięciu 220 woltów; w takich okolicznościach bezwątpienia wszystkie lampy L_2 spalą się pod wpływem zbyt silnego prądu.

Należy jeszcze wyjaśnić, dlaczego na liniach dwuprzewodowych niezbędne są dwa bezpieczniki, pomimo to, że przetopienie się jednego bezpiecznika przerywa obwód. Rozważmy rys. 381, na którym mamy pokazaną część sieci prze-

wodów, składającą się z głównej linii, poprowadzonej drutem o przekroju 16 mm^2 i odgałęzienia cieńszego 6 mm^2 . Bezpieczniki a_1, a_2 są 60 amperowe, a b_1, b_2 — 25-amperowe.

Wyobraźmy sobie, że zepsuła się izolacja cienkiego przewodu dodatniego i grubego ujemnego, tak, że nastąpiło połączenie tych przewodów z ziemią. Wtedy silny prąd pły-



Rys. 381.

nie po drodze: $a_1-b_1-c-z-d-a_2$. Jeżeli na cienkich przewodach będzie tylko bezpiecznik b_2 , to prąd ten uszkodzi cienki przewód b_1 c. Widzimy więc że dla uniknięcia złych skutków uziemienia potrzebne są bezpieczniki na obu przewodach.

Budowa bezpieczników bywa różna, zależnie od napięcia i natężenia prądu.

Zasada budowy bezpieczników polega na zastosowaniu topliwych drutów lub pasków metalowych, przytwierdzonych do mosiężnych blaszek. Długość i położenie tych drutów czy pasków powinno być takie, aby łuk, powstający przy ich stapianiu się, gasł szybko i nie uszkodził oprawy.

Dla prądów niezbyt wielkich, płynących przy napięciu do 500 woltów najczęściej są używane bezpieczniki korkowe. Na rys. 382 widzimy oprawkę bezpiecznika korkowego, prze-



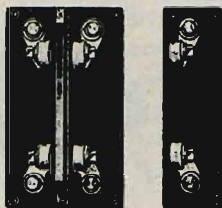
Rys. 382.

znaczoną dla przewodu podwójnego; są jeszcze oprawki pojedyncze, tego typu, a także potrójne dla przewodów, prowadzących prąd trójfazowy. Drut topliwy znajduje się w tak zwanym korku, wkręcanym do oprawki. Może być on srebrny, lub też sporządzony ze stopu ołowiu z cyną, cynkiem i bismutem lub wreszcie miedziany. Grubość drutu dobieramy taką, aby się stopił przy prądzie dwa razy większym od tak zwanego prądu normalnego, wskazanego na korku. Zarazem jednak drut ten powinien długo wytrzymywać prąd 1,25 razy większy od normalnego. Np. korek 6 amperowy topi się przy 12 amperach i wytrzymuje 7,5 ampera.

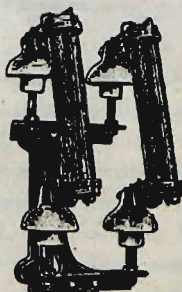
Oprawki i korki bezpieczników korkowych mają zwykle różne urządzenia, mające na celu uniemożliwienie wytworzenia połączenia korkiem, przeznaczonym dla prądu silniejszego od normalnego prądu przewodu, w który włączony jest bezpiecznik. A więc np. oprawka, ustawiona na przewodzie o przekroju 1 mm^2 , ma takie urządzenie, że w niej mogą wywołać połączenie tylko korki sześćoamperowe, korki silniejsze nie dosięgną blaszki, odprowadzającej prąd.



Rys. 383.



Rys. 384.



Rys. 585.

Dla prądów wielkich stosujemy najczęściej tak zwane bezpieczniki paskowe, w których topliwą wstawkę stanowi pasek

lub kilka równoległych drutów, przylutowanych odpowiednim stopem do mosiężnych blaszek z wycięciami, rys. 383. Pasek taki zakłada się pod śruby w oprawki wskazane na rys. 384.

Bezpieczniki dla prądów o wysokiem napięciu, np. 1000 i więcej woltów mają budowę odmienną. Na rys. 385 widzimy bezpieczniki na wysokie napięcie. Druty lub paski topliwe są tu bardzo długie (kilkadziesiąt centymetrów), umieszczone w rurach porcelanowych lub szklanych, otwartych z obu stron. Druty topliwe są przymocowane do noży mosiężnych, znajdujących się na końcach rur. Wstawiając bezpiecznik, noże te wsuwamy w sprężynowe zaciski, umocowane na izolatorach.

162. Wyłączniki.

Wyłącznikami lub przerywaczami nazywamy różnego rodzaju przyrządy, służące do zamykania lub przerywania obwodu. Oprócz wyłączników zwykłych są jeszcze wyłączniki samoczynne, czyli automatyczne, które przerywają obwód pod wpływem prądu samoczynnie, bez udziału ręki ludzkiej.

Najprostszą budowę mają wyłączniki drażkowe zwykłe, czyli tak zwane **odłączniki**. W nich nóż, obracający się wokół osi, wchodzi pomiędzy odpowiednie sprężyny. Taki odłącznik można otwierać tylko wtedy, gdy prąd nie przepływa w obwodzie, gdyż tworzący się łuk prędko obtopiłby nóż i sprężyny.

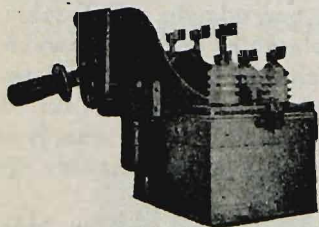
Wyłączniki właściwe, czyli tak zwane **momentalne**, które można otwierać pod prądem, mają odpowiednią sprężynę, szybko odciągającą nóż, gdy go wyprowadzimy z kontaktów sprężynowych; tu łuk szybko rozciąga się i przerywa.

Na małe prądy używamy przerywaczy **pudełkowych**, **pokrętnych** lub **przyciskowych**, w których, przy poruszaniu rączki czy przycisku, blaszki stykają się lub rozsuwają. Przerywacze te są również momentalne.

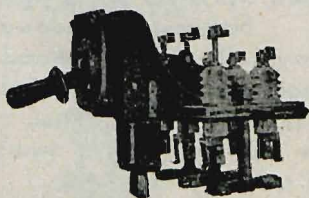
Wielkość wyłączników zależy od natężenia i napięcia prądu, t. j. od amperów i woltów. Im większe jest natężenie

prądu, tem większe muszą być powierzchnie kontaktowe, t. j. powierzchnie zetknięcia noży lub blaszek ruchomych z nieruchomymi. Im wyższe jest napięcie, tem dalej należy rozstawić zaciski, doprowadzające i odprowadzające prąd. Pamiętać należy, że w chwili przerywania prądu jednobiegunowym przerywaczem, np. drążkowym, pomiędzy drążkiem, a kontaktami sprężynowymi mamy pełne napięcie źródła prądu. Zwykle każdy przerywacz można używać dwojako, np. do 6 amperów przy 250 woltach, lub też do 12 amperów przy 125 woltach. Przy napięciu 250 woltów łuk o prądzie silniejszym od 6 amperów gaśnie tu z trudnością, natomiast przy 125 woltach nawet łuk 12-amperowy gaśnie łatwo.

Dla prądów, płynących przy wysokim napięciu, stosujemy głównie wyłączniki, tak zwane, olejowe. Zwykle są to wyłączniki trójbiegunowe dla prądu trójfazowego. Kontakty tych wyłączników pogrążone są w oleju, a łuk w oleju gaśnie znacznie łatwiej, niż w powietrzu; więc nie trzeba rozstawiać bardzo daleko kontaktów. Rączkę takiego wyłącznika dokładnie izolujemy od kontaktów i nawet łączymy z ziemią, w celu



Rys. 386.



Rys. 387.

zabezpieczenia osoby, obsługującej wyłączniki, od zetknięcia z przewodami pod wysokim napięciem. Na rys. 386 widzimy wyłącznik olejowy zamknięty, a na rys. 387 — otwarty z opuszczoną skrzynią.

W razie potrzeby rączkę umieszczamy zdala od wyłącznika, wtedy nieraz stosujemy kółka, które za pomocą bloków i linki stalowej łączą się mechanicznie z mechanizmem wyłącznika.

W dużych rozdzielniach dla zamykania i otwierania dużych wyłączników olejowych bywa stosowany napęd za pomocą małych silników elektrycznych. Wtedy na tablicy rozdzielczej mamy tylko ręczki lub przyciski małych wyłączników, za pomocą których puszczamy prąd do powyższych silniczków.

Aby przytem widzieć czy odpowiedni wyłącznik olejowy zamknął się, czy otworzył się, jest urządzona sygnalizacja świetlna od tego wyłącznika do tablicy rozdzielczej.

Np. gdy wyłącznik zamknie się, to jednocześnie zamyka się obwód czerwonej lampki żarowej umieszczonej na tablicy rozdzielczej, lampka wtedy zaczyna świecić.

Wyłączniki samoczynne najczęściej stosowane bywają: nadmiarowe, zanikowe i nadmiarowo-wsteczne.

Wyłącznik samoczynny nadmiarowy czyli maksymalny przerywa obwód, gdy prąd wzrośnie ponad przepisana wielkość.

Wyłączniki samoczynne zanikowe bywają dwojakie. Jedne z nich wyłączają, gdy natężenie prądu zmniejszy się niemal do zera, drugie wyłączają, gdy napięcie prądu zasilającego dany obwód zmniejszy się np. do połowy.

Wyłączniki nadmiarowo wsteczne, stosowane tylko przy prądzie zmiennym, wyłączają nie tylko wtedy, gdy popłynie prąd nadmierny, lecz również wtedy gdy odwróci się kierunek mocy prądu, a więc gdy pewien obwód zacznie oddawać energię zamiast ją pobierać.

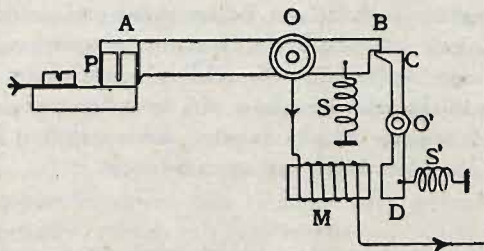
Wyłączniki nadmiarowo-wsteczne i nadmiarowe posiadają często urządzenie tak zwane czasowe, które sprawia, że wyłącznik przerywa obwód dopiero wtedy, gdy prąd nadmierny przepływa określoną liczbę sekund; krótkotrwałe silne prądy, nieszkodliwe dla maszyn, nie spowodują przerywania obwodu, czyli tak zwanego wyskakiwania automatów.

Różne wyłączniki samoczynne nastawiane bywają na różny czas.

Im bliżej do odbiornika znajduje się wyłącznik samoczynny, na tem krótszy czas się nastawia.

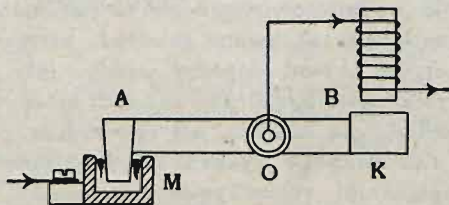
Ustrój wyłączników samoczynnych bywa rozmaity, dla przykładu podajemy dwa najprostsze.

Z rys. 388 łatwo zrozumiemy zasadę budowy przerywacza nadmiarowego. Prąd tu przepływa przez drążek AOB od A do O i dalej przez uzwojenie elektromagnesu M . Koniec



Rys. 388.

A drążka wchodzi pomiędzy sprężyny kontaktowe P , a koniec B opiera się na drążku CD . Gdy prąd wzrośnie powyżej pewnej granicy, to siła przyciągająca elektromagnesu przewyższy siłę sprężyny S' i obróci drążek CD wokoło osi O' , skutkiem tego drążek AB zostaje zwolniony i sprężyna S , podnosząc koniec A drążka AB , przerywa obwód. Jeżeli ręką przychylimy drążek AB z powrotem, to znowu koniec B drążka AB zaczepi się za drążek CD , koniec A wejdzie między sprężyny P i obwód się zamknie. Naciągając odpowiednio sprężynę S' , nastawiamy wyłącznik dokładnie na określone natężenie prądu.



Rys. 389.

Na rys. 389 pokazana jest zasada budowy wyłącznika samoczynnego zanikowego prądowego. Prąd przechodzi przez

miseczkę z rtecą M do drążka AB i dalej do uzwojeń elektromagnesu. Póki prąd płynie, elektromagnes przyciąga kotwicę K i obwód jest zamknięty. Jeżeli jednak prąd osłabnie, to elektromagnes nie będzie w stanie utrzymać ciężkiej kotwicy K , która opadnie, przekreśli drążek i przerwie jego połączenie z rtecą. Zmieniając ciężar kotwicy K , wyłącznik możemy nastawić na odpowiedni prąd, przy którym przerywa się obwód.

Wyłączniki samoczynne zawsze są stosowane dla zabezpieczenia prądnic prądu zmiennego i równolegle połączonych prądnic prądu stałego.

Pozatem dla zabezpieczenia różnych przetwornic, transformatorów, linii wychodzących z elektrowni i podstacji.

Wyłącznikami samoczynnymi zabezpieczamy także nieraz silniki elektryczne. Wtedy bywają stosowane wyłączniki nadmiarowo zanikowe, które wyłączają przy nadmiernym prądzie i przy zmniejszeniu się napięcia. W celu uniknięcia wyłączania się takich wyłączników przy puszczeniu silników w ruch, bywa stosowane w takim wyłączniku urządzenie nadmiarowe podwójne, jedno wyłącza w razie długotrwałego nadmiernego prądu, drugie zaś w razie zwarcia obwodu silnika.

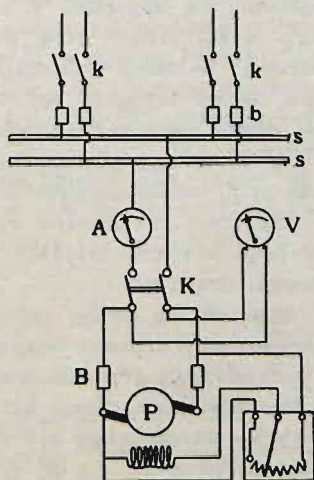
Wtedy mamy wyłączniki z potrójnym mechanizmem samoczynnym: zanikowym, nadmiarowym zwykłym i nadmiarowym czasowym, przytem mechanizm nadmiarowy zwykły jest nastawiony na prąd znacznie większy od tego, przy którym działa mechanizm czasowy.

W ostatnich czasach są próby wprowadzenia małych wyłączników nadmiarowych zamiast bezpieczników na wtórnych tabliczkach rozdzielczych, przeznaczonych do sieci oświetleniowej. Takie wyłączniki mają nieraz kształt zwykłych korków bezpiecznikowych i wtedy mogą być wkręcane do zwykłych oprawek bezpiecznikowych.

Tablice rozdzielcze.

163. Tablica prądu stałego.

W elektrowni prądnice są połączone z siecią za pomocą szeregu przyrządów, umocowanych na tablicy lub za tablicą. Jako przykład połączeń w elektrowni prądu stałego służyć może układ, przedstawiony na rys. 390. Od szczotek



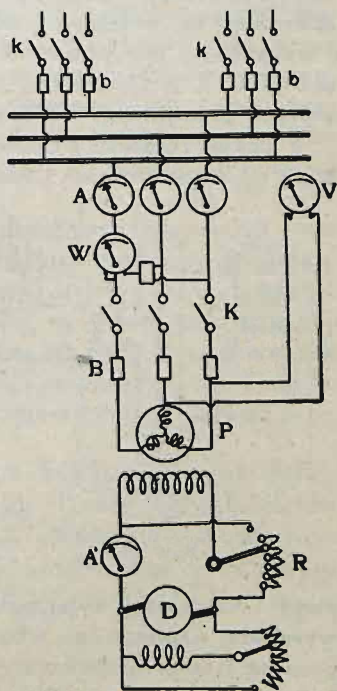
Rys. 390.

prądnicy prąd przepływa przez bezpieczniki *B*, następnie przez przerywacz *K* i amperomierz *A* do szyn zbiorowych *SS*.

Woltomierz V , wskazujący napięcie na prądnicy, włączony jest przed wyłącznikiem. Od szyn prąd rozgałęzia się do różnych obwodów, przechodząc przez bezpieczniki b i wyłączniki k .

164. Tablica prądu trójfazowego.

Przykład połączeń w elektrowni prądu trójfazowego wskazany jest na rys. 391. Z prądnicy trójfazowej P prąd płynie do bezpieczników B , a następnie przez wyłącznik K woltomierz W i amperomierz A do szyn zbiorczych. Od szyn prąd rozgałęzia się do różnych obwodów przez bezpieczniki b i wyłączniki k . Woltomierz V mierzy napięcie prądnicy. Amperomierz A' wskazuje prąd wzbudzający, którego natężenie nastawiamy opornikiem R . Bezpieczniki B często zastępujemy trójfazowym wyłącznikiem samoczynnym nadmiarowym, lub nadmiarowo-wstecznym. Taki wyłącznik przerywa połączenie szyn z prądnicą w razie przeciążenia prądem. Mechanizm samoczynny wyłącznika zaopatrujemy w urządzenie czasowe opóźniające chwilę przerywania prądu, tak, że wyłącznik przerywa prąd nie zaraz po osiągnięciu przez prąd największości, a po upływie kilku albo kilkunastu sekund. W ten sposób unikamy wyłączenia w razie chwilowego przeciążenia, które nie jest niebezpieczne. Wyłączniki są lepsze od bezpieczników, ponieważ umożliwiają szybkie zamknięcie obwodu z powrotem.



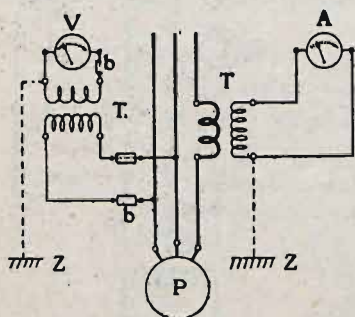
Rys. 391.

165. Budowa tablic i rozdzielni.

Przyrządy, wskazane w układach połączeń na rys. 390 i 391, umieszczamy razem na tablicy rozdzielczej głównej.

Dawniej tablice takie sporządzano z marmuru oprawionego w żelazo, umieszczając z przodu tablicy przerywacze i małe bezpieczniki, oraz przyrządy miernicze. Obecnie cała tablica jest żelazna, z przerywaczami i bezpiecznikami za tablicą. Z przodu mamy tylko ręczki przerywaczy. Przyrządy miernicze są wgłębione, tak że tylko tarcza z podziałkami i wskazówką jest widoczna. Również za tablicą umieszczamy oporniki. Z przodu mamy tylko kółka czy ręczki, za pomocą których przesuwamy łapki tych oporników.

Szyny zbiorcze i rozdzielcze także są umocowane za tablicą na odpowiednich izolatorach. Od ściany tablica powinna być odsunięta conajmniej na odległość 1 metra, lepiej na odległość 1,5 metra lub więcej.



Rys. 392.

zwyżki napięcia i wyłączniki. Przyrządów mierniczych przy wysokim napięciu nie włączamy wprost w obwód, lecz za pomocą transformatorów rys. 392. W ten sposób unikamy wprowadzania przewodów wysokiego napięcia na tablicę.*)

W takich rozdzielniach wysokiego napięcia transformatorki miernikowe, wyłączniki olejowe i bezpieczniki wysokiego napięcia umieszczają się w celkach zbudowanych z ma-

*) Patrz str. 287 — 291.

terjału ogniotrwałego, zabezpieczających od przenoszenia się ognia z jednych przyrządów na drugie.

Osobne celki są również przeznaczone dla transformatorów, przetwarzających prąd płynący z prądnic do sieci. Podłoga w celkach dużych wyłączników olejowych i transformatorów ma wgłębienia z otworami w postaci lejka, przeznaczone dla odpływu do specjalnych zbiorników oleju, w razie pęknięcia skrzyni wyłącznika czy transformatora.

Pomimo odosobnienia przewodów wysokiego napięcia, w takich elektrowniach jest obawa, że metalowe części maszyn, przyrządów i tablic, nie prowadzące nawet prądu, przez zepsucie się izolacji lub też nieprzewidziane zetknięcie z przewodami, prowadzącymi prąd wysokiego napięcia, mogą znaleźć się same pod wysokim napięciem elektrycznym względem ziemi i wtedy dotknięcie do takich przedmiotów może być śmiertelne.

W celu zabezpieczenia metalowych przedmiotów od powstania na nich wysokiego napięcia elektrycznego, wszystkie te przedmioty, a więc np. metalowe części maszyn, przyrządów i tablic, nie prowadzące prądu, są **uziemiowane**, t. j. połączone zapomocą gołych miedzianych, czy też żelaznych ocynkowanych drutów z płytami, zakopanymi w ziemi *). Wtórne obwody transformatorów miernikowych również uziemiają się.

Do połączenia uziemiającego stosujemy w głównych linjach druty miedziane o przekroju 50 mm^2 lub też żelazne ocynkowane o przekroju 100 mm^2 , odgałęzienia długości do 5 metrów wykonywamy z drutu miedzianego o przekroju 16 mm^2 i żelaznego — 35 mm^2 .

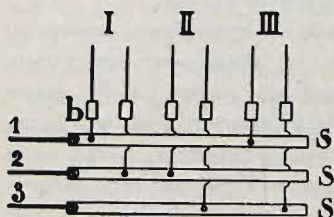
166. Tablice wtórne.

Małe tablice wtórne służą do odprowadzenia odgałęzień od przewodów głównych. Na takiej tablicy znajdują się szyny miedziane połączone z przewodami głównymi. Od tych szyn

*) Patrz szczegóły o uziemieniu na str. 382.

prąd rozgałęzia się do poszczególnych obwodów lamp przez odpowiednie, najczęściej korkowe bezpieczniki i pokrętne wyłączniki. Gdy odgałęzienia nie są rozległe i poszczególne lampy lub małe grupy lamp mają własne wyłączniki, to na tabliczce rozdzielczej wyłączników można nie umieszczać.

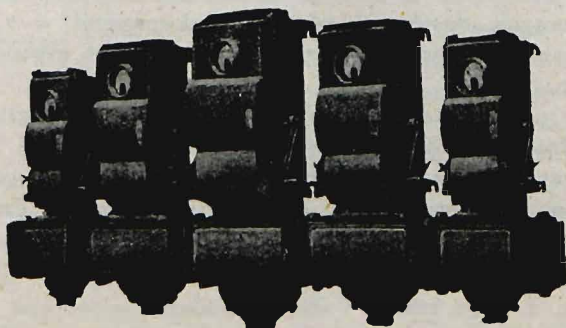
Gdy przewód główny prowadzi prąd zmienny trójfazowy, to, jak widzimy na rys. 393, prąd z przewodów głównych



Rys. 393

płynie do szyn *s, s, s*, a stąd przez bezpieczniki *b* rozgałęzia się linjami dwuprzewodowymi do lamp. Jeżeli mamy trzy jednakowe grupy lamp, to I grupę włączamy pomiędzy szyny 1 i 2 fazy, II-gą pomiędzy szyny 2 i 3 fazy, a III-cią pomiędzy szyny 1 i 3 fazy.

Tabliczki rozdzielcze dawniej wykonywano zawsze z marmuru w ramie żelaznej. Obecnie coraz częściej są stosowane całe żelazne z odpowiednio umocowanymi przerywaczami, bezpiecznikami i szynami.

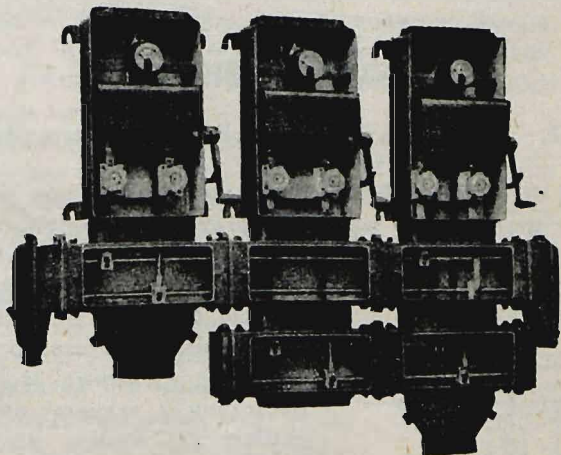


Rys. 394.

W fabrykach i t. p. lokalach stosują się rozdzielnie okapturzone rys. 394, gdzie wszystko jest szczelnie zamknięte w skrzynkach żeliwnych, tylko ręczki przerywaczy wystają

na zewnątrz i przez odpowiednie okienka widać tarcze przyrządów mierniczych.

Przewody są doprowadzane w postaci kabli obołowionych, na rys. 394 oddołu. Rysunek 394 przedstawia kilka skrzynek odgałęzieniowych zamkniętych, rys. zaś 395 — otwartych, ze zdjętymi pokrywkami.



Rys. 395.

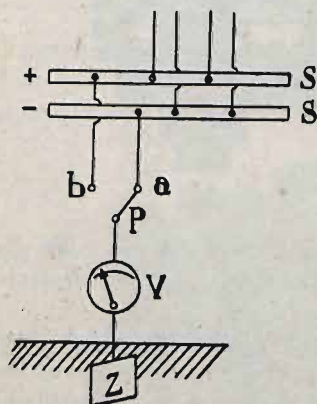
Podobne rozdzielnie są obecnie stosowane nie tylko dla napięć niskich, lecz i dla wysokich, nawet do kilkudziesięciu tysięcy woltów.

Przy urządzeniu tablicowych czy okapturzonych rozdzielni należy zwracać uwagę na to, aby łatwo było przewlec i umocować odpowiednie druty i kable. Szyny i końcówki muszą być cynowane.

Izolacja sieci.

167. Sprawdzanie stanu izolacji przewodów.

W urządzeniu elektrycznym ważne znaczenie ma dobra izolacja przewodów, maszyn i przyrządów, ponieważ prąd płynący przez zepsutą izolację topi bezpieczniki i nieraz



Rys. 396.

może wywołać pożar, zapalając izolację. Dla stałej kontroli izolacji urządzenia elektrycznego umieszczamy w elektrowni woltomierz, połączony z szynami na tablicy rozdzielczej, według rys. 396. Jeden biegun woltomierza jest połączony z przełącznikiem p , a drugi — uziemiony. Jeżeli przełącznik stoi na kontakcie a , to prąd może płynąć z szyny dodatniej przez izolację sieci do ziemi, a z ziemi do woltomierza i przez przełącznik do bieguna ujemnego. Jeżeli izolacja bieguna dodatniego w któ-

remkolwiek miejscu, chociażby w najdrobniejszym odgałęzieniu, została uszkodzona, to przez woltomierz popłynie prąd i z wielkości odchylenia woltomierza można sądzić o stanie izolacji. Gdyby się zdarzyło, że izolacja przewodów dodatnich jest zupełnie zepsuta chociaż w jednym miejscu, czyli gdy będzie tak zwane pełne zwarcie z ziemią, czyli uziemienie, to wol-

tomierz wskaże pełne napięcie sieci. Im mniej się odchyła woltomierz, tem lepsza jest izolacja. Woltomierze, jak wiemy, odchylają się pod wpływem dość słabego prądu, to też nawet przy dobrej izolacji woltomierz odchyli się na kilkadziesiąt drobnych działek.

Przesuwając przełącznik p na kontakt b , sprawdzimy w taki sam sposób izolację przewodów na biegunie ujemnym.

Zamiast woltomierza, można umieścić lampę żarową i dzwonek elektryczny w połączeniu szeregowym. Wtedy dźwięk dzwonka i żarzenie się lampki świadczyć będzie o zepsuciu się izolacji.

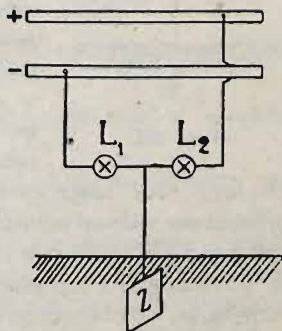
Stosujemy jeszcze czasem układ połączeń bez przełącznika, rys. 397. Mamy tu dwie lampki żarowe, połączone w szereg na pełne napięcie sieci. Przewodnik pomiędzy lampkami uziemiamy.

Jeżeli np. na przewodach napięcie wynosi 110 woltów i lampki są zrobione na 110 woltów, to przy takim szeregowym połączeniu będą one świecić słabo, gdyż na każdą przypada po 55 woltów napięcia.

O ile izolacja obu biegunów jest jednakowa, to lampki świecą równo, ale przy uszkodzeniu izolacji np. na plusie odpowiednia lampka L_2 zgaśnie, gdyż prąd w znacznej części popłynie boczną drogą od przewodu dodatniego do ziemi przez zepsutą izolację. Jednocześnie lampka L_1 będzie świecić jaśniej skutkiem silniejszego prądu. Przy zepsuciu się izolacji na minusie zgaśnie lampka L_1 i rozjaśni się L_2 .

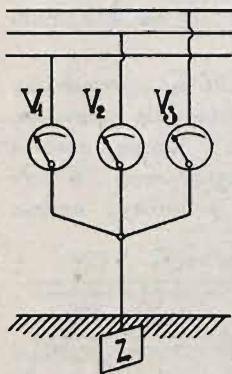
W sieci trójfazowej dla kontroli izolacji włączamy trzy woltomierze tak, jak wskazuje rys. 398, pomiędzy poszczególne przewody i ziemię.

Najczęściej stosują się tu woltomierze szczególnej budowy, tak zwane elektrostatyczne, których działanie polega na przyciąganiu się naelektryzowanych blaszek.



Rys. 397.

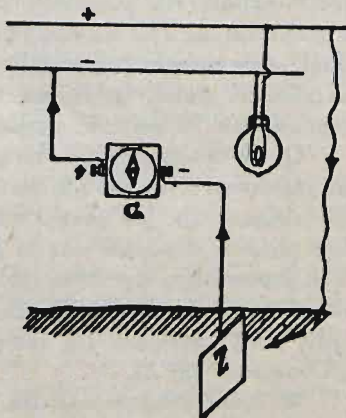
Woltomierze stosują się wszystkie jednakowe i przeto odchylają się one zupełnie równo, o ile we wszystkich przewodach jest równie dobra izolacja. Jeżeli izolacja np. drutów 1-ej fazy zepsuje się, to odpowiedni woltomierz, w danym razie V_1 , wskaże mniej, a inne dwa więcej, niż poprzednio.



Rys. 398.

Gdy przekonamy się, że izolacja sieci jest uszkodzona, to przystępujemy do wyszukania miejsca uszkodzenia. W tym celu na tablicy rozdzielczej głównej wyłączamy stopniowo na wszystkich biegunach poszczególne odgałęzienia. Dalej w celu zbadania odgałęzień posługujemy się galwanoskopem lub omomierzem przeznaczonym do próbowania izolacji.

Dzielimy sieć stopniowo na jaknajdrobniejsze części przez wykręcanie odpowiednich korków bezpiecznikowych i badamy poszczególne części sieci, pamiętając, aby lampy były włączone, gdyż niedokładność izolacji może się zdarzyć i w lampach. Galwanoskop z baterią lub próbnik izolacji z induktorem włączamy w obwód tak, jak wskazuje rys. 399, jeden zacisk łączymy z przewodem, a drugi uziemiamy. W miastach, fabrykach i t. p. uziemienie skutecznie najłatwiej przez połączenie z rurą wodociągową. Prąd z galwanoskopu płynie do przewodów, stamtąd przez zepsutą izolację do ziemi i z ziemi do galwanoskopu z powrotem. Niewielkie części sieci dobrze izolowane mają tak

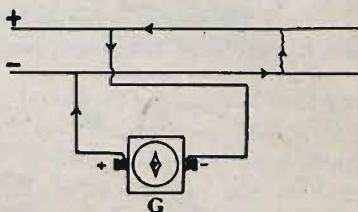


Rys. 399.

znaczny opór izolacji, że zwykle galwanoskopy nie dają żadnego wyraźnego odchylenia.

Galwanoskopem można również sprawdzić stan izolacji przewodów pomiędzy sobą. W tym celu lampy i inne odbiorniki odłączamy i galwanoskop wprowadzamy w obwód tak, jak wskazuje rys. 400.

Prąd galwanoskopu płynie do jednego z przewodów, następnie przez izolację pomiędzy przewodami do drugiego przewodu i z powrotem do galwanoskopu. Gdy izolacja jest dobra, to poszczególne części przewodów, zawarte pomiędzy dwoma bezpiecznikami, nie wywołują żadnego odchylenia w zwykłym galwanoskopie.



Rys. 400.

Dokładniej można zbadać stan izolacji za pomocą omomierza (patrz str. 104, rys. 76).

W urządzeniach na niskie napięcie przewody i tablice wewnątrz budynków w suchych lokalach powinny mieć izolację określoną w następujący sposób: każda część urządzenia zawarta pomiędzy dwoma kolejnymi bezpiecznikami lub za ostatnim bezpiecznikiem powinna mieć oporność izolacji nie mniejszą od $1000 \times V$, gdzie V — jest napięcie prądu roboczego. Więc np. w urządzeniach 220 woltowych oporność izolacji nie powinna być mniejsza od 220000 omów.

168. Porażenie prądem elektrycznym.

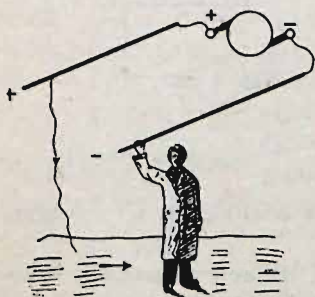
Organizm ludzki jest bardzo wrażliwy na prąd elektryczny — drobne części ampera, przepływające przez ciało ludzkie, mogą wywołać porażenia, nieraz śmiertelne.

Skutek działania prądu elektrycznego na organizm ludzki zależy tylko od natężenia prądu elektrycznego. Natężenie zaś prądu zależy od napięcia i oporu obwodu, więc

im większe jest napięcie w sieci, tem niebezpieczniejsze jest zetknięcie z przewodami. Prąd jednak, a więc i skutek zetknięcia z przewodami zależy w znacznej mierze od oporności powstającego przy tem obwodu zamkniętego.

Gdy dotkniemy rękoma dwóch przewodów różnych biegunów, obwód zamyka się bezpośrednio przez ciało ludzkie.

Przy dotknięciu jednego bieguna, obwód zamyka się przez ziemię i izolację drugiego bieguna, rys. 401.



Rys. 401.

Główny opór w takim obwodzie znajduje się zwykle w miejscu zetknięcia ciała ludzkiego z przewodem metalowym. Gdy ręce są suche i powierzchnia zetknięcia rąk z przewodem mała, to oporność powstającego obwodu jest dość duża. Jeżeli natomiast ręce są spocone, mokre, to dotknięcie przewodu takimi rękoma jest daleko niebezpieczniejsze, bo oporność obwodu jest mniejsza i w takim

obwodzie popłynie silniejszy prąd. Tak samo w miejscu przejścia prądu z nóg do ziemi, opór zależy w znacznym stopniu od stanu nóg i obuwia. Obuwie wilgotne, a szczególnie prześiakięte solami, jak to bywa w fabrykach chemicznych, ma opór elektryczny znacznie mniejszy, niż obuwie suche.

Wobec niewielkiej oporności izolacji dużych sieci, przy dobrem połączeniu ciała ludzkiego z ziemią i z przewodem, we wszystkich urządzeniach elektrycznych, przy wszystkich napięciach, zaczynając od 110 woltów, mogą powstać prądy śmiertelne. Im wyższe napięcie mamy w sieci, tem oczywiście łatwiej o takie okoliczności.

Najnowsze badania wskazują, że dopiero przewody o napięciu prądu 40 woltów dla ludzi i 20 woltów dla zwierząt nieprzedstawiają niebezpieczeństwa.

Z tego względu wogóle zawsze należy unikać stykania się z przewodami elektrycznymi, a szczególnie w fabrykach

chemicznych, łaźniach, w kąpieli i t. p., gdzie ciało ludzkie jest dobrze połączone z ziemią.

Przy pracy w wilgoci można posługiwać się lampkami ręcznymi tylko **bardzo ostrożnie**. Lampki te muszą mieć rączki i oprawki całe w izolacji.

Przy prądzie zmiennym należy te lampki zasilać prądem o obniżonym napięciu, poniżej 40 V, przez odpowiednie transformatoriki.

Przy obsłudze urządzeń wysokiego napięcia pracownicy wkładają kalosze i gumowe rękawiczki, oraz posługują się narzędziami z izolowanymi, a nieraz nawet uziemionymi rączkami. Kaloszom i rękawiczkom **dowierzać nie należy** — rączki narzędzi dobrze uziemiać.

Pamiętać jeszcze trzeba, że przy prądzie zmiennym, gdy człowiek dotyka jednego przewodu, to nie bacząc na zupełnie nawet dobrą izolację drugiego przewodu, i dobra izolacja człowieka od ziemi, przez ciało ludzkie popłynie prąd zmienny, tak zwany pojemnościowy, t. j. ładujący i wyładowujący elektrycznością ciało człowieka.

Przy wszelkich robotach na wysokim napięciu trzeba być **bardzo ostrożnym**, najlepiej pracować zawsze we dwóch, nigdy osobno, zdala od towarzyszy.

W razie porażenia prądem mięśnie ludzkie ulegają nieraz paraliżowi, człowiek traci przytomność i sam nie może odłączyć się od przewodnika; należy go wówczas ostrożnie odsunąć, wystrzegając się jednak dotknięcia do gołego ciała. Najlepiej go chwycić przez grubą suchą tkaninę, stojąc na suchym odzieniu lub desce. Jeżeli po odciągnięciu od przewodów przekonamy się, że człowiek nie oddycha, to należy zastosować zaraz sztuczne oddychanie według przepisów, wywieszonych w każdej elektrowni, i niezwłocznie zawezwać lekarza.

Szczegóły o ratowaniu porażonych prądem patrz przepisy Polskiego Komitetu Elektrotechnicznego. Tytuł podany w punk. 5, na str. 436.

Przepisy dla urządzeń elektrycznych.

Koła zawodowe, Urzędy państwowe, Zarządy miast, Zarządy elektrowni i t. d. wydają przepisy bezpieczeństwa, którym mają czynić zadość urządzenia elektryczne. Przepisy takie przewidują zazwyczaj dwa zasadnicze rodzaje urządzeń: urządzenia niskiego napięcia: do 250 woltów i wysokiego napięcia — powyżej 250 woltów. Pamiętać należy, że układ trójprzewodowy $2 \times 250 = 500 \text{ V}$ należy do niskiego napięcia, o ile ma uziemiony przewód zerowy, gdyż wówczas napięcie pomiędzy przewodami a ziemią nie może nigdy przewyższyć 250 V.

Inny podział urządzeń polega na zastosowaniu jednych przepisów dla wszystkich urządzeń pracujących pod napięciem niższym od 1000 woltów i drugich dla urządzeń pracujących pod napięciem 1000 woltów i więcej.

Szczegółowe przepisy wydaje obecnie Polski Komitet Elektrotechniczny *) przy Stowarzyszeniu Elektrotechników Polskich. Najważniejsze przepisy, wydane dotychczas są następujące:


1. Normy na przewodniki izolowane i kable.
2. Tablice ostrzegawcze.
3. Normy na oprawki i trzonki Swanowskie.
4. Normy na izolatory wysokiego napięcia.
5. Wskazówki niesienia pomocy doraźnej w wypadku porażenia prądem elektrycznym.
6. Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego.


*) Warszawa, Królewska 11.

7. Przepisy na urządzenia elektryczne w kinematografach.
 8. Przepisy na korzystanie z sieci elektrycznych prądu silnego o niskim napięciu jako z anten lub uziemień przy radjofonji.
 9. Przepisy na korzystanie z sieci telefonicznych jako z anten lub uziemień.
 10. Normy na masy kablowe do zalewania muf.
 11. Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego w podziemiach kopalń.
 12. Normy na żalówki.
 13. Wskazówki co do ochrony budowli od elektrycznych wyładowań atmosferycznych.
 14. Przepisy, oceny i badania maszyn elektrycznych.
 15. Symbole (oznaczenia) graficzne urządzeń prądu silnego.
-


Z przepisów urzędowych najważniejsze są Przepisy techniczne na linje elektryczne napowietrzne wydane przez Ministr. Robót Publicznych w 1923 r. W roku 1931 w tych przepisach mają być wprowadzone niektóre zmiany.


Oznaczenia na planach.


 Linja nadziemna: jedno, dwu czy trójprzewodowa.


 Linja podziemna jedno, dwu czy trójprzewodowa.

Uwaga. Obok kreski oznaczającej linję umieszczają się liczby wskazujące napięcie i przekroje drutów, oraz litery oznaczające izolację.

 Linja idąca do góry i prowadząca energję do góry.

 Linja idąca do góry i prowadząca energję na dół.

 Linja idąca w dół i prowadząca energję w dół.

 Linja idąca w dół i prowadząca energję do góry.

⊕ Słup drewniany.


● Słup żelazny.


■ Słup kratowy.


⊙ Słup żelbetowy.


✕ Lampa zawieszona lub umocowana.

⊗ Świecznik zawieszony lub umocowany.


 Lampa przenośna.


 Wyłącznik jednobiegunowy.


 Wyłącznik grupowy.

 Wyłącznik dwubiegunowy.

 Wyłącznik trójbiegunowy.

 Przełącznik jednobiegunowy.

 Przełącznik schodowy.

 Gniazdo wtyczkowe.



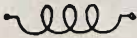
Bezpiecznik jedno, dwu i trójbiegunowy.



Wyłącznik drążkowy jedno, dwu i trójbiegunowy.



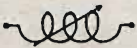
Opornik.



Cewka bez żelaza.



Cewka z żelaznym rdzeniem.



Cewka o zmiennej indukcyjności.



Kondensator.



Amperomierz.



Woltomierz.



Watomierz.



Licznik watogodzin.



Prostownik rtęciowy.



Baterja ogniów galwanicznych lub akumulatorów.



Prądnicą.

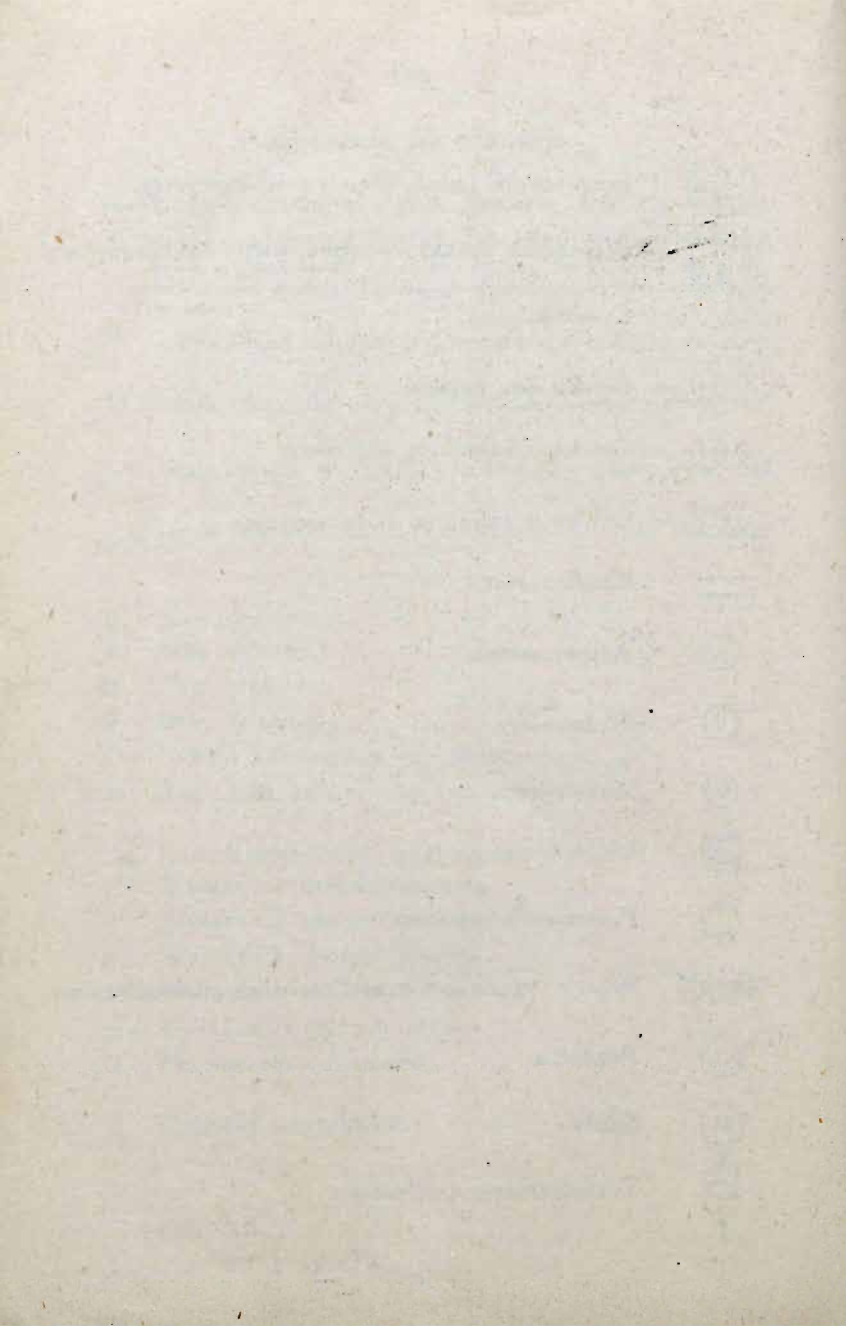


Silnik.



Transformator trójfazowy.

REFERAT
KULTURALNO-OSWIATOWY
Polskiego Czerwonego



SPIS RZECZY.

Str.

Zasady i prawa 7

1. Wstęp. 2. Prąd i siła elektromotoryczna. 3. Napięcie prądu i oporność obwodu. 4. Prawo Ohma. 5. Połączenie odbiorników. 6. Prawa Kirchhoffa. 7. Obliczenie oporności wypadkowej. 8. Oporność przewodników. 9. Oporniki. 10. Izolatory. 11. Zwarcie. 12. Elektroliza. 13. Wykrywanie biegunów źródła prądu za pomocą elektrolizy. 14. Prawo Joule'a. 15. Moc prądu. 16. Praca prądu. 17. Elektromagnesy i magnesy stałe. 18. Strumień magnetyczny. 19. Strumień magnetyczny elektromagnesów. 20. Siła przyciągająca elektromagnesów. 21. Własności magnetyczne przewodników z prądem. 22. Indukcja prądów. 23. Samoindukcja. 24. Prądy wirowe. 25. Straty energii w żelazie skutkiem przemagnesowywania. 26. Pojemność.

Pomiary 75

27. Woltomierze i amperomierze. 28. Rozszerzenie skali amperomierza. 29. Rozszerzenie skali woltomierza. 30. Ustrój boczników i oporów dodatkowych. 31. Przyrządy pomiarowe elektromagnetyczne. 32. Przyrządy magnetoelektryczne według Deprez-d'Arsonval'a. 33. Przyrządy cieplne. 34. Przyrządy elektrodynamiczne i indukcyjne. 35. Watomierze. 36. Liczniki elektryczne. 37. Pomiary oporności. 38. Pomiar oporności woltomierzem i amperomierzem. 39. Pomiar oporności mostkiem Wheatstona skrzynkowym. 41. Mostek Wheatstona drutowy na prąd stały. 42. Mostek Wheatstona drutowy na prąd zmienny. 43. Pomiar oporności uziemień. 44. Omomierze. 45. Galwanoskopy.

Zasada budowy i działania prądnic . . . 107

46. Wstęp.

Prądnice prądu stałego 117

47. Budowa elektromagnesów prądnic prądu stałego 48. Budowa twornika prądnic prądu stałego. 49. Budowa łożysk. 50. Szczotki

ich ustrój i położenie na kolektorze. 51. Samowzbudzanie. 52. Prądnica szeregową. 53. Prądnica bocznikowa. 54. Prądnica bocznikowo szeregową. 55. Połączenie kilku prądnic prądu stałego.

Prądnice prądu zmiennego 152

56. Budowa prądnic jednofazowych prądu zmiennego. 57. Prąd zmienny w obwodzie bez samoindukcji. 58. Prąd zmienny w obwodzie z samoindukcją. 59. Prąd w obwodzie z pojemnością. 60. Skuteczne natężenie prądu i skuteczne napięcie. 61. Oporność pozorna przy prądzie zmiennym. 62. Moc prądu zmiennego. 63. Prądnice prądu trójfazowego. 64. Moc prądu trójfazowego. 65. Połączenie kilku prądnic prądu zmiennego. 66. Synchronoskopy i woltomierze zerowe na tablicach rozdzielczych prądnic trójfazowych.

Pomiary przy prądzie zmiennym 188

67. Mierzenie natężenia i napięcia prądu zmiennego. 68. Mierzenie mocy prądu zmiennego jednofazowego i trójfazowego amperomierzem i woltomierzem. 69. Mierzenie mocy prądu jednofazowego watomierzem. 70. Mierzenie mocy prądu trójfazowego watomierzem. 71. Liczniki prądu zmiennego. 72. Wskaźniki współczynnika mocy prądu zmiennego. 73. Wskaźniki częstotliwości prądu.

Silniki elektryczne 198

74. Wstęp. 75. Ogólne własności silników prądu stałego. 76. Silniki bocznikowe. 77. Silniki szeregowo. 78. Silniki szeregowo bocznikowe. 79. Silniki prądu zmiennego. 80. Silniki synchroniczne. 81. Asynchroniczne silniki trójfazowe zasady ustroju. 82. Strumień magnetyczny stojana w trójfazowym silniku asynchronicznym. 83. Wirnik klatkowy silnika asynchronicznego trójfazowego. 84. Rozruch i regulacja obrotów silników z wirnikiem klatkowym. 85. Wirnik trójfazowego silnika asynchronicznego z pierścieniami ślizgowymi. 86. Zmiana kierunku wirowania trójfazowego silnika asynchronicznego. 87. Silniki asynchroniczne jednofazowe. 88. Komutatorowe silniki szeregowo. 89. Komutatorowe silniki repulsyjne. 90. Komutatorowe silniki trójfazowe.

Sprawność prądnic i silników 252

91. Wstęp. Przykłady I, II, III, IV, V, VI.

Obsługa prądnic i silników 258

92. Puszczenie w ruch. 93. Obsługa maszyn w ruchu.

Przetwornice 266

94. Przetwornice dwutwornikowe. 95. Przetwornice jednotwornikowe.

Transformatory 270

96. Wstęp. 97. Stosunek napięć w transformatorze. 98. Stosunek prądów w transformatorze. 99. Sprawność transformatorów. 100. Budowa transformatorów. 101. Równoległe połączenie transformatorów. 102. Autotransformatory. 103. Miernikowe transformatory prądowe. 104. Napięciowe transformatory miernikowe. 105. Transformatoriki miernikowe w zastosowaniu do amperomierzy, woltomierzy, watomierzy i liczników w układach trójfazowych.

Prostowniki. 292

106. Prostowniki rtęciowe. 107. Prostownik mechaniczny. 108. Prostownik katodowo-gazowy. 109. Prostownik tlenkowy.

Akumulatory 300

110. Wstęp. 111. Budowa i własności akumulatorów. 112. Baterie akumulatorów. 113. Akumulatory zasadowe. 114. Obsługa akumulatorów. 115. Zastosowania akumulatorów stałych. 116. Równoległe połączenie baterji akumulatorów z prądnicą za pomocą ładownicy pojedynczej. 117. Równoległe połączenie baterji akumulatorów z prądnicą za pomocą ładownicy podwójnej. 118. Zastosowanie prądnicy dodatkowej. 119. Zastosowanie baterji akumulatorów w elektrowni tramwajowej. 120. Akumulatory w zastosowaniu do oświetlenia wagonów kolejowych. 121. Ładowanie akumulatorów przenośnych.

Oświetlenie elektryczne 325

122. Wstęp. 123. Sprawność lamp elektrycznych. 124. Zasada ustroju lamp łukowych. 125. Regulatory lamp łukowych. 126. Włączanie lamp łukowych w obwód. 127. Lampy żarowe. 128. Włączanie lamp żarowych w obwód. 129. Obliczanie pracy prądu zużytej przez lampy żarowe. 130. Miary natężenia oświetlenia czyli jasności. 131. Mierzenie natężenia oświetlenia. 132. Reklamy świetlne.

Urządzenia elektryczne ciepłe 355

133. Grzejniki elektryczne. 134. Spawanie elektryczne. 135. Elektryczne wytapianie stali.

Układy urządzeń elektrycznych przesyłania siły i oświetlenia. 360

136. Napięcia normalne. 137. Ogólne zasady wyboru rodzaju prądu i napięcia. 138. Urządzenia małe w domach i fabrykach. 139. Urządzenia miejskie. 140. Elektrownie okręgowe. 141. Urządzenia do przesyłania siły. 142. Tramwaje, trolbusy i koleje elektryczne.

· Przewody 374

143. Wstęp. 144. Przewody napowietrzne. 145. Odgromniki na przewodach napowietrznych. 146. Przewody wewnętrzne. 147. Przewody podziemne. 148. Przekrój przewodów ze względu na wytrzymałość mechaniczną. 149. Przekrój przewodów ze względu na zagrzewanie się. 150. Przekrój przewodów ze względu na spadek napięcia, przy obciążeniu w końcu linii. 151. Przekrój przewodów jednostajnej grubości przy obciążeniu w kilku miejscach. 152. Przekrój przewodów, przy obciążeniu w kilku miejscach wzdłuż linii, z przewodami o niejednostajnym przekroju. 153. Przekrój przewodów w sieci rozgałęzionej. 154. Przykład wyboru i obliczenia przekrojów przewodów w urządzeniu oświetlenia elektrycznego. 155. Obliczenie przekroju przewodów w układzie trójprzewodowym. 156. Przekrój przewodów w sieci trójfazowej oświetlenia elektrycznego. 157. Przekrój przewodów do silników prądu stałego. 158. Przekrój przewodów do silników trójfazowych. 159. Przekrój przewodów łączących wirnik silnika trójfazowego z rozrusznikiem. 160. Przekrój przewodów w obwodzie lamp łukowych.

Przyrządy pomocnicze. 415

161. Bezpieczniki. 162. Wyłączniki.

Tablice rozdzielcze 424

163. Tablica prądu stałego. 164. Tablica prądu trójfazowego. 165. Budowa tablic i rozdzielni. 166. Tablice wtórne.

Izolacja sieci 430

167. Sprawdzanie stanu izolacji przewodów. 168. Porażenie prądem.

Przepisy 436

Oznaczenia na planach 438

SKOROWIDZ ALFABETYCZNY.

Akumulatory 300.
Akumulatorów zastosowanie 313.
Amper 13.
Amperozwoje 52.
Amperomierze 77, 83.
Automatyczny wyłącznik 421.
Autotransformator 286.

Baterja akumulatorów 308.
Baterje akumat. wyrównawcze 322.
Bezpieczniki 413.
Bębnowe uzwojenie 120.
Bieguny magnesu 48.
 „ elektromagnesu 42, 52.
Biegunowy papierek 39.
Boczniki 77, 82.
Bocznikowa prądnica 142.
Bocznikowo-szeregowa prądnica 145.

Czas użytkowania lamp 348.
Cewki z prądem 60.
Ciepły współczynnik oporu 28.
Ciepłota 40.
Ciepłe przyrządy 40.
Częstotliwość prądu 155.

Deprez — d'Arsonvala amperomierz 84.
Dynamomaszyny... patrz prądnice.

Edisona akumulator 310.
Elektroliza 37.
Elektromagnes 49, 52.

Foucault 69.

Galwanoplastyka 38.
Galwanoskopy 104.
Gałki porcelanowe 385.
Gęstość linii 53.
Gwiazdowe połączenie 178.
Grzejniki 353.

Hefnera jednostka 325.
Hefnera lampka 325.
Hektowatogodzina 45.
Henr 68.
Histereza 71.
Hummela amperomierz 83.

Indukcja prądów 61.
Iskrzenie szczotek 136.
Izolatory 33.
 „ porcelanowe 377.
Izolacja sprawdzanie 430.

Jednofazowa prądnica 152.
Jednofazowy silnik 244.
Joule'a prawo 40.
Jungnera akumulatory 310.

Kable 388, 389, 390.
Kilowat 44.
Kilowatogodzina 45.
Kilowoltampery 141.
Kolektor 112, 130.
Kolektorowe silniki 248.
Koleje elektryczne 371.

Kosinus fi 171.

Kwas akumulatorów 306.

Lampy łukowe 329.

Lampy żarowe 340.

Liczniki elektryczne 90, 193.

Linje magnetyczne 51, 54.

Łączenie drutów 380, 387.

Ładowanie akumulatorów 300.

Ładownica pojedyncza 313.

Ładownica podwójna 316.

Łożyska 131.

Łukowe lampy 329.

Magnes 48.

Magneśnica 117.

Metalowe żarówki 342.

Miejskie urządzenia 366.

Mo 25.

Moc prądu stałego 44.

Moc prądu zmiennego 169.

Moc pozorna 172.

Moc prądu trójfazowego 180.

Napięcie prądu 11.

Napięcie w transformatorach 272.

Natężenie prądu 10.

Naturalny magnes 48.

Naskórkowe zjawisko 71.

Normalne napięcia 360.

Obrotów liczba pola mag. 232.

Obsługa maszyn 258.

Obsługa akumulatorów 311.

Obwód 7.

Odgromniki 381.

Ogniwo 7.

Ohma prawo 12.

Okręgowe elektrownie 369.

Om 13.

Omierz 103.

Oporniki 30.

Oporniki dodatkowe do woltomierzy 80, 82.

Oporność 11, 27.

Oporności pomiar 97, 99, 102.

Pierścieniowe uzwojenie 119.

Pojemność 73.

Pojemność akumulatorów 305.

Pomiary 73, 188.

Pozorna oporność 166

Pozorna moc 112.

Porażenie prądem 434.

Praca prądu 45.

Prąd — natężenie prądu 10, 13.

Prądnice prądu stałego 116.

Prądnice jednofazowe 152.

Prądnice trójfazowe 172.

Prąd trójfazowy 175.

Prądy w transformatorze 277.

Prostowniki rtęciowe 106.

Przełączniki gwiazdatrójkąt 237.

Przetwornice 266.

Przewodność 25.

Przewodników oporność 374

Przewodników izolacja 383, 388.

Przewody napowietrzne 375.

„ wewnętrzne 383.

„ podziemne 388.

Przewodów przekrój 391, 393, 395.

Przewody obliczenie na spadek napięcia 396 — 414.

Przewody obliczenie na stratę mocy 412.

Przepisy 436.

Puszczanie w ruch 258

Regulatory lamp łukowych 333

Rozproszenie magnetyczne 54.

Równoległa praca prądnic prądu stałego 147.

Równoległa praca prądnic prądu zmiennego 182.

Równoległe połączenie odbiorników 19.

Równoległe połączenie transformatorów 285.



nr. 2869