

KRÓTKI ZARYS ELEKTROTECHNIKI

CZĘŚĆ II i III

H. Giejszt

Buy
150 -



621-3

PROF. MIECZYSLAW POŻARYSKI

KRÓTKI ZARYS ELEKTROTECHNIKI

PODRĘCZNIK DLA
SZKÓŁ ZAWODOWYCH

CZEŚĆ II i III

SILNIKI ELEKTRYCZNE. OŚWIETLENIE ELEK-
TRYCZNE. ELEKTROTECHNIKA CIEPLNA.
GALWANOPLASTYKA I GALWANOSTEGJA.

TECHNIKA PRĄDÓW SŁABYCH. RADJOTECHNI-
KA. PIORUNOCHRONY. ELEKTROTECHNIKA
W LECZNICTWIE. RATOWANIE PORĄŻONYCH
PRĄDEM ELEKTRYCZNYM.

ZE 157 RYS. W TEKŚCIE



WARSZAWA
WYDAWNICTWO J. LISOWSKIEJ
1929



Z 21

1.2.146



C. 8172



*Drukarnia Wł. Łazarzkiego
w Warszawie, Złota 7/9*

BZ07PK/001-15

C Z E Ś Ć II

ROZDZIAŁ I.

SILNIKI ELEKTRYCZNE.

I. PRZENOSZENIE SIŁY NA ODLEGŁOŚĆ

Różne są sposoby przenoszenia siły na odległość. Każdy dźwąg, za pomocą którego podnosimy kamień, jest oczywiście najprostszym przyrządem do przenoszenia siły na odległość.

Wszystkie pędnie fabryczne w postaci wałów, pasów i t. p. są urządzeniami do przenoszenia i rozdziału siły, którą daje silnik napędowy np. maszyna parowa obracająca pędnie. W ten sposób, jak wiadomo, nie tylko rozdzielamy siłę w jednym budynku, ale przenosimy ją z jednego budynku do drugiego, nieraz na dość znaczną odległość.

Po za tem, jako czynniki służące do przenoszenia i rozdziału siły, stosowane są: woda pod ciśnieniem i powietrze sprężone, które rozprowadzamy rurami.

Jednak wszystkie te sposoby mechaniczne coraz częściej ustępują stopniowo swoje pole zastosowania prądowi elektrycznemu.

Prąd elektryczny, wytworzony przez prądnice, rozprowadzamy przewodami do silników elektrycznych, które pobierają pracę prądu i dają pracę mechaniczną, obracając najrozmaitsze przyrządy i maszyny.

Główne przyczyny rozpowszechnienia się elektrycznego przenoszenia siły są następujące:

- a. Przewody elektryczne są dogodniejsze do prowadzenia i powodują mniej strat energii.
- b. Silniki elektryczne są lepsze w użyciu, szczególnie ze względu na dogodną regulację biegu, a, wrazie potrzeby, zapewnioną stałość szybkości ruchu.
- c. Prostsza i mniej kosztowna obsługa.
- d. Przy wielkich odległościach, znacznie mniejszy koszt urządzenia.

Szczególne znaczenie ma punkt ostatni. Ile by też kosztowało rozprowadzenie siły w mieście za pomocą kół, wałów, pasów i t. p. np. w podziemnych kanałach, a ile energii traciło by się przytem bezużytecznie?

To też obecnie niema narzędzi i maszyn, dla których nie stosowano by napędu elektrycznego.

2. ZASADA DZIAŁANIA SILNIKÓW ELEKTRYCZNYCH.

Zasada działania wszystkich silników elektrycznych, które pobierając pracę prądu, dają pracę mechaniczną, opiera się na powstawaniu siły mechanicznego oddziaływania pomiędzy magnesem, a przewodnikiem z prądem, znajdującym się w strumieniu magnetycznym tego magnesu.

Jeżeli w strumieniu magnetycznym umieścimy przewodnik zasilany prądem z jakiegokolwiek źródła (rys. 1.) to magnes nie przyciąga i nie odpycha takiego drutu, ale **wyrzuca go w bok** w kierunku F prostopadle do linii magnetycznych.

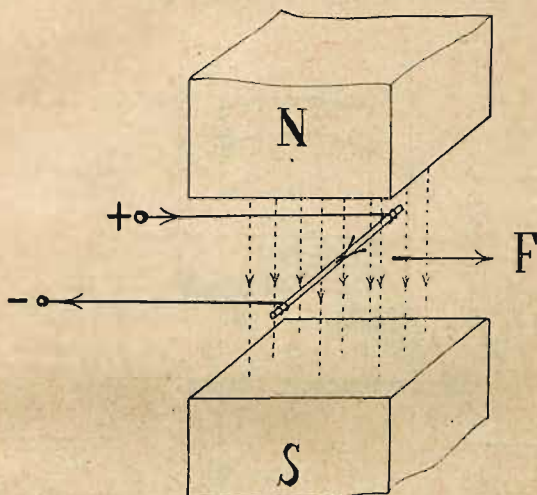
Kierunek siły poruszającej przewodnik zależy od kierunku strumienia magnetycznego i od kierunku prądu.

Pamięciowa reguła lewej ręki określa ten kierunek.

Gdy położymy lewą rękę wzdłuż przewodnika, tak, że cztery złożone palce wskażą kierunek prądu, a dłoń zwrócimy w ten sposób aby w nią wchodziły linje magnetyczne, to, odstawiony w bok duży palec, wskaże kierunek siły działania magnesu na przewodnik z prądem.

Z tej reguły wynika, że chcąc **zmienić** kierunek siły oddziaływania magnesu na przewodnik z prądem wystarczy tylko

zmienić znak bieguna magnetycznego, a więc **odwrócić linie magnetyczne**, lub też pozostawiając magnes bez zmiany — **odwrócić kierunek prądu** w przewodniku.



Rys. 1. Strumień magnetyczny wyrzuca przewodnik z prądem w bok.

Wielkość rozważanej siły jest proporcjonalna do wielkości sił magnetycznych w strumieniu i do natężenia prądu w przewodniku.

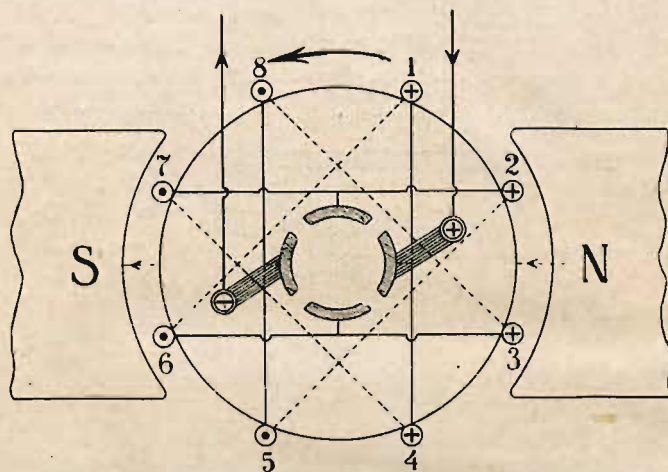
Chcąc więc mieć wielką siłę mechaniczną trzeba mieć mocny magnes i wielki prąd w przewodniku.

3. SILNIKI ELEKTRYCZNE PRĄDU STAŁEGO.

Każda prądnicą prądu stałego* może służyć jako silnik, gdy do elektromagnesów i do twornika **jednocześnie** wpuszczymy prąd z jakiegokolwiek źródła.

*) Patrz od str. 16 do 28 w I części krótkiego zarysu elektrotechniki.

Prąd w tworniku rozgałęzia się zawsze w ten sposób, że pod biegunami północnymi magniesnicy płynie w jedną stronę, a pod południowymi w stronę przeciwną (rys. 2.) skutkiem czego poszczególne siły oddziaływania tych biegunów na przewodniki z prądem pomagają sobie.



Rys. 2. Kierunki prądu w drutach twornika, w silniku prądu stałego.

Łatwo to sprawdzić posilując się regułą lewej dłoni. Krzyżyki na rysunku 2. oznaczają prądy płynące wgląd rysunku, a punkciki prądy płynące zglębi rysunku.

Jest kilka rodzaj silników zależnie od układu połączeń pomiędzy uzwojeniami elektromagnesów i twornika. Mają one różne własności i z tego względu rozważymy je osobno.

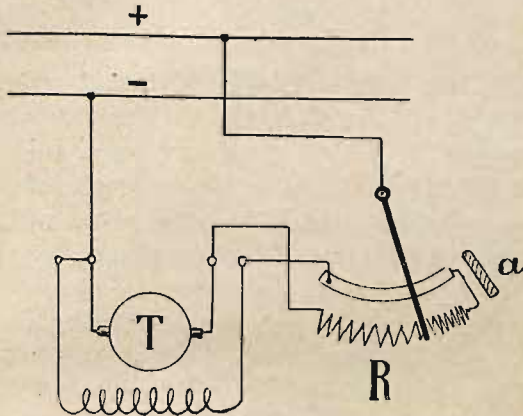
4. SILNIK BOCZNIKOWY.

Jeżeli do twornika i do uzwojeń elektromagnesów płyną prądy niezależne, rys. 3. to taki silnik nazywamy bocznikowym.

Przy rozruchu, silnik włącza się w obwód prądu za po-

mocą tak zwanego rozrusznika, który stanowi opornik z rączką, mającą dwie łapki, z których jedna ślizga się po mosiężnym pasku, a druga po kontaktach połączonych z drutem oporowym. Drut oporowy włącza się w obwód twornika*).

Gdy silnik stoi, łapka rączki opiera się na izolacji a i prąd nie płynie.



Rys. 3. Układ połączeń silnika bocznikowego z opornikiem rozruchowym.

Przy puszczeniu w ruch stopniowo przesuwamy rączkę (na rys. 3.) w lewo. Gdy rączka stoi na początku opornika, uzwojenie elektromagnesów jest połączone ze źródłem prądu bezpośrednio, twornik natomiast przez cały drut oporowy R .

Opornik rozruchowy jest potrzebny z tego względu, że uzwojenie twornika ma małą oporność elektryczną i w spoczynku brało by zbyt wielki prąd.

*) Początek drutu oporowego jest zawsze połączony z paskiem mosiężnym, prowadzącym prąd do magnesnicy. Połączenie to, pozornie zbędne, zabezpiecza opornik od iskier przy wyłączaniu, gdyż samoindukcyjny prąd powstający w elektromagnesach, przy przerywaniu ich obwodu, znajdzie wtedy drogę przez twornik.

Przyczyną znacznej samoindukcji jest tu znikający strumień magnetyczny.

Tak np. oporność uzwojenia twornikowego w silniku 15 kilowatowym wynosi zaledwie 0,025 oma.

Więc przy napięciu prądu zasilającego: 120 woltów, prąd przy ruszaniu mógł by, według prawa Ohma, osiągnąć natężenie:

$$\frac{120}{0,025} = 4800 \text{ A.}$$

Prąd taki, oczywiście, zanim by osiągnął pełną wartość już spalił by izolację i stopił druty, (gdyby nie było w obwodzie bezpieczników). Pełny prąd roboczy takiego silnika wynosi około 150 amperów, przy rozruchu możemy chwilowo wpuścić prąd podwójny, np. 300 amperów, więc oporność obwodu twornikowego wynosić powinna co najmniej:

$$\frac{120}{300} = 0,4 \text{ oma,}$$

potrzebny dodatkowy opór rozruchowy wypada:

$$0,4 - 0,025 = 0,375 \text{ oma.}$$

Uzwojenie elektromagnesów natomiast jest nawinięte z cienkiego drutu o znacznym oporze, tu więc śmiało zawsze możemy puszczać prąd bez żadnych oporników, od pełnego napięcia źródła prądu.

W biegu opornik twornikowy możemy wyłączyć, gdyż wtedy w tworniku silnika elektrycznego, tak jak w prądnicy, powstaje siła elektromotoryczna, lecz w silniku jest ona **przeciwna** prądowi, i z tego powodu, często nazywa się siłą **przeciwelektromotoryczną**. Siła ta wzrasta stopniowo w miarę wzrostu szybkości silnika, przeto opornik rozruchowy należy **wyłączać powoli**, przesuwając rączkę zgodnie z przyśpieszeniem biegu silnika.

W biegu pełnym opornik powinien być zupełnie wyłączony. Gdy silnik wykonywa pracę, a więc jest obciążony, to prąd

w tworniku można obliczyć również według prawa Ohma, ale uwzględniając siłę przeciwelektromotoryczną.

Przykład. W poprzednio przytoczonym silniku, na 15 kilowatów mocy pobranej przy pełnem obciążeniu, działa siła przeciw elektromotoryczna wynosząca 116,35 wolta, a napięcie źródła prądu mamy 120 woltów. Uwzględniając, że oporność twornika jest 0,025 oma, otrzymamy prąd w tworniku:

$$J = \frac{120 - 116,35}{0,025} = 146 \text{ A.}$$

Więc w tym przykładzie, twornik silnika obciążonego bierze 146 amperów prądu.

W miarę **odciążania** silnika, przyspiesza on nieco biegu i skutkiem tego **rośnie** siła przeciw elektromotoryczna, to sprawia, jak widać z poprzedniego wzoru, zmniejszenie prądu.

Wzrost szybkości biegu silników bocznikowych przy zdjęciu obciążenia jest stosunkowo niewielki, wynosi on 2 do 5 %, gdyż przy małej oporności twornika, niewielkie zwiększenie siły przeciwelektromotorycznej wywołuje dostateczne zmniejszenie prądu elektrycznego. Prąd zaś elektryczny zawsze przystosowuje się do siły obrotowej jaką silnik ma rozwinąć. Gdy silnik **biegnie luzem** i pokonywa tylko tarcie wału w łożyskach i szczotek na komutatorze, to prąd w tworniku będzie mały, gdyż jak wiemy siła obrotowa twornika jest proporcjonalna do natężenia prądu w tworniku, a przy małej sile hamującej muszą być małe i siły obracające, o ile oczywiście bieg jest ustalony.

Przy **obciążeniu**, gdy silnik musi pokonywać jeszcze różne opory, znajdujące się w maszynach poruszanych przez silnik, siły obrotowe w silniku muszą być znacznie większe i z tego powodu prąd musi wzrosnąć.

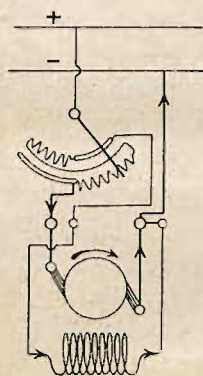
Strumień magnetyczny w silnikach bocznikowych pozostaje stały, gdyż zmiany w szybkości biegu nie mają wpływu na prąd w elektromagnesach *)

*) Małe zmiany zachodzą tylko skutkiem wahaniasię napięcia prądu w sieci.

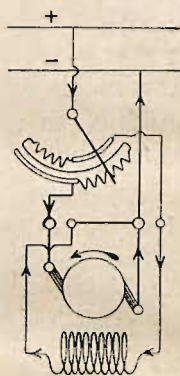
5. REGULACJA BIEGU SILNIKA BOCZNIKOWEGO.

W praktyce często się zdarza, że trzeba zmieniać szybkość biegu silnika przy stałym obciążeniu. Taką zmianę szybkości biegu osiągamy za pomocą specjalnych oporników zwanych regulacyjnymi.

Oporniki te mają dwa druty oporowe. Drut grubszy jest rozpięty pomiędzy kontaktami włączonymi do obwodu twornika, a drut cieńszy w obwodzie elektromagnesów. Na rys. 4 mamy



Rys. 4.



Rys. 5

4-ty układ połączenia silnika bocznikowego z opornikiem regulacyjnym
5-ty zmiana układu połączeń dla odwrócenia kierunku biegu za pomocą odwrócenia kierunku prądu w elektromagnesach.

pokazane te opory w ten sposób, jak w praktyce umieszczamy je w opornikach. Druty grube opornika regulacyjnego pozwalają zmieniać napięcie na szczotkach twornika, gdyż z pełnego napięcia źródła prądu część idzie na pokonanie oporności opornika, a reszta pokonywa siłę przeciwelektromotoryczną i oporność twornika.

Jeżeli np. silnik pobiera 100 amperów przy napięciu źródła

120 woltów, a opornik ma oporność 0,1 oma, to, według prawa Ohma, napięcie na oporniku będzie:

$$0,1 \times 100 = 10 \text{ woltów,}$$

reszta więc:

$$120 - 10 = 110 \text{ woltów}$$

pozostanie dla twornika. Przy **mniejszym** napięciu na szczotkach, twornik będzie obracać się **wolniej**, gdyż w nim powstaje mniejsza przeciwelektromotoryczna siła, przystosowana do zmniejszonego napięcia.

W ten sposób za pomocą opornika przed twornikiem można dowolnie zmniejszać szybkość biegu silnika.

W praktyce, ze względu na znaczne straty pracy prądu w oporniku, stosuje się zmniejszanie szybkości biegu silnika tylko do połowy t. j. o 50%.

Pamiętać należy że opornikami rozruchowymi, takiej regulacji przeprowadzać nie można, gdyż druty oporników rozruchowych są za cienkie i rozgrzały by się niebezpiecznie, w razie długotrwałego przepływu prądu.

Przy zmniejszeniu prądu magnesnicy, szybkość biegu silnika wzrasta.

Tłomaczy się to tem, że dla powstania odpowiedniej siły przeciwelektromotorycznej w osłabionym polu magnetycznym twornik musi obracać się szybciej.

Prąd magnesujący osłabiamy zapomocą oporników wprowadzanych do obwodu uzwojeń elektromagnesów.

W praktyce w zwykłych silnikach bez wielkich strat pracy prądu, daje się tą drogą zwiększyć szybkość biegu o 25%. Jednak budują się specjalne silniki np. dla papierni, w których tym opornikiem zwiększamy szybkość wielokrotnie.

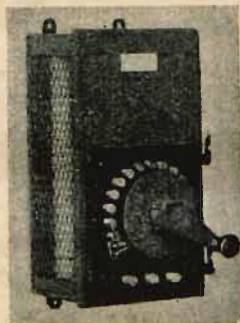
W opornikach rozruchowych i regulacyjnych druty oporowe są rosnięte wewnątrz skrzyni z blachy dziurkowanej w celu ułatwienia dopływu powietrza ochładzającego.

Guziki oraz paski kontaktowe umocowane są najczęściej

sprzodu na tablicy z materiału izolacyjnego ogniotrwałego rys. 5-a.

Na rys. 5 widzimy jak należy zmienić połączenia, aby odwrócić kierunek wirowania twornika.

Tu, jak łatwo sprawdzić, kierunek wirowania został zmieniony, przez odwrócenie kierunku prądu w uzwojeniu magnesu, co sprawia zmianę kierunku strumienia magnetycznego i znaku biegunów magnesu.



Rys. 5a.

Opornik rozruchowy i regulacyjny silnika prądu stałego fir. Siemens.

Można by oczywiście obmyśleć inny układ połączeń, w którym zmianę kierunku wirowania osiągnęło by się przez zmianę kierunku prądu w tworniku.

6. ZASTOSOWANIE SILNIKÓW BOCZNIKOWYCH.

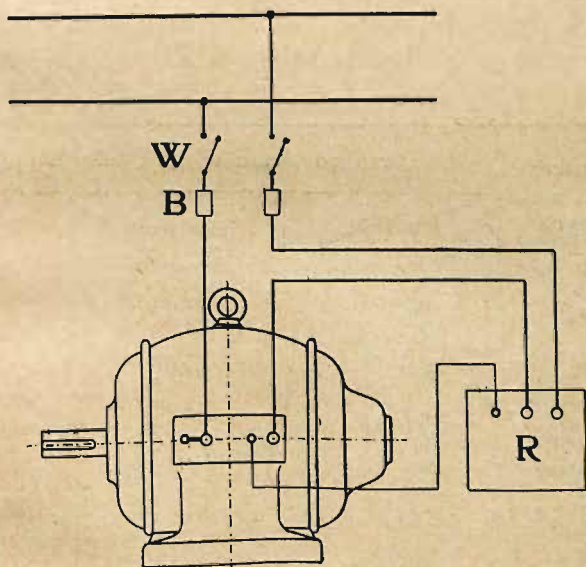
Silniki bocznikowe są stosowane wszędzie gdzie chodzi o równy bieg, niezależny od obciążenia i gdzie rozruch jest dość lekki.

Dobre są silniki bocznikowe również tam, gdzie chodzi o regulację szybkości biegu w szerokich granicach.

Jako przykłady maszyn, dla poruszania których stosują się silniki bocznikowe, można przytoczyć: obrabiarki do metalu i drzewa, a więc tokarnie, wiertarki i t. p. przewietrzniki, pompy, młyny, młocarnie i t. p.

7. WŁĄCZANIE SILNIKA BOCZNIKOWEGO.

Silnik bocznikowy ma przewody od szczotek i od magnesy cy wyprowadzone do tak zwanej tabliczki zaciskowej (rys. 6).



Rys. 6. Przyłączenie bocznikowego silnika prądu stałego z opornikiem rozruchowym, do przewodów doprowadzających prąd ze źródła.

na której są dwa zaciski większe od szczotek i dwa mniejsze od uzwojenia magnesy cy.

Od przewodów głównych prowadzimy połączenia najprzód do przerywacza **W**, a następnie do bezpieczników **B**. Stąd jeden

przewód idzie do zacisku szczotkowego, połączonego bezpośrednio z zaciskiem od magneśnicy, drugi do opornika¹⁾).

Na oporniku **R** mamy trzy zaciski dwa większe i jeden mniejszy. Drugi większy zacisk łączymy z drugim większym zaciskiem na silniku, a drugi mniejszy zacisk na silniku z mniejszym zaciskiem na oporniku. W ten ostatni przewód włącza się w razie potrzeby dodatkowy regulacyjny opornik do elektromagnesów.

Do połączenia silnika z głównymi przewodami stosujemy druty różnego przekroju zależnie od mocy, napięcia prądu i odległości silnika od głównych przewodów.

Gdy odległość nie przewyższa kilkunastu metrów, to możemy brać druty według wskazówek następującej tablicy:

Moc silnika w koniach mechanicznych	Przekrój drutu w mm ² , przy napięciu:		
	110 volt.	220 volt.	440 volt.
0,2	2,5 mm ²	1,5 mm ²	—
0,5	2,5 "	1,5 "	—
1	4 "	1,5 "	1,5 mm ²
1,5	6 "	2,5 "	1,5 "
2	10 "	4 "	1,5 "
3	10 "	4 "	2,5 "
4	16 "	6 "	4 "
5	25 "	10 "	4 "
7	25 "	16 "	6 "
10	35 "	16 "	10 "

Dla odległości większych przekroje biorą się większe, obliczając na spadek napięcia podług pobieranego prądu²⁾).

Pomiędzy małymi zaciskami silnika i rozrusznika bierzemy drut cieńszy stosownie do prądu, który tu wynosi zaledwie

¹⁾ Zwracać uwagę na znak przy tym zacisku, który wskazuje, że tu ma być doprowadzony prąd.

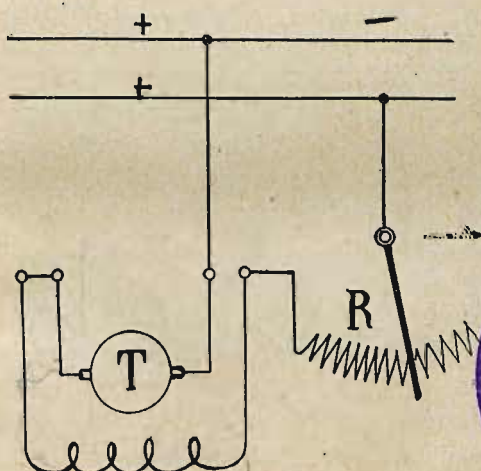
²⁾ Obliczenie przekroju patrz część I, Rozdział III, § 4.

kilka procent od prądu głównego. Nienależy jednak używać drutów cieńszych od 1,5 mm².

8. SILNIKI SZEREGOWE.

Są jeszcze inne silniki elektryczne prądu stałego, również często stosowane, mające inne własności; silniki te różnią się od poprzednich uzwojeniem magnesu i sposobem połączenia tego uzwojenia z uzwojeniem twornika.

Na rys. 7. widzimy układ połączeń takiego silnika z opornikiem rozruchowym.



Rys. 7. Układ połączeń silnika szeregowego.

Tu ten sam prąd płynie kolejno przez rozrusznik, uzwojenia magnesu i uzwojenia twornika. Takie połączenie uzwojenia magnesu z uzwojeniem twornika nazywamy **połączeniem szeregowym**, stąd nazwa tych silników: **silniki szeregowe** (albo głównikowe).

Osobliwa własność takich silników zaznacza się przede wszystkim przy rozruchu.

Silny prąd elektryczny, płynie tu przy rozruchu nie tylko

przez twornik, ale i przez uzwojenie elektromagnesów, — stąd — wielki strumień magnetyczny, a więc — **duża siła obrotowa**.

W biegu, osobliwość tego silnika polega na znacznym wzroście szybkości wirowania, przy zdejmowaniu obciążenia.

Przy odciążeniu siła obrotowa jest chwilowo większa od hamującej, przez to silnik przyśpiesza biegu. Szybszy bieg sprawia wzrost siły przeciw-elektromagnetycznej, która hamuje dopływ prądu, a przy mniejszym prądzie — mniejsza siła obrotowa będzie w równowadze z mniejszym obciążeniem. Ale przy zmniejszeniu natężenia prądu **słabną** magnesy, więc dla osiągnięcia odpowiednio dużej siły przeciwelektromotorycznej silnik **jeszcze przyśpiesza biegu**. Przez to silnik szeregowy przy zmniejszeniu obciążenia, zwiększa szybkość biegu tak znacznie, że jeżeli pozwolić mu na bieg luzem, to może rozbiegać się, i wskutek wielkich sił odśrodkowych, powstających przy szybkim ruchu wirowym, silnik może być uszkodzony. Druty twornika mogą powyskakiwać ze żłobków, i może rozlecieć się komutator. Tylko bardzo małe silniczki, o mocy wynoszącej drobną część konia mechanicznego, mają względnie dość wielkie tarcie w łożyskach i znaczną oporność elektryczną uzwojeń, co sprawia, że bez uszkodzenia mogą biec luzem. Tam gdzie konieczność wielkiej siły rozruchowej łączy się z potrzebą wzrostu szybkości przy odciążeniu, silniki szeregowe są najbardziej na miejscu.

Najczęściej silniki szeregowe znajdują zastosowanie do dźwignów oraz do poruszania tramwajów i wogóle wozów kolejowych

W obu przypadkach potrzebna jest wielka siła przy ruszaniu, poza tem jest rzeczą pożądaną aby wielki ciężar podnosić ostrożnie, powoli, a mały — prędzej.

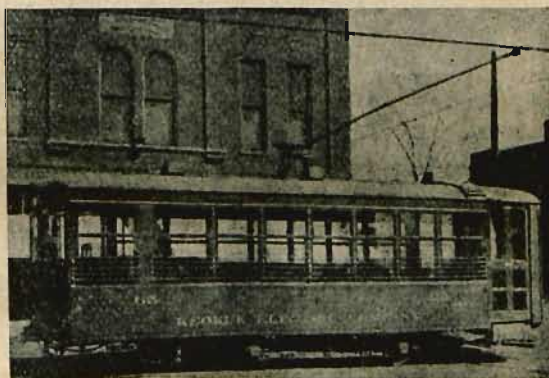
Na kolejach — lepiej jest gdy pod górę wagon idzie nieco wolniej, niż po torze poziomym. Gdybyśmy chcieli jeździć tak samo szybko pod górę, jak na drodze poziomej — musielibyśmy zastosować silniki znacznie większej mocy niż te, które mamy teraz.

9. REGULACJA SZYBKOŚCI BIEGU.

Regulacja silników szeregowych odbywa się przeważnie za pomocą opornika szeregowego *).

W tych urządzeniach gdzie tą samą maszynę, czy wagon pędzą dwa jednakowe silniki, można jeszcze zmienić szybkość biegu oszczędnie — bez strat, poprostu przez zmianę połączenia silników ze źródłem prądu.

Jako przykład przytaczamy połączenie silników tramwajowych.



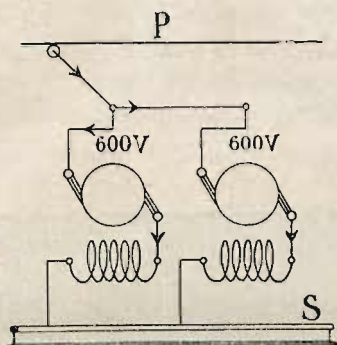
Rys. 8. Wóz (wagon) tramwaju elektrycznego z krążkowym odbierakiem prądu.

Wagony tramwajowe zwykle mają dwa silniki sprzężone za pomocą kół zębatych z osiami wagonu.

Prąd doprowadza się po przewodzie napowietrznym, tak zwanym **ślizgowym**, rys. 8. Z tego przewodu przez **pałak** lub długi pręt z krążkiem na końcu i przewodniki na wagonie oraz

*) Rzadko używa się bocznikowania elektromagnesów, gdzie opornik wprowadzony równolegle do uzwojenia elektromagnesów powoduje osłabienie strumienia magnetycznego a przez to zwiększenie szybkości biegu. Tu przy zmniejszeniu oporu szybkość biegu rośnie.

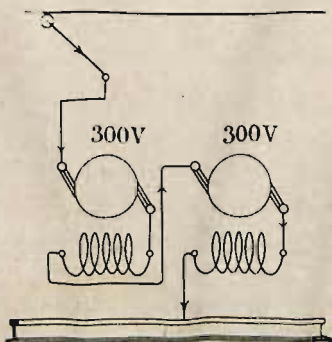
przełącznik zwany **nastawnicą walcową**, którą nastawia motorniczy, prąd dopływa do silników, dalej z silników wraca do źródła prądu, przewodami połączonymi z żelazną ramą wagonu, przez koła i szyny, po których wagon jedzie.



Rys. 9. Równoległe połączenie silników w tramwaju.

Za pomocą nastawnicy, której rączkę trzyma motorniczy, może on przełączyć obwody silników na bieg szybki lub wolny.

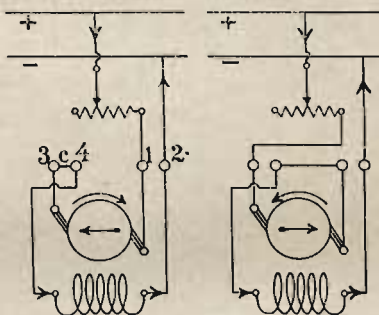
Chcąc aby wagon biegł szybko, motorniczy włącza silniki



Rys. 10. Szeregowe połączenie silników tramwajowych.

równolegle rys. 9, wtedy prąd do obu silników płynie pod pełnym napięciem np. 600 woltów.

Gdy wagon ma biec wolno, motorniczy, za pomocą swego przełącznika, łączy silniki w szereg rys. 10 tak, że prąd z drutu ślizgowego płynie najpierw przez jeden silnik, a potem przez drugi. Tu całe napięcie dzieli się popołowiu — np. 300 woltów na jeden silnik i 300 woltów na drugi.



Rys. 11. Zmiana układu połączeń w silnikach szeregowych dla odwrócenia kierunku biegu.

W drugim przypadku silniki obracają się wolniej gdyż wytwarzają dwa razy mniejszą przeciwelektromotoryczną siłę, która zawsze przystosuje się do napięcia prądu zasilającego silnik.

Odwrócenie kierunku biegu silników szeregowych odbywa się np. przez zmianę kierunku prądu w uzwojeniu twornika. Odpowiednie połączenia pokazane są na rys. 11.

10. ZATRZYMYWANIE SILNIKÓW.

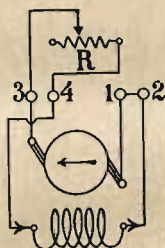
Na szczególną uwagę zasługuje zatrzymywanie silników szeregowych.

Silniki te zwykle poruszają maszyny, które w biegu mają znaczną, tak zwaną, siłę żywą, skutkiem której nawet po przer-

waniu dopływu prądu jeszcze dość długo pozostają w ruchu. a tu trzeba wagon albo dźwig zatrzymać przedko. W tym celu. jak wiadomo, stosują się hamulce mechaniczne tarciove.

Można jednak obok hamulców tarciowych, dla szybszego hamowania, zastosować hamowanie elektryczne.

Polega ono na tem że silnik elektryczny odłączamy od przewodów, doprowadzających prąd, i zamykamy jego obwód przez opornik. W tej chwili jego przeciwelektromotoryczna siła staje się elektromotoryczną i wytwarza prąd w zamkniętym obwodzie, składającym się z uzwojenia twornika, uzwojenia magneśnicy i opornika R *) rys. 12.



Rys. 12. Układ połączeń przy elektrycznem hamowaniu.

Silnik staje się prądnicą i żywa siła np. poruszającego się wagonu wytwarza prąd w rozważanym obwodzie i grzeje opornik R. Zarazem wywiązuje się siła działania magnetycznego magneśnicy na twornik, która hamuje jego ruch. Poza tem bardzo często prąd, wytworzony przez silnik pracujący jako prądnicą, wpuszczamy do elektromagnesów, ciągnących za drażki, przyciskając klocki hamulców tarciowych do kół wagonu. Wtedy mamy elektryczne hamowanie podwójne: przez działanie elektromagnesów silnika na jego twornik i przez tarcie klocków o obręcz kół.

*) Żeby silnik wzbudził się jako prądnicą, połączenie uzwojeń magneśnicy z twornikiem trzeba zmienić aby powstający strumień magnetyczny *do* dawał się do szczątkowego.

Hamując elektrycznie silnik, nie można jednak zatrzymać go zupełnie. Gdy mamy np. wagon na pochyłości, to im wolniejszy jest jego ruch, tem mniejszą jest siła elektromotoryczna w twornikach silników a więc przez to — mniejszy prąd i słabsze hamowanie.

Odpowiednio do wielkości włączonego oporu R , rys. 12 wagon tylko zwolni bieg i tym wolnym ruchem będzie posuwać się po pochyłości. Chcąc go zatrzymać zupełnie, motorniczy musi zawsze użyć hamulca tarcowego, ręcznego, który przyciska klocki do kół.

Wielką zaletą hamowania elektrycznego jest ta okoliczność, że takie hamowanie **nie zależy** od źródła prądu zasilającego silnik przy pracy, gdyż źródło to przy hamowaniu jest odłączone.

11. SILNIK SZEREGOWO - BOCZNIKOWY.

Są przypadki w praktyce, gdy ani silnik bocznikowy ani szeregowy nie mogą zadowolnić stawianych im wymagań.

Np. winda osobowa, tak często stosowana w wysokich domach do przewożenia ludzi z piętra na piętro, dla ruszenia z miejsca potrzebuje sporej siły, więc zdawało by się, że silnik szeregowy byłby dobry, ale w obciążeniu windy przecież zachodzą znaczne zmiany. Winda poruszana silnikiem szeregowym, obciążona mało, leciała by szybko, a z dużym ciężarem wlokłaby się pomału, więc z tego powodu zwykły silnik szeregowy nie jest na miejscu.

Tu najodpowiedniejszy jest właśnie silnik kombinowany o podwójnem uzwojeniu na magneśnicy, tak zwany silnik bocznikowo szeregowy.

Uzwojenie szeregowo magneśnicy sprawia, że przy rozruchu, mając w nim silny prąd, a przez to duży strumień magnetyczny, mamy zapewnioną znaczną siłę rozruchową silnika.

W biegu zaś wpływ szeregowego uzwojenia na magneśnicy jest niewielki, gdyż strumień magnetyczny daje tu głównie

uzwojenie bocznikowe, przez które płynie prąd stałego natężenia.

Skutkiem tego, przy zmianie obciążenia, szybkość biegu takiego silnika zmienia się tylko mało co więcej, niż w zwyčajnym silniku bocznikowym.

12. SILNIKI PRĄDU ZMIENNEGO.

Obecnie stosują się głównie silniki dwojakoego rodzaju zupełnie różnej konstrukcji: częściej używane, tak zwane, silniki **asynchroniczne** i mniej używane **kolektorowe**.

Poza tem są jeszcze, odwrócone w swoim działaniu, prądnice prądu zmiennego, zwane silnikami **synchronicznymi**, ale ich zastosowanie jest bardzo ograniczone.

W silnikach synchronicznych, w części nieruchomej, czyli tak zwanym stojanie, przebiega prąd zmienny, w wirniku zaś, stanowiącym magnesnicę, — prąd stały. Dla zasilania więc takiego silnika potrzebne są dwa źródła prądu. Jedno źródło prądu stałego, a drugie źródło prądu zmiennego.

Silniki synchroniczne pracować mogą tylko przy stałej szybkości biegu, zgodnej z częstotliwością prądu, zasilającego silnik. Liczby obrotów na minutę takiego silnika obliczamy według wzoru:

$$n = \frac{c \cdot 60}{p},$$

tu **n** — oznacza liczbę obrotów na minutę, **c** — **częstotliwość** prądu zmiennego, **p** — liczbę par biegunów magnesnicy. Łatwo spostrzec, że szybkość biegu takiego silnika jest zawsze równa szybkości biegu prądnicy, mającej tyle samo biegunów co silnik i wytwarzającej prąd tej częstotliwości, jaką zasilamy silnik. Z tego powodu silniki te nazywamy **synchronicznymi**, to znaczy zgodnemi w czasie, a szybkość ich biegu nazywamy **szybkością synchroniczną**.

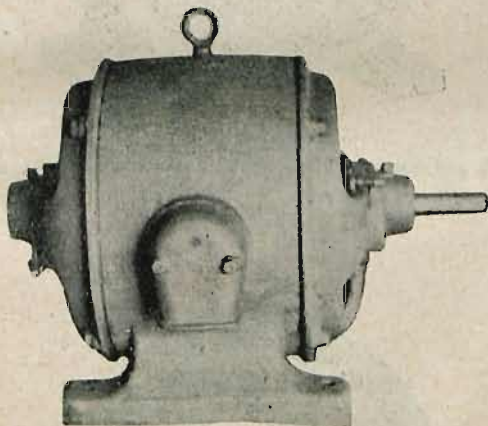
Chcąc taki silnik puścić w ruch należy go przedtem specjalnym sposobem wprawić w bieg synchroniczny i dopiero gdy

on osiągnie szybkość synchroniczną, można do twornika puścić prąd zmienny pełnego napięcia oraz odpowiedni prąd stały do wirującej magneśnicy i następnie zwolna obciążać.

Przy zwiększaniu obciążenia silnik biegu nie zwalnia, a tylko, gdy obciążenie przekroczy wartość największą, na którą silnik został zbudowany, zaraz staje.

13. SILNIK ASYNCHRONICZNY TRÓJFAZOWY.

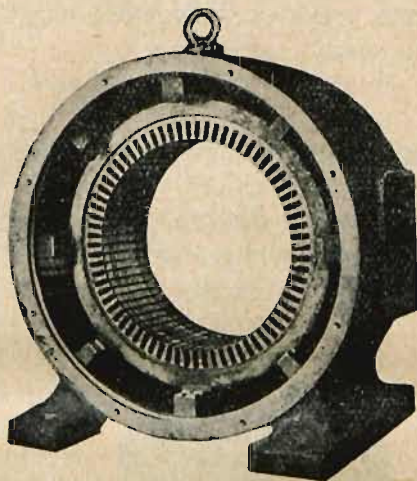
W urządzeniach elektrycznych przenoszenia siły na odległość za pomocą prądu zmiennego, najczęściej znajdują zastosowanie silniki **asynchroniczne trójfazowe**, rys. 13, a więc



Rys. 13. Asynchroniczny silnik trójfazowy, Polskiego Towarz. Elektr. w Warszawie.

zasilane prądem trójfazowym. Silnik trójfazowy asynchroniczny, co znaczy nie synchroniczny, obraca się wolniej niż odpowiedni silnik synchroniczny i dla tego nazywają go czasem **nienadążnym**. Silnik taki składa się z następujących części: z nieruchomego **stożana**, inaczej statora, z wirującego, **wirnika**, inaczej rotora i dwóch tarcz łożyskowych.

Stojan stanowi kadłub żeliwny, w który oprawiony jest pierścień, utworzony z cienkich blach żelaznych. Na wewnętrznej powierzchni pierścienia ten jest żłobkowany. rys. 14.



Rys. 14. Kadłub stojana z rdzeniem żłobkowanym silnika asynchronicznego trójfazowego, firmy Brown-Boveri w Zychlinie.



Rys. 15. Uzwojony stojan silnika asynchronicznego trójfazowego.

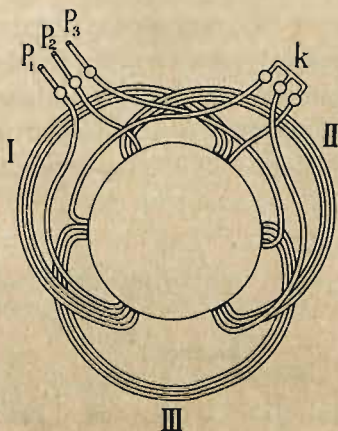
W tych żłobkach znajduje się uzwojenie z drutu izolowanego podobnie jak w prądniccy. Na rys. 15 widzimy stojan uzwojony. **Wirnik** stanowi bęben ułożony z krążków cienkiej blachy żelaznej osadzonych na stalowym wale, obwód tego bębna ma żłobki, albo otwory, w których znajdują się izolowane pręty miedziane, złączone między sobą na obu końcach za pomocą pierścieni mosiężnych rys. 16.



Rys. 16. Wirnik zwarty silnika asynchronicznego trójfazowego, z wachlarzykami dla przewietrzania.

Taki wirnik nazywamy wirnikiem **zwartym**.

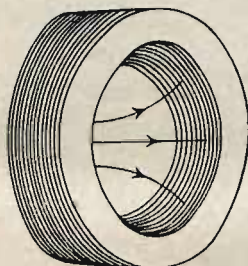
Prąd elektryczny w tych silnikach doprowadza się z sieci tylko do stojana, a w wirniku powstaje prąd wzniecony przez indukcję od strumienia magnetycznego wywołanego prądem w stojanie.



Rys. 17. Uzwojenie stojana silnika asynchronicznego trójfazowego z polem magnetycznym dwubiegunowym.

Dla przykładu rozważymy bliżej stojan silnika z polem magnetycznym tak zwanym dwubiegunowym. Na rys. 17 widzimy układ uzwojeń takiego stojana. Są tu trzy zwojnice I-ej, II-giej i III-ciej fazy połączone między sobą w jednym końcu **k**, jest to więc połączenie w gwiazdę. Prąd tu doprowadzamy przez początki uzwojenia **P₁**, **P₂**, **P₃**.

Pod wpływem prądu w uzwojeniu wytwarza się strumień magnetyczny biegnący z jednej strony pierścienia na drugą, tak jak to wskazuje rys. 18. Mamy więc tu na wewnętrznej

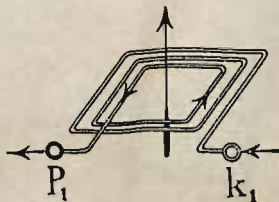


Rys. 18. Strumień magnetyczny dwubiegunowego stojana.

powierzchni pierścienia biegą magnetyczne. Północny tam skąd strumień wychodzi i południowy dokąd wchodzi.

Przy prądzie zmiennym strumień ten ulega zmianom.

Kierunek prądu elektrycznego jest skojarzony z kierunkiem strumienia magnetycznego regułą prawokrętej śruby, jak to wskazuje rys. 19.

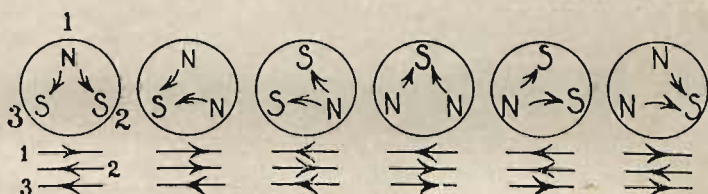


Rys. 19. Kierunek strumienia magnetycznego, wytworzonego przez prąd, płynący we wskazanym kierunku w zwojach drutu.

Jeżeli uwzględnić zmienność kierunku prądu w przewodach trójfazowego i zastosować powyższą regułę dla zwojnic poszczególnych faz to otrzymamy wewnątrz pierścienia bieguny zmienne, których układ jest wskazany na rys. 20, razem z kierunkami prądów w drutach poszczególnych faz. Te sześć przypadków następują kolejno w ciągu jednego okresu zmienności prądu, po szóstym idzie znowu pierwszy i t. d.

Pomimo trzech biegunów, które są wskazane na rys. 20 strumień magnetyczny mamy tu zawsze dwubiegunowy, gdyż leżące obok siebie dwa bieguny jednoimienne właściwie stanowią jeden biegun szeroki.

Przyglądając się uważnie rysunkowi 20-mu łatwo spostrzeżemy, że bieguny magnetyczne wędrują tu wokoło nieruchomego



Rys. 20. Zmienność biegunów magnetycznych wewnątrz stojana trójfazowego silnika asynchronicznego.

pierścienia **wpravo**. W ciągu jednego okresu zmienności prądu taki układ biegunów wykonywa jeden obrót wokoło. Mamy więc strumień magnetyczny, wirujący, który w ciągu jednego okresu obraca się jeden raz wokoło.

Chcąc zmienić kierunek wirowania takiego strumienia magnetycznego wystarczy wymienić dowolne dwa przewody z trzech doprowadzających prąd do stojana, gdyż wtedy zmieni się kolejność położenia faz na pierścieniu, jak to pokazano na rys. 21.

Chcąc zbudować silnik, na bieg wolniejszy, bierzemy więcej zwojnic i układ połączeń stosujemy taki, aby strumień magnetyczny był czterobiegunowy. Strumień cztero-biegunowy w ciągu jednego okresu wykonywa tylko pół obrotu.

Wogóle strumień magnetyczny w silniku asynchronicznym obraca się tak szybko jak magnesnica prądnicy, o tej samej liczbie biegunów, wytwarzającej prąd o tej samej liczbie okresów na sekundę, jaką ma prąd zasilający silnik. A więc, jak zwykle mówimy, obraca się synchronicznie.



Rys. 21. Tu wymieniono położenia faz 2 i 3, skutkiem czego kierunek ich kolejności na obwodzie zmienił się na odwrotny.

Wobec tego liczby obrotów na minutę strumienia magnetycznego w silniku asynchronicznym obliczymy według znanego wzoru:

$$n = \frac{c \cdot 60}{p}$$

n — liczba obrotów na minutę,

c — liczba okresów na sekundę,

p — liczba par biegunów strumienia magnetycznego stojana.

Na podstawie tego wzoru otrzymujemy następującą tabliczkę przy częstotliwości $c = 50$.

p	n
1	3000
2	1500
3	1000
4	750
5	600
6	500

Strumień magnetyczny wirujący stojana wznieca w przewodach wirnika prądy indukowane.

Gdy w wirniku powstaje prąd, to zacznie się oddziaływanie mechaniczne strumienia magnetycznego na przewodniki z prądem, według reguły lewej ręki na str. 6, powstanie siła ciągnąca przewodnik w kierunku wirowania strumienia, t. j. w tą samą stronę, w którą porusza się strumień magnetyczny. Stąd widzimy, że strumień magnetyczny, wirujący w silniku asynchronicznym, pociąga za sobą wirnik, ale szybkość wirowania wirnika jest zawsze mniejsza od szybkości wirowania strumienia magnetycznego, gdyby bowiem wirnik biegł tak szybko jak strumień magnetyczny, to w wirniku nie mogłyby powstać prądy indukowane, bowiem **względem strumienia** magnetycznego wirnik byłby **w spoczynku**.

Gdy silnik biegnie luzem, bez obciążenia i ma do pokonania głównie tylko tarcie w łożyskach, to różnica pomiędzy szybkością wirowania wirnika i strumienia magnetycznego jest bardzo mała. W miarę obciążenia silnika, szybkość wirowania wirnika maleje, jednak w dobrych silnikach niezbyt wiele. Różnicę pomiędzy liczbami obrotów na minutę strumienia magnetycznego i wirnika nazywamy **poślizgiem**.

Poślizg w silnikach małych wynosi około 7% w silnikach dużych nap. na kilkadziesiąt koni mechanicznych około 2%.

Znając liczbę biegunów strumienia magnetycznego, silnika, częstotliwość prądu zasilającego i poślizg możemy łatwo obliczyć liczbę obrotów na minutę wirnika przy pełnym obciążeniu.

Przykład. Mamy silnik czterobiegunowy zasilany prądem o częstotliwości 50 okresów na sekundę. Poślizg wynosi 2%. Jaka jest liczba obrotów na minutę wału tego silnika?

Przedewszystkiem obliczamy szybkość wirowania strumienia magnetycznego według wzoru na stronie 30-ej:

$$n_s = \frac{50 \cdot 60}{2} = 1500 \text{ obrotów na minutę.}$$

Poślizg stanowi 2% od tej liczby, więc wynosi:

$$\frac{1500 \times 2}{100} = 30 \text{ obrotów na minutę.}$$

Przeto wirnik, a więc i wał silnika obracać się będzie z szybkością:

$$1500 - 30 = 1470 \text{ obr. na minutę.}$$

Natężenie prądu w silniku asynchronicznym rośnie z obciążeniem nie w tym stopniu co w silnikach prądu stałego.

W silnikach najczęściej używanych, na kilka koni mechanicznych, prąd przy biegu luzem wynosi około 40⁰/₀ prądu pełnego obciążenia.

Przykład. Silnik o mocy pobieranej 5,4 kilowata przy 214 woltach, bierze przy pełnym obciążeniu 17 amperów w każdej fazie, a w czasie biegu luzem tylko 6,5 ampera co stanowi od 17 około 38,2%.

Jednak moc prądu przy biegu luzem jest mała, bo prąd ten znacznie spóźnia się w fazie względem napięcia, i przez to ma mały kosinus fi np. $\cos \varphi = 0,2$. Moc pobieraną przez silnik przy biegu luzem obliczymy ze wzoru na str. 66 część I.

$$P = 1,73 \times 214 \times 6,5 \times 0,2 = 0,481 \text{ kilowata}$$

co stanowi zaledwie 9% pełnej mocy.

Przy zwiększaniu obciążenia nie tylko rośnie prąd ale i $\cos \varphi$ również rośnie, gdyż zmienność prądu zbliża się do zmienności napięcia. Przy pełnym obciążeniu, w powyższym silniku $\cos \varphi = 0,86$ i moc pobrana oblicza się ze wzoru:

$$P^* = 1,73 \times 214 \times 17 \times 0,86 = 5,4 \text{ kw.}$$

14. ROZRUCH SILNIKA ASYNCHRONICZNEGO.

Jeżeli uzwojenie stojana połączyć z przewodami, prowadzącymi prąd trójfazowy ze źródła, wprost za pomocą trój-

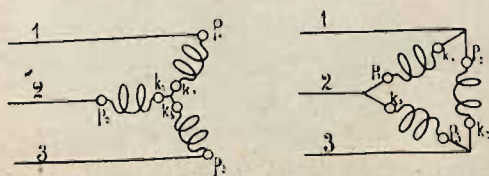
biegunowego przerywacza, to w chwili puszczenia w ruch silnika z wirnikiem tak zwanym **zwartym**, t. j. takim jak na rys. 16, chwilowe natężenie prądu, pobieranego ze źródła, wielokrotnie przewyższa natężenie prądu pełnego obciążenia.

Przy małych silnikach, zwykle do 2-uch koni mechanicznych, taki sposób puszczenia w ruch jest możliwy, bo chwilowy silny prąd, nie zdąży uszkodzić uzwojenia silnika, który zwykle szybko rusza. W silnikach jednak większych, ten prąd jest niepożądany, bo nie tylko może uszkodzić silnik, ale, płynąc po przewodach dopływowych, wywoła znaczną stratę napięcia na pokonanie ich oporności, przez co inne przyrządy, nieraz zasilane z tych samych przewodów, będą otrzymywały prąd zbyt niskiego napięcia. Np. lampy będą przygasać.

Najprostszym urządzeniem zmniejszającym prąd rozruchowy, jest przełącznik z gwiazdy na trójkąt.

Za pomocą tego przełącznika puszcamy w ruch silnik przy połączeniu w gwiazdę, a gdy silnik osiągnie pełną szybkość przełączamy go na trójkąt.

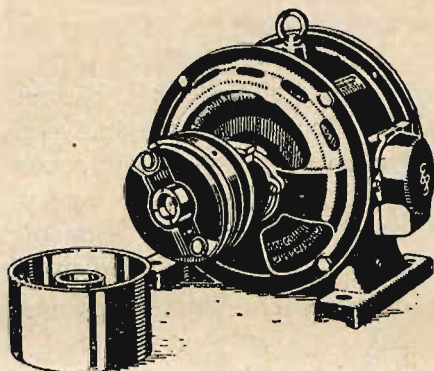
Prąd przy połączeniu w gwiazdę jest mniejszy, bo tu, jak widać z porównania tych połączeń na rys. 22 napięcie między przewodami dzieli się na dwa uzwojenia.



Rys. 22. Stojan silnika trójfazowego może być połączony przy rozruchu w gwiazdę (lewa strona rys.), a w biegu w trójkąt (prawa strona rys.).

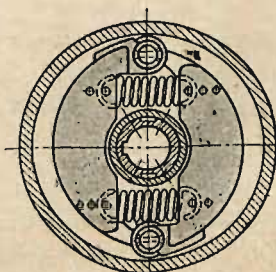
Przy tego rodzaju urządzeniu słabnie jednak siła rozruchowa silnika, to też przełącznik gwiazda — trójkąt znajduje zastosowanie tylko wtedy, gdy silnik rusza bez obciążenia, lub też przynajmniej przy obciążeniu bardzo małym.

Jako najprostsze urządzenie, zapewniające silnikowi ruch bez obciążenia, zasługuje na uwagę sprzęgło samoczynne, które łączy wał silnika z kołem pasowym dopiero wtedy, gdy silnik jest niemal w pełnym biegu.



Rys. 23a. Silnik ze sprzęgłem fir. Siemens, Koło pasowe zdjęte, leży obok, na końcu wału widać kłocki.

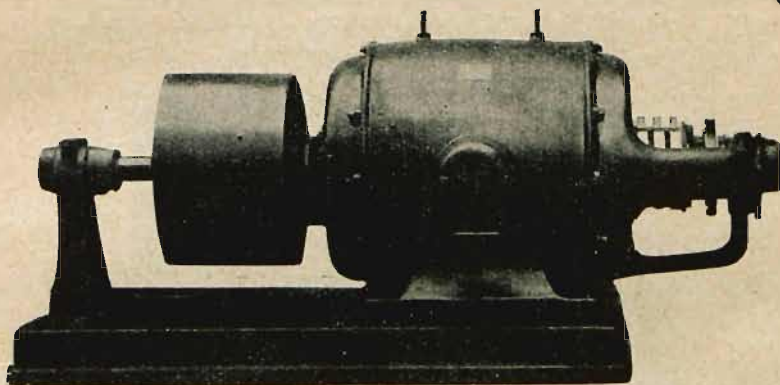
Na rys. 23a i 23b widzimy sprzęgło klockowe. Na końcu wału silnika są nasadzone, obracające się razem z wałem,



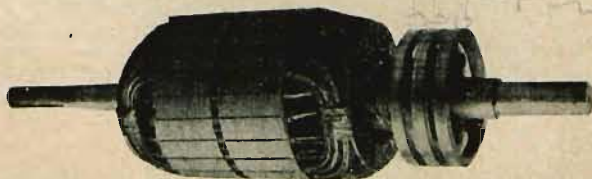
Rys. 23b. Przekrój sprzęgła, wewnątrz kłocki, zewnątrz koło pasowe.

kłocki żelazne, połączone między sobą sprężynami. Koło pasowe, obejmujące zewnątrz te kłocki, siedzi na wale luźno. Gdy szybkość wału będzie dość wielka, siły odśrodkowe rozciągną

sprężyny i przycisną klocki do wewnętrznej powierzchni koła pasowego. Przez tarcie klocków koło pasowe zostanie sprzęgnięte z wałem. Przy takim rozruchu, skoki prądu, pobieranego z sieci, będą znacznie mniejsze, niż te, które by zachodziły przy włączeniu silnika pod pełnym obciążeniem.



Rys. 24. Silnik asynchroniczny trójfazowy z pierścieniami, Polskiego Towarzystwa Elektr. w Warszawie.



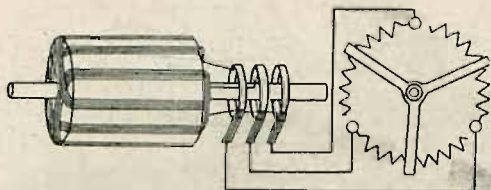
Rys. 25. Wirniki z pierścieniami asynchronicznego silnika trójfazowego.

Inny sposób osiągnięcia tego celu polega na zastosowaniu wirników specjalnej konstrukcji np. tak zwanych dwukłatkowych, w których prądy, powstające w wirniku przy rozruchu, są znacznie mniejsze niż w wirnikach zwykłych.

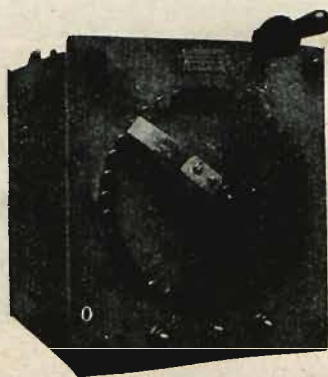
W celu osiągnięcia przy rozruchu znacznej siły obrotowej, stosujemy wirniki **uzwojone z pierścieniami**.

Na rys. 24 widzimy silnik zaopatrzonego w taki wirnik z pierścieniami, a na rys. 25 sam wirnik wyjęty ze stojana.

W tym wirniku zamiast prętów połączonych między sobą, mamy uzwojenie podobne jak na stojanie. Zwojnice tego uzwojenia, dobrze izolowane, są umieszczone w żłobkach bębna, ułożonego z krążków cienkiej blachy żelaznej.



Rys. 26. Układ połączeń wirnika trójfazowego z opornikiem za pomocą pierścieni i szczotek.



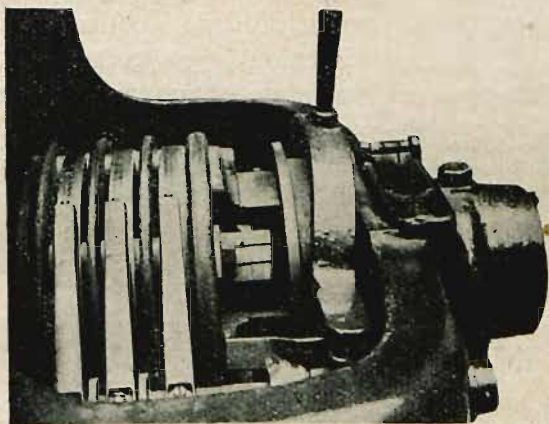
Rys. 27. Opornik rozruchowy do trójfazowego silnika asynchronicznego.

Końce uzwojenia wirnikowego, połączonego w trójkąt czy w gwiazdę, są doprowadzone do trzech osadzonych na wale pierścieni, izolowanych od wału.

Po tych pierścieniach ślizgają się szczotki, które łączymy z opornikiem rozruchowym jak wskazano na rys. 26. Opornik ten ma trzy układy drutów oporowych z osobnymi guzikami

kontaktowemi rys. 27. Po tych kontaktach ślizgają się łapki połączone razem w jedną trójramienną gwiazdę, obracana za pomocą korbki.

Łapki poruszamy wszystkie trzy razem i w ten sposób, przy rozruchu, stopniowo we wszystkich trzech fazach wyłączamy jednocześnie opory z obwodu wirnika. Gdy silnik osiągnie już bieg pełny, łapki zwierają na krótko konce przewodów, poprowadzonych od szczotek do opornika.



Rys. 28. Zwieracz asynchronicznego silnika trójfazowego

Dla oszczędzenia szczotek i pierścieni, przy pełnym biegu, pierścienie zwieramy ze sobą, a szczotki podnosimy. Obie te czynności wykonywamy w odpowiedniej kolejności przez obrót jednej rączki, rys. 28, znajdującej się na silniku, połączonej dźwignią z mechanizmem podnoszącym szczotki, oraz z urządzeniem zwierającym pierścienie między sobą.

15. REGULACJA BIEGU SILNIKA ASYNCHRONICZNEGO.

Regulacja biegu zwykłych silników trójfazowych asynchronicznych ze zwartym wirnikiem, w zwykłych warunkach, jest niemożliwa.

Zaopatrując stojan w specjalne uzwojenie, możemy regulować bieg skokami. Tu przełącznikiem, w obwodzie uzwojeń stojana, zmieniamy liczbę biegunów strumienia magnetycznego.

Gdy chcemy mieć regulację ciągłą, to musimy zastosować uzwojony wirnik z pierścieniami, bez podnoszenia szczotek, z opornikiem, włączonym stale w obwód uzwojenia wirnikowego. Drut w tym oporniku musi być dość gruby aby nie rozgrzewał się niebezpiecznie nawet przy ciągłej pracy.

Bierzemy wtedy oporniki specjalne, **regulacyjne**. Opornik wirnikowy pozwala tylko na **zmniejszenie** szybkości biegu silnika, powiększyć szybkość biegu opornikami **nie można**.

16. WŁĄCZENIE SILNIKA TRÓJFAZOWEGO.

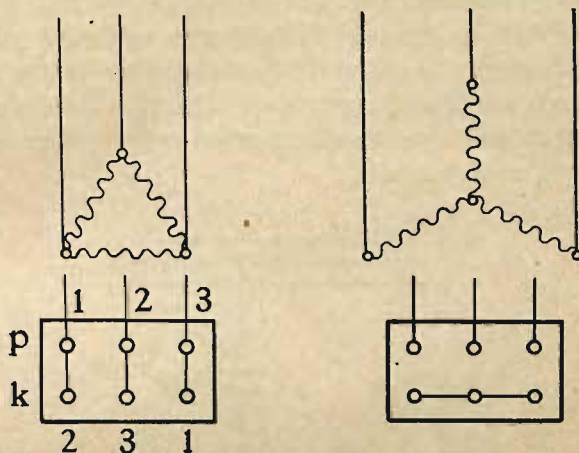
Z wyżej przytoczonego opisu własności silników trójfazowych wynika, że do źródła prądu zawsze przyłączamy tylko stojan.

Jeżeli wirnik jest krótko zwarty to na silniku mamy sześć zacisków po dwa od uzwojenia każdej fazy, umieszczone zwykle na jednej tabliczce. Wszystkie początki są np. w górnym szeregu, a końce w dolnym.

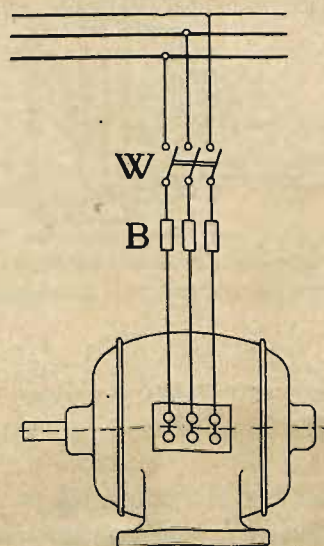
Przez połączenie zacisków znajdujących się nad sobą według rys. 29, łączymy uzwojenia w trójkąt, a przez połączenie trzech dolnych zacisków ze sobą — w gwiazdę.

Czy mamy zastosować połączenie w trójkąt czy w gwiazdę zależy od rodzaju silnika i napięcia źródła prądu. Najczęściej budują się dwa rodzaje silników: pierwszy rodzaj łączy się w trójkąt na 125 woltów i w gwiazdę na 220, a drugi rodzaj w trójkąt na 220 i w gwiazdę na 380 woltów.

Od tabliczki zaciskowej silnika druty prowadzimy do topliwych bezpieczników B, a stąd do trójbiegunowego przerywacza



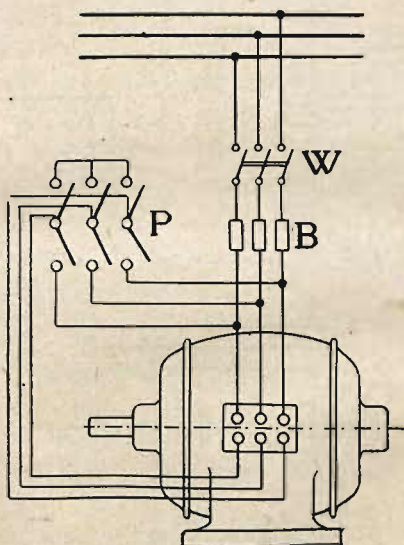
Rys. 29. Połączenie uzwojeń stojana w gwiazdę i w trójkąt.



Rys. 30. Włączenie asynchronicznego silnika trójfazowego z wirnikiem zwartym.

cza **W** i dalej od przerywacza do przewodów, doprowadzających prąd ze źródła rys. 30.

Gdy chcemy włączyć przed stojanem przełącznik gwiazda—trójkąt rys. 31, to od sześciu zacisków na tabliczce silnika prowadzimy sześć przewodów do przełącznika **P**, a z tamąd trzy przewody do bezpieczników **B** i dalej do przerywacza **W**, który łączymy już z przewodami sieci trójfazowej, doprowadzającej prąd z elektrowni.



Rys. 31. Włączanie asynchronicznego silnika trójfazowego z przełącznikiem gwiazda trójkąt.

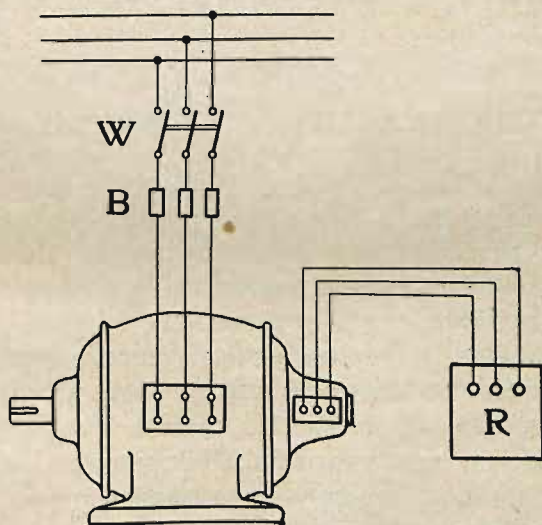
Jeżeli przewidziane jest w przełączniku **P** położenie łapek, przy którym prąd jest przerywany, to można wyłącznika **W** nie dawać.

Gdy silnik ma wirnik z pierścieniami to prócz tabliczki zaciskowej stojana z sześciu zaciskami, mamy na silniku jeszcze osobno trzy zaciski połączone ze szczotkami. Rys 32. Wtedy oprócz przyłączenia zacisków stojana do przewodów, prowa-

dzących prąd od źródła, łączymy jeszcze osobnymi przewodami trzy zaciski szczotkowe z zaciskami opornika.

Kierunek biegu silnika odwracamy, w razie potrzeby, przez odwrócenie kierunku wirowania strumienia magnetycznego, co osiąga się, jak wiemy, przez wymianę połączeń przewodów **dwóch dowolnych faz**, na tabliczce stojana.

Grubość przewodów, stosowanych do połączenia silnika



Rys. 32. Włączenie asynchronicznego silnika trójfazowego z pierścieniami na wirniku. W—wyłącznik, B—bezpieczniki topliwe, R—rozsuszniak.

z siecią t. j. z głównymi przewodami, prowadzącymi prąd ze źródła, zależy od mocy silnika i napięcia prądu, oraz odległości od głównego przewodu.

Jeżeli odległość powyższa jest nie wielka — a więc wynosi nie więcej jak kilkanaście metrów, to przekrój każdego z trzech drutów można wybrać z następującej tabliczki w zależności od mocy silnika i napięcia prądu.

Moc silnika w koniach mechanicznych	Przekrój drutu w mm ² dla prądu trójfazowego		
	120 V	220 V	380 V
0,3	1 mm ²	1 mm ²	1 mm ²
0,5	1,5 "	1 "	1 "
1	1,5 "	1 "	1 "
1,5	2,5 "	1 "	1 "
2	2,5 "	1,5 "	1 "
3	4 "	1,5 "	1,5 "
4	6 "	2,5 "	1,5 "
5	10 "	4 "	2,5 "
10	16 "	10 "	4 "

Przy odległościach większych i dla mocy większych przekroje muszą być większe, obliczone według straty mocy*).

O obliczeniu prądu w stojanie silnika patrz dalej § 20.

Dla łączenia silnika z opornikiem można zastosować druty tego samego przekroju jakie podaliśmy wyżej, o ile na tabliczce cechowej silnika nie wskazano napięcie prądu wirnikowego mniejsze od napięcia prądu stojana. Gdy napięcie prądu wirnika jest mniejsze, to przekrój drutu łączącego opornik z wirnikiem opornika powinien być wzięty większy, stosownie do prądu według tabliczki na str. 116 część I. Uwzględnić należy tu prąd w wirniku przy rozruchu. Obliczamy go przypuszczając, że tu cała moc prądu w rozruszniku równa się mocy silnika. Ze wzoru na moc prądu trójfazowego mamy:

$$P = \frac{1,73 V I}{736}$$

P—moc prądu w koniach mechanicznych,

V—napięcie prądu wirnika,

I—natężenie prądu wirnika

stad:

$$I = \frac{P \cdot 736}{V \cdot 1,73} = \frac{P}{V} \cdot 425$$

*) patrz część I. Rozdz. III § 4.

Przykład. Silnik na 4 konie mechaniczne ma wirnik zbudowany na 97 woltów obliczyć prąd w rozruszniku.

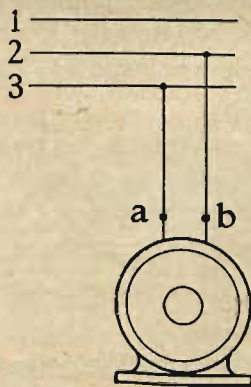
$$I = \frac{4}{97} \cdot 425 = 17,5 \text{ ampera}$$

Taki prąd płynie w każdym drucie, doprowadzającym prąd do rozrusznika.

Jeżeli rozruch jest ciężki, to należy brać prąd półtora do dwóch razy większy.

17. SILNIKI ASYNCHRONICZNE JEDNOFAZOWE.

Jeżeli z którychkolwiek dwóch drutów przewodów trójfazowych rys. 33 weźmiemy odgałęzienie, to w obwodzie połączonym z temi drutami będziemy mieli prąd **jednofazowy**, gdyż w obu drutach przebieg prądu w czasie będzie zgodny



Rys. 33. Jednofazowy silnik asynchroniczny.

z tą tylko różnicą, że gdy w pewnej chwili drut **a** będzie dopływowy, to drut **b** będzie odpływowy, po upływie pół okresu naodwrot **a** będzie odpływowy, a **b** dopływowy. Takim prądem jednofazowym można zasilać odpowiednio zbudowane silniki.

Silnik jednofazowy ma taki sam wirnik jak trójfazowy, inne są tylko uzwojenia stojana, mianowicie są one jednofazowe, więc złożone tylko z jednego układu cewek przez które płynie jeden prąd.

Strumień magnetyczny, wywołany przez takie uzwojenie, zmienia wprawdzie swoją wielkość i zwrot ale obrotowego ruchu, takiego jak w silnikach trójfazowych, niema.

Brak wirującego strumienia magnetycznego sprawia, że silnik jednofazowy sam **z miejsca nie rusza**.

Jeżeli jednak obcą siłą zlekka nadać mu chociaż powolny ruch wirowy, to, przy biegu luzem i małym tarcu w łożyskach, dalej sam już osiąga szybkość niemal synchroniczną. Wtedy go można obciążać i on pracuje podobnie jak trójfazowy, jest jednak gorszy od trójfazowego, bo więcej zwalnia biegu przy obciążeniu i mniej daje się przeciążać.

Chcąc umożliwić własny rozruch, dodaje się w stojanie silników jednofazowych uzwojenie pomocnicze, z odmienną liczbą zwojów, połączone równolegle z uzwojeniem głównym. Uzwojenie pomocnicze bierze prąd nie zgodny w fazie z prądem uzwojenia głównego.

Prąd pomocniczego uzwojenia wytwarza drugi strumień magnetyczny, który kojarząc się z pierwszym daje wypadkowy strumień magnetyczny wirujący. Wielkość jednak tego strumienia w czasie obrotu jest zmienna.

Wystarcza to jednak dla powstania siły obrotowej w chwili ruszania.

W biegu można przerwać prąd uzwojenia pomocniczego, lub też go zostawić.

W związku z silnikami jednofazowymi asynchronicznymi nasuwa się uwaga dotycząca silników asynchronicznych trójfazowych.

Jeżeli w silniku trójfazowym przerwie się dopływ prądu na jednym drucie, zwykle skutkiem stopienia się drucika czy paska w bezpieczniku, to silnik taki staje się jednofazowym i ma wszystkie jego własności, a więc z miejsca nie rusza, je-

żeli już biegł to biegnie dalej, ale ma duży poślizg, bierze prąd nadmiernego natężenia i grzeje się.

Należy **chronić** silniki trójfazowe od pracy w tych warunkach i baczyć by dopływ prądu był zawsze zapewniony na wszystkich trzech fazach.

18. SILNIKI KOLEKTOROWE JEDNOFAZOWE.

Odpowiednio zbudowany silnik prądu stałego, z kolektorem na wirniku, obraca się również pod wpływem prądu zmiennego, gdyż, przy **jednoczesnej** zmianie kierunku prądu w tworniku i w magneśnicy, kierunek siły obrotowej, działającej na obwodzie twornika pozostaje bez zmiany.

Główna różnica w budowie silników kolektorowych na prąd zmienny, w porównaniu do silników prądu stałego, polega na odmiennej magneśnicy.

Magneśnica silnika kolektorowego wygląda podobnie jak stojan silnika asynchronicznego.

Ma on okrągły żeliwny kadłub, w którym znajduje się pierścień ułożony z cienkich blaszek żelaznych. W żłobkach są umieszczone uzwojenia, podobne jak na magneśnicy prądu stałego. Prąd w tym uzwojeniu wytwarza szereg biegunów, zachowujących stale swoje położenie.

W silnikach tego rodzaju oprócz głównych uzwojeń magnesyjących są jeszcze na magneśnicy zwoje pomocnicze, przeciwdziałające magnetycznemu działaniu prądów twornika, te zwoje pomocnicze pomagają do lepszego wyzyskania mocy prądu zmiennego zmniejszając niezgodność zmienności pomiędzy napięciem, a natężeniem prądu.

Twornik silnika kolektorowego jest prawie tak samo zbudowany jak na prąd stały — ma może trochę więcej działek w kolektorze, działki te są drobniejsze, szczotki stosują się cieńsze.

Prąd kolejno przychodzi przez uzwojenie główne magneśnicy, przez pomocnicze i przez twornik. Są to silniki szere-

gowe. Chcąc odwrócić kierunek obrotu silnika, należy wymienić przewody, doprowadzające prąd do uzwojeń głównych magneśnicy lub też do twornika łącznie z pomocniczymi zwojami.

Bywa jednak jeszcze w silnikach kolektorowych układ całkiem odmienny.

Prąd ze źródła doprowadzamy tylko do głównych i pomocniczych zwojów magneśnicy, szczotki zaś twornika zwieramy na krótko.

Takie silniki noszą nazwę **repulsyjnych**.

W tworniku tych silników prąd powstaje przez indukcję od magneśnicy. Bieg takich silników daje się regulować bardzo łatwo przez przestawianie szczotek.

Przy pewnym położeniu szczotek silnik **stoi**. Przy przesunięciu w jedną stronę obraca się np. wlewo, a przy przesunięciu w stronę przeciwną, obraca się w prawo. Przesuwając szczotki mniej lub więcej można regulować szybkość biegu silnika. Silniki repulsyjne i szeregowo znacznie zwalniają bieg przy obciążeniu. Wogóle mają własności zbliżone do własności silników szeregowych prądu stałego.

19. SILNIKI KOLEKTOROWE TRÓJFAZOWE.

Twornik z kolektorem można umieścić także wewnątrz stojana silnika trójfazowego, gdy uzwojenie jest dwubieguncowe należy ustawić na kolektorze trzy szczotki i połączyć z końcami uzwojeń stojana w ten sposób aby uzwojenie twornika zostało połączone w szereg z uzwojeniem stojana.

Prąd płynący w zespole uzwojeń w stojanie i wirniku wytwarza tu strumień magnetyczny wirujący.

Oprócz połączenia szeregowego bywa stosowane połączenie bocznikowe.

W obu wypadkach w tworniku mamy prąd płynący ze źródła i przez to niezależny od wirującego strumienia stojana: w takich warunkach wirnik może obracać się nawet szybciej

od wirującego strumienia, co jest niemożliwe w silnikach asynchronicznych.

Zmiana szybkości biegu odbywa się za pomocą przesuwania szczotek po kolektorze. Trzy szczotki mamy tylko wtedy gdy uzwojenie stojana jest dwubiegunowe, przy czterobiegunowym stojanie wypada już ustawić sześć szczotek i t. d.

Silniki tego rodzaju stosują się głównie do pędzenia tych maszyn, które wymagają zmiany szybkości biegu w bardzo szerokich granicach np. maszyny przędzalnicze, drukarskie i t. p. Mając silnik kolektorowy trójfazowy można zmieniać szybkość biegu trzykrotnie, a nawet sześciokrotnie.

20. MOC I SPRAWNOŚĆ SILNIKÓW.

Fabryka, wyrabiająca silniki, wybija na osobnej tabliczce, tak zwanej cechowej, przymocowanej do silnika, wszystkie charakterystyczne liczby, określające własności silnika. A więc: moc w koniach mechanicznych, liczbę obrotów na minutę przy pełnym obciążeniu, napięcie i natężenie prądu, a przy prądzie zmiennym, również częstotliwość prądu.

Moc silnika podana na tabliczce stanowi moc pełną, którą silnik zazwyczaj może wywiązywać czas nieograniczony, wyjątkowo bywają silniki, na których podana jest moc na pewien czas ograniczony, wskazany na tabliczce.

Silnik zwykły na czas krótki, około 3 minut, można przeciążyć do 40%.

Jeżeliśmy obciążali silnik więcej, czy dłużej jak wskazują liczby na tabliczce i podane przepisy, to silnik rozgrzałby się zanadto i mógłby łatwo zostać uszkodzony.

Ogrzewanie silników przy pracy jest spowodowane głównie oporem uzwojeń oraz prądami wirowymi i przemagnesowaniem w rdzeniach żelaznych, znajdujących się w zmiennym lub wirującym strumieniu magnetycznym. Grzeje się miedź i żelazo, a ciepło to otrzymuje się kosztem pracy prądu dostarczonego do silnika.

Jeżeli przez P_2 oznaczymy moc otrzymaną z silnika, a przez P_1 moc doprowadzoną do silnika, to stosunek:

$$s = \frac{P_2}{P_1}$$

nazywamy sprawnością silnika i wyrażamy go zazwyczaj w procentach. Liczba wyrażająca sprawność wskazuje ile procentów od P_1 stanowi P_2 .

Znając P_1 i s możemy obliczyć P_2 , a znając P_2 i s możemy znaleźć P_1 .

Sprawność silników jest różna zależnie od ich mocy. Liczby przeciętne z różnych fabryk przy 1500 obr. na min. podajemy w tablicy.

Moc silnika	Sprawność
0,5 KM.	70%
1 „	75%
5 „	82%
10 „	84%
100 „	90%

Przykład I. Ile koni mechanicznych ma silnik, pobierający 40 kilowatów mocy prądu?

Wiemy, że moc 1 konia mechanicznego wynosi tyleż co 736 watów = 0,736 kilowatów, więc 40 kilowatów = 54 koniom mechanicznym.

Jeżeli by strat nie było, to silnik dawał by 54 KM. Ale z tablicy widzimy, że silnik tej mocy w przybliżeniu ma sprawność około 88 %, więc moc naprawdę otrzymana wyniesie okragło:

$$54 \times 0,88 = 47,5 \text{ KM.}$$

Silnik więc taki daje 47,5 koni mechanicznych.

Przykład II. Jaka moc prądu pobiera silnik, dający moc mechaniczną 1 konia ?

Gdyby strat nie było, to silnik pobierałby 736 watów, wobec strat musi pobierać więcej.

Z tablicy wypada, że na sprawność takiego silnika można przyjąć około 75%. Wtedy moc pobrana będzie:

$$\frac{736 \times 100}{75} = 981 \text{ W,}$$

co stanowi okrągło jeden kilowat.

Przykład III. Ile amperów prądu stałego bierze silnik przy napięciu 110 woltów, jeżeli moc mechaniczna silnika wynosi 0,7 konia ?

Podobnie jak poprzednio, z tablicy bierzemy sprawność — 72%, a następnie obliczamy moc pobraną w watach:

$$\frac{0,7 \cdot 736}{0,72} = 715 \text{ W.}$$

Mąc prądu wyraża się iloczynem napięcia przez natężenie prądu, więc niewiadome natężenie wyniesie:

$$\frac{715}{110} = 6,5 \text{ A.}$$

A więc silnik bierze prąd o natężeniu 6,5 ampera.

Przykład IV. Ile amperów bierze silnik prądu trójfazowego przy napięciu 110 woltów, jeżeli jego moc mechaniczna wynosi 0,7 konia ?

Moc pobraną obliczymy jak w przykładzie III-im w watach, sprawność jest ta sama, moc oddana również, więc jak poprzednio silnik pobiera 715 watów.

Wzór na moc prądu trójfazowego mamy:

$$P = 1,73 \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi,$$

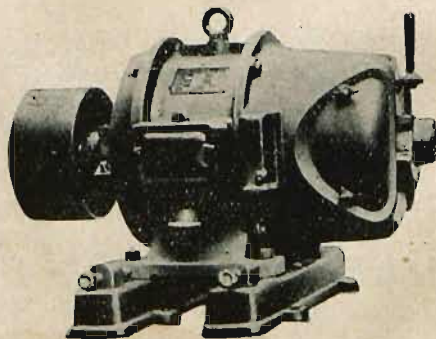
nie znamy jeszcze współczynnika mocy, ten również bierzemy z praktycznych danych, on wynosi około 0,8, przeto:

$$I = \frac{715}{1,73 \times 110 \times 0,8} = 4,7 \text{ A.}$$

Wypada więc, że w każdym z trzech drutów, doprowadzających prąd do silnika, popłynie prąd o natężeniu 4,7 amperów.

21. SILNIKOWE URZĄDZENIA ELEKTRYCZNE.

Największe urządzenia silnikowe znajdują się w fabrykach, gdzie obecnie wszystkie maszyny są poruszane silnikami elektrycznymi.



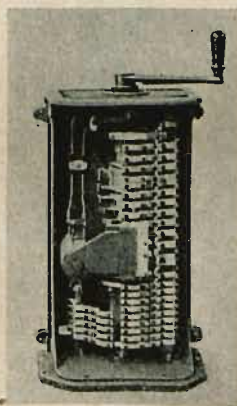
Rys. 34. Asynchroniczny silnik trójfazowy, okapturzony, Polskiego Towarzystwa Elektr. w Warszawie.
Typ — lekki.

Czasem kilka obrabiarek lub innych maszyn otrzymuje jeden silnik sprzężowy z temi maszynami za pomocą pędni, co-

raz częściej jednak każda maszyna ma swój własny silnik elektryczny.

Do najważniejszych elektrycznych urządzeń w fabryce należy **napęd dźwigów** różnego rodzaju.

Dla dźwigów stosują się przy prądzie stałym silniki szeregowy, a przy trójfazowym silniki asynchroniczne z wirnikami pierścieniowymi pozwalającymi na łagodny rozruch i regulację. Silniki tu są zwykle okapturzone rys. 34, dla zabezpieczenia od kurzu, smarów i t. p. Szczególnie dokładnie muszą być zamknięte te silniki, które pracują na otwartym powietrzu.



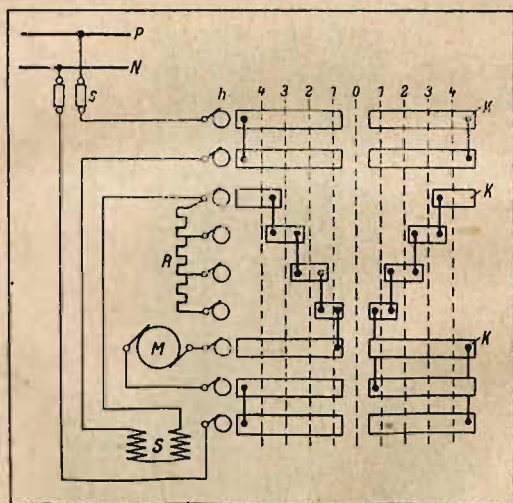
Rys. 35. Walcowa nastawnica z osłoną zdjętą fir. Siemens.

Oporniki rozruchowe i regulacyjne oraz przełączniki dla zmiany układu połączeń są tu zwykle wykonane w postaci nastawnic walcowych, podobnych do tych, które stosują się w tramwajach elektrycznych.

W takiej nastawnicy rys. 35, mamy na osi wałek z szeregiem niepełnych pierścieni mosiężnych rozmaicie poprzerrywanych i częściowo połączonych między sobą, a izolowanych od osi.

Po tych pierścieniach ślizgają się szczotki połączone w odpowiedni sposób ze źródłem prądu z silnikiem i z oporami. Dla

przykładu na rys. 36 widzimy rozwinięty schemat takiego układu połączeń: **P**, **N**—przewody doprowadzające prąd **S**—bezpieczniki topliwe. **h** — szczotki pokazane przylegające do kółek, w rzeczywistości nie pełnych, **R**— opornik na 3 stopnie, **M** — wirnik silnika, **S** — elektromagnesy silnika, **K** — prostokąty wyobrażające rozwinięte mosiężne łuki stanowiące części pierścieni, po których ślizgają się szczotki. Kreskowe linje 1, 2, 3, 4, wskazują miejsca kolejnego styku szczotek **h** z mosiężnymi łukami **k**, stosownie do położenia nastawnicy.

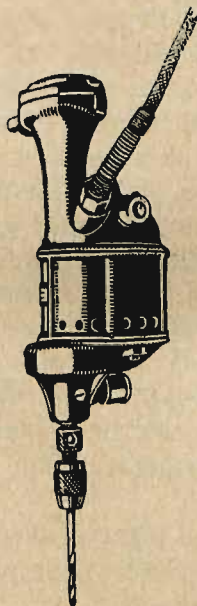


Rys. 36. Układ połączeń silnika szeregowego z walcową nastawnicą pokazaną w rozwinięciu.

Przy obracaniu nastawnicy, szczotki wypadają kolejno na liniach oznaczonych cyframi 1, 2, 3 i 4, to z jednej to z drugiej strony położenia zerowego. Położenie zerowe odpowiada spoczynkowi silnika. Przekręcając rączką nastawnicę tak, aby szczotki wypadły kolejno w położeniach 1, 2, 3, 4, rys. 36, na lewo, wyłączamy stopniowo opory **R** i otrzymujemy coraz szybszy ruch silnika w jedną stronę, a gdy szczotki wypadną

będą w rozmaitych położeniach 1, 2, 3 i 4 na prawo od położenia zerowego, to otrzymamy coraz szybszy ruch silnika w kierunku przeciwnym.

W ten sposób, pokręcając stopniowo korbką nastawnicy, raz wlewo, drugi raz wprawo, nastawiamy szybkość i kierunek biegu silnika. O ile dźwig jest prosty i ma tylko silnik do podnoszenia ciężaru to mamy jedną nastawnicę. Jeżeli na to



Rys 37. Wiertarka fir. Siemens.

miast oprócz silnika do podnoszenia ma jeszcze silnik do przesuwania lub obracania samego dźwigu, to stosujemy dwie nastawnice po jednej dla każdego silnika. Jedna z nich kieruje ruchem ciężaru, a druga ruchem samego dźwigu.

Dźwigi mostowe, mające most ruchomy wzdłuż hali fabrycznej, a wózek odźwigowy wzdłuż mostu, mają trzy silniki i trzy nastawnicę: do podnoszenia ciężaru, do przesuwania wózka, i do przesuwania mostu.

Silniki dźwigowe, służące do podnoszenia ciężarów, sprzęgają się z mechanizmem dźwigu najczęściej za pomocą przekładni ślimakowej.

Inne silniki przeważnie za pomocą kół zębatach.

Obrabiarki do metali i drzewa napędzają się najczęściej silnikami półzamkniętymi z dobrym przewietrzaniem. Przy prądzie stałym stosują się silniki bocznikowe z regulacją lub bez regulacji stosownie do potrzeby. Przy prądzie trójfazowym do maszyn bez regulacji znajdują zastosowanie silniki z wirnikami zwartymi, do maszyn z regulacją — z wirnikami pierścieniowymi i opornikami regulacyjnymi.

Sprzęga się silnik z obrabiarką w najrozmaitszy sposób: przez pasy, koła zębata, koła ślimakowe; tarczowe i t. p. w ostatnich jednak czasach wyraźne jest dążenie do usunięcia w miarę możliwości wszelkich przekładni, tak że wirnik silnika osadzamy wprost na wał maszyny. Łatwo to zrobić w szlifierykach, gdzieindziej trzeba specjalnie przystosować silnik do wymagań pracy maszyny. Wiertarki mają zwykle silnik na wale pionowym połączonym z wiertłem przekładnią zębatą rys. 37. Szybkość ruchu wiertła w dużych wiertarkach regulujemy przeważnie za pomocą zmian szybkości biegu silnika opornikami.

Przy napędzie różnych maszyn stosuje się teraz często samoczynny rozruch przyciskowy, najczęściej używany w domowych windach osobowych.

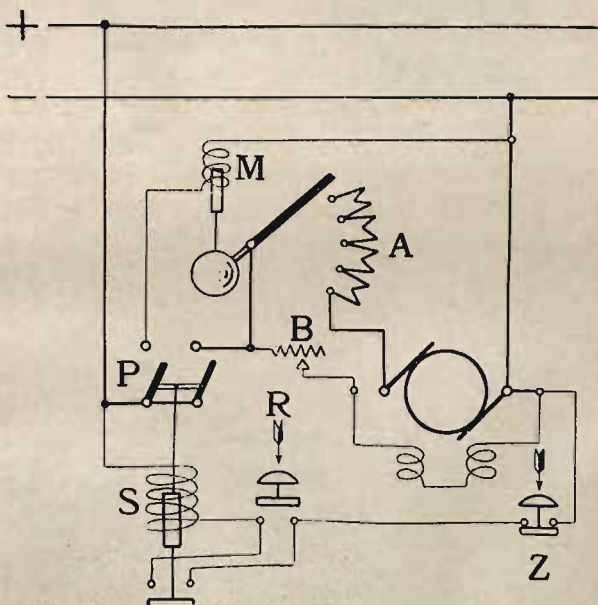
Dla przykładu podajemy na rys. 38 układ połączeń silnika z samoczynnym rozruchem przyciskowym.

Dla puszczenia w ruch służy przycisk **R**, a dla zatrzymania **Z**. Gdy na chwilę naciśniemy przycisk **R**, to, niepokazana na rysunku, sprężynka zaraz go odrzuca od góry, ale od przewodów (+) i (—) połączonych ze źródłem prądu już przebiegł prąd chwilowy przez uzwojenie elektromagnesu **S** i podniósł jego rdzeń żelazny, a z nim blaszkę, która zwiera kontakty u dołu i w ten sposób, pomimo przerwy pod przyciskiem **R**, prąd płynie w dalszym ciągu przez elektromagnes.

Podniesiony rdzeń elektromagnesu **S** zamyka dwubiegunowy przerywacz **P**, przez który płynie prąd do elektromagnesu **M**, przesuwającego stopniowo rączkę rozrusznika **A**.

Rączka opornika bocznikowego **B** nastawia się zawczasu ręcznie.

Gdy chcemy silnik zatrzymać, wystarczy na chwilę nacisnąć przycisk **Z**.

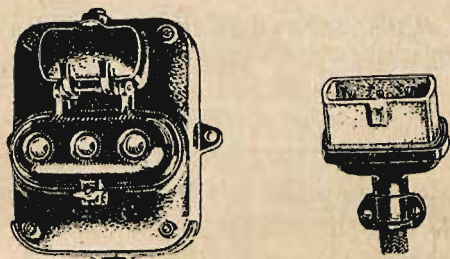


Rys. 38. Układ połączeń silnika prądu stałego z rozruchem przyciskowym.

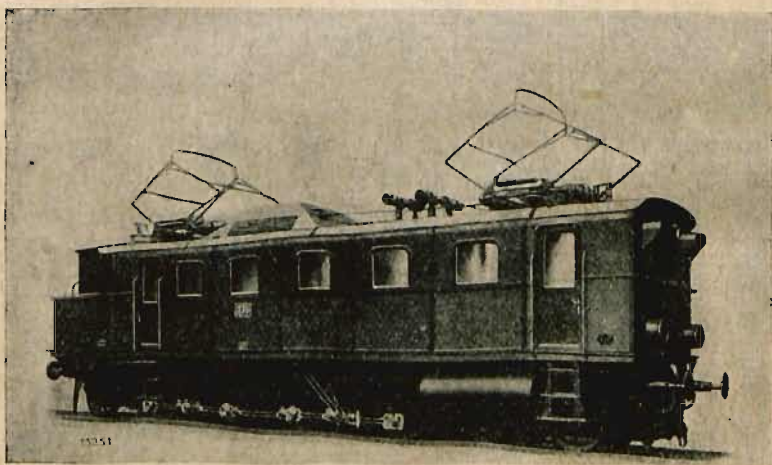
Wtedy obwód elektromagnesu **S** na chwilę przerywa się, rdzeń opada i przez to przerywa się połączenie między kontaktami u dołu tego elektromagnesu, a więc obwód jego zostaje rozłączony na stałe.

Jednocześnie wyłącza się przerywacz **P**, który przerywa obwód elektromagnesu **M** i silnika. Skutkiem tego rączka rozrusznika **A** wraca do pierwotnego położenia.

W urządzeniach silnikowych na szczególną uwagę zasługują najrozmaitsze silniki przenośne, obecnie szeroko stosowane, do napędzania rozmaitego rodzaju narzędzi: wiertarek, pił i t. p. Silniki te, za pomocą gniazd kontaktowych rys. 39, są



Rys. 39. Gniazdo i wtyczka dla prądu trójfazowego.



Rys. 40. Lokomotywa elektryczna z dwoma paląkowemi odbierakami prądu od przewodu ślizgowego, zawieszzonego nad torem.

połączone ruchomym giętym przewodem opancerzonym z nieruchomymi przewodami doprowadzającym prąd z elektrowni, mogą więc pracować w dowolnem położeniu.

Jednym silnikiem przenośnym można obsługiwać kilka maszyn, sprzęgając go z niemi kolejno.

W tramwajach silniki umieszczone są w podwoziu, wóz motorowy służy zazwyczaj i dla pasażerów, natomiast na kolejach dalekobieżnych motory elektryczne sprzęgnięte z kołami znajdują się przeważnie na osobnym wozie, czyli, tak zwanej, lokomotywie elektrycznej rys. 40.

Wyjątkowo tylko, gdy chodzi o ruch podmiejski, stosowane bywają poszczególne osobowe wagony motorowe, czasem zaopatrzone w źródło prądu w postaci baterji akumulatorów.

Przeważnie jednak urządzenia kolejowe mają przewód dosyłowy napowietrzny zawieszony nad torem i powrót prądu przez szyny, niektóre tylko koleje stosują zamiast przewodu ślizgowego, szynę izolowaną obok toru, inne znowu w wielkich miastach mają szyny izolowane, doprowadzające prąd, umieszczone w podziemnych kanałach, w środku lub z boku toru.

22. OBSŁUGA URZĄDZENIA SILNIKOWEGO.

Silnikowe urządzenia wymagają tem baczniejszej obsługi, im więcej są narażone na zanieczyszczenie i uszkodzenie. Wnętrze silników i oporników należy utrzymywać stale **w czystym stanie**, odkurzając tem częściej, im więcej jest kurzu w otoczeniu. Do przedmuchiwania stosujemy mieszek, z drewnianą dyszą, a dla zbierania kurzu miękki pendzel i suchą ściereczkę płócienną, w razie potrzeby na drewnianym patyczku, lub też jeszcze lepiej odkurzacz, wsysający kurz.

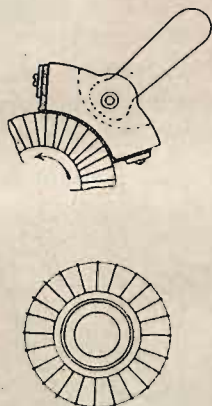
W wypadkach częstego i silnego zanieczyszczenia, stosowane są specjalne dmuchawy, dostarczające powietrza sprężonego.

Czystość powinna być jak najdokładniej utrzymana, jeżeli chcemy uniknąć, kłopotu i kosztów, wywołanych naprawami, które niechybnie będziemy mieli w urządzeniach rzadko czyszczonych. Poza tem, szczególnie w silnikach trójfazowych, należy pilnować odpowiednich wymiarów szczeliny pomiędzy

wirnikiem i stojanem. Szczelina ta, nadzwyczaj mała, nie może być powiększona przez obtaczanie gdyż przez to psują się własności silnika — osłabia się strumień magnetyczny.

Wypada więc sumiennie szczelinę sprawdzać, wsuwając na próbę blaszki odpowiedniej grubości i gdy skutkiem wycierania się panewek wirnik zanadto się opuści, tak że można się obawiać zatarcia o stojan, to należy niezwłocznie panewki wymienić.

Komutator i pierścienie muszą być zawsze gładkie, okrągłe, czyste, **wolne od smarów**. Czyścić komutator najlepiej szmat-



Rys. 41. U góry oprawka do papieru, czy płótna szlifierskiego, u dołu komutator z wystającą miką — skutek szlifowania gorącego komutatora.

ką płócienną; można czasem wyrównać zimny komutator szlifując go papierem szmerglowym lub lepiej szklanym czy karborundowym przyciskany równo za pomocą odpowiedniego klocka rys. 41.

Jeżeli będziemy szlifować komutator gorący, to zetrzemy tylko miedź, nie ruszając miki, która mniej się rozszerza i pozostaje wgłębiona pod powierzchnią. Gdy potem komutator ostygnie, miedź skurczy się, a mika będzie wystawać. Szczotki po micy zaczną skakać, przylegając źle do komutatora.

Szczotki powinny być zlekka dociskane, tem mocniej im są twardsze, i tak dobrze dopasowane do powierzchni ślizgowej aby **całą** swoją powierzchnią dobrze przylegały.

Bacznej uwagi wymagają również łożyska. Oleju w łożyskach powinno być zawsze w miarę ani za mało ani za dużo. Olej powinien być dość rzadki aby go dobrze brały pierścienie samosmaru, trzeba dopilnować aby pierścienie te obracały się ustawicznie bez zatrzymania.

W razie zanieczyszczenia łożyska, spuszczaemy oliwę i przemywamy go naftą, a potem benzolem.

Łożyska należy oglądać tem częściej, im szybkobieżniejszy jest silnik.

Silnik trzeba naprawić, jeżeli drży, lub gdy jest zbyt ciepły. Zwykle silniki nie powinny być cieplejsze¹⁾ od powietrza otaczającego więcej niż o 50° według termometru Celsjusza, dotyczy to uzwojenia części ruchowej i nieruchowej silników, łożyska mogą być cieplejsze od otaczającego powietrza tylko o 45°.

Przy silnikach przenośnych szczególną uwagę należy zwracać na stan przewodów ruchomych. Gdy ich powłoka zostanie uszkodzona, lub wyrwana z końcówki wtyczki, gdzie powinna być dobrze umocowana, to należy **niezwłocznie** uszkodzenie naprawić, gdyż, pozostawiając taki przewód bez naprawy, **narazamy** osoby, obsługujące maszyny, na **porażenie** prądem, i nieraz śmiertelne wypadki²⁾.

¹⁾ Szczegółowe wiadomości o tem patrz w książkach zawierających przepisy budowy maszyn elektrycznych.

²⁾ Niektóre ważniejsze szczegóły dotyczące niedokładności w działaniu prądnic i silników elektrycznych zawiera książka B. Gimbuta „Uszkodzenia i niedokładności w maszynach elektr. prądu stałego i zmiennego”

ROZDZIAŁ II.

OŚWIETLENIE ELEKTRYCZNE.

1. ZASADY OŚWIETLENIA.

Oświetlenie mieszkań, sal fabrycznych, ulic, dróg i t. p. uskuteczniamy za pomocą lamp, które są źródłami światła.

Światło z lamp pada na otaczające przedmioty, część otrzymanego światła one odbijają, odbite światło wpada do naszego oka i skutkiem tego przedmioty te widzimy.

Im lepiej chcemy rozpoznać jakiś przedmiot, tem więcej należy na niego rzucić światła we właściwym kierunku.

Ważną jest rzeczą umiejętnie skierować światło, w ten sposób, aby oświetlało przedmioty, uwydatniając ich kształty, i nie rażąc naszych oczu.

Odpowiednio do okoliczności stosujemy lampy o różnym natężeniu światła.

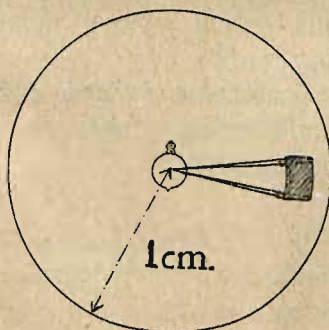
Lampy duże, wywołujące silne oświetlenie, wysyłają dużo światła, kilka takich lamp może dobrze oświetlić dużą salę, albo podwórze. Lampy małe — ciemne dają światła mało.

Barwa światła także nie jest obojętna. Przeważnie, najwłaściwsze jest światło, najpodobniejsze do słonecznego, w wyjątkowych tylko przypadkach stosujemy światło kolorowe.

2. MIARY ŚWIATŁA LAMP.

Najbardziej charakterystyczną cechą każdej lampy jest tak zwany **strumień świetlny**, wysyłany we wszystkie strony, stanowi on całą moc promieniowania świetlnego lampy.

Rozkład jednak tego strumienia wokoło lampy zwykle bywa nierówny i z tego powodu oprócz całego strumienia świetlnego, rozważamy jeszcze **światłość** czyli **nateżenie światła** lampy w pewnym kierunku, wyrażającą gęstość strumienia. Liczbowo nateżenie światła lampy w pewnym kierunku równa się **strumieniowi świetlnemu, padającemu na 1 centymetr kwadratowy wewnętrznej powierzchni kuli o promieniu 1 cm. zakreślonej wokoło lampy**, rys. 42, z zastrzeżeniem, że gęstość strumienia na całym centymetrze kwadratowym była by taka sama, jaką ma lampa w danym kierunku.



Rys. 42. Lampa w środku kuli.

Rozważmy lampę, wysyłającą światło równomiernie we wszystkie strony. Jej światłość oznaczmy przez I , a cały jej strumień świetlny przez F , to według powyższego określenia wypadnie:

$$F = I \cdot 4\pi,$$

gdyż liczba 4π wyraża całą powierzchnię kuli o promieniu 1 cm.

Ponieważ $4\pi = 12,56$, więc:

$$F = 12,56. I.$$

Miarą **natężenia światła**, czyli **światłości** lamp, jest jednostka, zwana **świecą międzynarodową** (skrót—Sw), nie wprowadzona jednak jeszcze wszędzie w użycie.

My posługujemy się dotychczas przeważnie miarą stosowaną w Niemczech tak zwaną **świecą hefnerowską**, która jest mniejsza od międzynarodowej. Jedna świeca międzynarodowa wynosi 1,11 świecy hefnerowskiej.

Świecę hefnerowską natężenia światła, czyli światłości, daje płomień lampki z knotem. w której pali się octan amylu¹⁾. Wymiary takiej lampki są ściśle określone, a płomień musi być nastawiony na wysokość 40 mm.

Światło o natężeniu jednej świecy hefnerowskiej daje ta lampa w kierunku poziomym.

Przez porównanie natężenia światła różnych lamp z natężeniem światła lampki hefnerowskiej za pomocą fotometru²⁾ określamy ile badana lampa ma świec.

Zwykle wyróżniamy trzy rodzaje natężenia światła lampy:

1. natężenie światła lampy w kierunku poziomym, przy zwykłym położeniu lampy.
2. średnie natężenie światła lampy w dolnej półkuli, zakreślonej wokoło lampy,
3. średnie natężenie światła w całej kuli, zakreślonej wokoło lampy.

Na podstawie ustalonej w ten sposób miary natężenia światła lamp, wyprowadza się miarę **strumienia świetlnego**. Je-

¹⁾ Sporządzona przez Hefner-Alteneka.

²⁾ Patrz w fizyce szczegóły o fotometrach.

dnostkę miary strumienia świetlnego nazywamy **lumen** (skrót L) i powiadamy, że lampa, która ma równomierne na-
tężenie światła **jedną świecę** we wszystkich kierunkach, wy-
syła 4π t. j. **12,56 lumenów**.

Co wynika ze wzoru:

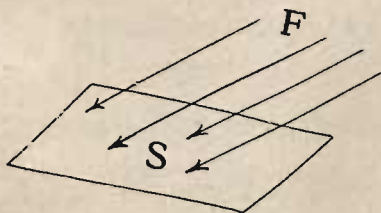
$$F = 1 \times 12,56 = 12,56$$

Zależnie od tego jaką świecę będziemy mieć na myśli: międ-
zynarodowa, czy hefnerowską, inny wypadnie lumen: międ-
zynarodowy, czy hefnerowski.

3. NATĘŻENIE OŚWIETLENIA.

W praktyce jednak największe ma znaczenie **nateżenie**
oświetlenia przedmiotów, czyli krótko, tak zwana **jasność**

Jeżeli na pewną powierzchnię przedmiotu pada strumień



Rys. 43. Strumień światła F pada na płaszczyznę S :

światła, to gęstość tego strumienia na tej powierzchni liczbo-
wo wyraża **jasność** tej powierzchni.

Oznaczmy przez F strumień świetlny padający na po-
wierzchnię rys. 43, której pole wynosi S jednostek kwadrato-

wych, a przez E —jasność wywołaną tym strumieniem światła na tej powierzchni, to według powyższego określenia:

$$E = \frac{F}{S}$$

Jeżeli F podamy w lumenach, a S w metrach kwadratowych, to E otrzymamy w jednostkach zwanych **luksami** (skrót Lx).

Stąd wynika, że, niezależnie od kierunku podania promieni, **jeden luks jasności mamy na takiej powierzchni, gdzie na każdy metr kwadratowy przypada jeden lumen strumienia świetlnego.**

Niżej podaję szereg liczb z praktyki, wyrażających dobre oświetlenie w **luksach.**

OSWIETLENIE OGÓLNE.

W mieszkaniach	od 5 do 50 luksów
„ biurach	„ 20 „ 50 „
„ kreślarniach	„ 50 „ 80 „
„ warsztatach	„ 15 „ 30 „

OSWIETLENIE MIEJSC PRACY:

Kuźnia, kotłownia, odlewnia, walcownia, warsztat drzewny	od 5 do 40 luksów
Ślusarnia, sala montażowa, nawijalnia, tkalnia, modelarnia, sala maszyn	„ 50 „ 60 „
Warsztat mechaniki precyzyjnej, zecernia, i kreślarnia	„ 70 „ 100 „
Zakład zegarmistrzowski i grawerski	„ 100 „ 250 „

OSWIETLENIE ZEWNĘTRZNE.

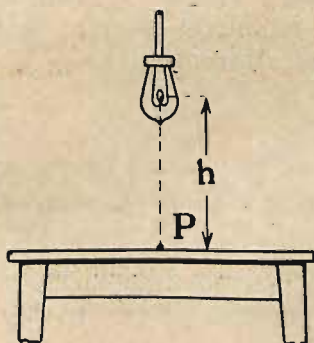
Na ulicach	od 0,5 do 10 luksów
Na podwórzach fabrycznych	„ 2 „ 10 „

4. OBLICZENIE NATĘŻENIA OŚWIETLENIA.

Według poprzednich określeń, mając strumień świetlny i pole powierzchni, na którą pada ten strumień, łatwo obliczyć **jasność** na tej powierzchni, dzieląc strumień w lumenach przez pole w metrach kwadratowych.

Ale nieraz strumienia świetlnego nie znamy, a natomiast wiemy jakie natężenie światła ma lampa w pewnym kierunku, wtedy obliczamy **jasność** oświetlenia w sposób następujący:

Jeżeli nad stołem mamy zawieszoną lampę na wysokości h rys. 44, to jasność oświetlenia stołu wprost pod lampą



Rys. 44. Lampa zawieszona na wysokości h nad stołem daje największą jasność w punkcie P na stole.

w punkcie P będzie taka sama jak na wewnętrznej powierzchni kuli zakreślonej wokoło umyślonej lampy, która ma jednostajne natężenie światła we wszystkich kierunkach, takie jak nasza lampa w kierunku na dół.

Oznaczmy to natężenie przez I , wtedy strumień świetlny wysyłany przez umyśloną lampę będzie:

$$I \times 4\pi.$$

Powierzchnia kuli o promieniu h :

$$4\pi h^2,$$

a więc jasność w punkcie **P**:

$$E = \frac{I \times 4\pi}{4\pi h^2} = \frac{I}{h^2}.$$

Przykład. Lampa nasza w kierunku zwróconym w dół ma światłość 50 świec i jest zawieszona nad stołem na wysokości 1,5 metra. Jaka jest jasność na stole pod lampą?

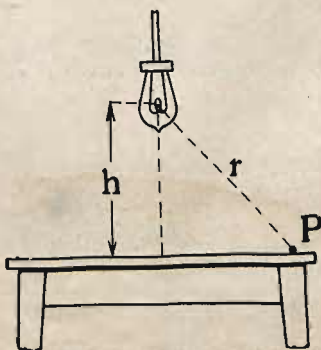
Według powyższego wzoru:

$$E = \frac{50}{(1,5)^2} = 22,2 \text{ luksa.}$$

Jeżeli tę samą lampę opuszczymy niżej, tak aby wisiała na odległości dwa razy mniejszej od stołu, to jasność oświetlenia wypadnie oczywiście cztery razy większa, a więc wyniesie 88,8 luksa.

Oświetlenie stołu od powyższej lampy promieniami bocznymi jest zawsze słabsze od oświetlenia promieniami prosto padłymi.

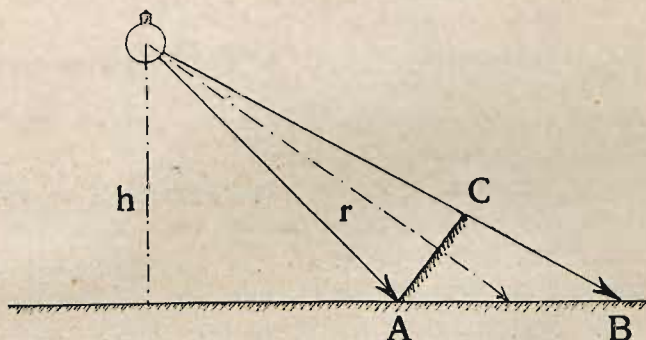
Mamy lampę, wiszącą nad stołem na wysokości h metrów rys. 45, i chcemy obliczyć jasność na stole w punkcie **P** na



Rys. 45. Lampa zawieszona nad stołem daje w punkcie **P** jasność mniejszą niż wprost pod lampą.

skraju stołu, na odległości r metrów od lampy, licząc wzdłuż linii prostej łączącej punkt P ze środkiem lampy. Światłość lampy w kierunku do punktu P niech będzie I świec. Przy takim położeniu powierzchni stołu względem kierunku promieni światła, należy uwzględnić, że pewna wiązka promieni strumienia świetlnego, biegnącego do P , oświetli teraz większe pole stołu, niż wtedy, gdyby promienie były do stołu prostopadłe.

Widać to z rysunku 46, gdzie AB jest większe od AC . Skut-



Rys. 46. Na AC promień środkowy pada prostopadle na AB ukośnie.

kiem tego na jednostkę powierzchni stołu wypadnie tu tyle razy mniej światła, ile razy pole ukośne AB jest większe od pola AC prostopadłego do środkowego promienia. Stosunek tych pól można zastąpić stosunkiem odległości r do wysokości h , i dla tego oświetlenie na stole w punkcie P , przy ukośnym oświetleniu, będzie:

$$\frac{r}{h} \text{ razy}$$

słabsze od tego, które byłoby, gdyby promienie z odległości r padały na stół prostopadle.

A więc w rozważanym przypadku jasność w punkcie P rys. 45 obliczymy ze wzoru:

$$E' = \frac{I}{r^2} \cdot \frac{r}{h} = \frac{I \cdot h}{r^3}.$$

Przykład. Jeżeli $I = 50$ świec, $h = 0,75$ metra, a $r = 2$ metry to:

$$E' = \frac{50 \times 0,75}{2^3} = 4,7 \text{ luksa.}$$

Z tego przykładu widzimy jak słabą jasność daje na stole ukośnie padające światło.

5. SPRAWNOŚĆ LAMP ELEKTRYCZNYCH.

W praktyce sprawność lamp wyraża się zwykle inaczej nieco, niż innych aparatów i maszyn.

Obecnie używane są dwa sposoby wyrażenia tej sprawności. W pierwszym obliczamy liczbę watów mocy prądu zużywanej przez lampę, przypadającą na jedną świecę światłości lampy, a w drugim liczbę lumenów strumienia świetlnego lampy, przypadającą na jeden wat mocy prądu, przepływającego przez lampę.

Światło z lamp elektrycznych otrzymujemy kosztem pracy prądu elektrycznego. Im większa jest moc prądu, płynącego przez pewną lampę, tem większą światłość daje lampka.

Na jednostkę światłości przypada zawsze pewna ilość watów mocy prądu różna w rozmaitych lampach.

Im mniej watów przypada na jednostkę światłości t. j. na jedną świecę, tem **oszczędniejsza** jest lampka, ponieważ przy danej ilości świec, zużywa mniej pracy prądu.

Tak np. gdy pewna lampka, zużywając 31 watów, daje 32 świece w kierunku poziomym, to liczba:

$$\frac{31}{32} = 0,97 \text{ watów na świecę}$$

wyraża sprawność lampki.

Mierząc strumień światła tej lampy przekonywamy się, że ona daje 320 lumenów, a więc liczba:

$$\frac{320}{31} = 10,3 \text{ lumenów na wat}$$

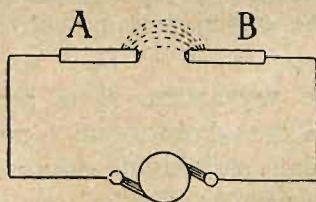
może również służyć jako wyrażenie sprawności.

Zależnie od sposobu wytwarzania światła wyróżniamy dwa rodzaje lamp: łukowe i żarowe, opiszemy je osobno.

6. USTRÓJ I LAMP ŁUKOWYCH.

W lampach łukowych znalazło zastosowanie zjawisko łuku Volty.

Łuk Volty powstaje, jeżeli dwa pręty **A** i **B** rys. 47 połączo-



Rys. 47. Łuk Volty. Prąd tu płynie od **A** do **B** przez parę i powietrze mocno rozgrzane.

ne z przewodami, prowadzącymi prąd z prądnicy stałego czy zmiennego prądu, zetknąć, a następnie trochę rozsunąć.

W miejscu zetknięcia prętów mamy luźny kontakt, stanowiący duży opór dla prądu elektrycznego. Skutkiem dużego oporu, wywiązuje się tu wielka ilość ciepła.

Jeżeli pręty są metalowe, to końce ich topią się i parują, a rozżarzona para stanowi most, łączący pręty **A** i **B** między sobą. Prąd więc nie przerywa się, a para, ogrzana prądem, świeci różnymi kolorami, zależnie od rodzaju metalu.

Gdy pręty są węglowe to skutkiem bardzo wielkiej odporności węgla na działanie ciepła, końce prętów nie topią się, a tylko wolno parują. Niewielka ilość tej pary wystarcza dla wytworzenia połączenia elektrycznego.

Rozżarzone końce węgli silnie świecą. Szczególnie **wielkie natężenie** światła daje węgiel, połączony z **dodatnim** biegunem prądnicy prądu stałego. Para węglowa świeci słabo.

Prąd ciepłego powietrza unosi parę do góry i przez to świecąca smuga przybiera kształt łuku, wygiętego do góry rys 47. Przy pionowym lub pochyłym położeniu prętów, kształtu łukowego nie mamy, pomimo to jednak rozważane zjawisko przyjęto zawsze nazywać łukiem. Po raz pierwszy otrzymano łuk świetlny, posiłkując się prądem z ogniów galwanicznych wynalezionych przez uczonego Voltę, z tego też względu nazywamy go łukiem Volty.

W lampach łukowych najczęściej stosujemy pałeczki węglowe, ponieważ one spalają się powoli i dają najsilniejsze światło.

Pałeczki węglowe wyrabiane są z proszku grafitowego, zmieszanego z proszkiem kokсовym i materiałami zlepiającymi, po za tem dodaje się zwykłą odpowiednią ilość soli jakiegoś metalu. Sól ta paruje i rozkłada się w łuku, nadając mu barwę i zwiększając bardzo znacznie jego wydajność świetlną.

Z takiej mieszaniny wyciskane są w prasach pałeczki różnej grubości.

Dla umiejscowienia łuku na końcu węgla w pobliżu środka, stosujemy najczęściej węgle drażone z otworem w środku, wypełnionym masą lepiej przewodzącą. Są to tak zwane węgle knotowe.

Dla prądu stałego, węgiel dodatni, jako spalający się prędzej, jest grubszy.

W lampach, dla zwykłego oświetlenia, węgle ustawiają się jeden nad drugim, lub też obok siebie pod pewnym niewielkim kątem.

W lampach dla latarni projekcyjnych węgle są ustawione pod kątem niemal prostym.

Wobec tego, że węgle spalają się, trzeba je zbliżać, żeby łuk zachował swoją długość i nie przerwał się.

Urządzenia dla zbliżania węgli bywają ręczne i samoczynne, oparte na działaniu elektromagnesów.

Lampa łukowa dla oświetlenia ulicznego ma zwykle węgle pionowe, umieszczone wewnątrz szklanego klosza baniastego. W kapturze metalowym u góry znajduje się mechanizm samoczynny, zbliżający węgle.

W lampach łukowych prądu stałego, napięcie pomiędzy węglami wynosi od 30 do 40 woltów, natężenie prądu od 8 do 15 amperów. Średnia światłość w półkuli dolnej—1200 do 3900 świec.

Wobec tego, że w obwodach lamp łukowych nieodzowne są oporniki, w których mamy straty energii, więc lampa taka zużywa od 0,24 do 0,27 wata na świecę.

Przy prądzie zmiennym, napięcie wynosi 28 woltów, a natężenie prądu od 8 do 15 amperów przy średniej półkulistej światłości: 725 do 1710 świec.

Zużycie mocy prądu na jedną świecę 0,25 do 0,28 wata.

Światłość tu jest podana dla lamp z kloszem przezroczystym.

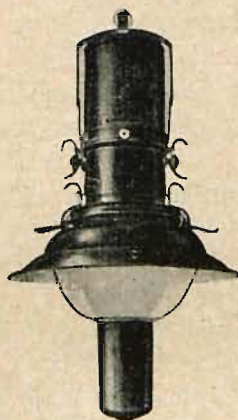
Węgle, palące się w dużych kloszach, trzeba zmieniać co 7 do 18 godzin, zależnie od długości, grubości i materiału węgli.

Umieszczając łuk w małych wewnętrznych kloszykach, można zmniejszyć szybkość spalania się węgli, tak aby jedna para wystarczyła na 120 do 200 godzin.

Spółczesne lampy tego rodzaju, przy prądzie od 8 do 15 amperów, z kloszami zwykle używanymi, dają światłość pół sferyczną średnią od 1750 do 3300 świec hefnerowskich, zużywając od 0,2 do 0,3 wata na świecę, rys. 48.

Wszystkie lampy łukowe, bez osłon, są źródłami bardzo silnego światła, wybiegającego z bardzo małej powierzchni, skutkiem czego światło jest nad wyraz rażące i szkodliwe dla oka, cienie bardzo ostre i ciemne. To też lampy te za-

wsze zaopatrujemy w klosze, lub też zupełnie przysłaniamy światło od dołu, odrzucając je do góry.



Rys. 48. Długo palna lampa łukowa firmy Körting i Mathiesen.

Wszystkie klosze pochłaniają część światła: przezroczyste pochłaniają 3 do 10%, opalowe od 15 do 25%, a alabastrowe od 30 do 50%.

7. WŁĄCZANIE LAMP ŁUKOWYCH W OBWÓD.

Włączanie lamp łukowych w obwód bywa różne, stosownie do napięcia źródła prądu i napięcia potrzebnego na łuku. Nadmiar napięcia pochłaniają oporniki, lub przy prądzie zmiennym cewki nawinięte na żelazie, czyli, tak zwane, **dławiki**, które posiadają własność wzbudzania we własnych zwojach siły elektromotorycznej przeciwdziałającej prądowi, jest to tak zwana siła elektromotoryczna samoindukcji.

Po za tem przy prądzie zmiennym stosowane są nieraz tak zwane autotransformatory, w których cewki pierwotna i wtórna są połączone w szereg. Zwykle, każda lampa ma swój transformator.

Lampy łukowe obecnie mają na ogół zastosowanie małe, gdyż przeważnie są zastępowane przez duże lampy żarowe.

8. USTRÓJ LAMP ŻAROWYCH.

Lampy żarowe, czyli tak zwane krótko **żarówki**, mają ustrój, opierający się na własności przewodników, rozżarzania się pod wpływem prądu elektrycznego.

Jeżeli końcówki akumulatora połączyć krótkim cienkim drucikiem żelaznym, to drucik rozgrzeje się do białości i będzie jasno świecić, ale wkrótce spali się. W lampce elektrycznej cienki drucik rozżarzony nie spala się, gdyż umieszczony jest w bańce szklanej, opróżnionej z powietrza, lub też wypełnionej gazem obojętnymi.

9. LAMPY ŻAROWE WĘGLOWE.

Pierwsze lampy żarowe zbudował znany wynalazca amerykański Edison. Umieścił on zwęglone włókienko bambusowe w szklanej bańce, z której wypompowano powietrze.

Włókienko węglowe rozżarzało się prądem i świeciło.

Każda niteczka czy to węglowa czy metalowa spala się tylko wtedy, gdy przy wysokiej temperaturze łączy się z tlenem zawartym w powietrzu.

W bańce z której tlen usunięto węgiel rozżarzony może świecić bardzo długo, w nim nie zachodzą żadne zmiany, tylko cząsteczki odrywają się z powierzchni węgla, węgiel paruje. Parowanie odbywa się tem szybciej im mocniej jest rozżarzone włókienko. Przy rozżarzeniu do białości, parowanie idzie tak szybko, że po kilku minutach włókienko pęka w najcieńszym miejscu.

To też w lampach węglowych rozgrzewamy go tylko do barwy jasno żółtej, wtedy lampa może świecić kilkaset, a nawet kilka tysięcy godzin zanim włókienko się przerwie.

Obecnie włókienka do lamp żarowych przygotowywane są sztucznie.

Gdy nitkę umieściliśmy już w bańce i wypompowaliśmy z niej powietrze, to u dołu, szklanej bańki, przymocowujemy tak zwany, trzonek.

Są dwa rodzaje trzoneków. Najczęściej używamy trzoneków Edisona rys. 49 i 50. Trzonek Edisona składa się z blaszane-



Rys. 49. Żarówka węglowa z trzonkiem Edisona.



Rys. 50. Przekrój trzonka Edisona T—talerzyk mosiężny G—gwint z blaszki.

go talerzyka i również blaszanego gwintu. Talerzyk i gwint są umocowane na izolującej ogniotrwałej miseczce. Jeden koniec nitki połączony jest z talerzykiem a drugi z gwintem za pomocą odpowiedniego drucika.

Inne trzonki tak zwane swanowskie nie mają gwintu, a tylko dwie blaszki, połączone z końcami nitki (rys. 52).

Za pomocą trzonka, wstawiamy lampki w odpowiednie oprawki. W oprawce Edisona rys. 51, lampa trzyma się



Rys. 51. Oprawka Edisona.

gwintem, natomiast w oprawce Szwana sztyfcikami umieszczonymi z boku trzonka, rys 52, wpadającymi w odpowiednie wycięcia zrobione w oprawce. Lampek węglowych wyrabia się teraz mało — głównie na 10, 16, 25 i 32 świece dla prądów o napięciach od 45 do 260 woltów.

Lampki takie zużywają od 2,7 do 3,5 watów na świecę i po upływie 300 godzin świecenia tracą 20% swojej światłości.

Lampy węglowe, stosowane bywają chyba tam, gdzie mamy bardzo tani prąd i zależy na wielkiej wytrzymałości mechanicznej lampki.

Żarówki węglowe zostały obecnie niemal zupełnie wyrugowane przez żarówki z drucikiem z metalu wolframu.

10. ŻARÓWKI WOLFRAMOWE.

Są dwa zasadniczo różne gatunki żarówek wolframowych. Jedne z nich mają bańkę **opróżnioną** i drucik rozpięty zygawką rys. 52, na odpowiednich haczykach. Inne mają drucik zwinięty w spiralę, zawieszony w bańce wypełnionej gazem obojętnym—tak zwane **gazówki** rys. 53. Drucik wolframo-



Rys. 52. Żarówka próżniowa, z trzonkiem swanowskim i nitką metalową.

wy trudniej paruje niż nitka węglowa przez co można go rozgrzać do wyższej temperatury niż węgiel, skutkiem tego lampa wolframowa daje bielsze światło niż węglowa.

Lampy próżniowe są wyrabiane przeważnie dla napięcia światła od 5 do 50 świec. Napięcia stosowane są różne od 90 do 260 woltów, zresztą małe lampeczki z krótkimi nitkami sporządzają się i na zupełnie małe napięcia od kilku do kilkunastu woltów.

Na jedną świecę lampki takie biorą moc prądu wynoszącą od 1,4 do 0,9 wata. Rozżarzony drucik paruje bardzo wolno, tak że światłość lampy maleje powoli. Zwykle lampy metalowe pozostają w użyciu aż do chwili przzerwania się drucika, co następuje średnio niemal po 1000 godzinach świecenia.

W tablicy podajemy charakterystyczne liczby określające własności lamp tego rodzaju.

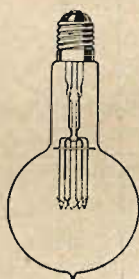
LAMPKI ŻAROWE PRÓŻNIOW ZYGZAKOWE
Z DRUCIKIEM WOLFRAMOWYM.*)

Światłość pozioma w św. hefneroskich	Strumień świetlny w lumenach	Zużycie mocy prądu w watach	Wat. św.	Lum wat.
Napięcie prądu 110 woltów.				
5	51	7	1,4	7,3
10	93	12	1,2	7,8
16	162	17,5	1,1	9,3
25	250	25	1,0	10
32	320	31	0,97	10,3
50	510	48	0,96	10,6
Napięcie prądu 220 woltów.				
10	94	13,5	1,35	7
16	156	20	1,25	7,8
25	246	29	1,16	8,5
32	306	36	1,12	8,5
50	467	55	1,1	8,5

*) Patrz str. 78.

Jeżeli zwykłą lampę wolframową próżniową, włączyć w obwód o napięciu wyższym od tego, dla którego ona jest przeznaczona, to lampa świeci o wiele jaśniej, zużywa mniej watów na świecę, ale drucik przy tem silnie paruje i prędko przerywa się.

Dla utrudnienia parowania wypełniamy bańkę gazem **obojętym**, a dla uniknięcia silnego ochładzania się drucika zwi-
jamy go w gęstą spiralę, którą zawieszamy na haczykach
rys. 53.



Rys. 53 Żarówka napełniona gazem—gazówka.

Drucik ten, mocno rozżarzony, jest miękki i łatwo zmienia swój kształt pod wpływem swego ciężaru, z tego względu lampy tego rodzaju najlepiej zawieszać w położeniu **trzonkiem do góry**, tak aby drucik zwieszał się swobodnie.

Lamp takich lepiej nie przenosić z jednej oprawki do drugiej, aby uniknąć prędkiego przerwania się drucika. Bańka takiej lampy jest gorąca, należy przeto dbać o dobre przewietrzanie otoczenia i unikać bliskości przedmiotów łatwo palnych.

Im lepiej odprowadzać od tych lamp ciepło, tem są one trwałe. Przeciętny czas świecenia tych lamp — 800 godzin.

Najważniejsze liczby, charakteryzujące takie lampy, są podane w tablicy na str. 78.

LAMPKI ŻAROWE NAPEŁNIONE GAZEM *)

Światłość średnia sferyczna w św. hefnerows- kich	Strumień światły w lumenach	Zużycie mocy prądu w watach	Wat. św.	Lum. wat.
Napięcie prądu 110 woltów.				
18	225	25	1,4	9
35	440	40	1,14	11
61	757	60	0,99	12,6
77	970	75	0,97	13
110	1380	100	0,91	13,8
185	2330	150	0,81	15,5
260	3260	200	0,77	16,3
415	5220	300	0,72	17,4
735	9250	500	0,68	18,5
1150	14550	750	0,65	19,4
1590	20000	1000	0,63	20
2460	31000	1500	0,61	20,6
Napięcie prądu 220 woltów.				
27	340	40	1,48	8,5
47	592	60	1,27	9,9
64	805	75	1,17	10,7
95	1200	100	1,05	12
160	2010	150	0,94	13,4
226	2840	200	0,89	14,2
366	4600	300	0,82	15,3
665	8350	500	0,75	16,7
1060	13300	750	0,71	17,7
1450	18200	1000	0,69	18,2
2310	29100	1500	0,65	19,4

*) Według tablicy w broszurce P. Heyck Beleuchtung

Lampki z drucikiem w gazie mają bardzo jaskrawe światło i z tego względu należy je umieszczać w kloszach, rozpraszających promienie świetlne.

Wyrobiane są lampki z bańką ze szkła mlecznego tak zwane „argenta“ mają one wprawdzie trochę mniejszy strumień świetlny, ze względu na większe pochłanianie takiej bańki, ale za to światło ich jest łagodniejsze, nie daje ostrych cieni i przez to otrzymujemy, znacznie przyjemniejsze oświetlenie.

Inne znowu żarówki mają bańkę ze szkła zielonkawego, którego kolor jest tak dobrany, że promienie, wybiegające z rozżarzonego drucika, po przejściu przez szkło bańki, są niemal zupełnie takie same jak promienie rozproszonego światła dziennego. W promieniach takich lamp barwy tkanin i różnych malowideł wyglądają zupełnie podobnie, jak przy świetle dziennem.

Skutkiem pochłaniania części promieni przez szkło, lampy takie są oczywiście nieco mniej sprawne, niż zwykłe, one dają mniej świec z jednego wata mocy prądu

11. CECHOWANIE ŻARÓWEK.

Lampy żarowe stosują się **takie same** na prąd **zmienny** jak i na **stały**.

Lampy próżniowe w handlu cechujemy zazwyczaj podług liczby **świec** i **napięcia** prądu, dla którego są one przeznaczone.

Lampy zaś napełnione gazem—podług liczby zużywanych przez lampę **watów** i **napięcia** prądu zasilającego lampę.

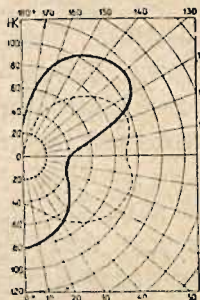
12. OSŁONY ŻARÓWEK.

Dla zwrócenia strumienia świetlnego lamp żarowych we właściwym kierunku, w celu otrzymania największej jasności tam, gdzie tego potrzeba, stosujemy najrozmaitsze osłony odbijające i rozpraszające światło.

W lokalach mających biały sufit, obecnie stosują się głównie osłony, czyli klosze półprzezroczyste u dołu i przezroczyste matowe u góry rys. 54.



Rys. 54



Rys. 54a.

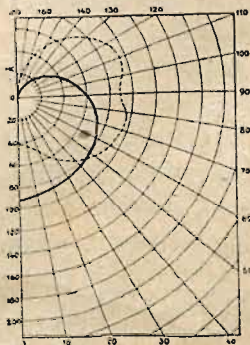
Rys. 54. Lampa z kloszem szklanym do oświetlenia mieszanego firm. Siemens.

Rys. 54a. Wykres światłości lampy żarowej. Linja kropkowana — bez klosza, linja ciągła — z kloszem rys. 54.

Wtedy mamy oświetlenie tak zwane mieszane: częściowo bezpośrednie i częściowo odbite od sufitu i górnej części ścian.



Rys. 55.



Rys. 55a.

Rys. 55. Lampa z kloszem rozpraszającym światło dla oświetlenia bezpośredniego.

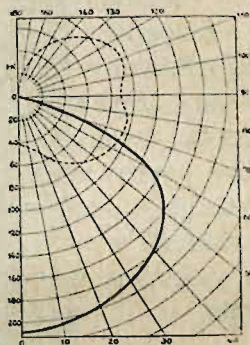
Rys. 55a. Wykres światłości lampy żarowej: linja kropkowana — bez klosza, ciągła — z kloszem rys. 55.

Gdy sufit jest ciemny lub niema go całkiem np. w niektórych warsztatach, albo na dworze, stosujemy osłony rys. 55.

Jeżeli zależy na tem aby skierować światło tylko w dół; wtedy osłonom nadajemy kształt głębokich reflektorów rys. 56.



Rys. 56.



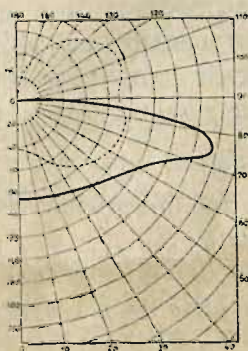
Rys. 56a.

Rys. 56. Lampa z osłoną, skierowującą światło w dół.

Rys. 56a. Wykres światłości lampy żarowej, linja kropkowana— żarówka bez osłony, linja ciągła — z osłoną odbijającą, rys. 56.



Rys. 57.



Rys. 57a.

Rys. 57. Lampa z osłoną dla oświetlenia ulic.

Rys. 57a. Wykres światłości lampy żarowej — kropkowany bez osłony, — ciągły z osłoną rozpraszającą rys. 57.

W lampach, przeznaczonych do oświetlenia ulic, pod osłonami umieszczają się specjalne klosze karbowane, załamujące światło w ten sposób, że lampy oświetlają dość równomiernie całą ulicę.

Na rys. 54a, 55a, 56a, 57a, są podane dla odpowiednich osłon wykresy rozkładu światłości lamp żarowych, napełnionych gazem—gazówek. Na każdym rysunku mamy dwa wykresy: jeden kropkowany—dla żarówki bez osłony, a drugi ciągły — dla tej samej żarówki z odpowiednią osłoną. Chcąc na wykresie odczytać światłość w pewnym kierunku, należy od punktu zerowego poprowadzić promień do linii wykresu, długość tego promienia w skali, podanej na lewym boku prostokąta, wyraża światłość w świecach hefnerowskich. Liczby na innych bokach wskazują stopnie kątów, pod którymi poprowadzono promienie.

13. OBLICZENIE OŚWIETLENIA WEDŁUG LICZBY ŚWIEC NA METR KWADRATOWY.

Dla szybkiego, chociaż przybliżonego, określenia potrzebnej liczby i wielkości lamp w małych lokalach, przy wysokości sufitu nad podłogą do 4 m, można posłużyć się następującymi praktycznymi wskazówkami, podającymi liczbę świec wszystkich lamp zawieszonych w pokoju, przypadającą na jeden metr kwadratowy podłogi, przy oświetleniu skromnem:

w biurach	6 św. na m ²
„ pokojach mieszkalnych	4 „ „ „
„ sklepach	od 4 do 8 „ „ „
„ składach i korytarzach	2 „ „ „
Ogólne oświetlenie małych warsztatów.	2 „ „ „

Po za tem w warsztacie musi być zawieszona lampa co najmniej 25 św. przy każdym miejscu pracy. Przy robotach dokładnych, z drobnymi przedmiotami—50 św.

Używając lamp pojedynczych dla świecenia sobie przy pracy, należy dbać o to aby, przez zastosowanie odpowiednich

osłon odbijających, skierować światło na przedmiot pracy, a oczy zabezpieczyć od promieni, wybiegających bezpośrednio z lampy rys. 58.



Rys. 58. Lampa oświetla wiertło, a oczy są zasłonięte od światła bezpośredniego.

14. OBLICZENIE OŚWIETLENIA WEDŁUG LICZBY WATÓW NA METR KWADRATOWY*).

W lokalach większych oświetlenie urządza się zwykle żarówkami napełnionymi gazem. Liczba ich, oraz wielkość wyznacza się na zasadzie następujących wskazówek wziętych z praktyki.

W lokalach z sufitem białym, przy zastosowaniu zwykle używanych osłon do oświetlenia mieszanego, dla otrzymania na stołach jasności 64 luksy, można przyjąć zużycie mocy prądu przez wszystkie lampy — 10 watów na 1 metr kwadratowy podłogi, przy zastosowaniu lamp 220 woltowych, 200 woltowych.

*) Według reguły Heyok'a i Högner'a.

Gdy w lokalach z ciemnym sufitem, lub bez sufitu zawiesimy lampy 220 woltowe, 200 watawe z reflektorami odbijajacemi światło w dół, to, przy zużyciu przez wszystkie lampy razem 10 watów na 1 metr kwadratowy podłogi, otrzymamy średnią jasność 70^{*)} luksów.

Lampy 110 woltowe, jako trochę oszczędniejsze dają w powyższych warunkach jasność przeciętną o 14% większą.

Wobec mniejszej sprawności lamp mniejszych od 200 watowych i większej sprawności lamp większych od 200 watowych, w tych samych okolicznościach (10 watów na 1 m²) otrzymujemy jasność rozmaita, zależną od wielkości stosowanych lamp. Tak np. przy oświetleniu mieszanem:

Moc jednej 220 woltowej lampy w watach	Jasność w luksach
100	54
150	60
200	64
300	68
500	75

Przykład. Pokój biurowy o wymiarach 5 m × 5 m ma być oświetlony w ten sposób, aby średnia jasność wynosiła 25 luksów.

Licząc po 10 watów na metr kwadratowy wypadnie zużycie mocy prądu.

$$10 \times 25 = 250 \text{ watów.}$$

Wobec tego jednak, że nam niepotrzebna jest jasność 64 luksy, a tylko 25 luksów, wystarczy więc zużycie mocy prądu:

$$\frac{250}{64} \times 25 = 98 \text{ watów.}$$

Lamp 98 watowych niema. wybierzemy więc jedną lampę 100 lub 150 watową.

*) Od 50 do 90 luksów zależnie od rodzaju osłon, im osłona głębsza tem więcej.

Przy 100 watawej, uwzględniając jej mniejszą sprawność z tablicy na str. 84, otrzymamy jasność:

$$\frac{25 \times 100 \times 54}{98 \times 64} = 21,5 \text{ luksa}$$

Przy 150 watawej:

$$\frac{25 \times 150 \times 54}{98 \times 64} = 32,3 \text{ luksa}$$

15. OBLICZENIE OŚWIETLENIA WEDŁUG STRUMIENIA ŚWIETLNEGO.

Dokładniejsze obliczenia przeprowadzają się, uwzględniając wielkość strumienia świetlnego, wysyłanego przez poszczególne lampy i stratę tego strumienia przy odbiciu od ścian, sufitu i osłon oraz przy przejściu przez osłony.

SPÓŁCZYNNIKI STRAT ŚWIETLNYCH

z uwzględnieniem zakurzenia kloszy i stopniowego spadku światłości lamp).*

- | | |
|--|-----------|
| 1) Lokale z białym sufitem i jasnymi ścianami, oświetlenie mieszane, lub bezpośrednio lampy z kloszami rozpraszającymi | 0,45—0,50 |
| 2) Lokale powyższe przy oświetlen. pośrednim | 0,35—0,40 |
| 3) Pracownie z sufitem odbijającym światło: | |
| oświetlenie bezpośrednie | 0,30—0,35 |
| oświetlenie mieszane | 0,30 |
| 4) Pracownie bez sufitu odbijającego światło, oświetlenie bezpośrednie, lampy z kloszami rozpraszającymi światło | 0,25—0,30 |
| 5) Kuźnie i odlewnie, oświetlenie bezpośrednie, lampy z kloszami rozpraszającymi światło | 0,15—0,20 |

Podane tu współczynniki wyrażają stosunek strumienia świetlnego pożytecznego do całego strumienia świetlnego, wysyłanego przez wszystkie lampy zawieszony w lokalu.

*) Według Halbertsma—Fabrikbeleuchtung.

Przykład. Pokój z białym sufitem o wymiarach 5 m \times 10 m. mamy oświetlić w ten sposób, aby średnia jasność na stołach wynosiła 50 luksów.

Cały pożyteczny strumień świetlny obliczymy, mnożąc jasność przez pole podłogi,

$$50 \times 5 \times 10 = 2500 \text{ lumenów.}$$

Strumień wysyłany przez lampy musi być większy i wyniesie, przy uwzględnieniu współczynnika strat światła:

$$\frac{2500}{0,45} = 5550 \text{ lumenów.}$$

Dla otrzymania równomiernego oświetlenia zawieszamy tyle lamp, aby odległość jednej od drugiej wynosiła około 1,6 wysokości zawieszenia lamp po nad powierzchnią oświetlaną. W naszym lokalu, zawiesimy dwie lampy, więc na każdą lampę przypadnie:

$$\frac{5550}{2} = 2775 \text{ lumenów.}$$

Według tablicy na str. 78, przy zastosowaniu prądu o napięciu 220 V, wypada wziąć lampy 200 watywne, gdyż one dają po 2840 lumenów.

16. OBLICZENIE OŚWIETLENIA WEDŁUG PUNKTÓW ŚWIETLNYCH.

Zakładamy sobie zgóry rodzaj lamp i osłon oraz miejsca, gdzie te lampy zawiesimy, następnie, korzystając z wykresów światłości, jak podane na rys. 55, 56, 57 i 58, według sposobu opisanego na str. 66 i 68 obliczamy jasność od poszczególnych lamp w kilku czy kilkunastu miejscach na powierzchni odległej o 1 m do góry od podłogi, czy ziemi. Dodając razem jasności otrzymane od poszczególnych lamp, znajdziemy jasność całkowitą, przy oświetleniu wszystkimi powyższymi lampami.

Jeżeli jasność wypadnie niewłaściwa, to zmieniamy odpowiednio założenie i przeprowadzamy raz jeszcze obliczenie dla sprawdzenia.

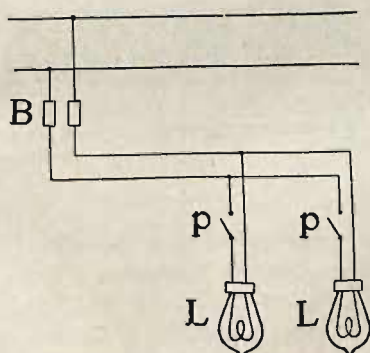
17. LUKSOMETR.

Dla pomiaru jasności oświetlonej powierzchni służy przyrząd zwany luksometrem. Budowa jego jest bardzo prosta. Sta-

nowi on pudełko, w górnej pokrywce, którego są okienka oświetlone żarówką, umieszczoną w rogu wewnątrz pudełka. Które z okienek będzie tak samo jasno oświetlone jak pokrywka pudełka — jasność tego okienka wyraża wielkość szukaną. Przy okienkach są napisane odpowiednie liczby, wyrażające jasność w luksach.

18. UKŁAD POŁĄCZEŃ LAMP NA PRĄD STAŁY.

Układ połączeń na prąd stały lub jednofazowy zmienny widzimy na rys. 59. Od przewodów głównych prowadzimy odgałęzienia do topliwych bezpieczników **B** stąd do lamp **L**.



Rys. 59. Włączanie lamp w obwód prądu. Układ równoległy.

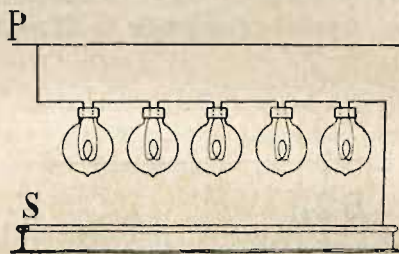
Przed każdą lampą w jeden z przewodów włączamy przerywacz **p**, za pomocą którego możemy gasić lampę. Takie połączenie lamp nazywamy **połączeniem równoległym**.

Lampy tu są zasilane prądem pod pełnym napięciem. Więc np. jeżeli na głównych przewodach mamy napięcie 120 woltów, to pod tem samym napięciem wchodzi prąd do każdej lampy*) i na takie napięcie trzeba brać żarówki.

*) Pomijając drobną stratę napięcia w przewodach wynoszącą może około 1 wolta.

Wyjątkowo tylko, gdy mamy źródło prądu o napięciu wyższym od 260 woltów, zmuszeni jesteśmy włączać lampy w obwód grupami po kilka lamp, połączonych między sobą w szereg, bo lamp pojedynczych na napięcie wyższe od 260 woltów fabryki nie wyrabiają. Przykład takiego urządzenia mamy przy zastosowaniu do oświetlenia prądu, przeznaczonego przede wszystkim na pędzenie silników w tramwajach.

Prąd ten ma zazwyczaj napięcie około 600 woltów. Na rys. 60 wskazana jest jedna grupa z pięciu lamp włączona po-



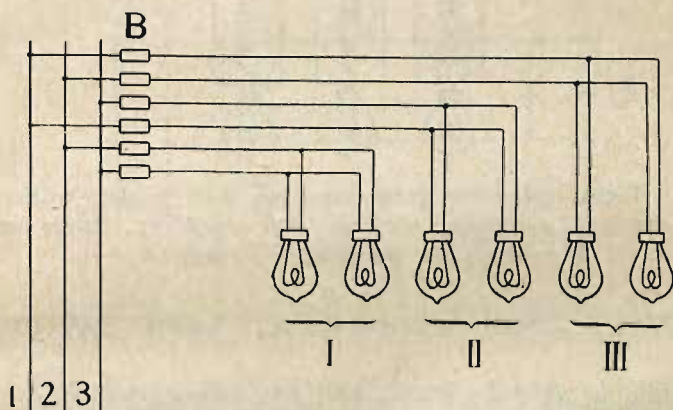
Rys. 60. Układ połączeń żarówek pomiędzy tramwajowym przewodem ślizgowym a szyną.

między przewód ślizgowy **P** i szynę **S**. Pomędzy **P** i **S** mamy pełne napięcie 600 woltów. Napięcie prądu, przepływającego przez jedną lampę, stanowi tu tylko piątą część całego napięcia pomiędzy przewodem ślizgowym, a szynami.

Jeżeli całe napięcie jest np. 600 woltów, to na każdą lampę przypadnie 120 woltów. Tu prąd elektryczny, przepływając przez lampy, traci zdolność wykonywania pracy stopniowo, zupełnie tak samo jak np. woda w górskiej rzece, która ma znaczny spadek. Na takiej rzece ustawia się często kilka kół wodnych czy turbin, ta sama woda kolejno je obraca, i one stopniowo wyzyskują spadek wodny.

19. UKŁAD POŁĄCZEŃ LAMP NA PRĄD TRÓJFAZOWY.

Urządzenie oświetlenia prądem trójfazowym różni się od zwykłego urządzenia prądem stałym. Główne przewody stanowią tu trzy druty 1, 2 i 3 fazy rys. 61. Wszystkie lampy



Rys. 61. Połączenie lamp z przewodami trójfazowymi.

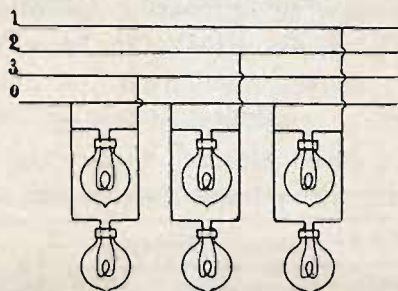
dziela się na trzy możliwie równe grupy, każda grupa przyłącza się przez bezpieczniki do dwóch drutów przewodów trójfazowych, a więc kolejno np. pierwsza grupa do przewodów 2 i 3, grupa II do 1 i 3, grupa III do przewodów 1 i 2.

W grupach lampy są połączone równolegle, każda lampka może mieć swój przerywacz.

Między każdymi dwoma fazowymi przewodami prądu trójfazowego jest to samo napięcie, więc wszystkie lampy mają tu prąd tego samego napięcia, jakie panuje między głównymi przewodami prądu trójfazowego.

Gdy główne przewody mają cztery druty: trzy druty fazowe, a jeden zerowy, to grupy lamp włączamy tylko pomię-

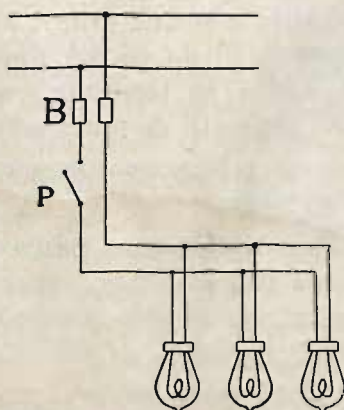
dzy druty fazowe, a drut zerowy, jak wskazano schematycznie na rys. 62, opuszczając bezpieczniki i przerywacze.



Rys. 62. Układ połączenia lamp żarowych przy prądzie trójfazowym, rozproszonym za pomocą czterech przewodników: trzech fazowych 1 — 2 — 3 i czwartego zerowego — 0.

20. PRZEŁĄCZNIKI W UKŁADACH LAMP ŻAROWYCH.

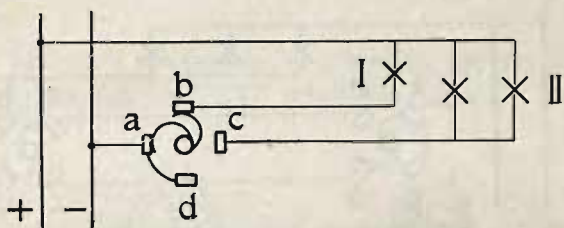
Gdy niema potrzeby gasić lamp osobno, stosują się wyłączniki grupowe, przerywające obwód przed rozgałęzieniem. Na rys. 63 wyłącznik *P* gasi całą grupę lamp, wszystkie lampy tu gasną i zapalają się jednocześnie.



Rys. 63. Przerywacz *p* gasi wszystkie lampy razem.

Czasem zdarza się jednak, że dla zaoszczędzenia pracy prądu zależy na tem, aby z dwóch grup lamp można było zapalić tylko jedną grupę. Gdy świeci pierwsza nie może świecić druga i na odwrót.

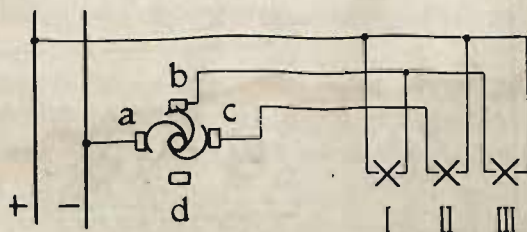
Osiągamy to zapomocą przełącznika, tak zwanego, hotelowego, gdyż najczęściej używa się w hotelach rys. 64*). Prze-



Rys. 64. Przełącznik hotelowy.

łącznik mamy tu pokrętny, w którym obraca się oś z dwoma sprężynkami.

Sprężynki przy obracaniu skaczą po kontaktach a, b, c, d, i ponieważ są między sobą połączone, więc łączą również odpowiednie kontakty. Gdy sprężynki stoją na kontaktach a i b, świeci grupa pierwsza, gdy staną na b i c zgaszone są obie, bo niema połączenia z dopływem prądu, gdy staną na c i d świeci tylko grupa II, gdy staną na d i a znowu obie grupy zgaszone.

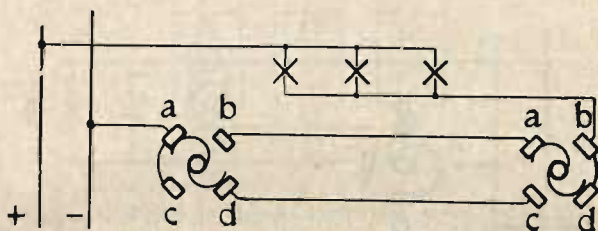


Rys. 65. Przełącznik świecznikowy.

*) Tu dla uproszczenia rysunku lampy są oznaczone krzyżykami.

Są jeszcze przełączniki, tak zwane, świecznikowe, pozwalające zapalić np. w żyrandolach część lamp, lub wszystkie lampy rys. 65. Tu mogą świecić lampy I i III lub tylko II, albo też wszystkie razem.

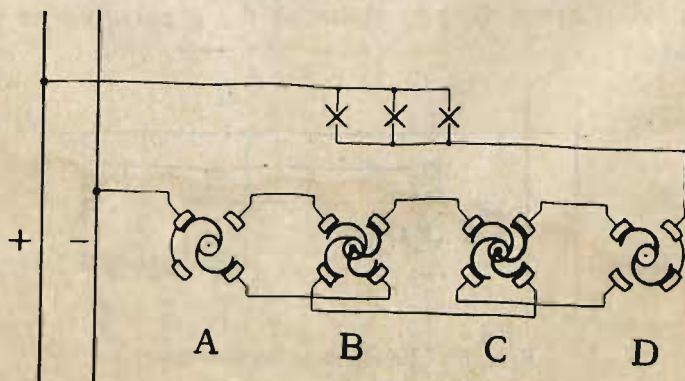
Często mają zastosowanie przełączniki do zapalania i gaszenia lamp z kilku miejsc. Na rys. 66 pokazany jest układ połą-



Rys. 66. Przełączniki korytarzowe.

czeń, przy którym za pomocą dwóch pokrętnych przełączników można gasić i zapalać lampy dowolnie czy w miejscu **A** czy w **B**. Główne zastosowanie tego układu bywa w korytarzach i sypialniach.

Jeżeli trzeba gasić i zapalać lampy z dowolnej liczby miejsc, to stosujemy układ połączeń wskazany na rys. 67, tu pośrednich przełączników, takich jak **B** i **C**, może być liczba dowolna.



Rys. 67. Przełączniki schodowe.

W przełącznikach **B** i **C** lewa para sprężynek jest **izolowana** od prawej pary sprężynek.

Główne zastosowanie mają takie przełączniki na klatkach schodowych, po jednym przełączniku na każdym piętrze.

21. LAMPY PRZENOŚNE.

Lampki ręczne i przenośne przyłączają się do przewodów za pomocą gniazdek rys. 68 i wtyczek rys. 69.



Rys. 68.

Gniazdko stykowe.



Rys. 69.

Wtyczka stykowa.

Gniazdko najczęściej umocowuje się na ścianie i łączy się z przewodami nieruchomymi, a wtyczka przyłącza się do drutów, doprowadzających prąd do lampy. W gniazdku zakłada się dwa bezpieczniki topliwe zwykle na prąd do 2 lub 4 amp.

Należy zapewnić dobry styk mosiężnych sztyfcików wtyczki z mosiężnymi rurkami w gniazdku, gdyż w razie rozluźnienia się tego styku, gniazdko grzeje się i bywa łatwo uszkodzone, a przy nieszczęśliwym zbiegu okoliczności może wzniecić pożar.

Trzeba dbać o całość przewodu ruchomego i dobry stan jego izolacji. Gdy przewód ruchomy jest narażony na mechaniczne uszkodzenia, to należy go zabezpieczyć np. trwałą rurką gumową i t. p.

Przy lampach ręcznych, które nieraz zaopatrują się w metalowe siatki ochronne, należy stosować taką konstrukcję, aby, w razie zepsucia się izolacji, siatka ta nie mogła połączyć się przez metal z przewodami.

Postumenty do lamp stołowych najlepiej jest robić z materiałów nie przewodzących prądu, a przy metalowych dbać o dobrą i trwałą izolację przewodów od postumentów, dla uniknięcia porażenia prądem.

PRZEWODY DO LAMP.

Przewody w urządzeniach oświetlenia elektrycznego, prowadzące prąd do lamp, mają różny przekrój, zależnie od natężenia prądu i długości, patrz część I rozdział III. W przewodach, prowadzących prąd bezpośrednio do zwykłych lamp, wystarczą druty o przekroju 1 mm^2 , a w zwieszakach na których lampy są zawieszane — nawet $0,75 \text{ mm}^2$, wewnątrz rurek, stanowiących podstawę lampy lub urządzenie żyrandola czy kinkietu można prowadzić giętkie przewodniki dobrze izolowane gumą o przekroju $0,5 \text{ mm}^2$.

23. OBSŁUGA.

Obsługa urządzeń oświetlenia elektrycznego jest bardzo prosta. Trzeba zmieniać lampki przepalone lub słabo świecące, zważając pilnie aby nowa lampka była na właściwe napięcie które jest zaznaczone czy na trzonku czy też na bańce. Odkurzać osłony.

Poza tem trzeba w razie przepalenia zmieniać bezpieczniki*). Jeżeli bezpiecznik nowo wstawiony również się przepali, to znaczy że jest zwarcie w przewodach albo w oprawce. Wtedy trzeba wyszukać miejsce zwarcia i naprawić. Wszelkie naprawy i przeróbki można robić tylko przy wyjętych obu bezpiecznikach aby żaden drut nie miał połączenia ze źródłem prądu.

*) Nie naprawiać przepalonych stopiek, a wstawiać nowe.

24. OBLICZENIE KOSZTÓW OŚWIETLENIA ELEKTRYCZNEGO.

Przytoczymy przykład obliczenia miesięcznego kosztu oświetlenia elektrycznego.

Mamy warsztat w którym zawieszono 5 lamp 50 świecowych próżniowych i jedną lampę 100 watowa-gazówkę. Wiemy, że w rozważanym miesiącu jedna lampka 50 świecowa świeci przez cały wieczór i całą noc, co wyniosło w ciągu pełnego miesiąca 160 godzin, inne lampki 50 świecowe świecą tylko po 3 godzin w dniu powszednie, 100 watowa gazówka świeci również tylko w dniu powszednie po 3 godziny.

Obliczymy pracę prądu jaką zużyje 50 świecówka całonocna.

Z tabl. wiemy że taka lampka bierze 48 watów*) przyjmujemy że prąd jest 110 woltowy czy 120 woltowy (to nie robi różnicy). Świeci ta lampka 160 godzin więc w tym czasie zużywa:

$$48 \times 160 = 7700 \text{ watogodzin,}$$

czyli 7,7 kilowatogodzin (kWh).

Cztery lampki 50 świecowe świecą w ciągu miesiąca przez

$$3 \times 26 = 78 \text{ godzin,}$$

więc w tym czasie zużywają:

$$48 \times 4 \times 78 = 14,8 \text{ kWh.}$$

Stuwatowa gazówka świeci tyle samo godzin, więc zużywa:

$$100 \times 78 = 7,8 \text{ kWh}$$

Razem w ciągu miesiąca lampki zużywają:

$$7,7 + 14,8 + 7,8 = 30,3 \text{ kWh}$$

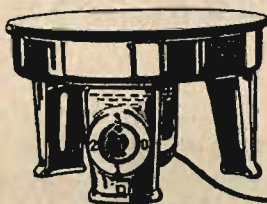
Jeżeli będziemy płacić po 50 groszy za jedną kilowatogodzinę, to koszt oświetlenia w ciągu miesiąca wyniesie:

$$50 \times 30,3 = \text{Zł. } 15 \text{ gr. } 15.$$

*) Patrz tablica na str. 76.

3. FAJERKI ELEKTRYCZNE.

Fajerka stanowi żelazną płytkę okrągłą, na nóżkach, zaopatrzoną u spodu w drut opornikowy grzejny¹⁾ dobrze izolowany materiałem ogniotrwałym—mika, czy azbestem rys. 70.



Rys. 70. Fajerka elektryczna Siemens.

Płyn nalewa się do zwyczajnego rondelka czy kubka i stawia się na płytce. Gdy prąd płynie przez drut, to on grzeje się, a od niego płytka żelazna.

Sprawność takiego urządzenia jest nie wielka — często **połowa** ciepła traci się przez promieniowanie i unoszenie z cząsteczkami powietrza. Moc takich fajerek wynosi zwykle od 600 do 1200 watów.

4. RONDELKI ELEKTRYCZNE.

Rondelki takie sporządzamy z dwóch blaszanych rondelków włożonych jeden w drugi²⁾. W wąskiej przestrzeni, jaka zostaje pomiędzy nimi, umieszczone są izolowane druty czy taśmy oporowe, które znajdują się możliwie bliżej do rondelka wewnętrznego.

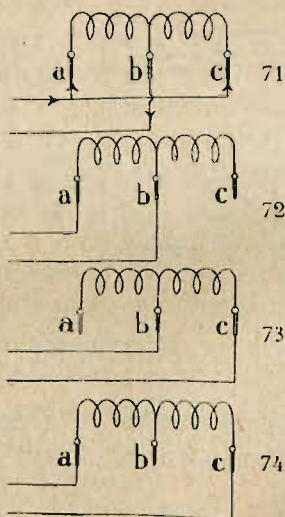
Często drut oporowy dzieli się na dwie części. Część znajduje się z boku rondelka, a reszta na dnie. Końce tych drutów

¹⁾ Patrz Część I str. 47. ²⁾ Patrz Część I str. 109, rys. 93.

są przyłączone do trzech izolowanych sztyfcików, za pomocą których wprowadza się prąd.

Przy takim urządzeniu można zmieniać sposób ogrzewania i ilość ciepła, wytwarzającego się w jednostce czasu.

Najsilniejsze ogrzewanie będziemy mieli wtedy, gdy prąd wprowadzimy przez sztyfciki a i c, a wyprowadzimy przez b:



Rys. 71—72—73—74. Druty oporowe w rondelku elektrycznym w różnych połączeniach.

rys. 71. Jeżeli np. mamy prąd o napięciu 120 woltów i natężeniu 4,4 ampera to w ciągu 6 minut otrzymamy ciepła:

$$\frac{0,86 \times 120 \times 4,4 \times 6}{60} = 45,3 \text{ kalorii}$$

Jeżeli prąd wpuścić tylko do drutów znajdujących się na dnie rys. 72, lub tylko na ściankach rys. 73, to prąd będzie słabszy i, przy tem samym napięciu, wyniesie 2,2 ampera.

Wtedy oczywiście otrzymamy dwa razy mniej ciepła. a mianowicie: 22,6 kalorii.

Wreszcie, gdy druty oporowe dna i ścianek są połączone w szereg rys. 74, to popłynie już tylko prąd o natężeniu 1,1 ampera i ilość otrzymanego ciepła będzie dwa razy mniejsza, a mianowicie: 11,3 kalorii.

Sprawność rondelków tego rodzaju wynosi około 0,8, to znaczy, że tylko 20% ciepła zostaje stracona i do płynu nie dochodzi.

W tych warunkach np. w rondelku, pobierającym prąd o mocy 600 watów, można w ciągu kwadransa zagotować 1 litr wody. Dla utrzymania wody w stanie gotującym się, wystarczy już potem część poprzedniej mocy.

Tego rodzaju rondelki znajdują zastosowanie nie tylko w kuchni lecz także i w fabrykach, czy warsztatach do różnego celu np. do gotowania kleju i t. p. Moc pobierana wynosi najczęściej od 400 do 600 watów.

5. GRZAŁKI.

Trzecim rodzajem przyrządów do grzania płynów są **grzałki elektryczne**, zanurzone wprost do tej cieczy, którą chcemy ogrzać rys. 75.



Rys. 75. Grzałka elektryczna.

Najlepsze są grzałki w których drut oporowy został umieszczony wewnątrz metalowego cylindra szczelnie zamkniętego z rączką, wewnątrz której idą przewodniki prowadzące prąd. Moc pobierana—350 lub 650 watów.

Za pomocą takiej grzałki można ogrzać płyn w dowolnym naczyniu np. w szklance.

6. PIECYKI ELEKTRYCZNE.

W podobny sposób urządzają się rozmaite inne przyrządy grzejne. Więc np. żelazka, różne piecyki i t. p.

Na wzmiankę szczególną zasługują piece akumulacyjne, ogrzewane prądem w porze nocnej, gdy prąd elektryczny można mieć znacznie tańszy. Zasada tych pieców polega na zastosowaniu materiału dobrze pochłaniającego i przechowującego ciepło np. piasku. Grzejniki oporowe umieszczają się wewnątrz takiego materiału, wypełniającego piec.

Prąd puszcza się przez całą noc i nad ranem wyłączamy. Ciepło zebrane w piecu rozchodzi się po pokoju stopniowo i ogrzewa powietrze przez cały dzień.

Piece są budowane np. na moc wynoszącą 1 kW, 3 kW i 5 kW. Tego rodzaju piece można stosować oczywiście nie tylko dla ogrzewania powietrza w pokojach lecz również dla różnych innych celów.

7. OBSŁUGA SPRZĘTU GRZEJNEGO.

Każdy przyrząd grzejny ma ustrój przystosowany do określonego napięcia prądu, niemożna go używać na napięcie wyższe.

Przyrządy elektryczne grzejne są dość trwałe, gdy są dobrze wykonane i zapewniona jest dobra obsługa.

Najważniejszą okolicznością, którą należy mieć zawsze na względzie, to unikanie **przegrzewania** tych przyrządów, a więc

włączania prądu do **pustego** rondelka, lub fajerki, na której nie stoi, do grzałki nieopogrążonej w cieczy do żelazka które dłuży czas stoi nieruchomo i t. d.

Wogóle należy przestrzegać tej zasady, że **prąd można puszczać do przyrządu grzejnego dopiero wtedy, gdy on znajduje się w zetknięciu z tym przedmiotem, który mamy ogrzewać**, w przeciwnym razie przegrzejemy drut oporowy i skutkiem tego drut ten wkrótce przepali się.

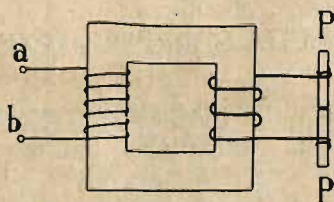
Poza tem, należy **chronić od uszkodzenia przewody sznurowe**, doprowadzające prąd do grzejników i w razie uszkodzenia izolacji, niezwłocznie je naprawiać lub wymieniać na nowe.

Druty oporowe w przyrządach grzejnych są zawsze zamienne, tak, że w razie przepalenia się, można włożyć nowe.

8. SPAWANIE ELEKTRYCZNE OPOROWE.

W ostatnich czasach rozpowszechniło się bardzo spawanie metali prądem elektrycznym.

Najprostszym jest sposób oporowy Thomsona*) polega on na tem, że prąd zmienny transformujemy w specjalnym transformatorze na prąd bardzo niskiego napięcia, a **wielkiego natężenia** i przepuszczamy ten prąd przez styk dwóch kawałków metalu, które chcemy spoić rys. 76. W miejscu styku ma-



Rys. 76. Spawanie oporowe w styku.

*) Czytaj Tomsona.

my **znaczny opór** dla prądu elektrycznego i z tego powodu miejsce to bardzo mocno rozgrzewa się, tak że ściskając pręty ze sobą, możemy powyższe dwa kawałki metalu spoić.

Tego rodzaju urządzenie jest np. stosowane dla spajania ogniw łańcuchowych.

Dwie blachy można spoić za pomocą tego sposobu, zakładając jedną na drugą i przyciskając mocno dwie miedziane elektrody, połączone z uzwojeniem wtórnym podobnego transformatora. Prąd, płynący w poprzek blach, rozgrzewa je w miejscu przytknięcia elektrod miedzianych do tego stopnia, że blachy spajają się.

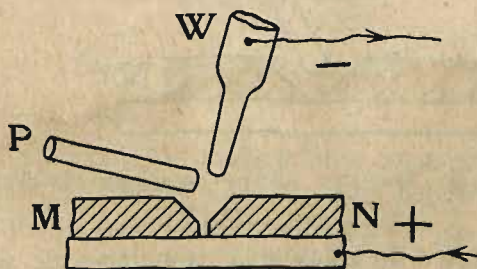
Przesuwając stopniowo blachy dalej otrzymujemy szew. Moc stosowanych w praktyce przyrządów spawalniczych tego rodzaju wynosi zwykle od kilku do kilkudziesięciu kilowatów.

9. SPAWANIE ŁUKOWE.

Oprócz sposobu spawania oporowego jest jeszcze **sposób łukowy**, który ma dwie odmiany.

Sposób **łukowy Bernados'a**, polega na zastosowaniu łuku między węglem i metalem.

Dwie blachy, które mają być spojone ścinamy na brzegach rys. 77.



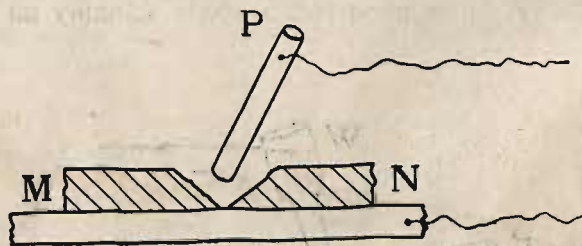
Rys. 77. Spawanie łukowe sposobem Bernados'a.

Nad szewem trzymamy w ręku pałeczkę węglową **W** i metalową **P**. Węgiel i spawane blachy łączymy z przeciwnymi biegunami źródła prądu: węgiel z (—) a blachy z (+); gdy dotkniemy blach węglem i następnie węgiel odsuniemy, to pomiędzy węglem, a blachami utworzy się łuk Volty, który nadtopi blachy, jeżeli następnie wprowadzimy z boku do tego łuku pałeczkę metalową **P**, to pałeczka ta zacznie się topić i stopniowo zaleje szew.

Dla otrzymania dobrego spojenia, szew zalewany szeregiem warstw nakładanych kolejno. Zależnie od grubości blach stosują się prądy od kilkudziesięciu do kilkuset amperów przy napięciu kilkudziesięciu woltów na łuku. Na źródle prądu musi być zawsze napięcie nieco większe, gdyż do obwodu wprowadzamy zawsze oporniki.

Przy tej robocie, głowę i oczy należy koniecznie chronić kapturem z kolorowymi okularami, oraz wkładać rękawiczki z tkaniny azbestowej i fartuch skórzany, dla zabezpieczenia ciała od wysokiej temperatury i bardzo silnego światła **szkodliwego na oczy**.

Druga odmiana sposobu łukowego — **Sławianowa** polega na wprowadzeniu prądu przez topiący się pręt metalowy **P** rys. 78, tutaj może być stosowany prąd stały lub zmienny.



Rys. 78. Spawanie łukowe sposobem Sławianowa.

Pręty metalowe do zalewania zaopatrują się w topliwą powłokę mającą odpowiedni skład chemiczny, która ułatwia szczelne przystawanie metalu z pręta do metalu blach.

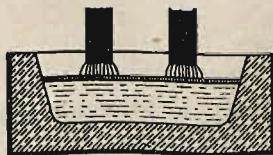
Łukowe sposoby spawania umożliwiają nie tylko spawanie blachy oraz konstrukcji żelaznych, przez co unikamy nitowania, lecz również naprawianie rozmaitych przedmiotów pękniętych, lub połamanych, a także przytapianie nowych warstw metalu dla odnawiania zużytych części maszyn.

Spawanie elektryczne bywa również stosowane do łączenia szyn kolejowych*).

10. ELEKTRYCZNE WYTAPIANIE METALI.

Prąd elektryczny ma również zastosowanie do pieców metalurgicznych wytapiających różne metale, głównie jednak stosuje się przy wytapieniu stali.

Metal roztopiony znajduje się w piecu z ogniotrwałego materiału. Prąd wielkiego natężenia doprowadza się do roztopionego metalu zapomocą bardzo grubych kłoców węglowych. Położenie tych, tak zwanych węglowych elektrod bywa różne. Najczęściej jednak elektrody znajdują się nad roztopionym metalem rys. 79. Pomiedzy temi elektrodami a metalem



Rys. 79. Przekrój metalurgicznego pieca łukowego z dwoma elektrodami.

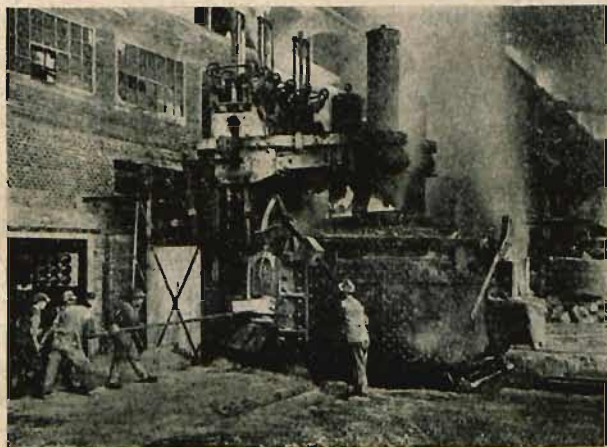
wytwarza się olbrzymi łuk elektryczny, rozgrzewający metal.

Przy prądzie trójfazowym mamy trzy węglowe elektrody, rozstawione równo względem ścianek pieca rys. 80.

*) Szczegóły o spawaniu elektrycznym są podane w broszurze inż. Tad. Gayczaka pod tytułem: „O spawaniu elektrycznym metali”.

Regulacja natężenia prądu odbywa się podnoszeniem i opuszczaniem węglowych elektrod.

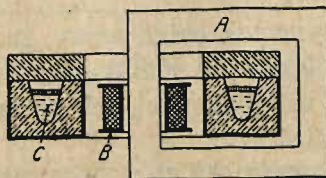
Piece elektryczne elektrodowe służą także do wytapiania różnych związków chemicznych np. węgla wapnia w Chorzowie na Górnym Ślasku.



Rys. 80. Elektryczny piec metalurgiczny zasilany prądem trójfazowym z trzema elektrodami fir. Brown-Boveri na 20 ton metalu.

Zupełnie odmienną jest zasada pieców prądu zmiennego bezelektrodowych rys. 81, w których prąd, powstający w metalu, wzbudza się przez indukcję.

Na ramie **A**, utworzonej z paczek cienkiej blachy żelaznej, jest osadzona cewka z drutu izolowanego **B**, zasilana prądem



Rys. 81. Elektryczny piec indukcyjny bez elektrod.

zmiennym wysokiego napięcia, przyplływającym z prądnic. Cewkę tą otacza większa rynna okrągła z cegły ogniotrwałej, w której znajduje się metal roztopiony **C**. Metal ten tworzy pierścień zamknięty, obejmujący ramę żelazną, tak samo jak cewka.

W tych warunkach **zmienny strumień magnetyczny**, wytworzony w ramie żelaznej przez prąd cewki, wznieca prąd elektryczny wielkiego natężenia, krążący w roztopionym metalu.

Łatwo spostrzedz, że taki piec stanowi rodzaj transformatora, którego krótkozwarty obwód wtórny jest utworzony przez metal w rynnie.

Moc prądu, dopływającego do pieców metalurgicznych, bywa różna: od kilku do kilkuset kilowatów, zależnie od wielkości pieca.

W ostatnich czasach zaczynają wchodzić w użycie piece indukcyjne **zasilane prądem szybkozmiennym** o kilku tysiącach okresów na sekundę. W tych piecach niema ramy żelaznej. Cewka z prądem szybkozmiennym nasadza się wprost na tygiel z metalem i przez indukcję w tym metalu wznieca prądy elektryczne, rozgrzewające ten metal.

ROZDZIAŁ IV. GALWANOPLASTYKA I GALWANOSTEGJA.

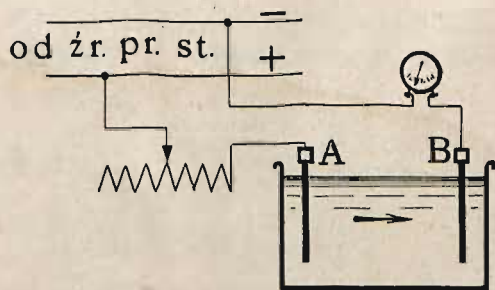
1. WSTĘP.

Galwanoplastyką nazywamy otrzymywanie metalowych przedmiotów różnych kształtów zapomocą prądu elektrycznego.

Galwanostegją nazywamy pokrywanie przedmiotów bardzo cienką warstwą metalu, przy zastosowaniu prądu elektrycznego.

Galwanoplastyka i galwanostegja opierają się na zjawisku **elektrolizy**.

Jeżeli ze źródłem prądu **stałego** połączymy dwie płytki metalowe np.: miedziane, czyli tak zwane elektrody, rys. 82, za-



Rys. 82. Obwód wanny elektrolitycznej.

nurzone w roztworze siarczanu miedzi, to w cieczy, pod wpływem prądu, odbywa się niewidzialny ruch cząsteczek roztworu.

Miedź idzie z prądem i osadza się na płytce, połączonej z biegunem ujemnym źródła prądu, czyli na tak zwanej katodzie, a siarka utleniona idzie wbrew prądowi i, wydzielając się na płytce połączonej z dodatnim biegunem źródła prądu — tak zwanej anodzie, rozpuszcza tę płytkę, tak że tu tworzy się znowu siarczan miedzi.

Wobec tego, skutkiem elektrolizy siarczanu miedzi, miedź z płytki **A** przenosi się na płytkę **B**.

Płytką **A** staje się coraz cieńszą, a płytką **B** coraz grubszą.

W taki sam sposób może odbywać się elektroliza innych metali np. soli, żelaza, niklu, srebra, złota i t. p.

2. OBLICZENIE ILOŚCI METALU OSADZAJĄCEGO SIĘ PRZY ELEKTROLIZIE.

Ilość osadzającego się metalu jest proporcjonalna do **ilości elektryczności, przepływającej przez wannę elektrolityczną.**

Ilość elektryczności obliczamy, mnożąc natężenie prądu przez czas, w ciągu którego prąd ten płynął. Jeżeli natężenie prądu wyrażamy w amperach, a czas w godzinach, to ilość elektryczności wypadnie w amperogodzinach (skrót Ah).

Jeżeli oznaczymy ilość elektryczności przez **Q**, natężenie prądu przez **I**, a czas przez **t**, to

$$Q = I \cdot t.$$

amperogodziny = ampery \times godziny.

Z doświadczenia wiemy, ile metalu z określonego roztworu wydziela jedna amperogodzina. Znając tę liczbę możemy łatwo przeprowadzać różne obliczenia, dotyczące potrzebnego prądu i czasu oraz ilości osadzającego się metalu.

Przykład. Ile potrzeba czasu aby, przepuszczając prąd o natężeniu 5 amperów, wytworzyć warstwę miedzi ważącą

100 gr, jeżeli wiemy, że jedna amperogodzina z roztworu siarczanu miedzi wydziela 1,184 gr. miedzi?

1,184 gr wydziela jedna amperogodzina, więc 100 gr wydzieli:

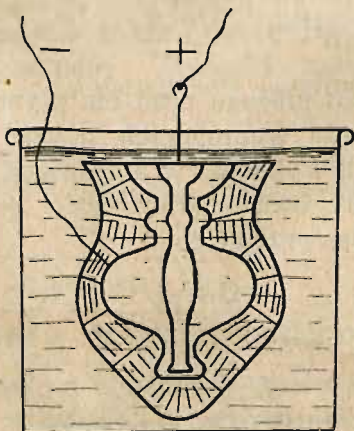
$$\frac{100}{1,184} = 84,5 \text{ Ah.}$$

84,5 amperogodzin elektryczności, przy 5 amperach natężenia prądu, przepłynie w ciągu:

$$\frac{84,5}{5} = 16,9 \text{ godzin.}$$

3. GALWANOPLASTYKA.

W celu otrzymania galwanoplastycznie jakiegoś przedmiotu np. figurki, przygotowujemy formę z gipsu, mającą wewnątrz kształt figurki i pokrywamy ją w środku warstwą przewodzącą, np. grafitem, który styka się z szeregiem drucików przekniętych przez ścianki dla równomiernego dopływu prądu.



Rys. 83. Wanna galwanoplastyczna.

Taką formę rys. 83, zawieszamy w tak zwanej wannie t. j. w naczyniu, najczęściej kamiennem, wypełnionem roztworem

odpowiedniej soli, a w środku na innym drażku wieszamy kawałek metalu tego samego jaki mamy w soli.

Formę łączymy z biegunem **ujemnym**, a drażek metalowy w środku z **dodatnim** biegunem źródła prądu i puszczaemy prąd. Skutkiem elektrolizy kawałek metalu, znajdujący się w środku, rozpuszcza się, a na wewnętrznej powierzchni formy osadza się warstwa metalu, którą możemy uczynić dowolnie grubą, stosownie do potrzeby, przepuszczając prąd w ciągu odpowiedniego czasu.

Gdy warstwa będzie dość gruba, wyjmujemy formę z roztworu. Po zdjęciu formy, zostanie figurka metalowa, mająca jej kształt.

4. GALWANOSTEGJA.

Pokrywanie przedmiotów cienką warstwą metalu stosuje się głównie do miedziowania, srebrzenia i złocenia.

Urządzenie np. do srebrzenia składa się z wanny wypełnionej roztworem odpowiednich soli, w której jest pograżony szereg płytek srebrnych, a pomiędzy nimi przedmioty do srebrzenia np. łyżki. Przedmioty te wszystkie są zawieszane na ramce metalowej wiszącej na jednym ramieniu wagi, której drugie ramie jest obciążone do tego stopnia, że nieco przeważa, rys. 84.

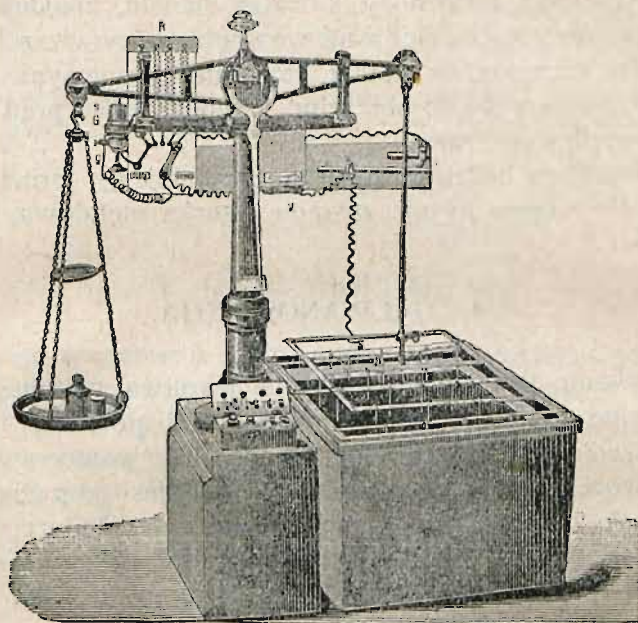
Przedmioty łączą się oczywiście z biegunem ujemnym, płytki zaś metalowe z biegunem dodatnim źródła prądu stałego. Prąd jest zamknięty przez kontakt rtęciowy, utworzony przez pograżenie sztyfcika, umocowanego na lewym ramieniu wagi, w rtęci, znajdującej się w odpowiednim naczyniu.

Gdy warstwa srebra otrzyma się dostatecznie gruba, to prawe ramie przeważa, waga się przechyli, sztyfcik wyjdzie z rtęci i przerwie prąd.

Po wyłączeniu prądu, przedmioty niezwłocznie wyjmujemy, przepłukujemy czystą wodą i polerujemy.

Otrzymać dobry osad przy galwanoplastyce i galwanostegji nie tak łatwo. Należy dbać o to, aby ilość amperów prądu,

przypadająca na jednostkę powierzchni przedmiotów, czyli: tak zwana **gęstość prądu** była odpowiednia, aby temperatura i skład chemiczny roztworu były dobrze dobrane, a przedmioty dokładnie oczyszczone*).



Rys. 84. Wanna elektrolityczna z wagą.

Jako źródła prądu do elektrolizy stosują się obecnie, prawie wyłącznie, przetwornice dwumaszynowe. Silnik tych przetwornic jest zasilany prądem oświetleniowym, prądnicą dostarcza prądu stałego o napięciu **kilku** a przeważnie **kilkunastu** woltów, przy natężeniu od **kilku** do **kilkuset** : więcej amperów, odpowiednio do wielkości urządzenia. W dużych urządzeniach ustawiane bywają specjalne prądnice prądu stałego, napędzane turbinami parowymi. Przy szeregowym połączeniu wanień, dostarczają one prąd o napięciu np. 110 woltów.

*) Szczegółowe wiadomości o tem podaje książeczka J. Modelskiego: Podręcznik do powlekania metalami za pomocą elektryczności i do robienia odbitek. Warszawa 1900 r. oraz kalendarz Elektrotechn.

CZĘŚĆ III

ROZDZIAŁ 1.

TECHNIKA PRĄDÓW SŁABYCH.

Zadaniem techniki prądów słabych jest, posługując się słabymi prądami elektrycznymi, przesyłać po drutach na odległość sygnały, znaki pisarskie, obrazy i dźwięki.

1. DZWONEK ELEKTRYCZNY Z ELEKTROMAGNESEM ZWYCZAJNYM.

Najprostszym urządzeniem sygnalizacyjnym jest dzwonek elektryczny, zasilany prądem z ogniwa galwanicznego. Prąd ten płynie w miarę tego jak stykające się sprężynki w przy-cisku zamkną obwód*).

Ustrój stosowanego tu dzwonka widzimy w szczegółach na rys. 1. Prąd elektryczny przez zacisk **A** wchodzi do uzwojenia elektromagnesu, stąd płynie do śrubki **S**, dalej przez żelazną ramę do kotwicy **k**, śrubki **t** i wychodzi przez drugi zacisk **B**.

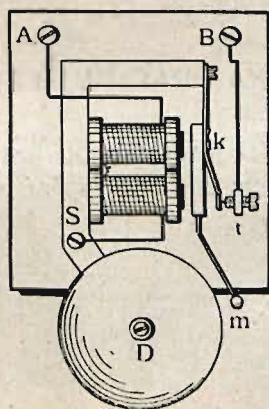
Pod wpływem prądu, rdzenie żelazne elektromagnesu magnesyją się i przyciągają kotwicę **k**. W tym położeniu kotwica **k** przestaje dotykać do śrubki **t** i prąd przerywa się, elek-

*) Patrz rys. 1. w części Iej Krótkiego zarysu elektrotechniki.

tromagnes przestaje przyciągać i kotwica **k** odskakuje, gdyż jest przytwierdzona do żelaznej ramy na sprężynce.

Odskakując, kotwica znów zetknie się ze śrubką **t**, zamknie obwód, prąd popłynie, elektromagnes przyciągnie kotwicę **k** i t. d. W ten sposób, pod wpływem prądu, kotwica drga i młoteczek **m**, osadzony na drucie przytwierdzonym do kotwicy, uderza w miseczkę **D**.

Przy przerywaniu prądu, w tem miejscu, gdzie śrubka **t** dotyka kotwicy **k**, powstaje iskra. Iskra ta stapia koniec śrubki **t**, a na kotwicy tworzy wyżłobienie, przez co psuje

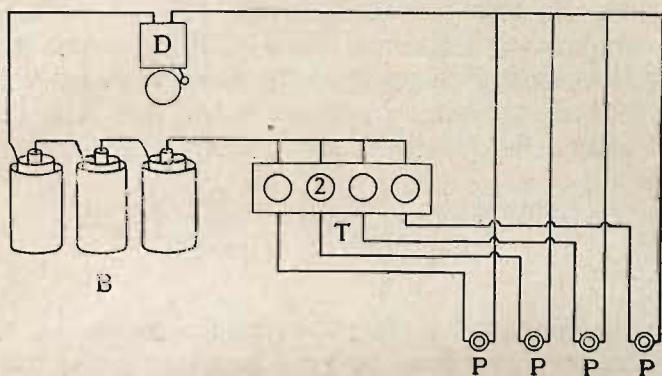


Rys. 1. Dzwonek elektryczny z elektromagnesem zwyczajnym.

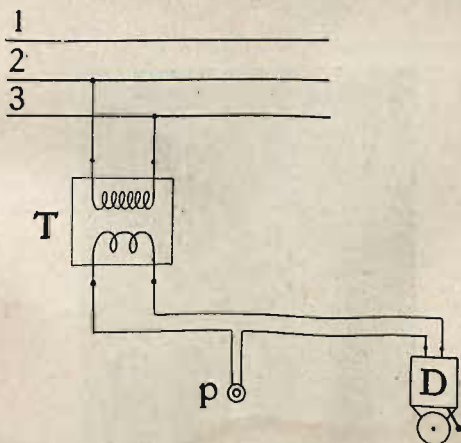
się dokładność kontaktu pomiędzy śrubką i kotwicą, skutkiem tego prąd słabnie, dzwonek zaczyna źle działać.

W celu zapewnienia dzwoncekowi jaknajdłuższego okresu działania, przylutowywujemy na kotwicy cienką płytkę platynową, a na końcu mosiężnej śrubki przytwierdzamy kawałek drutu platynowego. W razie braku platyny, zastępujemy ją niklem lub wolframem. Platyna jest dość trudno topliwa, nie łatwo łączy się z tlenem powietrza, więc skutkiem tego długo pozostanie metalicznie czystą i daje dobry kontakt. Tak szczegółowo tu opisany kontakt dzwonka elektrycznego jest

bardzo charakterystyczny dla urządzeń prądu słabego, gdzie mamy niewielkie siły elektromotoryczne, i słabe prądy, więc niedokładne kontakty mają bardzo wielkie znaczenie.



Rys. 2. Dzwonek elektryczny z numeratorem.



Rys. 3. Dzwonek *D*, przyłączony do sieci oświetleniowej za pomocą transformatora *T*, *p* — przycisk.

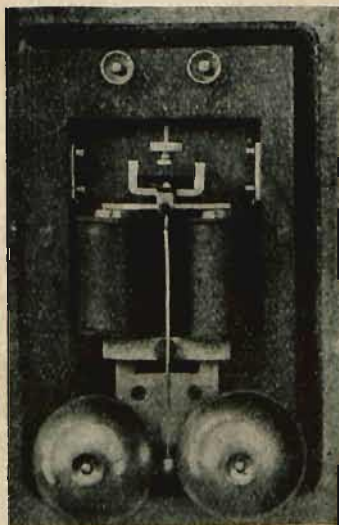
Gdy do jednego dzwonka mamy szereg przycisków, to włączamy tak zwany numerator z elektromagnesami, które wyrzucają w okienkach odpowiednie numery. Układ połączeń jest wskazany na rys. 2.

Jako źródła prądu dla dzwonek elektrycznych tego typu, oprócz ogniw, zwykle co najmniej po dwa w szereg, znajdują szerokie zastosowanie małe transformatorki przyłączane do sieci oświetleniowej rys. 3. One transformują prąd oświetleniowy 120 czy 220 woltowy na prąd bardzo niskiego napięcia np. 4 wolty. Prąd zmienny wprawia w ruch kotwicę dzwonka z przerywaczem, tak samo dobrze, jak prąd stały z baterji ogniw galwanicznych.

2. DZWONEK Z ELEKTROMAGNESEM SPOLARYZOWANYM.

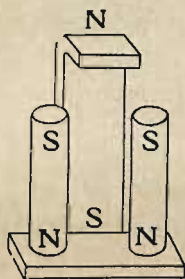
Oprócz dzwonek z przerywaczem stosowane są jeszcze dzwonki bez przerywacza, na prąd zmienny małej częstotliwości.

Urządzenie takiego dzwonka widzimy na rys. 4. Elektroma-



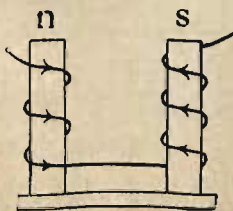
Rys. 4. Dzwonek z elektromagnesem spolaryzowanym, Państwowej wytwórni aparatów telegraficznych i telefonicznych w Warszawie.

gnes tego dzwonka jest **spolaryzowany**, to znaczy stale namagnesowany za pomocą stalowego magnesu, znajdującego się z tyłu i przylegającego jednym biegunem do podstawy elektromagnesu. W tych warunkach polaryzacja obu rdzeni elektromagnesu jest **jednoimienna**, np. na górnych końcach tych rdzeni mamy wytworzone stałe bieguny S. rys. 4-a. Natomiast



Rys. 4-a. Żelazne rdzenie elektromagnesu, spolaryzowane stałym magnesem stalowym.

uzwojenia na rdzeniach mają przeciwne kierunki prądów rys. 5.



Rys. 5. Elektromagnes z uzwojeniami, wywołującymi na rdzeniach bieguny przeciwne.

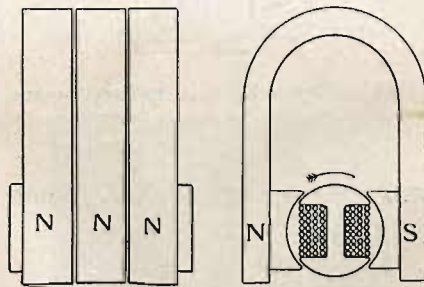
tak, że prąd magnesuje jeden rdzeń zgodnie z istniejącym magnetyzmem, a drugi przeciwnie. Kotwica elektromagnesu obraca się swobodnie, wokoło osi poziomej, umieszczonej w środku pomiędzy rdzeniami, bez żadnej sprężyny. Gdy prądu nie ma,

kotwica stoi przechylona czy w tę, czy w ową stronę, zależnie od przypadku, który biegun mocniej przyciągnie. Gdy popłynie prąd zmienny, to kotwica będzie wahać się w takt zmienności prądu, odpowiednio do kolejnego wzmacniania magnetyzmu to jednego to drugiego rdzenia elektromagnesu.

Do kotwicy przymocowany jest młoteczek, który uderza to w lewą to w prawą miseczkę dzwonka.

Prąd zmienny **małej** częstotliwości, najodpowiedniejszy dla takiego dzwonka, otrzymujemy z tak zwanego **induktora**.

Induktorem nazywamy ręczną prądnicę, w której zamiast elektromagnesów znajdują się stalowe magnesy stałe, mocno

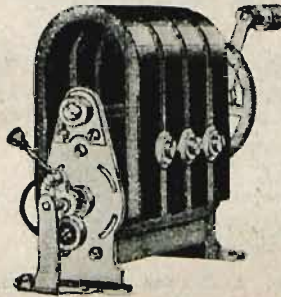


Rys. 6. Magnesy i tworniczek induktora ręcznego.

namagnesowane, rys. 6. Magnesy te są zaopatrzone w żelazne nasadki biegunowe wklęsłe, przystosowane do kształtu twornika. Twornik ma tylko jedną cewkę, nawiniętą na pełnym rdzeniu żelaznym rys. 6, mającym w przekroju postać podwójnej lit. **T**.

W celu otrzymania odpowiedniej siły elektromotorycznej (kilkadziesiąt woltów), twornik trzeba obracać dość szybko i z tego względu stosuje się od korbki przekładnia zębata, rys. 7.

Uzwojenie twornika łączy się jednym końcem z jego żelaznym szkieletem, a drugim z czopkiem izolowanym osadzonym na osi. Prąd odprowadzamy, na jednym biegunie, przez sprężynkę, dotykającą czopka, a na drugim, wprost od ramy induktora.



Rys. 7. Induktor, wytwarzający przy obracaniu prądy zmienne.

Wobec tego że induktor zwykle daje prąd słaby o dość wysokim napięciu, w porównaniu do napięcia paru ogniw galwanicznych, więc dzwonki na prąd zmienny bez przerywacza mają uzwojenie elektromagnesów z cienkiego drutu, tworzącego bardzo wiele zwojów, — znacznie więcej niż w dzwonekach z przerywaczem rys. 1, czasem zwanych bateryjnemi, które mają drut grubszy i zwojów znacznie mniej, gdyż w nich płynie prąd o większem nateżeniu.

3. TELEGRAF.

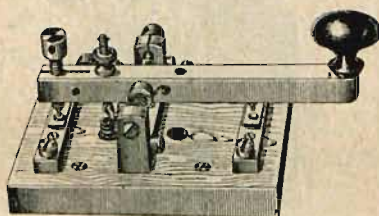
Urządzenia, mające na celu pisanie znaków na odległość, nazywamy **telegrafami**.

Stacje telegraficzne przewodowe połączone są między sobą drutami, stanowiącemi tak zwaną linię telegraficzną, która łączy między sobą aparaty telegraficzne nadawcze z odbiorczemi.

4. APARAT MORZOWSKI.

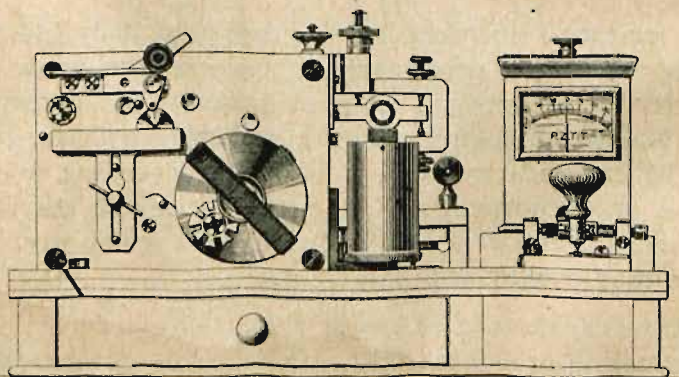
Najbardziej rozpowszechnionym aparatem telegraficznym jest aparat morzowski*), stanowi on jeden z pierwszych wynalazków w tej dziedzinie.

Tak zwany **klucz** nadawczy morzowski jest zwyczajnym przełącznikiem z dwoma kontaktami rys. 8. Aparat odbiorczy



Rys. 8. Klucz morzowski z dwoma kontaktami, Państwowej wytwórni aparatów telegraficznych i telefonicznych w Warszawie.

rys. 9, składa się z elektromagnesu, drążka z kotwicą i kół-

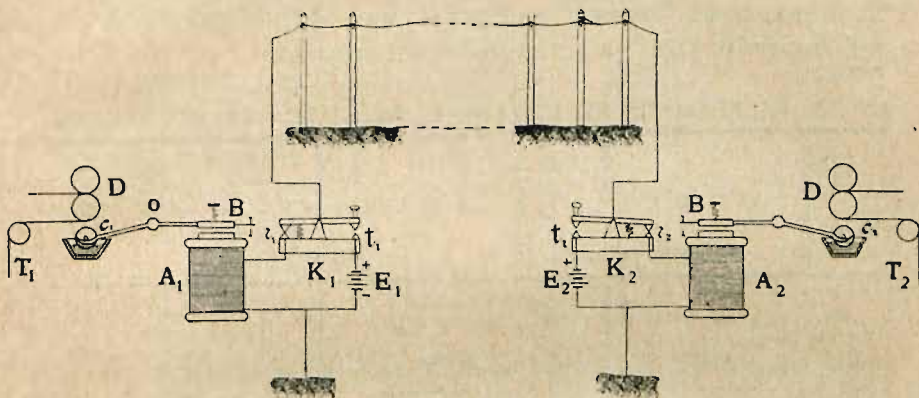


Rys. 9. Aparatus odbiorczy morzowski na wspólnej podstawie z kluczem nadawczym i galwanometrem, dla kontroli natężenia prądu. Państwowej wytwórni aparatów telegraficznych i telefonicznych w Warszawie. Z lewej strony aparatus młoteczka z atramentem i kółko piszące, w środku bębenek ze sprężyną, a z prawej strony elektromagnes z kotwicą.

*) Wynaleziony przez amerykańnina Morse, czytają „s” jak „z”.

kiem piszącym, oraz sprężynowego mechanizmu zegarowego. obracającego kółko piszące i wałeczki, ciągnące taśmę papieru, na której kółko odbija znaki.

Działanie urządzenia najlepiej uwidocznia rys. 10 gdzie są



Rys. 10. Dwie stacje telegraficzne z aparatami morzowskimi.

pokazane dwie stacje telegraficzne, połączone ze sobą jednym drutem, z zamknięciem obwodu przez ziemię. Skoro przyciśniemy klucz K_2 to prąd z baterji ogniów galwanicznych E_2 popłynie przez kontakt t_1 do linii, następnie przez kontakt r_1 klucza K_1 do elektromagnesu A_1 , a dalej przez ziemię z powrotem do baterji E_2 .

Pod wpływem prądu, elektromagnes A_1 przyciąga kotwicę B , drążek kotwicy obraca się wokoło osi O i podnosi kółko umieszczane w farbie. Nad kółkiem znajduje się w ruchu taśma papierowa. Kółko dotyka do tej taśmy i zostawia na niej ślad, w postaci długiej czy krótkiej kreski, stosownie do czasu, w ciągu którego płynie prąd. Prąd zaś płynie tak długo, jak długo jest przyciśnięty klucz K_2 . Gdy klucz puścimy, obwód przerwie się na kontakcie t_2 , elektromagnes A_1 zwolni kotwicę B i sprężyna ją odciągnie.

Z długich i krótkich kresek (czyli kresek i kropek) utworzył Morse cały alfabet. Tak np. litera „b“ wyraża się za pomocą jednej długiej kreski i trzech krótkich. W celu podania takiej litery, należy klucz raz nacisnąć na czas dłuższy, a następnie trzy razy na krótko. Prąd elektryczny, płynący w elektromagnesach aparatu morzowskiego, wynosi od 10 do 15 miliamperów t. j. tysięcznych części ampera.

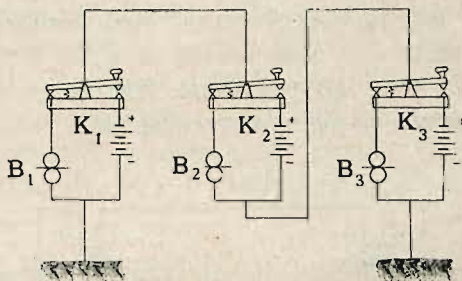
ZNAKI TELEGRAFICZNE UŻYWANE NA APARACIE MORZOSKIM

Polski Francuski Niemiecki	Z N A K I	Polski Francuski Niemiecki	Z N A K I	Polski Francuski Niemiecki	Z N A K I
a	• —	h	• • • •	r	• — •
á	• — — — • —	i	• •	s	• • •
ä	• — • —	j	• — — —	t	—
b	— • • •	k	— • —	u	• • —
c	— • — •	l	• — • •	ü	• • — —
ch	— — — —	m	— —	v	• • • —
d	— • •	n	— •	w	• — —
e	•	o	— — — —	x	— • • —
ę	• • — • •	ó ö	— — — •	y	— • — —
f	• • — •	p	• — — •	z	— — • • •
g	— — •	q	— — • —		
		L I C Z B Y			
1	• — — — —	5	• • • • •	9	— — — — •
2	• • — — —	6	— • • • •	0	— — — — —
3	• • • — —	7	— — • • •	kreski	
4	• • • • —	8	— — — • •	ułamko-	
				we	— — — — —

5. UKŁADY POŁĄCZEŃ KILKU STACJI.

Gdy mamy kilka stacji, korespondujących między sobą, to stosuje się szeregowo połączenie aparatów z baterjami na każdej stacji, lub na jednej stacji.

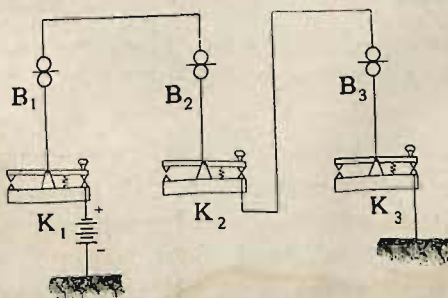
Gdy mamy niewiele stacji, znajdujących się na znacznej odległości od siebie, to baterje umieszczamy na każdej stacji i wykonywamy połączenie według układu, wskazanego na rys 11-tym, gdy zamykamy klucz na jednej stacji, znaki otrzymu-



Rys. 11. Układ na prąd roboczy.

ją się na wszystkich. Jest to połączenie, tak zwane, na prąd roboczy.

Gdy stacji jest dużo, blisko siebie, to dajemy układ inny, pokazany na rys. 12, tu prąd stale płynie w obwodzie i tylko



Rys. 12. Układ na prąd ciągły.

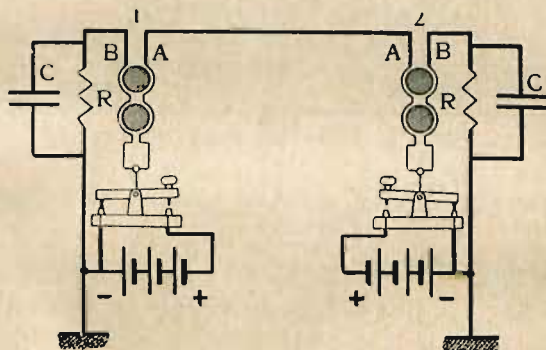
przy nadawaniu znaków podnosimy klucz i przerywamy obwód.

Tu także aparaty odbiorcze wszystkich stacji działają gdy jedna z nich nadaje, ale tylko właściwa stacja poznaje na słuch swój adres i puszcza w ruch taśmę.

6. UKŁAD TELEGRAFICZNY DUPEKSOBY.

W celu jak najlepszego wyzyskania linii telegraficznych, są różne sposoby przesyłania po jednym drucie kilku depesz jednocześnie.

Najprostszy jest np. tak zwany układ **dupleksowy**, pozwalający przesyłać po tym samym drucie dwie depesze w strony przeciwne. Na rys. 13 pokazane jest schematycznie urządzenie dupleksowe aparatu morzowskiego.



Rys. 13. Układ połączeń dupleksowy umożliwia telegrafowanie jednocześnie w obu kierunkach.

Elektromagnes aparatu piszącego morzowskiego został tu zaopatrzony w dwa uzwojenia **A** i **B**, pokazane na rysunku schematycznie, obejmują one elektromagnes wokoło i mają kierunki zwojów przeciwne.

Przy naciśnięciu klucza, prąd płynący z baterji, rozgałęzia się na oba uzwojenia elektromagnesu tej stacji, na której został przyciśnięty klucz. Działanie magnesujące tych prądów znosi się i przez to klucz nie działa na elektromagnes tej samej stacji.

Natomiast prąd, przychodzący z linii, płynie tylko przez jedno uzwojenie i namagnesowuje elektromagnes.

W ten sposób klucz I-ej stacji wprawia w ruch aparat II-ej

stacji, a klucz II-ej stacji wprawia w ruch aparat I-ej stacji, posyłając prądy po tym samym drucie.

Dla dokładnego uzgodnienia prądów przepływających w uzwojeniach **A** i **B** od miejscowej baterji, z której jeden prąd płynie do linii, a drugi w miejscowym obwodzie zamkniętym, w tym obwodzie oprócz opornika **R** znajduje się równolegle włączony **kondensator C**, składający się z płytek od siebie izolowanych, taki przyrząd jest zbiornikiem elektryczności, czyli ładunku elektrycznego, i posiada tak zwaną pojemność. On jest tu potrzebny w celu naśladowania pojemnościowych własności linii, aby prądy w uzwojeniach **A** i **B** były zawsze zupełnie jednakowe.

7. APARATY DRUKUJĄCE I SZYBKO PISZĄCE.

Największy jednak postęp, w sprawie wyzyskania linii telegraficznych, osiągnięto przez zastosowanie udoskonalonych aparatów telegraficznych drukujących i szybko piszących. Wszystkie te aparaty mają ogólną zasadę podobną jak aparat morzowski.

Każdy z nich ma przyrząd nadawczy, gdzie odpowiedni przełącznik przerywa, lub zmienia kierunek prądu i przyrząd odbiorczy, w którym prądy, przychodzące z linii, magnesując elektromagnesy, dają znaki kreskowe lub też drukują na paskach papieru zwykle litery.

Nowsze aparaty tego typu mają mechaniczne nadawanie, znacznie szybsze od ręcznego. Tą drogą zwiększono liczbę znaków przesłanych na minutę z 80-ciu przy aparacie morzowskim, do 2000 przy zastosowaniu aparatu Siemensowskiego, lub Witstonowskiego.

8. TRANSLACJA.

Gdy trzeba telegrafować na tysiące kilometrów, to upływy prądu przez izolatory i słupy sprawiają, że prąd dochodzący do stacji odbiorczej jest za słaby, wtedy stosują się na pośrednich stacjach przekaźniki. Są to czułe elektromagnesy zasilane prądem stacji nadawczej. Kotwica elektromagnesów

tych przekaźników, zamyka obwód drugi, zasilany źródłem prądu, znajdującem się na stacji przekaźnikowej, i ten już drugi prąd posyła się do następnej stacji przekaźnikowej, lub do stacji odbiorczej.

Tego rodzaju urządzenie przekaźnikowe nazywamy **translacją**. W bardzo długich liniach łączących np. miasta Europy z miastami Azji, włącza się w szereg kilka translacji tego rodzaju.

9. LINJE TELEGRAFICZNE.

Najczęściej linje telegraficzne są napowietrzne, z drutu żelaznego cynkowanego 3 mm, 4 mm lub 5 mm średnicy; zawieszzonego na porcelanowych lub szklanych izolatorach. Poza tem jednak, znajdują również zastosowanie kable obojętne, w których ułożone są nieraz w wielkiej liczbie izolowane druty miedziane od 0,6 do 2 mm średnicy. Jako izolacja obecnie używa się przeważnie papier.

Kable bywają różnego rodzaju, zależnie od tego gdzie mają być ułożone. Szczególny ustrój mają kable morskie, układane na dnie morza, łączące między sobą nieraz bardzo odległe lądy.

W liniach kablowych bardzo długich np. transoceanicznych stosują prądy elektryczne jeszcze słabsze, niż w przewodach napowietrznych, to też odbiorniki są tu znacznie czulsze, niż w liniach napowietrznych, kablowe odbiorniki piszą zwykle znaki w postaci linii falistej; na taśmie. Wychylenia fali w jedną stronę oznaczają kreski, a w drugą stronę punkty alfabetu morzowskiego.

10. PRZESYŁANIE OBRAZÓW NA ODLEGŁOŚĆ.

(T e l e g r a f i k a).

Pomysł urządzenia aparatów, kreślących na odległość kopje rysunków i fotografii, powstał już dawno, decydujące jednak udoskonalenia dokonano w czasach ostatnich.

Zasada ogólna tego pomysłu polega na tem, że na stacji nadawczej wkładamy w aparat nadawczy fotografię, czy rysunek, który mamy przesłać. Na stacji zaś odbiorczej wkłada się do aparatu czysty papier. Gdy puścimy aparaty w ruch, to, po upływie paru minut, na białym papierze stacji odbiorczej otrzymamy taki sam obraz, jaki umieściliśmy w aparacie stacji nadawczej.

Łącznikiem pomiędzy aparatami nadawczym i odbiorczym jest prąd elektryczny, płynący po drucie rozpiętym między stacjami, lub fale elektromagnetyczne biegnące między stacjami bez drutu*). Ustrój aparatów podajemy w paragrafach następnych.

11. APARAT ŚWIETLNY.

Na stacji nadawczej znajduje się obrazek przezroczysty z odpowiedniemi cieniowaniami w miejscach ciemnych.

Przez taki obrazek przepuszczamy wążeczkę wiązkę promieni świetlnych, która niemal w jednym punkcie przenika obrazek. Dalej wiązka ta pada na światłoczułą bańkę szklaną, z dwoma elektrodami, posiadającą osobiwą własność przy naświetlaniu zmniejszania oporu między temi elektrodami**).

Taką bańkę wprowadzamy, za pośrednictwem wzmacniacza, w obwód prądu, płynącego do stacji odbiorczej. Na stacji odbiorczej prąd ten wywołuje zmiany w natężeniu światła, znajdującej się tam, lampki elektrycznej. Lampka ta rzuca wążeczkę wiązkę światła na światłoczuły papier fotograficzny.

Przezroczysty obrazek na stacji nadawczej i papier fotograficzny na stacji odbiorczej poruszają się za pomocą odpowiedniego mechanizmu zupełnie jednakowo tak, że obie wiązki światła na stacji nadawczej i na odbiorczej, zakreślają

*) Patrz dalej radiotelegrafia.

***) Szklana bańka światłoczuła jest opróżniona, niema w niej prawie zupełnie powietrza. Na to miast, w jednym miejscu ścianka jest wewnątrz pokryta warstwą metalu potasu. Przy naświetlaniu metal ten wysyła cząsteczki naelektryzowane przenoszące elektryczność wewnątrz bańki.

drogę zygzakowatą, przechodzą kolejno przez wszystkie miejsca obrazka.

Tam, gdzie obrazek jest jasny, bańka będzie mocno naświetlana, do stacji odbiorczej pójdzie prąd silny, przez to tam lampka będzie świecić mocno i zostawi ciemny znak na papierze światłoczułym. Tam gdzie obrazek jest ciemny, bańka będzie naświetlana słabo, do stacji odbiorczej pójdzie prąd mały i przez to lampka będzie tam świecić słabo, więc papier fotograficzny w tym miejscu poczernieje nieznacznie.

Słowem, wszystkie miejsca, przezroczone na obrazku, będą ciemne na papierze fotograficznym i odwrotnie te miejsca gdzie obrazek jest ciemny na papierze fotograficznym będą jasne.

Sposoby przyciemniania i rozświetlania lampy za pomocą słabego prądu telegraficznego na stacji odbiorczej bywają różne, można nawet łatwo urządzić tak, aby, przy wzmaganiu się prądu, przychodzącego z linii, lampka zasilana innym prądem, przyciemniała światło.

W ten sposób za pomocą prądu elektrycznego otrzymujemy szybko odbitkę fotograficzną w miejscu bardzo oddalonym od stacji nadawczej.

12. APARAT SZTYFCIKOWY.

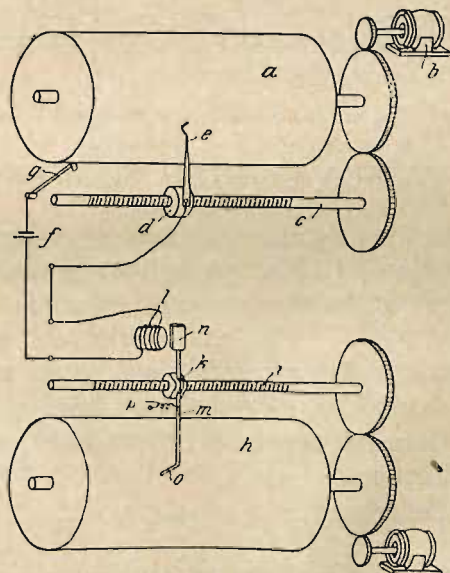
Oprócz aparatu świetlnego są jednak jeszcze inne urządzenia prostsze, przesyłające rysunki kreskowe. Na stacji nadawczej obraca się walec, na którym ułożono rysunek, wykonany na blaszce atramentem izolującym, na stacji odbiorczej jest drugi taki sam walec, który owija się kalką farbowaną, używaną np. do otrzymywania kilku odbitek na maszynie do pisania. Na taką kalkę nakłada się biały cienki półprzezroczysty papier.

Na stacji nadawczej i na odbiorczej walce obracane są zgodnie rys. 14, motorkami elektrycznymi, — **b**.

Po walcach przesuwają się jednocześnie sztyfciki **o** i **e** przymocowane do nakrętek **k** i **d** osadzonych na śru-

bach, wirujących razem z walcami. Przez sztyfcik na stacji nadawczej przepuszczamy prąd płynący z baterji **f** do stacji odbiorczej, gdzie elektromagnes **l**, przyciągając kotwicę **n**, podnosi sztyfcik **o** od papieru.

Gdy sztyfcik na stacji nadawczej styka się z przewodzącą powierzchnią blaszki na walcu, prąd płynie i sztyfcik na stacji odbiorczej jest podniesiony, natomiast gdy sztyfcik na stacji



Rys. 14. Układ aparatów sztyfcikowych do przesyłania na odległość rysunków.

nadawczej trafi na kreskę, z atramentu izolującego, to prąd przerywa się i sprężynka **p** na stacji odbiorczej przyciska sztyfcik do papieru, odbijając znaczek.

Przy ciąglem obracaniu się walców i przy posuwaniu się sztyfcików, każdy sztyfcik przejdzie po całym walcu i z powyższych znaczków utworzy się na stacji odbiorczej odbitka rysunku, znajdującego się na stacji nadawczej. Na rys. 15 wi-

dzimy jak wygląda np. otrzymany tą drogą napis. Dla lepszego działania aparatu odbiorczego, sztyfcik odbiorczy ogrzewa



Rys. 15. Napis otrzymany na stacji odbiorczej.

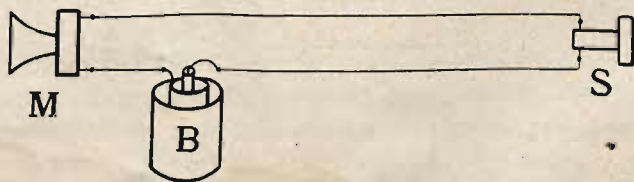
się osobnym prądem elektrycznym, wtedy przy słabym nacisku otrzymują się wyraźne znaki.

13. ZASADA USTROJU TELEFONÓW.

Telefonem elektrycznym nazywamy urządzenie do przesyłania na odległość dźwięków za pomocą prądu elektrycznego.

Na stacji nadawczej mamy przyrząd zwany **mikrofonem**, który odbiera dźwięki, a na stacji odbiorczej mamy **słuchawkę**, która powtarza dźwięki odebrane przez mikrofon.

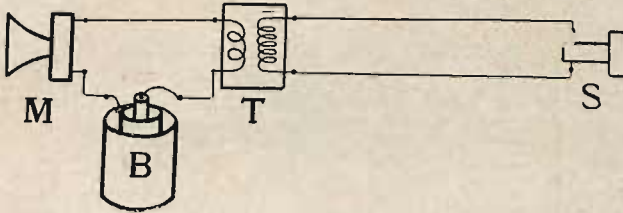
Mikrofon i słuchawka są połączone między sobą przewodami bezpośrednimi, lub przez transformatorek, zwany tu zwykle cewką indukcyjną.



Rys. 16. Obwód utworzony z mikrofonu *M*, słuchawki *S* i ogniwa *B*.

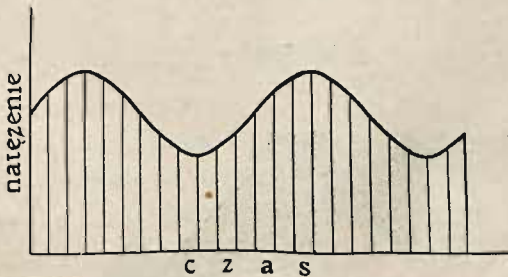
Na rys. 16 widzimy układ połączeń przy bezpośrednim połączeniu, a na rys. 17 przez cewkę indukcyjną. Źródło prądu, najczęściej w postaci dwóch ogniw galwanicznych, połączonych w szereg, mamy zawsze w obwodzie mikrofonu.

Zasada działania takiego urządzenia, przy bezpośrednim połączeniu, jest następująca: mikrofon ma własność zmiany



Rys. 17. Układ telefoniczny z transformatorciem *T*, mikrofonem *M*, słuchawką — *S* i ogniwem *B*.

oporności elektrycznej pod wpływem dźwięków. Gdy mówimy do mikrofonu, — stały prąd, dostarczany przez ogniwa, wskutek zmiennej oporności obwodu, faluje co do natężenia. — Rys. 18.



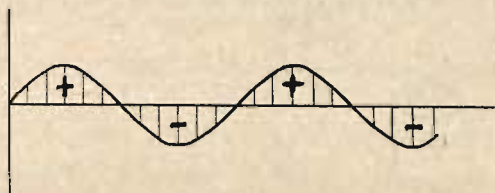
Rys. 18. Prąd tętniący.

Taki falujący prąd, zwany tętniącym, wchodzi do słuchawki i tu wprawia w drgania blaszkę, która wydaje dźwięki.

W układzie podanym na rys. 17 z cewką indukcyjną sprawa przedstawia się nieco inaczej.

W obwodzie mikrofonu mamy znowu prąd tętniący jedno-

kierunkowy, ale w obwodzie słuchawki powstaje prąd, indukowany przez strumień magnetyczny cewki, taki prąd indukowany jest zawsze zmienny co do wielkości i co do kierunku rys. 19, w końcu jednak działanie jego na słuchawkę

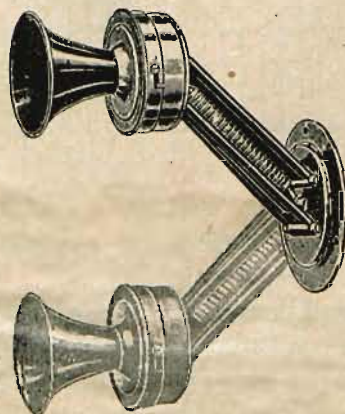


Rys. 19. Prąd zmienny.

jest podobne, jak działanie stałego prądu falującego, tak że i w drugim przypadku słuchawka również powtórzy dźwięki, otrzymane przez mikrofon.

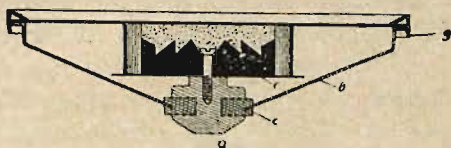
14. MIKROFON.

Ustrój społecznych **mikrofonów** jest następujący: rys. 20.



Rys. 20. Mikrofon ruchomy.

blaszane pudełko, zaopatrzone często w krótką tubę rys. 20, zawiera wewnątrz tak zwane jądro, pokazane w przecięciu na rys. 21, jest to również okrągłe pudełko, w którym górna



Rys. 21. Jądro mikrofonu fir. Siemens i Halske.

ścianka jest zrobiona z cieniutkiej płytki węglowej, pod płytką w środku mamy proszek węglowy, znajdujący się w gniazdku — którego dno stanowi gruba karbowana płytką węglawa, a boki warstwa waty.

Gruba płytką węglowa jest umocowana w pudełku za pomocą **izolowanego** trzpienia.

Jeden przewód obwodu elektrycznego łączymy z pudełkiem jądra mikrofonu, a drugi z trzpieniem izolowanym, podtrzymującym wewnętrzną grubą płytką węglową.

Do proszku węglowego prąd dostaje się przez cieniutką płytką węglową, a wychodzi przez grubą płytką węglową i trzpień izolowany.

Główny opór mikrofonu znajduje się w warstwie proszku węglowego. Gdy mówimy do mikrofonu, to, pod wpływem zmiennego nacisku powietrza fal dźwiękowych, cieniutka płytką węglowa drga i ściska ze zmienną siłą proszek węglowy. Przez to oporność mikrofonu dla prądu elektrycznego zmienia się w szerokich granicach.

W razie uszkodzenia jądra, łatwo je zastąpić nowem.

15. SŁUCHAWKA.

Ustrój współczesnych słuchawek bywa różny, ale tylko w szczegółach, na ogół zaś zawsze tam mamy blaszkę żelazną i spolaryzowany elektromagnes.

Pospolita słuchawka stanowi pudełko blaszane, przykryte muszlą ebonitową z otworem rys. 22. Wewnątrz tego pudeł-



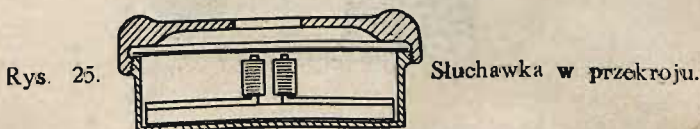
Rys. 22. Słuchawka telefoniczna.

ka jest elektromagnes spolaryzowany, składający się np. z pierścieniowego stałego magnesu stalowego rys. 23, oraz nasadek biegunowych rys. 24, z miękkiego żelaza, z cewkami zwinionymi z cienkiego miedzianego drutu, dobrze izolowanego jedwabiem. Nad tym elektromagnesem, rys. 25, na odległości drobnej części milimetra od nasadek biegunowych, znajduje się cienka blaszka żelazna cynowana, zaciśnięta na obwodzie pomiędzy bocznymi ściankami pudełka a muszlą słuchawkową, która często zakręca się na gwint. Gdy prąd tężący albo zmienny przepływa w uzwojeniach cewek elektromagnesu, to strumień magnetyczny na przemian wzmaga się i słabnie; wskutek tego ulega zmianom siła przyciągania elektromagnesu,

wywierana na blaszkę żelazną, czyli na, tak zwaną, membranę lub błonę.

Pod wpływem tej zmiennej siły, blaszka drga i wydaje dźwięk. Rodzaj dźwięku, jak wiadomo, zależy głównie od częstotliwości drgań blaszki, im częstsze są drgania, tem wyższy, czyli cieńszy mamy ton.

Częstotliwość drgań blaszki w słuchawce jest oczywiście taka sama, jaka jest częstotliwość zmienności siły przyciągającej, a więc taka sama jak częstotliwość prądu, dopływającego do elektromagnesu słuchawki. Zmienność zaś prądu zachodząca



dzi z taką samą częstotliwością, jak zmienność oporności mikrofonu, która ma częstotliwość fal dźwięku odebranego przez mikrofon.

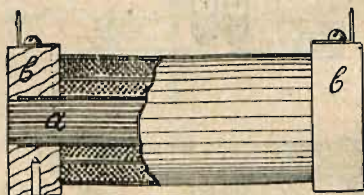
Słowem wysokość dźwięku, wysłanego przez słuchawkę, równa jest wysokości dźwięku, wywołanego przed mikrofonem. W ten sposób słuchawka wiernie oddaje dźwięki, odebrane przez mikrofon.

Duże słuchawki, najlepiej z grubymi dużymi blaszkami, bywają czasem stosowane jako aparaty telefoniczne nadawcze, zamiast mikrofonów.

Jeżeli nawet zwykłą słuchawkę, połączyć z drugą słuchawką dwoma przewodami (bez baterji), to mówiąc do pierwszej usłyszymy w drugiej mowę. Prąd otrzymuje się tu przez indukcję, skutkiem ruchu blaszki w pierwszej słuchawce. Gdy blaszka zbliża się do biegunów elektromagnesu, strumień magnetyczny skupia się w cewkach, a jak się oddala, to strumień magnetyczny rozprasza się.

16. CEWKA INDUKCYJNA.

Gdy mamy przesłać głos możliwie wyraźnie, szczególnie na znaczną odległość, wprowadzamy często pomiędzy obwodem mikrofonu i obwodem słuchawki, mały transformatorek, rys. 17, czyli, tak zwaną, w telefonji **cewkę indukcyjną**.



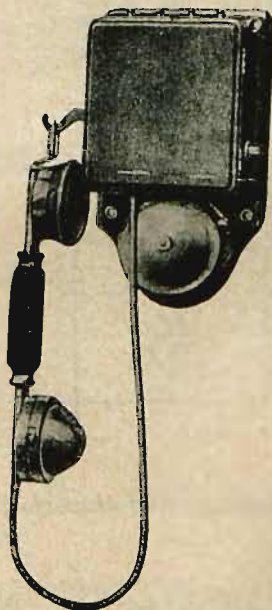
Rys. 26. Cewka indukcyjna.

Cewka ta ma rdzeń żelazny **a** (rys. 26) utworzony z pęczka cienkich, krótkich drucików żelaznych. Na końcach rdzenia są mocno nasadzone drewniane deseczki **b**, pomiędzy którymi nawijają się **dwie** cewki.

Cewka obwodu mikrofonowego nawinięta jest z grubszego drutu w kilkaset zwojów, natomiast cewka obwodu słuchawkowego jest z drutu cieńszego, nawiniętego w kilka tysięcy zwojów.

17. APARAT TELEFONICZNY Z DZWONKIEM BATERYJNYM.

W biurach i małych fabrykach, stosują się nieraz aparaty telefoniczne z dzwonkiem, wprawianym w ruch od baterji ogniów galwanicznych. Są to aparaty tanie i proste w obsłudze. W pudełku drewnianem rys. 27, znajduje się dzwonek,

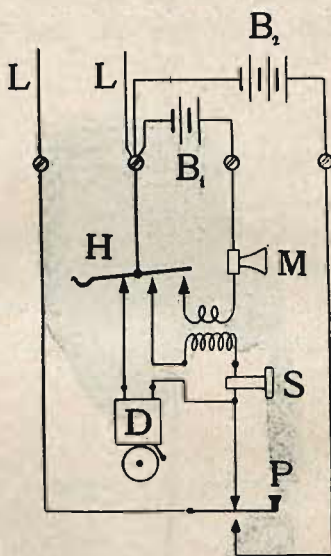


Rys. 27. Aparat telefoniczny z dzwonkiem bateryjnym. Fir. Siemens i Halske.

transformatorek i przełącznik z haczykiem, na którym wi-
si, tak zwany, mikrotelefon t. j. mikrofon ze słuchawką, umoco-
wany na jednej ręczce — u góry słuchawka, a u dołu mikro-
fon bez tuby.—Układ wewnętrznych połączeń takiego aparatu
pokazany jest na rys. 28.

Przewody **L** i **L** łączymy z linią, która prowadzi do drugiego
takiego samego aparatu. Bateria **B**, z dwóch ogniów, połączo-

nych w szereg, służy dla zasilania mikrofonu **M**, a baterja **B₂**, zwykle z kilku ogniw, których liczba zależy od długości linii, daje prąd do dzwonka.

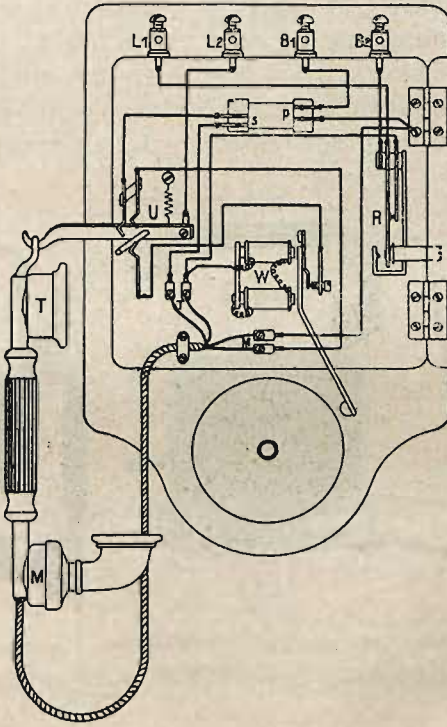


Rys. 28. Układ połączeń aparatu telefonicznego z dzwonkiem bateryjnym.

Gdy mikrotelefon wisi na haczyku **H**, przełącznik łączy przewód linii **L** z dzwonkiem, jeżeli z linii przybędzie prąd to on przejdzie przez dzwonek, który wtedy dzwoni. Chcąc posłać sygnał do drugiej stacji, naciskamy przycisk **P**, wtedy prąd z baterji **B₂**, znajdującej się przy tym aparacie, popłynie przez linię do drugiej stacji, gdzie wprawi w ruch dzwonek.

Przy rozmowie, oba mikrofony muszą być zdjęte, wtedy, pod wpływem odpowiedniej sprężynki haczyk przechyla się i łączy obwód słuchawki z linią, a zarazem przez mikrofon puszcza prąd z baterji **B₁**.

Na rys. 29 widzimy wykonanie tego układu połączeń wewnątrz aparatu.



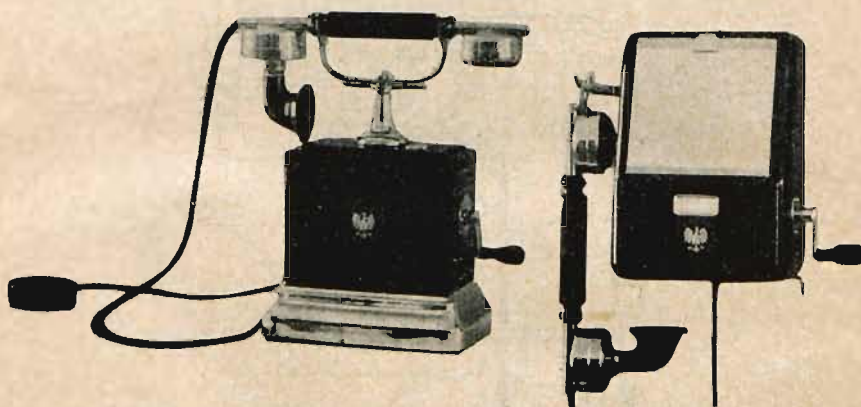
Rys. 29. Wykonanie wewnętrznych połączeń aparatu telefonicznego z dzwonkiem bateryjnym.

18. APARAT TELEFONICZNY INDUKTOROWY.

Większe i rozleglejsze urządzenia telefoniczne zaopatrują się zwykle w aparaty induktorowe z dzwonkiem na prąd zmienny, wprowadzonym w ruch prądem z induktora rys. 7 str. 119. Aparat taki rys. 30, znajdujący się na każdej stacji, stanowi skrzynkę blaszaną, w której jest dzwonek, induktor, transfor-

materek i przełącznik z haczykiem lub widelkami. Na haczyku wisi lub na widelkach leży mikrotelefon.

Układ połączeń tego aparatu widzimy na rys. 31. Bateria **B** służy dla mikrofonu, **L** i **L** przewody linii. Pomiedzy przewody linjowe włącza się przed aparatem odgromnik **p**, składający się w zasadzie z trzech płytek węglowych, dwie z nich są przyłączone do przewodów **L** i **L**, a trzecia do ziemi. Je-



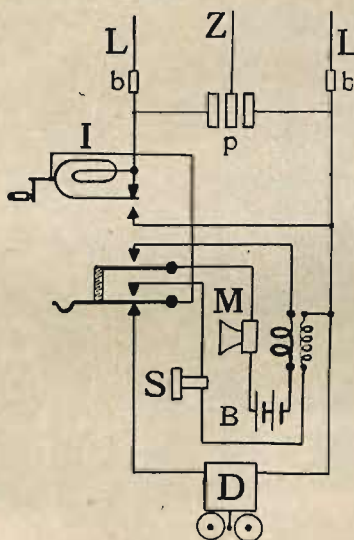
Rys. 30. Aparaty telefoniczne, induktorowe, Państwowej wytwórni aparatów telegraficznych i telefonicznych w Warszawie.

żeli pod wpływem elektryczności atmosferycznej powstało by na przewodach wysokie napięcie względem ziemi, to między płytkami połączonymi z przewodami **L** i **L**, a płytką ziemną przeskoczą iskierki i odprowadzą elektryczność do ziemi. „b” — bezpieczniki topliwe od obcego prądu.

Sygnaty dzwonekowe odbieramy z linii przy zawieszonym mikrotelefonie, wtedy przełącznik stoi tak jak na rysunku. Dla zmniejszenia oporu obwodu, uzwojenie induktora **I** jest krótko zwarte.

Sygnal dajemy obracając korbkę induktora. W induktorze jest urządzenie, które w chwili rozpoczęcia ruchu obrotowego

korbki, samoczynnie rozłącza zwarcie i przełącza induktor na linię. Rozmowę prowadzimy po zdjęciu mikrofonu z haczyka, wtedy sprężynka przechyla przełącznik, który przyłącza obwód słuchawki **S** do linii, i zamyka obwód mikrofonu **M**, otrzymującego prąd z ogniw galwanicznych.



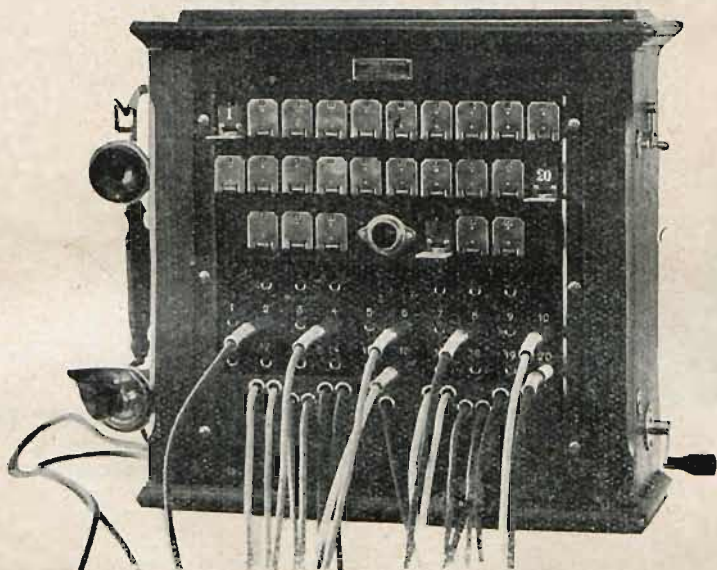
Rys. 31. Układ połączeń telefonicznego aparatu indukcyjnego.

Gdy mamy kilka aparatów, przez które musimy rozmawiać w różnych kombinacjach, to dajemy na aparatach odpowiednią liczbę przełączników, i ciągniemy między aparatami kilka drutów.

19. ŁĄCZNICE TELEFONICZNE RĘCZNE.

Gdy mamy aparatów dużo np. kilkanaście i więcej, to łączymy te aparaty przewodami tylko z łącznicą telefoniczną, za pomocą której wykonywamy pomiędzy temi aparatami do-

wolne połączenia. Na rys. 32 widzimy małą ręczną łącznicę na 20 numerów.



Rys. 32. Łącznica telefoniczna sznurowa, Państwowej wytwórni aparatów telegraficznych i telefonicznych w Warszawie.

Gdy abonent chce rozmawiać, to posyła prąd induktorowy do łącznicy, skutkiem tego tam odkrywa się kłapka z numerem. Obsługujący łącznicę łączy się wtedy z wyzywającym aparatem, wkładając jedną z wielu wtyczek do odpowiedniego gniazdko i pyta o numer z którym ma połączyć, otrzymawszy odpowiedź, łączy aparaty za pomocą sznura z wtyczkami na końcach.

Gdy rozmowa skończona, rozmawiający posyłają znowu prąd induktorowy, który otwiera inną kłapkę na łącznicy (patrz 6 kłapek w dolnym szeregu na rys. 32), oznajmiająca, że rozmowa skończona i można rozłączyć.

Większe urządzenia telefoniczne fabryczne i miejskie, zaopatrują się w łącznice z jedną centralną baterją, która w miarę potrzeby do każdego z mikrofonów posyła prąd stały. Prąd ten jednocześnie służy do sygnalizacji, tak, że niepotrzebne są w aparatach induktory. Przy takim urządzeniu, gdy zdejmujemy mikrotelefon z haczyka, zamyka się obwód prądu stałego, sprawiającego zaświecenie się lampki (zamiast kłapki) wywołującej na łącznicy, po zawieszeniu mikrotelefonu zaświeci inna lampka, sygnalizująca koniec rozmowy.

20. ŁĄCZNICE TELEFONICZNE AUTOMATYCZNE.

Obecnie zaczynają się już rozpowszechniać łącznice samoczynne, które prawdopodobnie prędko zastąpią wszystkie łącznice ręczne.

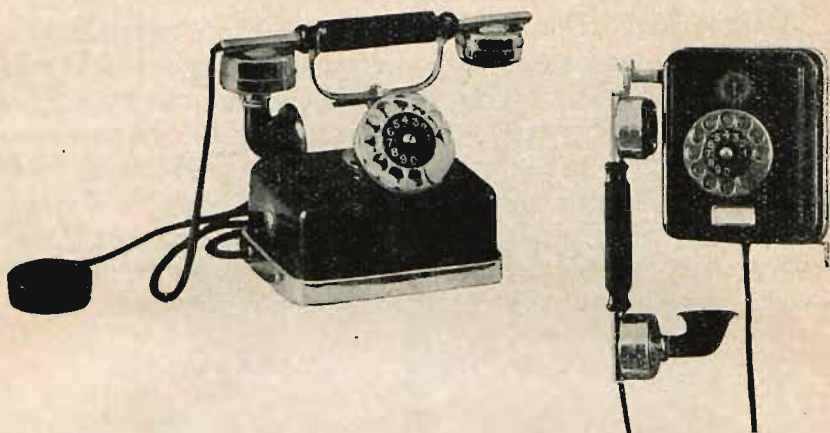
Do łącznicy samoczynnej można przyłączać tylko aparaty specjalnej konstrukcji, w których jest urządzenie do wprowadzenia w ruch łącznicy za pomocą rękoczynów, dokonywanych na tym aparacie.

Aparat, przystosowany do łącznicy samoczynnej, czyli automatycznej, niema ani induktora, ani baterji, baterja znajduje się przy łącznicy, wspólna dla wszystkich mikrofonów.

Dla wykonania połączenia np. aparaty Państwowej wytwórni aparatów telegraficznych i telefonicznych w Warszawie rys 33, zaopatrują się w tarczę, rys. 34, obracającą się na osi, z dziesięciu otworami, odpowiednio do dziesięciu cyfr:

1—2—3—4—5—6—7—8—9—0.

Chcąc połączyć się np. z numerem 24-ym, zdejmujemy mikrofon z haczyka, czy z widełek, wkładamy palec w otwór



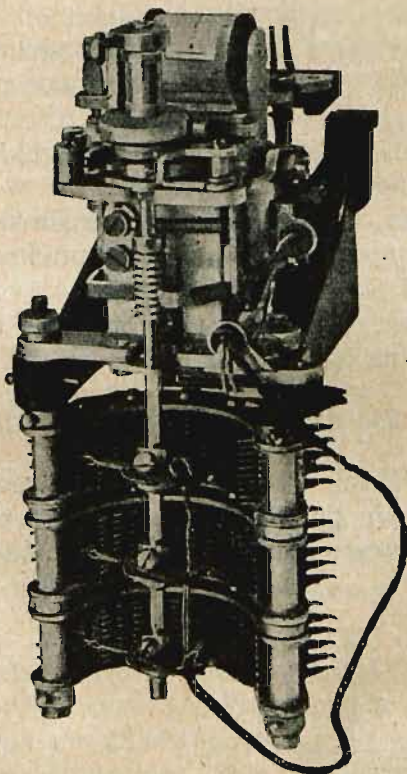
Rys. 33. Aparaty do łączenia samoczynnego, Państwowej wytwórni aparatów telegraficznych i telefonicznych w Warszawie.



Rys. 34. Tarcza numerowa powyższych aparatów.

Nr. 2 i obracamy tarczę wpravo, aż nie oprzemy się palcem w nieruchomy wystający haczyk, wtedy tarczę puszczaamy i ona, pod wpływem odpowiedniej, sprężyny pomału wraca do poprzedniego położenia. Następnie wkładamy palec w otwór Nr. 4 i powtarzamy to samo, tarcza znowu wraca do położenia początkowego, czekamy parę sekund i połączenie go-

towe. Wszystko odbywa się na skutek ruchu powrotnego tarczy numerowej naszego aparatu.



Rys. 35. Wybieracz Strowger'a.

Gdy tarcza powoli wraca do położenia początkowego, zamyka się z przerwami obwód linii, idącej do łącznicy, za pomocą przerywacza, znajdującego się w naszym aparacie. W tych warunkach, przy każdym powrotnym ruchu tarczy, w łącznicy powstanie kilka prądów krótko trwałych. Prądy te wprawiają w ruch odpowiednie przełączniki łącznicy.

W łącznicy znajduje się szereg elektromagnesów, które przesuwiają odpowiednie łapki po kontaktach w ten sposób, że ostatecznie one zatrzymują się na stykach, odpowiadających pożądanemu numerowi.

Na rys. 35. podajemy dla przykładu wybieracz Stowger'a*) z trzema łapkami. Każda z nich obsługuje po 100 kontaktowych blaszek.

Wybieracz taki ma dwa elektromagnesy, jeden elektromagnes służy dla podnoszenia łapek skokami w kierunku pionowym, a drugi dla obracania, również skokami w kierunku poziomym. Pod wpływem przerywanych prądów, elektromagnesy przesuwiają łapki do zetknięcia z właściwymi blaszkami.

Rozłączanie jest również samoczynne, na skutek zawieszenia mikrotelefonów na haczyki, lub położenia ich na widelki.

21. LINIE TELEFONICZNE.

Linje telefoniczne bywają jedнопrzewodowe rys. 36, z powrotem prądu przez ziemię i dwuprzewodowe rys. 37, mające oba przewody dokładnie izolowane od ziemi.



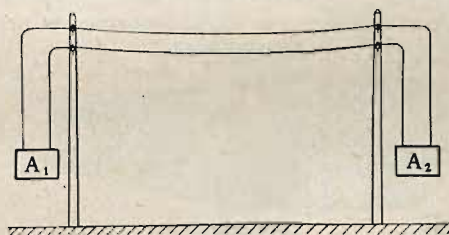
Rys 36. Linja jedнопrzewodowa.

Przy połączeniu jedнопrzewodowym, urządzenie telefoniczne jest narażone w wysokim stopniu na indukcyjne działanie przewodów sąsiednich.

*) Czytaj Strougera.

Słuchawka telefoniczna jest przyrządem nadzwyczaj czułym, prądy elektryczne stanowiące 0,000 000 000 01 część ampera są w stanie wywołać szmer w słuchawce, to też nic dziwnego, że nawet słabe prądy, płynące w sąsiednich przewodach, swojemi strumieniami magnetycznymi, które zawsze otaczają przewodnik z prądem, wzbudzają, jak we wtórnych zwojach transformatora prądy indukcyjne, przebiegające w linii telefonicznej i wywołujące w słuchawce szmery, przeszkadzające rozmowie.

Na jedнопrzewodowe linie telefoniczne mają również duży wpływ sąsiednie przewody prądu silnego, zwłaszcza z prądem



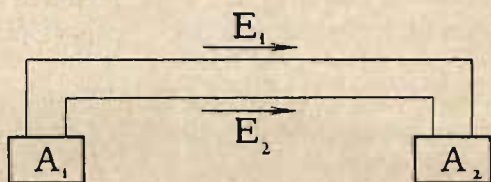
Rys. 37. Linja dwuprzewodowa.

zmiennym, tu nawet przy znacznej odległości od przewodu telefonicznego można spostrzedz wpływ linii silnoprądowej.

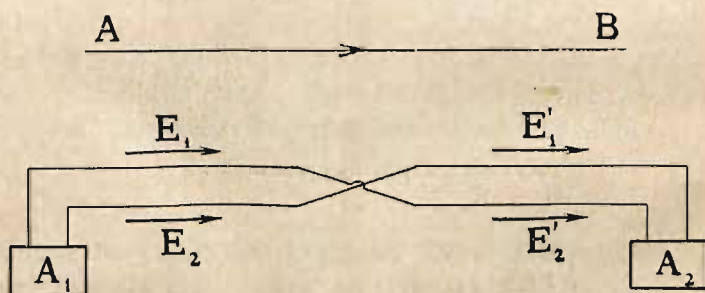
Linie telefoniczne dwuprzewodowe są znacznie mniej wrażliwe na działania indukcyjne, gdyż strumienie magnetyczne obcych przewodów wzbudzają tu siły elektromotoryczne w obu przewodach, zwrócone w jedną stronę wzdłuż linii rys. 38, takie siły, elektromotoryczne starają się wywołać w obwodzie telefonicznym prądy przeciwnie. Jeżeli te siły elektromotoryczne były by zupełnie równe, to działanie ich zrównoważyłoby się i prąd indukcyjny nie powstałby. Przewody jednak linii telefonicznej znajdują się na różnej odległości od przewodu indukującego, jedna siła elektromotoryczna jest większa od drugiej i przez to niewielki wpływ indukcyjny zawsze mamy.

Dla prawie zupełnego uniknięcia tego wpływu linje telefoniczne napowietrzne zawsze krzyżujemy.

Na rys. 39 pokazany jest najprostszy przykład krzyżowania linii telefonicznej. W przewodzie $A B$ płynie pewien zmienny prąd indukujący, on wznicią w przewodach telefonicznych cztery siły elektromotoryczne, wskazane na rysunku.



Rys. 38. Siły elektromotoryczne indukowane w przewodach telefonicznych.



Rys. 39. Krzyżowanie drutów w linjach telefonicznych.

Siły elektromotoryczne E_1 E'_1 są równe, tak samo siły elektromotoryczne E_2 i E'_2 są równe. Prąd w obwodzie powstaje pod wpływem siły elektromotorycznej wypadkowej, która wyraża się wzorem:

$$E = E_1 + E'_2 - E'_1 - E_2$$

po wykonaniu redukcji, uwzględniając, że $E_1 = E'_1$ a $E_2 = E'_2$, otrzymamy $E = 0$.

Wypadkowa siła elektromotoryczna indukowana jest równa zeru, więc prądu indukowanego nie będzie.

Wobec rozpowszechnienia telegrafów, telefonów i urządzeń elektrycznych do przenoszenia siły, i do oświetlenia, przewody telefoniczne są prawie zawsze narażone na indukcję obcych prądów i dla tego obecnie stosują się prawie wyłącznie linie telefoniczne dwuprzewodowe krzyżowane.

Drut bierzemy mocny, z brązu, grubości 1,2 mm na małe odległości i 3 do 4 mm na duże.

Wewnątrz budynków wystarcza drut grubości 0,5 mm, najlepiej w postaci cienkiego obołwionego kabełka telefonicznego z dwoma żyłami, dobrze izolowanymi bawełną nasyconą. Większe kable telefoniczne obołwione nadziemne i podziemne



Rys. 40. Kabel telefoniczny.

są często stosowane w miastach, oraz na liniach międzymiastowych.

Taki kabel, którego przekrój widzimy na rys. 40, zawiera setki, a czasem tysiące par przewodów telefonicznych izolowanych papierem. Każda para jest zwinięta w linję śrubową, dla uniknięcia indukcji wzajemnej.

Długie linie telefoniczne, skutkiem znacznej pojemności elektrycznej, gromadzą na przewodach znaczne ładunki, które sprawiają zniekształcenie zmienności prądu, wpływającego ze stacji nadawczej, tak, że prąd otrzymany na stacji odbiorczej, nie oddaje dokładnie dźwięków nadanych. W celu usunięcia złego wpływu pojemności, włączają się wzdłuż przewodów, co kilka kilometrów, cewki indukcyjne nawinięte

na żelazie, tak zwane cewki Pupina, w nich powstają przez samoindukcję siły elektromotoryczne, które znoszą wpływ ładunków, zbierających się na przewodach.

Bardzo długie linie zaopatrują się na stacjach pośrednich we wzmacniacze lampowe, podobne do używanych w lampowych odbiornikach radjofonicznych (patrz dalej rys. 55).

Prąd ze stacji nadawczej płynie tylko do stacji pośredniczącej, a ta stacja pośrednicząca posyła nowy prąd dalej. Aparat wzmacniający na stacji pośredniczącej jest tak urządzony, że zmiany prądu, przyptywającego ze stacji nadawczej, powtarzają się dokładnie, w skali powiększonej, w prądzie wpływającym ze stacji pośredniczącej.

ROZDZIAŁ II.

RADJOTECHNIKA.

1. ZASADY RADIOTECHNIKI.

Radiotechnika stanowi dział elektrotechniki, obejmujący wszystkie urządzenia, oparte na przenoszeniu na odległość energii bez drutu, przy pomocy, tak zwanych fal elektromagnetycznych.

Ogólna zasada jest następująca. W tym miejscu, gdzie mamy źródło prądu elektrycznego, znajduje się obwód elektryczny, w którym przebiega prąd szybkozmienny o częstotliwości kilkunastu tysięcy do miliona i więcej okresów na sekundę.

Obwód elektryczny, odpowiednio urządzony, z prądem zmiennym o tak wielkiej częstotliwości ma osobliwą własność wysyłania w przestrzeń otaczającą znacznej części energii, dostarczonej przez źródło prądu.

Energję tą przenoszą tak zwane fale elektromagnetyczne.

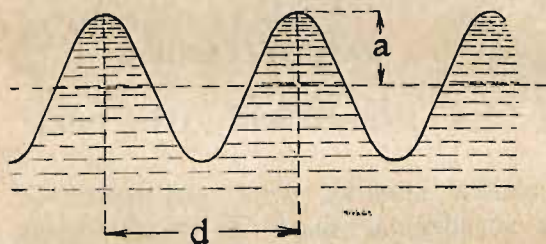
W naturze znamy dużo fal różnych np. na wodzie — wokoło rzuconego kamienia, w powietrzu — wokoło dźwięczącego przedmiotu; otóż w tak zwanym eterze, wypełniającym wszechświat, powstają podobne fale wokoło drutu z prądem szybkozmiennym.

Fale eteru nazywamy elektromagnetycznymi, gdyż w nich są siły elektryczne i magnetyczne.

Eter wszechświatowy, jest według naszych wyobrażeń bardzo subtelną materją, znajdującą się wszędzie, usunąć jej nie umiemy. Gdy z bańki szklanej zupełnie wypompujemy powietrze, to jeszcze tam pozostanie eter.

Otóż w tym eterze rozchodzą się fale elektromagnetyczne— one niosą ze sobą energję, którą możemy wyzyskać.

Najbardziej charakterystycznymi cechami każdej fali jest jej **długość** i **największa wysokość**, czyli tak zwana **amplituda**. Jeżeli dla przykładu rozważymy fale na wodzie, rys. 41 to



Rys. 41. Fale na wodzie.

długość d fali stanowi odległość pomiędzy dwoma sąsiednimi wyniosłościami, a amplitudę **a** stanowi wysokość fali ponad poziomem spokojnej wody.

Fale ciągłe można wywołać na wodzie np. miarowo zanurzając do wody i wyjmując z wody kijek, wtedy pomiędzy ilością skoków kijka na sekundę, a długością fali jest prosta zależność: im częściej będziemy zanurzać kijek, tem drobniejsze, a więc krótsze powstaną fale. Wzór na długość fali jest następujący:

$$d = \frac{v}{c}$$

d—długość fali, **v**—prędkość biegu fali, **c**—częstotliwość ruchów, wywołujących fale. t. j. np. liczba zanurzeń kijka do wody na sekundę.

Otóż i fale elektromagnetyczne mają również swoją **długość** i **amplitudę**. Długość fali elektromagnetycznej zależy od częstotliwości zmian prądu w obwodzie, wzbudzającym fale i wyraża się takim samym wzorem, jaki był przytoczony poprzednio.

Szybkość rozchodzenia się fal elektromagnetycznych jest bardzo wielka i wynosi 300 000 000 metrów na sekundę*).

Wobec tego np. przy częstotliwości prądu 300 000 na sekundę, otrzymamy długość fali:

$$d = \frac{300000000}{300000} = 1000 \text{ m.}$$

Obecnie w praktyce znajdują zastosowanie fale elektromagnetyczne o długości od kilkudziesięciu metrów do kilkudziesięciu tysięcy metrów.

W celu wyzyskania energii fal elektromagnetycznych, stosują się odbiorniki, mające również obwody elektryczne. Na te obwody wpadają fale elektromagnetyczne i wzniciają tam prądy indukowane. Prądy te pozwalają energię otrzymaną z fal przekształcić w dowolną postać, jak to czynimy w zwykłych urządzeniach elektrycznych.

Sposób przesyłania energii bez drutu, a więc przez eter, za pomocą fal elektromagnetycznych znalazł obecnie zastosowanie w telegrafii i telefonii.

Fale elektromagnetyczne, szczególnie w pobliżu źródła, rozchodzą się po liniach prostych, poprowadzonych od źródła fal, podobnie jak promienie świetlne, dla tego zjawisko powstawania fal elektromagnetycznych wokoło obwodów z prądem szybkozmiennym nazywamy czasem **promieniowaniem** elektromagnetycznym, mówimy, że obwód elektryczny promieniuje energię.

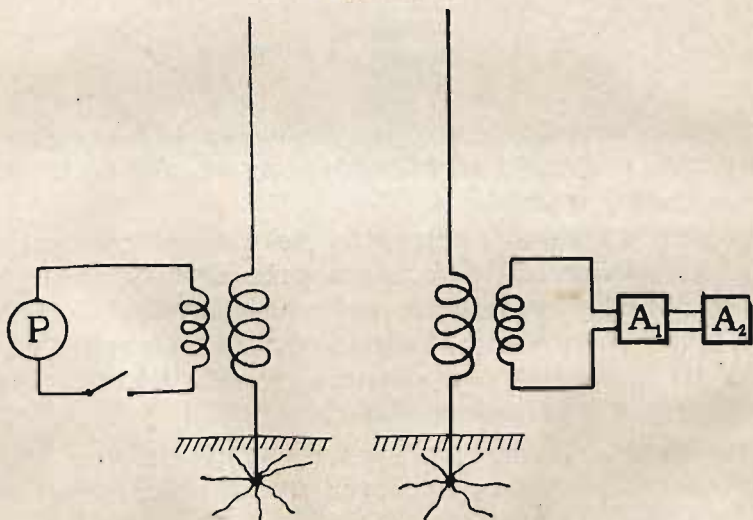
Promień po łacinie nazywa się **radius**, stąd powstały nazwy: **radiotechnika**, radiotelegrafia i t. p.

*) Trzysta milionów metrów na sekundę.

2. RADJOTELEGRAFJA.

Stacja nadawcza radiotelegraficzna ma dwa obwody elektryczne rys. 42. W jednym obwodzie stacji nadawczej mamy źródło prądu wysokiej częstotliwości, klucz (przerywacz) i pierwotne uzwojenie transformatora.

W drugim obwodzie stacji nadawczej mamy wtórne uzwojenie transformatora, połączone z jednej strony z drutem ster-

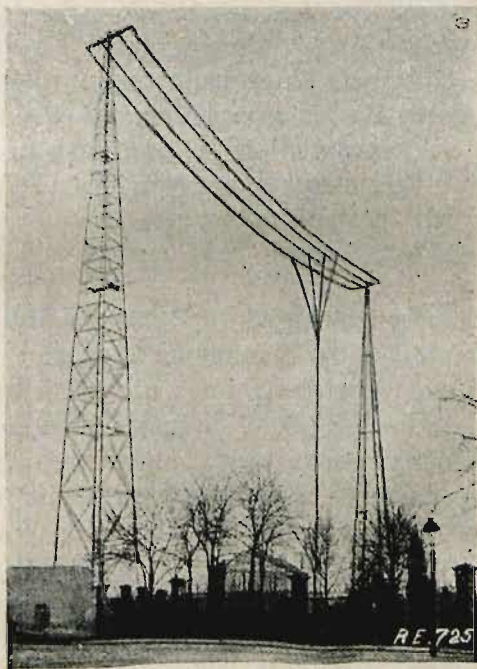


Rys. 42. Radjotelegraf, stacja nadawcza i odbiorcza.

czącym do góry, a z drugiej strony z uziemieniem w postaci gwiazdy z drutów ułożonych pod ziemią.

Gdy wprowadzimy w ruch źródło prądu szybkozmiennego i zamkniemy klucz, to w uzwojeniach pierwotnych transformatora będzie przebiegał prąd szybkozmienny, który przez indukcję wzniesi we wtórnym uzwojeniu zmienną siłę elektromotoryczną. Ta siła elektromotoryczna wywoła prądy zmienne w całym wtórnym obwodzie.

Pomimo to, że nie mamy tu kołowego obwodu, utworzonego z przewodników, prąd zmienny będzie płynął naprzemiennie do góry, to na dół, z drutu do ziemi i z ziemi do drutu. Gdy prąd płynie do góry, to dodatnia elektryczność zbiera się na sterzącym drucie, gdy zaś prąd zmieni kierunek to ta elektryczność spłynie do ziemi, a na jej miejsce przyjdzie elektryczność ujemna i t. d.



Rys. 43. Antena radjotelegrafu.

Promieniowanie elektromagnetyczne otrzymujemy wyłączając z drutu sterzącego i dla tego on stanowi jedno z najistotniejszych części urządzenia. Taki drut sterzący, z angielska, nazywamy **antena**.

Na dużych stacjach nadawczych drut pionowy łączy się z szeregiem drutów poziomych rys. 43, zawieszonych za po-

mocą izolatorów na wysokich wieżach^{*)}). Druty poziome zwiększają pojemność elektryczną anteny, a więc i prąd płynący w antenie.

Transformator sprzęgający antenę ze źródłem prądu ma tu pewne osobliwości. Przedewszystkiem należy zaznaczyć, że on niema rdzenia żelaznego i cewki pierwotna i wtórna ustawiają się wprawdzie obok siebie, ale nie zbyt blisko.

Przenoszenie energii przez taki transformator, ze **zwojów pierwotnych na wtórne**, możliwe jest tylko przy prądach szybkozmiennych.

Za pomocą klucza na stacji nadawczej przerywamy w odpowiednich odstępach czasu przepływ prądu pierwotnego, skutkiem tego przerywa się i prąd wtórny w antenie, a więc i ciąg wypromieniowywanych fal elektromagnetycznych, biegnących do stacji odbiorczej.

Na stacji odbiorczej mamy taki sam obwód antenowy, jak na stacji nadawczej.

Fale elektromagnetyczne, które chwytą antena odbiorcza, wzbudzają w niej prądy indukcyjne wysokiej częstotliwości. Antena jest tu połączona również z uzwojeniem transformatora, którego drugi koniec jest uziemiony. Za pomocą tego transformatora szybkozmiennne prądy antenowe wzbudzają takie same prądy w obwodzie wtórnym stacji odbiorczej.

Prądy te bezpośrednio nie są zdadne do drukowania znaków i z tego powodu wprowadzamy je do aparatu A_1 , gdzie one są do tego stopnia wzmacniane i tak przekształcone, że wprowadzone następnie do przyrządu piszczącego A_2 dają na taśmie papierowej znaki morzowskie lub wprost litery.

Czasem depesze telegraficzne bywają odbierane na słuch, za pomocą telefonicznej słuchawki, w której słyszymy krótki lub długi dźwięk, odpowiednio do długiej i krótkiej kreski w alfabecie morzowskim, wtedy fale muszą być modulowane: patrz rys. 46.

^{*)} Bywają stosowane i inne układy drutów w antenie, ale ogólna zasada pozostaje ta sama.

3. REZONANS ELEKTRYCZNY.

Urządzenia, nadawcze i odbiorcze, na prądy szybkozmiennie mają zazwyczaj obwody w pewien sposób uzgodnione z częstotliwością zmienności, przepływającego w nich prądu.

Gdy naładowany elektrycznością kondensator wyładowujemy przez obwód, w którym będzie cewka indukcyjna, to przy dość małym oporze tego obwodu, powstanie prąd zmienny, stopniowo zanikający, o pewnej częstotliwości zmian, właściwej temu obwodowi. Zupełnie tak samo jak pręt stalowy umocowany w jednym końcu, odgięty, a następnie zwolniony, nie wróci od razu do położenia równowagi, lecz będzie drgać przez czas dłuższy z jemu właściwą częstotliwością.

Jeżeli pojemność kondensatora wynosi C — faradów, a indukcyjność cewki L — henrów, to liczba okresów zmienności prądu na sekundę — f , czyli własna częstotliwość obwodu będzie *):

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L.C}}$$

Przykład: $C = 0,002$ mikrofarada $= 0,002 : 10^6$ farada, $L = 0,002$ henra, to:

$$f = \frac{1000}{2,3,14 \sqrt{0,002 \cdot 0,002}} = 80000$$

okresów na sekundę.

Gdy w obwodzie z kondensatorem i cewką indukcyjną chcemy wywołać jaknajsilniejsze prądy zmienne za pomocą obcej siły elektromotorycznej, to częstotliwość zmienności tej siły elektromotorycznej powinna być równa własnej częstotliwości tego obwodu.

To też niemal wszystkie urządzenia o prądach szybkozmiennych mają obwody w ten sposób uzgodnione ze zmiennością czynników, wywołujących w nich prądy.

*) Uwaga. 1 farad $= 10^6$ mikrofaradów $= 9 \times 10^{11}$ centymetrów.

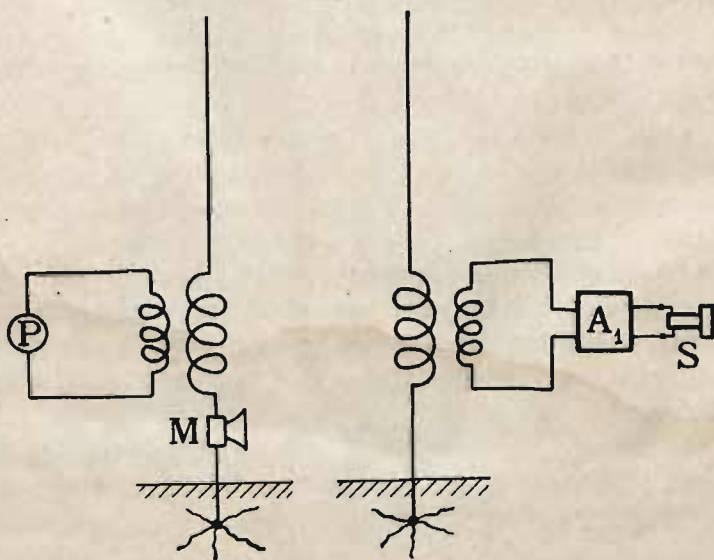
Mówimy zwykle, że obwody te są nastrojone **do rezonansu**.

Szczególne znaczenie ma takie nastrojenie na stacji odbiorczej. Nastrajanie obwodów odbiorczych do częstotliwości prądów, wznieconych przez falę elektromagnetyczną, umożliwia słuchanie sygnałów tylko jednej stacji nadawczej, pomimo, że jednocześnie nadaje dużo stacji i wszystkie one posyłają fale elektromagnetyczne, często niemal we wszystkie strony, a więc na antenę pewnej stacji odbiorczej wpadają fale od najrozmaitszych stacji nadawczych.

Odpowiednie nastrojenie obwodów stacji odbiorczej sprawia, że tylko jeden ciąg fal, określonej długości, wznieca w antenie prądy dość silne, dla wprowadzenia w ruch aparatów odbiorczych.

4. RADIOTELEFONJA.

Chcąc przetransmitować na odległość, za pomocą fal elektromagnetycznych, mowę i muzykę, musimy w ciągłym strumieniu tych

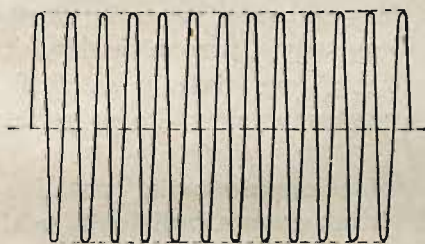


Rys. 44. Radjotelefoniczna stacja nadawcza i odbiorcza.

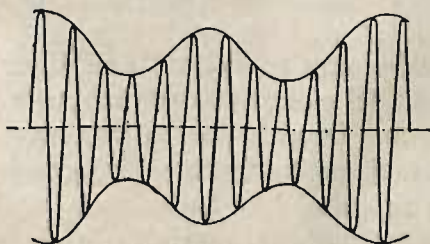
fal wytworzyć okresowe zmiany o częstotliwości odpowiadającej dźwiękowi.

W tym celu na stacji nadawczej, rys. 44, możemy np. zamknąć obwód źródła prądu na stałe, a do obwodu anteny wprowadzić odpowiedni mikrofon*).

Kierując dźwięki na mikrofon, wywołamy w nim okresowe zmiany oporu, skutkiem czego prąd w antenie dozna zmian zgodnych z tym dźwiękiem.



Rys. 45. Fale niemodulowane.



Rys. 46. Fale modulowane.

Prąd taki będzie wypromieniowywał fale nierówne, o zmiennej amplitudzie. Zmienność ta będzie zachodzić z częstotliwością głosu; takie działanie mikrofonu nazywamy **modulacją**, a fale tak zmienione falami **modulowanymi**. Rys. 45—fale niemodulowane. Rys. 46—fale modulowane.

*) Patrz str. 132.

Gdy takie fale trafią na antenę odbiorczą, to w niej powstają prądy szybkozmienne modulowane w taki sam sposób, jak fale elektromagnetyczne.

Takie prądy szybkozmienne, odpowiednio przekształcone w aparacie odbiorczym, wywołują w zwykłej słuchawce telefonicznej takie same dźwięki, jakie wpadły do mikrofonu na stacji nadawczej.

Jeżeli rozmowa ma być obustronna, to na stacji odbiorczej muszą być również urządzenia nadawcze, a na stacji nadawczej odbiorcze i inny strumień fal elektromagnetycznych biegnących w odwrotną stronę, przeniesie dźwięk w przeciwnym kierunku. Urządzenia tego rodzaju są dość skomplikowane i przeto znajdują zastosowanie tylko w szczególnych wypadkach.

Natomiast szerokie zastosowanie znalazła **radjotelefonja jednostronna**, czyli tak zwana **radiofonja**, gdzie stacje odbiorcze nie mają przyrządów do nadawania.

5. ZASADY RADIOFONJI.

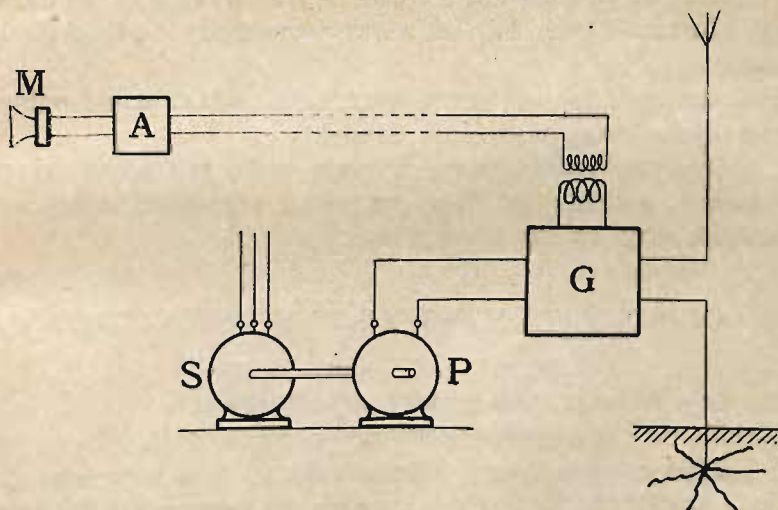
Radjofonja nazywamy rozsyłanie dźwięków we wszystkie strony, za pomocą fal elektromagnetycznych z jednej lub kilku stacji nadawczych. Dźwięki te są odbierane przez bardzo wielką liczbę stacji odbiorczych, które odwrotnej korespondencji ze stacją nadawczą nie mają.

Radjofoniczne urządzenia znajdują się obecnie we wszystkich krajach cywilizowanych, zostały one wyzyskane do rozsyłania: wiadomości bieżących różnej treści, odczytów, wykładów, muzyki i t. p.

Urządzenie nadawcze składa się zwykle z dwóch części, znajdujących się przeważnie w odległości paru kilometrów od siebie.

Część przyrządów mieści się w sali gdzie odbywają się odczyty, koncerty i t. p. reszta na właściwej stacji nadawczej, rys. 47.

Tam jest przetwornica dwutwornikowa przetwarzająca zwykle prąd zmienny trójfazowy z sieci miejskiej na prąd jednofazowy zmienny — tak zwanej średniej częstotliwości np. 300 okresów na sekundę. Prąd ten płynie do drugiego urządzenia przetwórczego różnej konstrukcji, w którym prąd zmienny średniej częstotliwości przekształca się na prąd zmienny wysokiej częstotliwości np. 300000 okresów na sekundę. Prąd ten przepływa w rozwidlonej antenie od uzie-



Rys. 47. Stacja nadawcza radjofoniczna. S—silnik, P—prądnica, G—generator wysokiej częstotliwości, A—wzmacniacz, M—mikrofon.

mienia do szczytowych drutów anteny i z powrotem. Wysokość takiej anteny od ziemi do czubka wynosi dla niewielkich stacji około 40 metrów, stacje większe mają anteny wyższe.

Antena stacji nadawczej pod wpływem prądu szybkozmiennego promieniuje fale elektromagnetyczne narazie o stałej amplitudzie rys. 45.

Dla przesłania na tych falach dźwięków, urządzenie, wytwarzające prąd szybkozmienny, łączymy za pomocą transfor-

matora i odpowiednich przewodów z aparatami w sali, gdzie odbywa się produkcja muzyczna, czy odczyt.

Tu znajduje się duży mikrofon i aparaty służące dla wzmocnienia prądów mikrofonowych, zawsze bardzo słabych, gdyż mikrofon zmienia prądy w takt dźwięków tem dokładniej, im prąd mikrofonu jest słabszy. Tą drogą dźwięki, wysyłane z sali nadawczej, zmieniają, czyli modułują natężenie prądu w antenie, a przez to oczywiście i amplitudę fal elektromagnetycznych, fale te mają teraz postać wskazaną na rys. 46, tu, na wyniosłościach tych fal, dźwięki wyrzeźbiły właściwe im kształty.

Odkształcone fale elektromagnetyczne, wpadając na odbiorniki radjofoniczne, wywołują dźwięki.

Odbiorniki radjofoniczne bywają mniej lub więcej skomplikowane, zależnie od tego na jakiej odległości odbieramy fale i jak silne są stacje nadawcze.

6. ODBIORNIK RADJOFONICZNY DETEKTOROWY.

Są dwa rodzaje odbiorników detektorowych.

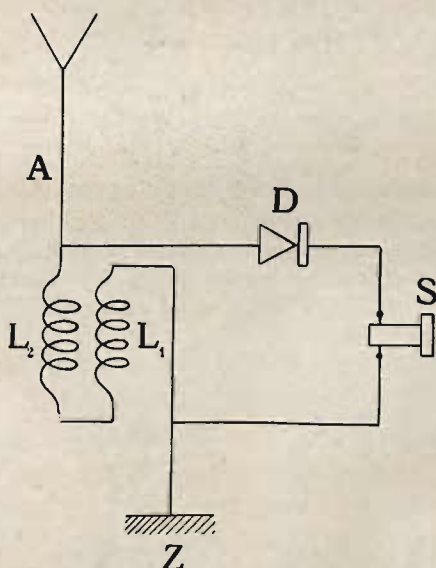
Najprostszy odbiornik detektorowy ma cewki L_1 i L_2 na rys. 48; połączone w szereg. Równoległe do nich włączony jest obwód słuchawki, w którym znajduje się prostownik kryształkowy, tak zwany, **detektor**, czyli, wykrywacz.

Cewki dwie jednakowe nawijają się z miedzianego drutu izolowanego grubości 0,5 mm na okrągłych krążkach tekturowych śr. około 12 cm, rys. 49; po 30 zwojów w każdej cewce dla fal o długości kilkuset metrów (tak zwanych krótkich fal radjofonicznych), dla odbioru fal długich (tysiąc i więcej metrów) należy nawijać zwojów tyle razy więcej, ile razy jest dłuższa fala.

Można także stosować cewki komórkowe, znajdujące się w handlu, o wewnętrznej średnicy 5 cm, ustawiając je obok siebie i łącząc tak, aby prąd w obu biegł w jednym kierunku. Na fale krótkie, po 50 zwojów każda.

Detektor, rys. 50, składa się z kryształu np. **galeny***) w odpowiedniej oprawce metalowej i drucika **srebrnego**, lub mosiężnego, posrebrzonego, na ruchomej nóżce. Drucik dotyka galeny.

Gdy przepuszczamy prąd zmienny przez styk drucika z galena, to prąd ten częściowo prostuje się t. j. natężenie prądu w kierunku od galeny do drucika wypada większe, niż w kierunku odwrotnym.



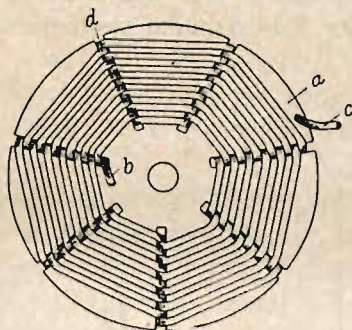
Rys. 48. Detektorowy odbiornik radjofoniczny.

Prostowanie prądu w obwodzie słuchawki jest konieczne, gdyż zwykły prąd szybkozmienny nie działa na słuchawkę telefoniczną, tu prądy różnych kierunków tak szybko naprzemian wzmacniają i osłabiają elektromagnes przyciągający blaszkę słuchawki, że blaszka ta skutkiem swej bezwładności nie zdąży drgać za temi zmianami.

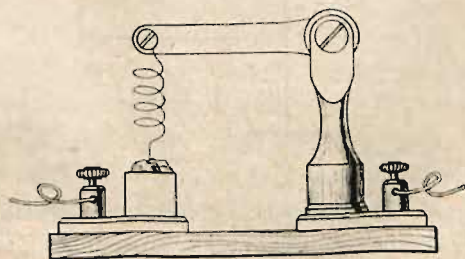
*) Galena mineral składający się z ołowiu i siarki.

Gdy natomiast prądy jednego kierunku znacznie osłabimy, to pozostałe prądy, płynące w drugim kierunku, nieosłabione, działając zgodnie, wychylą blaszkę słuchawki.

Fale elektromagnetyczne, a przeto i prądy w odbiorniku są



Rys. 49. Cewka odbiorczego aparatu radjofonicznego $\frac{1}{3}$ wielkości naturalnej. *b*—początek drutu, *c* — koniec drutu, *a* — tekturka, *d* — szczelina wycięta w tekturce.



Rys. 50. Detektor stykowy z kryształkiem galeny, do której przylega drucik srebrny.

zmodulowane dźwiękiem stacji nadawczej, amplitudy tych prądów są nierówne rys. 46; skutkiem tego wychylenie blaszki będzie się zmieniać, ale oczywiście nie podług drobnych ząbków, rys. 46, lecz podług szerszych wzmocnień, odpowia-

dających, co do swej częstotliwości, dźwiękowi. W ten sposób słuchawka wyda dźwięk taki sam, jaki został nadany.

Słuchawka stosuje się tu zwykła, elektromagnetyczna (patrz str. 134) o dużym oporze uzwojenia wykonanego z bardzo cienkiego drutu*).

Dla dogodniejszego słuchania za pomocą obu uszu, włącza się dwie słuchawki w szereg.

Przy wykonywaniu połączeń w aparacie odbiorczym, należy zwracać uwagę, aby jeden koniec układu cewek L_1 i L_2 (rys. 48 połączyć z anteną*), a drugi z uziemieniem.

Fale elektromagnetyczne, wpadając na antenę, wzbudzają w niej siłę elektromagnetyczną, która wytwarza prąd, odganiający się do słuchawki.

Dla otrzymania przy małej sile elektromotorycznej możliwie silnego prądu, należy obwód anteny dostroić do rezonansu z częstotliwością prądów, wytworzonych przez fale, a więc zależną od długości odbieranych fal**).

Dostrajanie odbywa się tu za pomocą przesuwania cewek względem siebie. Cewki te oddziałują indukcyjnie nawzajem, więc przy przesuwaniu wzmacniamy lub osłabiamy stopień wzajemnego oddziaływania.

Należy zwracać uwagę na to, aby prąd, przychodzący z anteny, biegł w obu cewkach w jednym kierunku, a więc, np. patrząc z góry, biegł w obu w kierunku ruchu wskazówek zegarka, lub naodwrot.

Dobre nastrojenie osiągamy, ustawiając cewki w ten sposób aby dźwięk w słuchawce był najsilniejszy.

Po za tem należy dobrać najwłaściwsze miejsce styku drucika z kryształem w detektorze.

Nie wszystkie miejsca kryształu jednakowo dobrze prostują

*) Bierzemy zwykle dwie słuchawki, których cewki mają razem opór przynajmniej 1000 omów.

*) Patrz dalej.

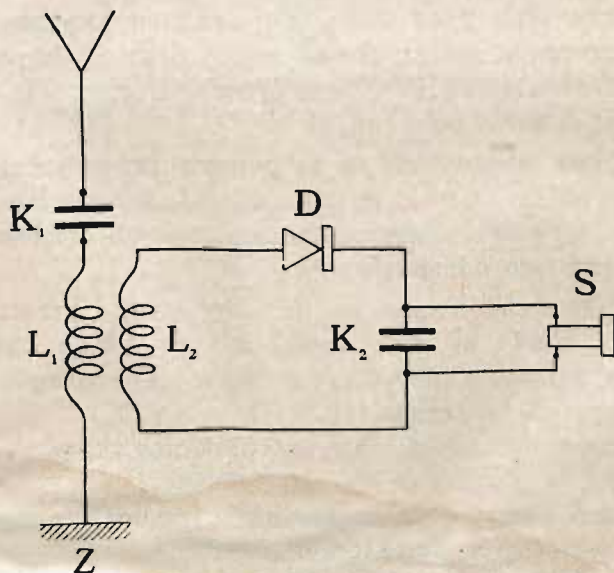
**) Patrz § 3, tego rozdziału

prąd. To miejsce, które będzie najlepiej prostować, da naj-
silniejszy dźwięk w słuchawce, więc znowu, podług dźwięku
w słuchawce, trzeba nastawiać drucik na kryształ.

Na prostowanie prądu ma wpływ również siła nacisku dru-
cika na kryształ. Siłę tą można regulować sciskając i zwal-
niając sprężynkę, utworzoną z tego samego drucika.

7. ODBIORNIK DETEKTOROWY Z KONDENSATORAMI.

Chcąc mieć większą swobodę w nastrajaniu obwodu anteny
i lepiej wyzyskać prąd, wyprostowany w słuchawce, stosuje-
my układ wskazany na rys. 51. Cewki włączamy tu podobne.



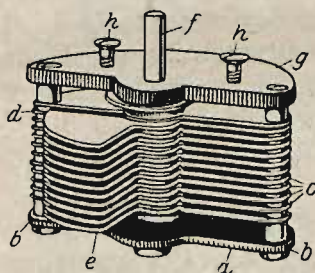
Rys. 51. Odbiornik radjofoniczny detektorowy z kondensatorem.

jak w układzie poprzednim, z tą różnicą, że liczba zwojów
bierze się większa. W cewkach płaskich dla krótkich fal radjo-
fonicznych (od 200 do 600 m) bierzemy po 50 zwojów na cewkę

i proporcjonalnie więcej dla fal radjofonicznych długich (od 1200 do 2000 metrów). W cewkach komórkowych, przy wewnętrznej średnicy około 5 cm, stosuje się liczbę zwojów od 35 do 75 dla fal krótkich i od 150 do 250 dla fal długich.

Cewki są włączone niezależnie: jedna w obwód anteny, a druga w obwód detektora. Detektor i słuchawka—te same, jak w układzie na rys. 48.

W obwód anteny, na rys. 51, w szereg z cewką włącza się jeszcze tak zwany kondensator obrotowy K_1 , składający się z kilku metalowych płytek umocowanych jedna nad drugą—nieruchomych i z kilku płytek zmocowanych razem — ruchomych, rys. 52.



Rys. 52. Kondensator obrotowy. *e* — płytki ruchome, *c* — nieruchome

Płytki ruchome wchodzi pomiędzy płytki nieruchome, nigdzie się z nimi nie stykając. Płytki te stanowią tak zwane okładziny kondensatora. W naszym obwodzie, jedną okładzinę stanowią np. płytki nieruchome połączone z cewką, a drugą okładzinę — płytki ruchome połączone z anteną.

Fale elektromagnetyczne wpadają na antenę i wywołują w niej zmienny ruch elektryczności, elektryczność płynie z nieruchomych płytek kondensatora do drutów antenowych, a następnie z powrotem z drutów anteny do płytek.

Elektryczność na nieruchomych płytkach kondensatora

przyciąga elektryczność przeciwnego znaku do układu płytek ruchomych połączonych z cewką i w ten sposób wywołuje prąd w cewce i uziemieniu. Kondensator taki, rozdzielając obwód antenowy na dwie izolowane części, zapewnia jednak powstawanie prądu w całym obwodzie antenowym, skoro tylko w antenie zostanie wywołana siła elektromotoryczna.

Własności kondensatora zmieniają się przestawianiem ruchomych płytek.

Gdy płytki ruchome wejdą całe pomiędzy płytki nieruchome, to **pojemność** kondensatora, czyli zdolność zbierania ładunku elektrycznego, jest największa, gdy zaś płytki ruchome wysuną się całkiem z pomiędzy płytek nieruchomych to pojemność będzie najmniejszą. Stosowany tu kondensator powinien mieć największą pojemność 500 centymetrów*). Drugi kondensator K_2 , włączony równolegle do słuchawki, ma pojemność stałą — 1000 centymetrów, on składa się z dwóch cienkich blaszek mosiężnych, pomiędzy którymi jest umieszczona bardzo cienka mikowa izolacja.

Kondensator ten sprzyja działaniu prądu wyprostowanego na słuchawkę.

W układzie rys. 51 nastajemy najpierw obwód antenowy do rezonansu z falami, obracając kondensator K_1 i rozsuwając lub zbliżając cewki L_1 i L_2 , a następnie szukamy drucikiem odpowiedniego miejsca na kryształ, w ten sposób aby otrzymać najgłośniejszy dźwięk w słuchawce.

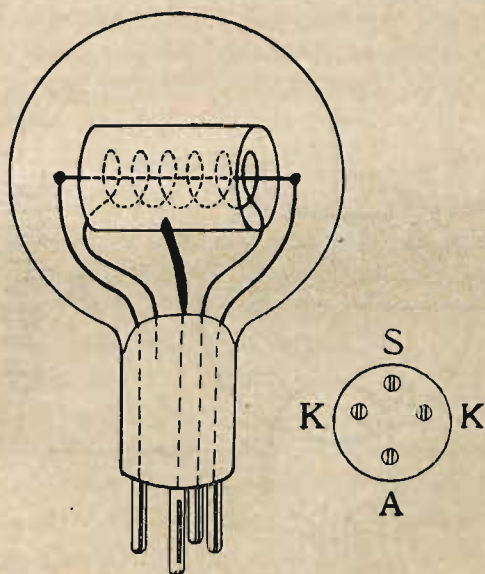
8. ODBIORNIK LAMPOWY.

Przy znacznych odległościach od stacji nadawczej np. kilkadziesiąt czy kilkaset kilometrów stosują się odbiorniki czulsze z lampami katodowymi.

Lampa katodowa ma ustrój następujący: wewnątrz dobrze

*) W radiotechnice jednostką miary pojemności kondensatorów, najczęściej używaną, jest centymetr.

opróżnionej, rys. 53, bańki szklanej znajduje się krótki drucik wolframowy, żarzący się od prądu. Wokoło drucika umieszczona jest spiralka z cienkiego drutu niklowego, czyli tak zwana **siatka** i wreszcie wokoło siatki wałek z blaszki niklowej -- tak zwana **anoda**. Lampa taka ma u dołu cztery wtyczki, dwie **K,K** dla doprowadzenia prądu do żarzącego się drucika, jedną



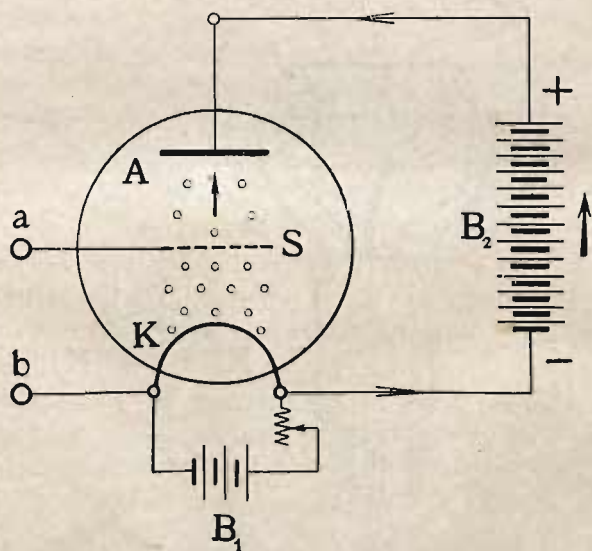
Rys. 53. Lampa katodowa **KK** końcówki katody, **S** końcówka siatki, **A** końcówka anody.

A dla połączenia z anoda, i jedną **S** dla połączenia z siatką. Układ wtyczek jest widoczny na rys. 53 z boku.

Osobliwą własność lampy katodowej uprzytomimy sobie najlepiej na schematycznym rys. 54, gdzie u dołu jest pokazany drucik, żarzący się pod wpływem prądu z baterji **B**, w środku siatka **S**, a u góry anoda **A**, połączona z tak zwanym obwodem anodowym, w którym prąd daje baterja anodowa **B₂**, obwód ten jest zamknięty przez próżnię w lampce i dopóki drucik jest

zimny, prąd anodowy płynąć nie może. Skoro drucik **K** można rozrzążyć prądem, to z tego drucika zaczną wyskakiwać nadzwyczaj drobne, ujemnie naelektryzowane, cząsteczki, zwane elektronami, które są przyciągane przez anodę połączoną z dodatnim biegunem źródła prądu.

Cząsteczki te, przenosząc elektryczność ujemną z drucika na anodę, zamykają obwód baterji anodowej i umożliwiają po-



Rys. 54. Rysunek schematyczny lampy katodowej i jej połączeń z baterją żarzenia B_1 i baterją anodową B_2 .

wstawanie prądu w tym obwodzie. Prąd ten będzie tem większego natężenia, im większe jest napięcie baterji B_2 .

Elektrony są tak subtelne, że ani gołym okiem, ani przez mikroskop zobaczyć ich nie można, o obecności tych cząsteczek domyślamy się tylko, z różnych skutków ich działania.

Wobec takiej subtelności elektronów, t. j. ich małej masy, można z łatwością zahamować lub przyspieszyć ich bieg za

pomocą siatki **S**, umieszczonej na połowie drogi, pomiędzy anodą i rozżarzoną drucikiem, czyli katodą.

Gdy pomiędzy końcówkami **a** i **b**, a więc między siatką i drucikiem wytworzymy jakimkolwiek sposobem napięcie elektryczne, to zależnie od tego w jakim kierunku ono jest zwrócone od **a** do **b**, czy też od **b** do **a**, napięcie to będzie hamować lub przyspieszać ruch elektronów. Bardzo **małe** napięcie siatki wywołuje już **znaczną** zmianę w szybkości biegu elektronów, a więc ma wpływ na natężenie prądu anodowego.

Jest to najistotniejsza i najcenniejsza cecha lampy katodowej.

Naogół taka lampa jest lepsza, która przy pewnej zmianie napięcia siatki, daje większe wahania prądu anodowego.

Lampka katodowa w radiotechnice ma różne zastosowania.

Na rys. 55 mamy pokazany cały układ połączeń odbiornika dwulampowego. Cewka antenowa **L**, dobiera się podług długości fali, tak jak to podano w § poprzednim.

Pierwsza lampka od anteny zastępuje tu detektor.

Działanie jej polega na tem, że zmienne napięcie, wywołane prądem antenowym między siatką i żarzącym się drucikiem, wpływa na natężenie prądu w obwodzie anodowym, zasilanym z baterji elementów galwanicznych lub akumulatorów.

Prąd ten zawsze zachowuje swój kierunek, — zmienia tylko natężenie, jest więc to prąd tętniący.

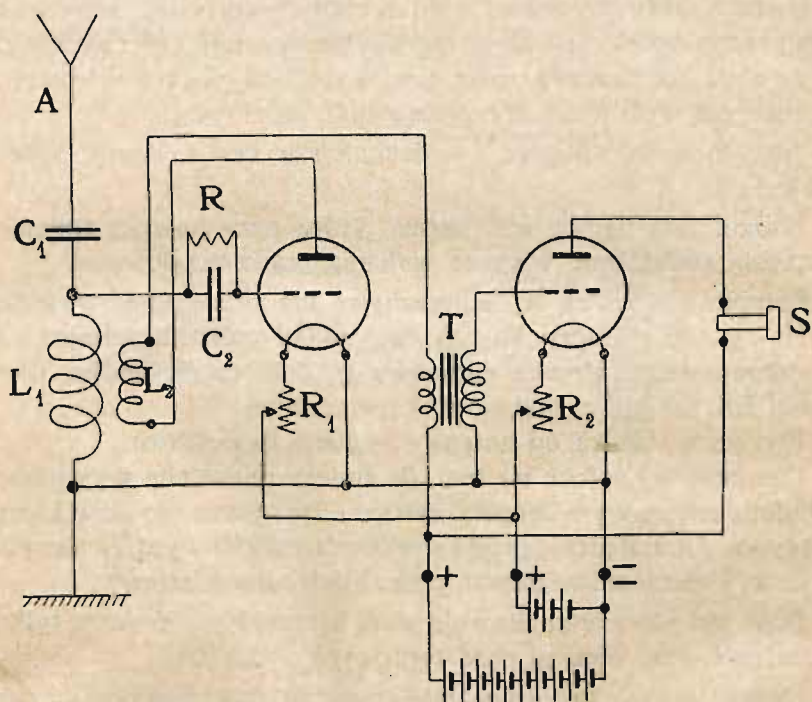
Druga lampka gra rolę tak zwanego amplifikatora, czyli wzmacniacza.

Pomiędzy lampami włączony jest transformator **T**, wywołujący przez indukcję od prądu tętniącego dość znaczne zmienne napięcie na siatce drugiej lampy względem jej drucika. Napięcie to silnie oddziałuje na bieg elektronów wysyłanych przez żarzący się drucik i wywołuje w prądzie anodowym drugiej lampy zmiany daleko większe od tych, jakie zachodzą w prądzie anodowym lampy pierwszej.

Prąd anodowy drugiej lampy przepuszczamy przez słuchawkę.

Dla wzmocnienia czułości takiego odbiornika stosuje się jeszcze tak zwane **sprzężenie zwrotne** inaczej **reakcja**.

W obwód anodowy pierwszej lampy wprowadzona jest pomocnicza cewka L_2 , którą zbliżamy do cewki L_1 , anteny.



Rys. 55. Odbiornik radiofoniczny dwulampowy. L_1 — cewka ma 35 do 250 zwojów, L_2 —cewka ma 100 do 300 zwojów. C_1 —kondensator obrotowy o pojemności największej 500 cm, C_2 —kondensator o pojemności—200 cm. R —opór około 3 milionów omów, R_1 i R_2 oporniki z regulacją do 25 omów, T —transformator z przekładnią od 1:3, do 1:5, S —słuchawka podwójna o łącznym oporze przynajmniej 2000 omów.

W ten sposób cewki L_1 i L_2 są indukcyjnie sprzężone strumieniem magnetycznym.

Słabe zmiany napięcia na końcówkach cewki L_1 wywołują za pośrednictwem lampy silniejsze zmiany w natężeniu prądu anodowego, pierwszej lampy. Prąd ten, płynąc w cewce L_2 , wzmacnia przez indukcję zmiany prądu w cewce L_1 , które wywołują wzmożenie się zmian napięcia na cewce L_1 , a więc również na siatce lampy, co znowu powiększa zmiany w prądzie anodowym i t. d. do pewnej granicy określonej własnościami lampy i obwodów.

Ważną jest sprawą zachowanie odpowiedniego położenia cewek L_1 i L_2 względem siebie, gdyż odwrócenie którejkolwiek z nich może wywołać pogorszenie w działaniu aparatu, jeżeli indukcja cewki L_2 zacznie osłabiać prądy antenowe.

Mały kondensator włączony równolegle z bardzo dużym oporem przed siatką pierwszej lampy, ułatwia zbieranie się odpowiednich ujemnych ładunków elektryczności na siatce.

Oporniki suwakowe R_1 i R_2 po 25 omów służą do nastawiania właściwego prądu żarzenia drucików w lampkach. Prąd ten dostarcza bateria, utworzona z paru ogniw galwanicznych lub akumulatorów.

Lampy należy stosować tak zwane oszczędnościowe z przyćmionem żarzeniem na prąd od 0,006 do 0,15 ampera; w pierwszym przypadku napięcie baterji żarzenia wynosi 4 wolt, w drugim 1,5 wolta. Bateria anodowa połączona z anodami lamp, powinna mieć napięcie od 30 do 80 woltów, stosownie do wskazówek fabryki, wyrabiającej lampy katodowe.

Nastawianie takiego odbiornika odbywa się w sposób następujący. Przedewszystkiem włączają się baterje żarzenia i anodowa. Opornikami nastawia się prąd żarzenia, kondensatorem C_1 nastraja się antenę do rezonansu i następnie szuka się najlepszego położenia cewki reakcyjnej L_2 , przy którym w słuchawce słychać wyraźnie słowa lub muzykę, bez obcych świstów i szmerów. W końcu można raz jeszcze wyregulować położenie kondensatora C_1 , wszystko według dźwięku w słuchawce.

9. GŁOŚNIKI.

Aby wyraźnie było słyhać dźwięki w słuchawce, trzeba ją przyłożyć do ucha, więc kilka osób z jednej słuchawki korzystać nie może, trzeba włączyć kilka równolegle.

W celu umożliwienia słuchania wielu osobom, stosują się nieraz głośniki, których głos jest tak silny, że dużo osób jednocześnie słyszy dobrze. Natężenie głosu. wychodzącego



Rys. 56. Głośnik z tubą.

z głośników, zależy od wielkości i ustroju aparatu, są głośniki tak silne, że kilka tysięcy osób w dużej sali czy na otwartym powietrzu słyszy wyraźnie głos wychodzący z głośnika.

Głośniki małe, do sali na kilkadziesiąt osób, urządzone są zwykle podobnie jak słuchawki telefoniczne, rys. 56.

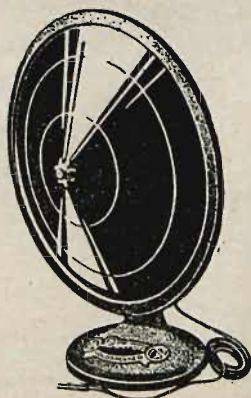
W okrągłym pudełku blaszanym znajduje się duży i silny elektromagnes spolaryzowany, oraz dość gruba i odpowiednio

duża błona żelazna, a. dla zwrócenia głosu w odpowiednim kierunku i uchronienia od rozpraszania, służy odpowiedniego kształtu tuba.

Prąd do takich głośników musi być dosyć silny i z tego względu pomiędzy aparatem odbiorczym, a głośnikiem włączamy jeszcze wzmacniacze z jednej lub kilku lamp katodowych.

Głośniki bardzo silne mają, zamiast magnesów spolaryzowanych, bardzo silne elektromagnesy, wzbudzone prądem z baterji akumulatorów, a zamiast błony żelaznej, cewkę z prądem, przyklejoną do cienkiej błony np. z tkaniny jedwabnej.

Prąd elektryczny, ze wzmacniacza lampowego, wprowadzamy do tej cewki ruchomej i ona drga pod wpływem podobnych sił jakie wprawiają w ruch wirniki silników elektrycznych.



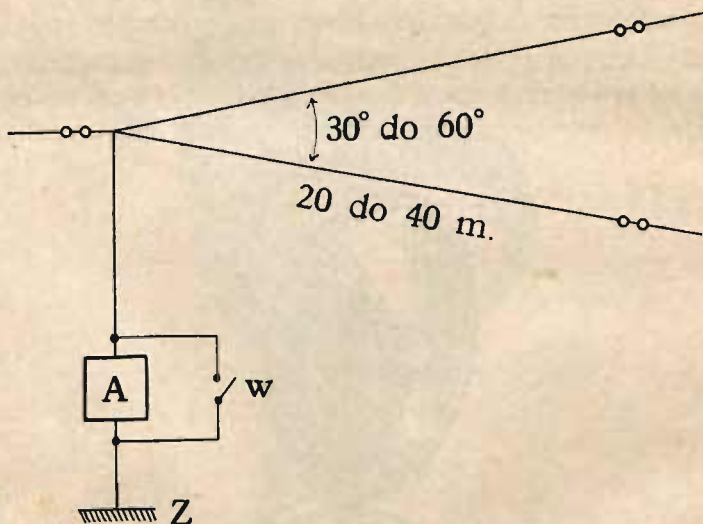
Rys. 56a. Głośnik beztubowy.

Są jeszcze głośniki beztubowe, rys. 56-a, które obecnie coraz więcej wchodzi w użycie, gdyż dają dźwięki czystsze. W tych głośnikach, drgania udzielają się dużej błonie, która wytwarza w powietrzu wielką falę dźwiękową, biegnącą niemal w jednym kierunku.

10. ANTENY DO ODBIORNIKÓW RADJOFONICZNYCH.

Dla prostych aparatów detektorowych, używanych na odległości do paru kilometrów od stacji nadawczej średniej mocy, za antenę służyć może każdy duży przedmiot **metalowy**, znajdujący się w mieszkaniu, np. łóżko żelazne, żyrandol i t.p.

Fale elektromagnetyczne przenikają przez mury i wewnątrz pokoju wznicają w drutach siły elektromotoryczne, a przyłączone przedmioty, zapewniając należyłą pojemność elektrycz-



Rys. 57. Antena rozwidlona zewnętrzna do odbiornika radjofonicznego

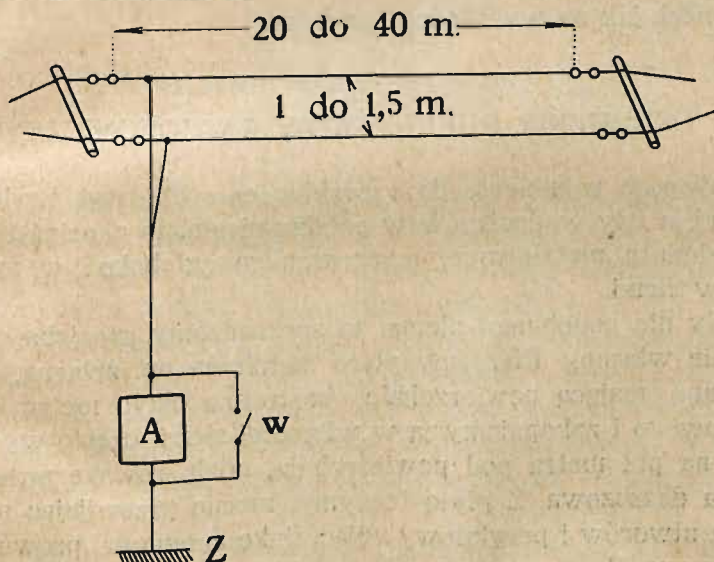
na, umożliwiają przyływ i odpływ dostatecznej ilości elektryczności w drutach antenowych.

Za antenę służyć mogą również przewody oświetlenia elektrycznego, przyłączone jednobiegunowo do aparatu odbiorczego **nie bezpośrednio**, lecz za pośrednictwem, odpowiednio zrobionego, małego kondensatora.

Przy odległościach większych, stosują się anteny napo-

wietrzne przeważnie dwóch rodzaj, zależnie od miejscowych warunków.

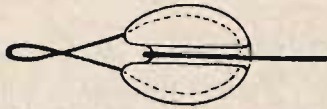
Na rys. 57 mamy przykład anteny z dwóch drutów pod kątem, a na rys. 58 z dwóch drutów równoległych, z przyłączeniem do aparatu z końca, jak na rys., czy ze środka. Druty antenowe najlepiej wykonywać z odpowiedniej plecionki antenowej grub. 1 do 2 mm, zawieszając je na podwójnych, jajo-



Rys. 58. Antena z drutami równoległymi do odbiornika radjofonicznego

wych, porcelanowych izolatorach odciągowych, oznaczonych na rysunkach 57 i 58 małymi kółkami. Na rys. 59 widzimy pojedynczy izolator jajowy. Po za izolatorami umocowanie anten może być dowolne.

Dla uziemienia anteny, na wypadek burzy, służy zwieracz **W**, dający połączenie do ziemi, pomimo aparatu. Wysokość zawieszenia poziomych drutów antenowych, powinna wynosić conajmniej kilka metrów nad ziemią, naogół im wyżej tem lepiej.



Rys. 59. Izolator antenowy.

Nad dachami domów druty te należy zawieszać przynajmniej na wysokości 1 metra, a gdy dach jest kryty blachą, to nie niżej, jak na wysokości 3 metrów.

11. UZIEMIENIE ODBIORNIKÓW RADJOFONICZNYCH.

Najlepsze uziemienie daje przyłączenie do rury wodociągowej, a gdy wodociągów w pobliżu niema, to chociaż by do przedmiotu metalowego, umocowanego głęboko w murze lub w ziemi.

Gdy nic podobnego niema, to sporządzamy specjalne uziemienie własne. Bieremy płytę metalową np. żelazną, cynkowaną, mającą powierzchnię obustronną około metra kwadratowego i zakopujemy ją w wilgotnej ziemi, często wystarczy na pół metra pod powierzchnią, gdzie zawsze przenika woda deszczowa. Z płytą łączymy, mocno przewijając przez kilka otworów i przylutowywując, linkę antenową, prowadzącą do aparatu.

Zamiast płyty metalowej można brać siatkę metalową o powierzchni obustronnej 2 m², lub pęk drutów o długości kilkunastu metrów.

ROZDZIAŁ III.

PIORUNOCHRONY NA BUDYNKACH.

1. WSTĘP.

W czasie burzy powstają na chmurach znaczne ładunki elektryczne. One przyciągają elektryczność znaku przeciwnego, znajdującą się na ziemi, skutkiem czego ta elektryczność skupia się na wierzchołkach drzew, budynków i t. p.

Kiedy napięcie elektryczne pomiędzy chmurami i temi przedmiotami przewyższy wytrzymałość elektryczną powietrza, to iskra elektryczna przebija warstwę powietrza pomiędzy chmurą, a przedmiotami naelektryzowanemi na ziemi i przeciwne ładunki, przebiegając w iskrze, znoszą się nawzajem.

Mówimy wtedy, że uderzył **piorun**. Odbitkę z fotografii takiej iskry widzimy na rys. 60.

Grzmot, powstający skutkiem uderzenia piorunu, jest prosto wstrząśnieniem powietrza, przebitego gwałtownie na znacznej przestrzeni przez iskrę elektryczną. Wyrównywanie ładunków przez iskrę piorunu odbywa się nie zawsze przez wyładowanie jednorazowe, często ładunki elektryczne mają ruchy wahadłowe i w iskrze przebiega prąd szybkozmienny.

Prąd elektryczny pioruna rozgrzewa przedmioty, po których płynie. Najmniej ogrzewa on metale, jako dobre przewodniki, natomiast przewodniki gorsze, jak drzewo wilgotne, mur i t. p., rozgrzewają się bardzo znacznie.

Przebiegając wzdłuż włókien drzewa i szczelin muru, prąd elektryczny pioruna nieraz rozrywa włókna, a mur rujnuje. Takie skutki ma piorun głównie z tego względu, że natężenie prądu pioruna jest bardzo wielkie.

Zapalić proch i wywołać wybuch materiałów eksplodujących może jednak nawet mała iskierka, tem bardziej piorun, albo jego drobne odgałęzienie. Drobne iskierki prądów, indukowanych przez prąd piorunowy w obwodach elektrycznych sąsiednich, również czasem wywołują eksplozje.



Rys. 60. Piorun zdjęty aparatem fotograficznym.

Bezpośrednie uderzenie pioruna w człowieka bywa zwykle śmiertelne, chociaż, jeżeli nie będzie porażenia zbyt głębokiego, to można porażonego ocalić przez zastosowanie sztucznego oddechu, prowadzonego przez czas dostatecznie długi*).

*) Patrz rozdział — przepisy ratowania porażonych prądem elektrycznym.

Nawet w pobliżu pioruna organizm ludzki bywa porażony, chociaż w słabszym stopniu, przez prądy indukowane w człowieku.

Na uderzenia pioruna narażone są przede wszystkim wysokie kominy, wieże i maszty, wystające krawędzie dachów i t. p. głównie w budynkach, stojących na uboczu, zdala od innych budowli, czy drzew.

2. URZĄDZENIE PIORUNOCHRONU.

Piorunochrony urządzamy w celu zabezpieczenia budynków od skutków uderzenia piorunu.

Zadaniem piorunochronu jest przeprowadzić elektryczność pioruna pomiędzy ziemią a chmurą, taką drogą, na której ona nie może wyrządzić żadnej szkody.

W tym celu należy ująć wyładowanie iskrowe pioruna w określonym miejscu i przeprowadzić stąd do ziemi. Najczęściej piorun bije w części wystające budynku, więc zapatrujemy je w urządzenia chwytne. Na kominach dajemy ramki żelazne, po kalenicy dachu prowadzimy druty i wyzyskujemy również do tego celu już istniejące na dachu różne części metalowe.

Gdy chodzi o ochronę możliwie skuteczniejszą, w braku wystających konstrukcyjnych części dachu, ustawiamy pręty*) żelazne, wysokości do 1 metra, lub rozwidlone pęki drutów długości do 30 cm.

Na ogół, wystające chwytne nie powinny znajdować się od siebie dalej jak na odległości 25 metrów.

Gdy długość budynku przewyższa 25 m, to należy ustawić przynajmniej dwa urządzenia chwytne.

Od chwytnych prętów i drutów prowadzą się drogą najkrótszą i najprostszą przewody do uziemienia.

Materiał na przewody stosujemy następujący:

*) Specjalne ostrza na pręcie są zupełnie zbyteczne.

Miedziany drut okrągły średnicy od 6 do 8 mm. Miedziana taśmę grubości 2 mm przy szerokości od 20 do 25 mm.

Miedzianą linkę o przekroju 25 do 50 mm² przy grubości poszczególnych drucików nie mniejszej od 2,5 mm.

Żelazny drut okrągły o średnicy od 8 do 9 mm. Żelazną taśmę 2 mm × 25 mm lub 3 mm × 30 mm. Żelazną linkę o przekroju od 49,4 do 98,8 mm² z drutu o średnicy co najmniej 3 mm.

Przewody żelazne muszą być cynkowane lub obołowione.

Dla przewodów na wieżach i kominach fabrycznych należy brać przekrój w pobliżu granicy wyższej.

Chwytny pręty żelazne muszą mieć średnicę od 10 do 25 mm.

Podpórki do umocowania przewodu należy umieszczać na odległości 1,5 metra jedna od drugiej.

Gdy dachy są zrobione z materiału łatwo palnego, to drut piorunochronowy należy prowadzić na podpórkach drewnianych w ten sposób, aby przewody na dachu znajdowały się na odległości co najmniej 10 cm. od dachu.

Znaczne części metalowe wewnątrz budynku należy uziemić u dołu, a u góry przyłączyć do przewodów piorunochronowych, o ile znajdują się od nich na odległości mniejszej od 2 metrów.

Na dachu wszystkie metalowe części konstrukcyjne budynku, za wyjątkiem drobnych, muszą być przyłączone do przewodów piorunochronowych.

Rynny muszą być wyzyskane, jako pomocnicze przewody piorunochronowe.

Przewód piorunochronowy należy **starannie** zabezpieczyć od uszkodzenia przy wejściu do ziemi.

Prowadząc przewody piorunochronowe, należy zważać, aby one szły możliwie po liniach prostych, a wszelkie nieuniknione zgięcia były jak **najłagodniejsze***), droga zaś od chwytynych prętów do uziemienia — była jak najkrótsza.

*) Wszelkie zgięcia przewodu, stwarzają zawsze dodatkowy opór dla prądów szybkozmiennych, jakimi są często prądy pioruna.

Wszelkie łączenia przewodów należy wykonywać jak najdokładniej, najlepiej lutować lub spawać, można zaciskać śrubami, ale powierzchnie stykowe muszą być tu czyste i dość duże — co najmniej 10 centymetrów kwadratowych.

Ważną bardzo częścią piorunochronu jest jego **uziemienie**.

Budynek jest tem dokładniej zabezpieczony od pioruna, im więcej ziemnych połączeń mają przewody piorunochronu, to też, za wyjątkiem chyba tylko bardzo małych budynków, lub oddzielnie stojących kominów, należy prowadzić z dachu co najmniej dwa przewody do osobnych uzemień.

Wogóle należy zaznaczyć, że liczba uzemień, a w związku z uzziemieniami i urządzeń chwytnych w pierwszym rzędzie zależy od przeznaczenia budynku. Im cenniejsze przedmioty i im łatwiej zapalne (proch i t. p.) zawiera budynek, tem więcej należy robić uzemień i więcej stawiać urządzeń chwytnych.

Najlepsze uzziemienie stanowią druty żelazne czy miedziane, a także długie taśmy z tych samych metali, ułożone wokoło domu, niezbyt głęboko pod powierzchnią ziemi na głębokości około 70 cm., gdzie łatwo przenika woda deszczowa. Do tego drutu okrężnego przyłączamy wszystkie przewody piorunochronu schodzące na dół.

W celu zapewnienia dobrego styku metalu z ziemią, podsypujemy pod druty i płyty warstwę gliny, ugniatając ją w kształcie miski czy koryta, tak aby tam mogła utrzymać się wilgoć.

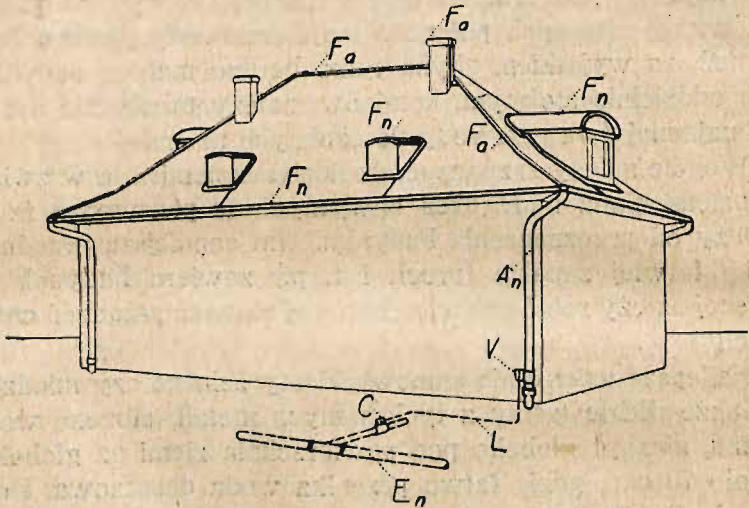
Jeżeli przy samym budynku niema miejsc dość wilgotnych, to należy od przewodu okrężnego poprowadzić kilka wachlarzowatych odgałęzień po kilka metrów długości, w miarę możliwości, najlepiej w tym kierunku, gdzie te odgałęzienia dosięgły by miejsc wilgotnych.

W tych miejscowościach, gdzie mamy niezbyt głęboko wodę podskórną, stosujemy uzziemienie głębokie za pomocą płyt, zakopanych w stale wilgotnej warstwie gruntu. Płyty sporządzają się z żelaza cynkowanego lub z miedzi.

Płyty miedziane—co najmniej grubości: 2 mm żelazne: 4 mm.

Jednostronna powierzchnia płyty powinna wynosić co najmniej 0,5 metra kwadratowego. Płytę zakopuje się pionowo i mocno ubija się ziemię z obu stron.

Zamiast płyt można stosować kratę z odpowiednich dru-

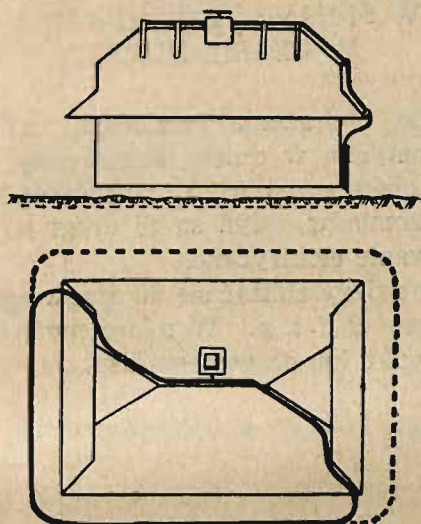


Rys. 61. Urządzenie piorunochronowe bez sterzących chwytaków.

- Fa — przewodniki piorunochronowe.
- Fn — daszki i rynny poziome przyłączone do przewodów.
- An — rynna jako przewód doziemny.
- V — skówka na rynnie.
- L — przewód ziemny.
- C — skówka na rurze.
- En — rury podziemne.

tów z okami do 400 cm², z jednostronną powierzchnią 1 metra kwadr.

Jeżeli w budynku lub w pobliżu są rurociągi do wody, zakopane w ziemi na znacznej długości, to otrzymamy bardzo dobre uziemienie, łącząc przewody piorunochronu z temi rurami.



Rys. 62. Najprostsze urządzenie piorunochronowe wiejskiego domku.

Na rys. 61 i 62 pokazane są najprostsze urządzenia piorunochronowe z ramkami na kominach i uziemieniem przez drut okrężny lub rury wodociągowe.

3. SPRAWDZANIE PIORUNOCHRONÓW.

Piorunochron czyni zadość swemu przeznaczeniu tylko wtedy, gdy jest należycie doglądany, w celu dopilnowania całości przewodów, dokładności połączeń i pewności uziemienia.

Szczególnie należy sprawdzać stan przewodów ziemnych. Urządzenie piorunochronowe, trzeba dokładnie obejrzeć przynajmniej raz do roku, a także po każdej znaczniejszej burzy z piorunami i po naprawie dachu.

Dokładne sprawdzanie uziemienia, z odkopywaniem przynajmniej niektórych płyt, wystarczy przeprowadzić co kilka lat. Szczegóły dotyczące urządzeń piorunochronowych znajdują się w specjalnych przepisach.

4. UWAGI W SPRAWIE ZACHOWANIA SIĘ LUDZI W CZASIE BURZY.

Dla uniknięcia porażenia piorunem zaleca się: nie wychodzić z budynku w czasie silnej burzy, nie zbliżać się do przewodów elektrycznych, i piorunochronowych, dźwi, okien, pieców, kominów, gdyż są to drogi po których może przejść wyładowanie elektryczne.

Na dworze nie należy zbliżać się do drzew osobno stojących, słupów elektrycznych i t. p. W miarę możliwości należy się schronić do budynku lub do gęstego lasu.

ROZDZIAŁ IV.

Elektrotechnika w lecznictwie.

Zastosowanie urządzeń elektrycznych do leczenia i badania organizmu ludzkiego, oraz do pomocy zmysłom jest obecnie bardzo wielostronne.

I. KAPIFLE CIEPLNE I ŚWIETLNE.

Oddziaływanie na organizm ludzki promieni ciepłych i świetlnych, które wysyłają lampy elektryczne, jest bardzo znaczne, to też lecznictwo spólczesne nieraz posługuje się tym środkiem.

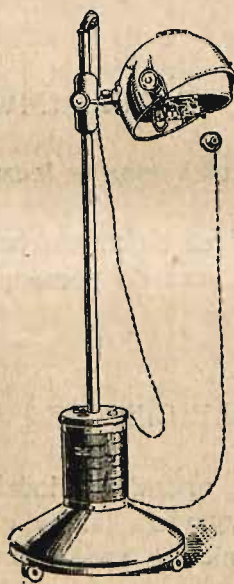
Używane są lampy żarowe i łukowe.

Lampy żarowe umieszczają się często na wewnętrznej powierzchni wielkich koszów, w których znajduje się człowiek poddawany działaniu promieni ciepłych i świetlnych. Poza tem naświetla się różne części ciała za pomocą poszczególnych lamp, umieszczonych w głębokich reflektorach zaopatrzonych w kolorowe szkła, przepuszczające promienie określonej barwy. Często bańki żarówek przygotowują się wprost ze szkła odpowiednio zabarwionego.

W ten sposób wydzielamy z całego promieniowania lampy tą cząstkę, która potrzebna jest dla zabiegów leczniczych.

Reszta energii promieni przekształca się na ciepło w nieprze-
nikalnym dla nich szkłe. Szczególne jednak znaczenie osią-
nęły w ostatnich czasach lampy łukowe — rtęciowe rys. 63,
gdzie łuk świetlny powstaje w rurce opróżnionej z powietrza,
zawierającej trochę rtęci.

Rurka ta przygotowuje się zazwyczaj z kwarcu t. j. sto-



Rys. 63. Rtęciowa lampa kwarcowa.

pionego bardzo czystego piasku — i dla tego lampy te są po-
spolicie znane pod nazwą **lamp kwarcowych**.

Kwarcowa rurka jest lepsza od szklanej, gdyż jest trudniej
topliwa i przez to pozwala wytworzyć silniejszy łuk, mający
zwykle dość wysoką temperaturę. A poza tem kwarc mniej
pochłania ważne w lecznictwie, tak zwane, ultrafioletowe
promienie świetlne, o bardzo krótkiej fali, wysyłane obficie
przez łuk rtęciowy.

Lampa, jak widać na rysunku, jest osłoniętą kapturem metalowym, gdyż promienie kwarcowej lampy łukowej są bardzo niebezpieczne dla oczu ludzkich. Zaleca się osłaniać oczy odpowiednimi okularami. Naświetlanie ciała można stosować tylko bardzo ostrożnie, ściśle według przepisów lekarza.

Lampy tego rodzaju bywają zasilane prądem stałym lub zmiennym z przewodów oświetleniowych, przez odpowiedni opornik, który musi być przystosowany do napięcia sieci.

One nie zapalają się same, gdyż zimna para rtęci jest złym przewodnikiem.

Chcąc lampę zapalić, włączamy prąd i rurkę na chwilę nachylamy, przez co rtęć rozlewa się szerzej i daje chwilowe połączenie pomiędzy elektrodami metalowymi wtopionymi na końcach rurki, gdy następnie pozwolimy rurce powrócić do położenia poprzedniego, rtęć spływa spowrotem i w miejscu przerwania się strugi rtęciowej tworzy się silna iskra elektryczna, czyli łuk. Powstaje rozgrzana para rtęci, która stanowi przewodnik dla prądu elektrycznego.

Pod wpływem prądu elektrycznego, para rtęci daje silne, lecz nieprzyjemne dla oka, światło. W promieniach tego światła brak promieni czerwonych, które są niezbędnym składnikiem przyjemnego światła słonecznego.

Natomiast mamy w promieniach łuku rtęciowego silne promienie zielone, niebieskie, fioletowe i wreszcie nadfioletowe czyli tak zwane ultrafioletowe, mające własności lecznicze.

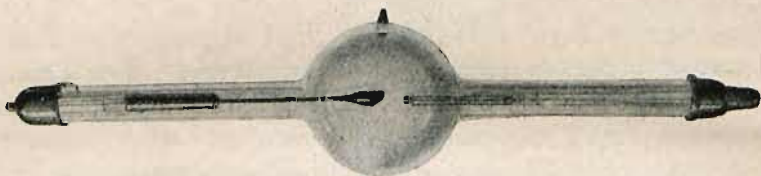
Promienie nadfioletowe wysyła również i słońce, ale one, za nim dobiegną do oka ludzkiego, są pochłaniane przez gęste warstwy atmosfery. Na wysokich górach w promieniach słonecznych jest jeszcze sporo promieni ultrafioletowych, to też nieraz światło lamp rtęciowych bywa uważane za sztuczne światło słoneczne wysokogórskie — nie zupełnie jednak słusznie, gdyż w tym sztucznym świetle brak innych składników, z którymi oswoiło się oko i cały organizm ludzki.

2. PROMIENIE RÖNTGENA *).

Ważne bardzo znaczenie w lecznictwie społecznem mają promienie, odkryte przez fizyka Röntgena.

Otrzymują się one obecnie w opróżnionych rurkach szklanych wynalezionych przez Coolidge'a**). rys. 64 i 64a.

W takiej szklanej rurce z jednej strony (na rys. 46 i 46a z prawej strony) mamy mały zwiłek drutu wolframowego, przez



Rys. 64. Rurka rentgenowska fir. Siemens na wysokie napięcie, dla otrzymywania promieni przenikliwych, do leczenia organów wewnętrznych.



Rys. 64a. Rurka rentgenowska firmy Gaiffe-Gallot et Pilon w Paryżu do prześwietlania ciała ludzkiego. Daje promienie bardzo silne. Może być włączona na prąd zmienny bez prostowników. Blaszki z lewej strony służą dla chłodzenia anody.

który przepuszczamy prąd elektryczny jak w zwykłej lampce żarowej. Z drugiej strony na przeciwko powyższego drucika jest ukośnie ustawiona płytko metalowa (tak zwana anoda), przytwierdzona do odpowiedniej metalowej rurki umocowanej w szkłe.

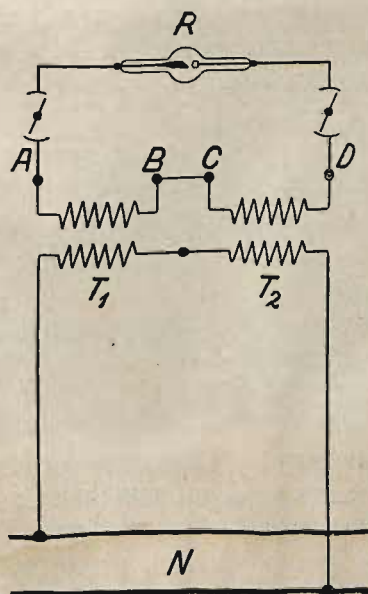
*) Czytaj Rentgena.

***) Czytaj Kulidża

Pomiędzy rozżarzony drucik, a płytkę włączamy najczęściej źródło prądu jednokierunkowego wysokiego napięcia. Biegun dodatni łączymy z płytką, a ujemny z rozżarzonego drucikiem, wtedy z rozżarzonego drucika (tak zwanej katody) wyskakują ujemnie naelektryzowane cząsteczki, (tak zwane elektrony) które biegną ku płytce — anodzie, tworząc prąd elektryczny w próżni, natężenie tego prądu jest bardzo małe, ale napięcie wysokie.

Pod wpływem tego strumienia elektronów, uderzających w płytkę, płytkę ta wysyła promienie rentgenowskie (inaczej promienie X), coś w rodzaju światła niewidzialnego.

Fale tych promieni są niezmiernie krótkie, gdyż długość ich



Rys. 65. Układ połączeń rurki rentgenowskiej z przewodami oświetlenia elektrycznego.

N—przewody oświetleniowe. T_1 i T_2 —Trasformator podwyższający napięcie, A i D prostowniki wirujące.

Na rysunku nie pokazano przewodów do żarzenia katody.

wynosi zaledwie drobną część długości najkrótszych fal promieni świetlnych widzialnych

Najdroższą i najważniejszą część aparatu rentgenowskiego stanowi źródło jednokierunkowego prądu wysokiego napięcia.

Dla zasilania aparatów rentgenowskich obecnie najczęściej bywa pobierany prąd zmienny z elektrowni publicznej, ten sam co służy do oświetlenia, a więc o niskim napięciu. W odpowiednich transformatorach napięcie prądu miejskiego podwyższa się nieraz do 100000 i więcej woltów, następnie prąd prostuje się za pomocą odpowiednich prostowników. Są dwa rodzaje prostowników najczęściej tu stosowanych: prostowniki mechaniczne wirujące i prostowniki katodowe.

W prostownikach mechanicznych odpowiednio zbudowany przełącznik jest obracany za pomocą silnika synchronicznego, wirującego zgodnie ze zmiennością prądu, a więc wykonywującego np. pół obrotu w ciągu jednego okresu zmienności prądu.

Za pomocą takiego przełącznika puszczamy prąd przez rurkę rentgenoską zawsze w jednym kierunku rys. 65.

Zamiast prostowników wirujących, bywają stosowane prostowniki katodowe, stanowią one rurki szklane opróżnione z anodą i żarzoną katodą, podobne do lamp katodowych używanych w radjotechnice rys. 53, ale bez siatki.

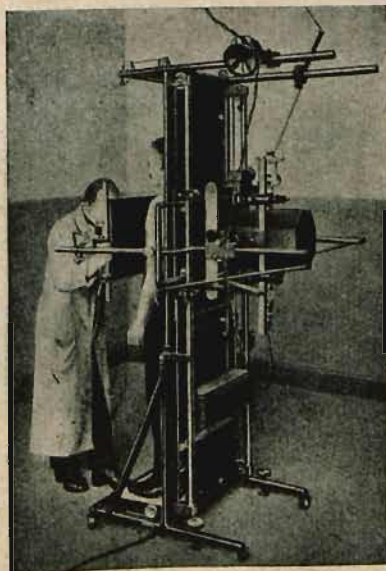
Rurki takie przepuszczają prąd tylko w jednym kierunku, odpowiednio do kierunku ruchu, wysyłanych przez katodę elektronów.

Promienie rentgenowskie, wybiegające z płytki rurki Coolidge'a, wobec swej nadzwyczajnej subtelności, z łatwością przenikają przez tkanki mięsne i skórę, natomiast przez kości bardzo słabo. Słabo przepuszczają promienie rentgenowskie również metale.

Dla oka promienie rentgenowskie są niewidzialne, oddziałują jednak na kliszę fotograficzną, oraz mogą wywoływać świecenie papieru, pomalowanego odpowiednią farbą.

Korzystając z tych własności powyższych promieni, są one stosowane w lecznictwie do badania wnętrza ciała ludzkiego.

Za pomocą promieni Röntgena łatwo otrzymywać cienie fotograficzne, umieszczając przedmiot badany pomiędzy źródłem promieni, a kliszą fotograficzną, możliwie bliżej do kliszy. Na takim cieniu można rozpoznać kości i różne tkanki ciała ludzkiego, tkanki uwidoczniają się na fotografii przez miejsca ciemniejsze czy jaśniejsze, stosownie do różnej ich przenikalności względem promieni rentgenowskich. Wnętrze ciała



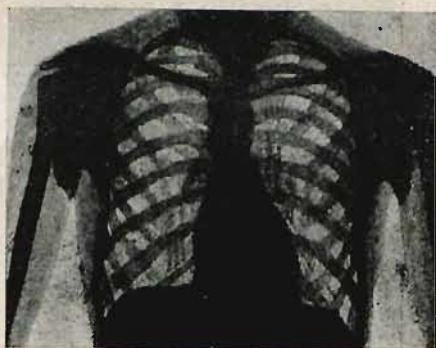
Rys. 66. Oglądanie cienia rentgenowskiego klatki piersiowej. Aparat firmy Siemens.

człowieka można oglądać bezpośrednio, używając zamiast kliszy fotograficznej, tak zwanego ekranu fluoryzującego. Jest to papier pomalowany odpowiednimi solami, wrażliwymi na promienie rentgenowskie.

Gdy ustawimy taki ekran na drodze promieni rentgenowskich, to cały on świeci błędem, zielonkowem światłem, wy-

rażnie widocznym dla oka ludzkiego, czyli, jak zwykle mówimy, fluoryzuje.

Umieszczając za tym ekranem rys. 66 przedmiot badany, tak aby promienie rentgenowskie trafiły na ekran dopiero po przejściu przez ten przedmiot, otrzymujemy na ekranie cień badanego przedmiotu widoczny dla oka ludzkiego: rys. 67. Jeżeli badanym przedmiotem jest ciało człowieka, to nie mamy cienia jednolitego, gdyż różne tkanki ciała w różnym stopniu przepuszczają promienie rentgenowskie. Na tle słabego cienia tkanek mięsnych widzimy wyraźny gęsty cień kości, inne



Rys. 67. Cień rentgenowski klatki piersiowej.

tkanki również dają cienie różnej gęstości i przez to widzą ważny a znający dobrze budowę ciała ludzkiego, może dość szczegółowo zbadać stan i układ różnych organów w ciele ludzkim.

Chcąc zbadać dokładniej organa pokarmowe, lekarze nieraz zalecają pacjentom spożywanie pokarmów słabo przenikliwych dla promieni rentgenowskich, przez co pokarmy te uwydatniają dobrze na cieniu rentgenowskich te organa, w których się znajdują.

Najcenniejsze jednak usługi oddają promienie rentgenowskie w chirurgji, przy szukaniu kul i t. p. tkwiących w ciele, oraz

badaniu uszkodzeń kości, pozwalając dokładnie ustalić rodzaj uszkodzenia a więc i sposób leczenia.

Poza tem jednak, promieniami rentgenowskimi można również leczyć tkanki różnych organów ciała ludzkiego.

3. ENDOSKOPJA.

Endoskopją nazywamy dział badania wewnętrznych organów ciała ludzkiego za pomocą zwykłego światła.

Odpowiednio umieszczone w rurkach małe lampki elektryczne wprowadzają się do różnych kanałów i jam ciała ludzkiego. Oświetlone temi lampkami tkanki, można oglądać, kierując odbite promienie odpowiednimi lusterkami i soczewkami.

4. ELEKTROKAUSTYKA.

Jest to dział lecznictwa, stosujący prąd elektryczny do przecinania i usuwania części tkanek organizmu.

Zasada tych zabiegów polega na zastosowaniu, rozżarzonych prądem elektrycznym, drucików metalowych, odpowiedniego kształtu, do przepalania i wypalania tkanki organicznej.

Do rozżarzania stosuje się prąd stały lub zmienny niskiego napięcia.

5. GALWANIZACJA.

Dla ulżenia różnym dolegliwościom organizmu ludzkiego, stosowane są często zabiegi polegające na przepuszczeniu przez tkanki ciała odpowiedniego prądu elektrycznego.

Gdy zastosujemy do tego prąd elektryczny stały, czerpany przeważnie z ogniw galwanicznych, to taki zabieg nazywamy galwanizacją.

Stosują się tu prądy bardzo słabe od 0,5 do 60 miliamperów*) płynące pod napięciem kilkunastu woltów.

Do ciała ludzkiego prąd doprowadza się za pomocą elektrod, stanowiących płytki metalowe pokryte tkaniną, którą przed użyciem zwilżamy. Stosowane są również elektrody w postaci metalowych szczoteczek i pendzelków.

Można przeprowadzić galwanizację przez tak zwaną kąpiel wodno-elektryczną, składającą się z czterech porcelanowych wanienek napełnionych wodą, osobna wanienska dla każdej ręki i nogi. Przez ręce i nogi pogrążone w wodzie wpływa i wypływa prąd z ciała ludzkiego. Do wody prąd doprowadza się za pomocą płytek węglowych, zanurzonych w wodzie i połączonych przewodnikami miedzianymi ze źródłem prądu.

Dla regulowania natężenia prądu, zmieniamy liczbę ogniów galwanicznych, połączonych w szereg, lub też wprowadzamy w obwód prądu zmienne oporniki.

Zamiast ogniów galwanicznych, można stosować akumulatory, lub też brać prąd z sieci przewodów publicznych, zawsze, stosując odpowiednią przetwornicę wirującą, dla obniżenia napięcia.

Jeżeli sieć miejska jest na prąd zmienny, to należy zastosować przetwornicę wirującą, dla otrzymania prądu stałego.

6. FARADYZACJA.

Leczenie prądem zmiennym wznieczanym w cewce wtórnej transformatora, przy przerywaniu prądu stałego płynącego w cewce pierwotnej nazywamy **faradyzacją**.

Do tego celu stosują się małe ceweczki długości kilkunastu centymetrów z przerywaczem elektromagnetycznym, działającym na tej samej zasadzie co dzwonek elektryczny.

Natężenie tych prądów regulujemy, zmieniając wielkość indukowanej siły elektromotorycznej. W tym celu mamy moż-

*) Tysiącznych części ampera.

ność w tych aparatach wsuwać i wysuwać cewkę pierwotną z cewki wtórnej, lub też możemy zastosować wysuwany rdzeń żelazny, stanowiący pęczek drucików żelaznych.

Im głębiej do cewki wewnętrznej wsuniemy ten rdzeń, tem większy będzie w cewkach strumień magnetyczny, a przez to większa będzie siła elektromotoryczna indukowana.

Czasem używa się także zwykły prąd zmienny, stosowany do oświetlenia, tak zwany sinusoidalny, w którym przebieg zmienności jest znacznie bardziej łagodny. Prąd ten musi mieć oczywiście znacznie obniżone napięcie i obwód izolowany od sieci miejskiej.

Elektrody dla doprowadzenia prądu do ciała ludzkiego używane są te same co przy galwanizacji.

7. FRANKLINIZACJA.

Zabiegi lecznicze, za pomocą prądów jednokierunkowych wysokiego napięcia, ale nadzwyczaj małego natężenia nazywamy franklinizacją. Takie prądy otrzymują się zazwyczaj zapomocą tak zwanych maszyn influencyjnych.

Najprostsza maszyna influencyjna składa się z dwóch tarcz ebonitowych*). Na tych tarczach są naklejone wokoło skrawki cynfolji. Pod wpływem szybkiego wirowania tych tarcz w odwrotnych kierunkach wytwarza się ruch ładunków elektrycznych, które gromadzą się na dwóch kulkach, połączonych prętami z grzebyczkami, umieszczonemi w pobliżu wirujących tarcz.

Jedna z tych kulek jest biegunem dodatnim, a druga ujemnym*).

Przy franklinizacji miejscowej, lekarz łączy jeden biegun maszyny z ziemią a drugi z elektrodą kołczastą, np. w postaci płytki z ostrzami. Zbliżając taką płytkę do ciała ludz-

*) Twardy kauczuk — izolator.

*) Szczegóły działania takiej maszyny czytelnik znajdzie w podręczniku fizyki.

kiego, puszcza prąd elektryczny przez snop drobniutekłych iskiełek, wybiegających z ostrzy. Czasem stosują się elektrody w kształcie kulki, wtedy z niej wypadają pojedyncze jasne iskry.

Przy franklinizacji ogólnej, chory siedzi na izolowanym stołku połączonym z dodatnim biegunem maszyny, podczas gdy drugi jest uziemiony, t. j. np. połączony z wodociągiem lub rurą gazową.

8. ARSONWALIZACJA.

Oprócz prądów stałych, czy zmiennych niskiej częstotliwości*) oraz, tak zwanych, faradycznych, których częstotliwość jest nieco większa, stosowane są w elektrolecznictwie jeszcze prądy wysokiej częstotliwości, w zabiegu leczniczym zwanym arsonwalizacją. Prądy wysokiej częstotliwości są otrzymywane ze zwykłych prądów zmiennych przez bardzo znaczne powiększenie częstotliwości.

Układ urządzenia dla wytwarzania tych prądów wskazany jest na rys. 68.

Prąd zmienny niskiej częstotliwości doprowadza się do transformatora **T** który podnosi napięcie prądu z 120 czy 220 woltów na kilka tysięcy woltów.

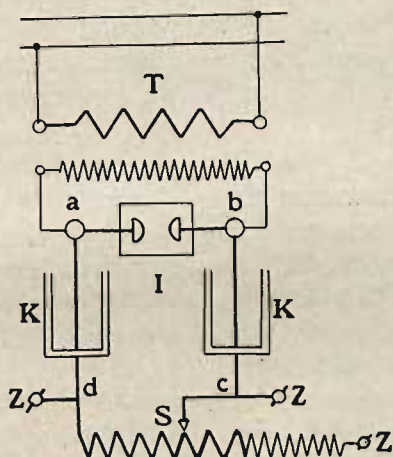
Do wtórnego obwodu transformatora przyłączony jest obwód trzeci **a—b—c—d**, utworzony przez iskiernik **I**, kondensatory **K, K***) oraz cewkę **S**.

Gdy iskry niema, a więc pomiędzy kulkami iskiernika jest przerwa, to wtórne uzwojenie transformatora jest połączone w szereg z dwoma kondensatorami **K i K** oraz cewką **S**. W tym obwodzie, przy wzroście napięcia transformatora, przebiega prąd ładujący kondensatory, w pewnej chwili jednak, gdy napięcie między kulkami iskiernika, połączonymi z transformatorem, wzrośnie tak znacznie, że warstwa powietrza między kulkami zostanie przebita, to powstanie iskra, która zewrze ob-

*) Oświetleniowych.

*) Najczęściej w postaci butelek lejdejskich

wód a—b—c—d, i kondensatory wyładowują się. Wyładowanie odbywać się będzie stopniowo, zanikającym prądem zmiennym**) wysokiej częstotliwości. Prąd ten przebiegać będzie nie tylko przez iskrę, lecz również i przez cewkę S, gdyż tylko



Rys. 68. Układ połączeń aparatu do arsonwalizacji Z—zaciski dla odbierania prądu wysokiej częstotliwości.

tędy mogą wyrównać się ładunki zewnętrznych okładzin kondensatorów.

Napięcie na wtórnych zwojach transformatora T wzmaga się 100 razy na sekundę, więc co najmniej sto iskier na sekundę przeskoczy między kulkami iskiernika i sto krótkotrwałych prądów zmiennych wysokiej częstotliwości powstanie w obwodzie:

a—b—c—d.

**) Podobnie jak wahadło, wychylone i pozostawione samemu sobie, wykonywa szereg wahań w tą i w ową stronę, zanim zupełnie się zatrzyma, tak prąd coraz słabszy płynie to w jedną to w drugą stronę.

Z takiego przyrządu do ciała ludzkiego wprowadzamy prąd w dwojaki sposób.

Przy arsonwalizacji ogólnej, cewka prądu szybko zmiennego S robi się tak wielka, aby w środku tej cewki można było postawić lub położyć człowieka. Wtedy wielka szybkość zmian prądu sprawia, że w ciele człowieka powstają wirowe prądy indukowane, tak jak we wtórnej cewce transformatora.

Przy arsonwalizacji miejscowej, bierzemy prąd wysokiej częstotliwości z cewki wtórnej, która z pierwotną jest połączona w szereg rys. 68.

Gdy elektrodę Z znajdującą się na końcu cewki wtórnej zbliżymy do człowieka, to z tej elektrody wybiegać będzie snop iskier do ciała ludzkiego, tem silniejszy im bliżej ciała trzymamy elektrodę. Obwód elektryczny zamyka się tu przez uziemienie ciała ludzkiego i pojemność względem ziemi cewek transformatora wysokiej częstotliwości o ile przeciwny biegun cewki, S nie jest uziemiony.

Charakterystyczną cechą prądów elektrycznych bardzo wysokiej częstotliwości jest ta okoliczność, że nawet przy znacznym natężeniu, prądy te nie oddziałują szkodliwie na organizm ludzki i nie sprawiają porażenia. Strzedz jednak trzeba, aby przypadkiem prąd zmienny niskiej częstotliwości nie dostał się do obwodów połączonych z ciałem ludzkim.

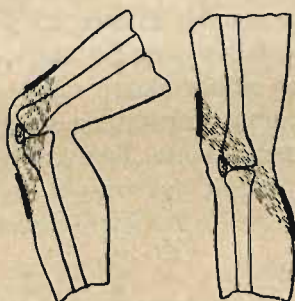
9. DIATERMIJA.

Urządzenie dla diatermiji jest bardzo podobne do poprzedniego. Przy tym zabiegu chodzi o przegrzewanie silnym prądem różnych części ciała ludzkiego. Zwykłym prądem stałym czy zmiennym małej częstotliwości uczynić tego niemożna, gdyż nerwy i inne tkanki ciała ludzkiego pod wpływem nawet dość słabych prądów stałych i wolno zmiennych, ulegają porażeniu.

Tylko prąd o bardzo wysokiej częstotliwości nawet znacznego natężenia — np. kilka amperów, może być przez czas

długi przepuszczany przez ciało człowieka, nie sprawiając zaburzeń, w działaniu organów i życiu tkanek; takim prądem można przegrzać tkanki ciała.

Cewka w obwodzie wysokiej częstotliwości zwiija się tu w niewielką liczbę zwojów aby otrzymać nie zbyt wysokie napięcie. Końcówki tej cewki łączą się z dwiema metalowymi elektrodami odpowiedniego kształtu, które szczelnie przykładamy do tych miejsc ciała ludzkiego, gdzie chcemy wprowadzić i wyprowadzić prąd elektryczny rys. 69.



Rys. 69. Przegrzewanie prądem szybkodziennym stawu kolanowego.

Prądy tego rodzaju można również przepuszczać przez ciało ludzkie zapomocą kąpieli wodnych, składających się z kilku wanienek, do których pogrążamy nogi i ręce, oraz elektrody.

Reguluje się natężenie prądu diatermicznego za pomocą oporników, albo za pomocą zmiennej liczby zwojów wtórnej cewki, odgaleźniając jedną z elektrod w różnych miejscach cewki.

Dla osiągnięcia właściwego działania cieplnego prądu elektrycznego, prąd ten powinien płynąć, możliwie bez przerwy, przez czas dość długi.

Z tego względu iskierniki w tych przyrządach stosują się zazwyczaj inne niż w arsonwalizacji. Tak np. przy użyciu

iskierników winowskich, składających się z kilku, ułożonych obok siebie izolowanych talerzyków, można znacznie zwiększyć liczbę przeskakujących w danym czasie iskier np. do paru tysięcy w sekundzie, stąd powstaną często bardzo powtarzające się ciągi prądów szybkozmiennych, a więc silniejsze działanie.

Poza tem, w tych urządzeniach można stosować inne, bardziej nowoczesne, sposoby wytwarzania prądów szybkozmiennych, a więc użyć źródło prądu stałego i zamiast iskiernika, włączyć łuk Volty, powstający pomiędzy jedną elektrodą metalową, a drugą węglową, w naczyniu wypełnionem parą spirytusu, który wpuszczamy kroplami. Można także włączyć w specjalny układ połączeń lampę katodową, — podobną do tej, jaką używamy w odbiornikach radiotelefonicznych.

Za pomocą łuku i lampy otrzymują się prądy szybkozmiennne wysokiej częstotliwości, ciągle, bez żadnych przerw, które są nieuniknione przy sposobie iskrowym, gdyż tu prąd szybkozmienny wznieca się tylko w chwili przeskakiwania iskry.

10. ELEKTROKARDIOGRAFJA.

Jest cały szereg aparatów czułych, które pozwalają badać działania organizmu ludzkiego, przez obserwowanie prądów elektrycznych, które w nim powstają przy skurczach mięśni i t. p. Służą do tego bardzo czule amperomierze zwane galwanometrami. Wychylenia takich galwanometrów można notować w sposób ciągły za pomocą promieni świetlnych i malutkich lusterek umieszczonych na ruchomej części amperomierza. Odbity od takiego lusterka promień świetlny pada na poruszającą się płytę fotograficzną, przez co na tej płycie otrzymujemy linię falistą tak zwany np. elektrokardiogram, z którego możemy wnioskować o zaburzeniach w działaniu serca.

11. FONOFORY.

Osoby mające słuch stępiony mają w życiu wielkie ułatwienie, przez użycie przyrządów pomocniczych w postaci tak zwanych fonoforów.

Przyrząd taki składa się ze słuchawki, mikrofonu i baterji. Słuchawka i mikrofon są sporządzone na kształt aparatów tego rodzaju stosowanych w zwykłej telefonji.

Baterja suchych ogniw lub akumulatorów daje prąd.

Stosując bardzo czuły mikrofon i odpowiednia słuchawkę, oraz dość silny prąd z baterji, łatwo osiągniemy tak mocny dźwięk w słuchawce, że osoba, mająca nawet bardzo słaby słuch, będzie mogła słyszeć rozmowę, prowadzoną opodal.

ROZDZIAŁ V.
WSKAZÓWKI NIESIENIA POMOCY W WYPADKU
PORAŻENIA PRĄDEM ELEKTRYCZNYM.

(Opracowane i przyjęte przez Polski Komitet Elektrotechniczny).

I.

Ratowanie rażonego należy rozpoczynać od bezzwłocznego wyłączenia go z pod działania prądu elektrycznego, przerywając w tym miejscu prąd.

Należy przytem uważać, aby nikt nie dotknął rażonego bez zachowania należytej ostrożności i nie powiększył przez to liczby ofiar.

Przy napięciach poniżej 600 woltów.

1. Jeżeli to jest możliwe, należy wyłączyć przewód lub przyrząd, którego dotyka rażony, przez otworzenie najbliższego wyłącznika lub przez wyjęcie bezpieczników. W ostateczności przewody mogą być rozerwane za pomocą specjalnych cęgów z izolowanymi rękojeściami, siekiery z suchym trzonem lub ciężkiego kawałka suchego drzewa. Uważać przytem należy, aby ratujący sam nie dotknął przewodu. W szczególnych przypadkach można dokonać zwarcia przewodów—„krótkiego spięcia“.

2. O ile niema możliwości wyłączenia prądu i rażony pozostaje pod napięciem, ratujący musi przedewszystkiem być dobrze odizolowany tak od ziemi, jak i od rażonego. Szczególnie należy zachowywać ostrożność przy dotykaniu obnażonych

części przyrządów, przewodów oraz ciała rażonego. Odizolować się od ziemi można, stając na suchej drewnianej desce bez gwoździ, na krześle, na grubej, suchej szmacie, najlepiej wełnianej, kilkakrotnie złożonej, lub wkładając całe i suche kalosze gumowe. Na ręce włożyć grube (podwójne), suche, wełniane rękawice, lub też ostatecznie owinać dłonie w suche szmatki, części własnego ubrania i t. p.

3. Następnie, unosząc rażonego, o ile możliwości za ubranie, należy podsunąć pod niego suchą deskę lub inny przedmiot drewniany bez gwoździ i okuć, w ostateczności zwinięte ubranie, koc, ścierki i t. p. Ważne jest, aby to wszystko było rzeczywiście suche.

Jeżeli rażony kurczowo trzyma się przewodu, należy ostrożnie odginać pokolei jego palce, owijając każdy wyprostowany palec szmatkami tak, aby ponownie nie mógł dotknąć przewodu.

Jeżeli dookoła rażonego owinał się drut.—starać się go przeciąć w sposób wyżej wspomniany.

Przy napięciach ponad 600 woltów.

Należy starać się przede wszystkim wyłączyć przewód lub przyrząd dotykany z pod napięcia, przez otworzenie odpowiedniego wyłącznika. W ostateczności, jeżeli to jest niemożliwe, trzeba oderwać rażonego za pomocą bosaka (takiego, jakiego używa straż ogniowa, lub — jeszcze lepiej — specjalnego, z izolowaną rękojeścią, jakiego się używa do otwierania i zamykania odłączników). **W żadnym razie nie można dotykać rażonego, póki on znajduje się pod napięciem wyższym od 600 woltów, chociażby nawet ręce ratującego były owinięte.**

Również niebezpieczne jest rozrywanie lub zwieranie przewodów, bez pomocy specjalnie izolowanych narzędzi i fachowej znajomości rzeczy.

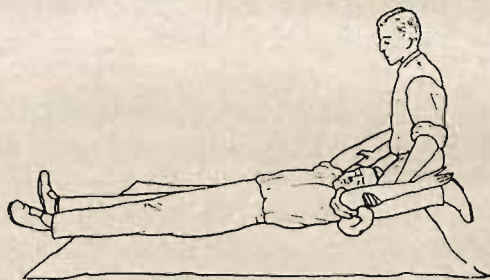
II.

1. Jeżeli rażony jest nieprzytomny, oddycha nieregularnie, słabo lub nie oddycha wcale, należy natychmiast rozpocząć

ratowanie i nie zostawiać samego rażonego bez opieki. **Najlepszym i jedynym sposobem przywrócenia życia jest stosowanie sztucznego oddychania.** Nieprzytomnemu nie należy wlewać do ust żadnych płynów. (Kategorycznie i bezwzględnie potępić należy zakorzeniony, a szkodliwy przesąd — zakopywania rażonych w ziemię).

2. Jeżeli ratujących jest więcej, niż jeden — **bezwarunkowo natychmiast postać po lekarza.** Pozostali muszą bez przerwy wykonywać sztuczny oddech w sposób następujący:

Rażonego położyć nawznak, poziomo, w miejscu widnem dobrze przewietrzanem, pod plecy położyć koc, kołdrę, lub części ubrania, przyczem głowa powinna leżeć nieco niżej,



Rys. 1.

twarzą wprost do góry, ale nie zwisać. Ubranie rozpiąć: górną część ciała obnażyć, udostępnić dopływ świeżego powietrza; jamę ustną otworzyć, dokładnie obejrzeć i oczyścić z resztek pokarmu i śluzu; zęby sztuczne wyjąć (do rozwierania szczęk zaciśniętych użyć można łyżeczki lub podobnego przedmiotu); język wyciągnąć za pomocą chusteczki i trzymać go lub przywiązać, aby nie zapadał w głąb gardła.

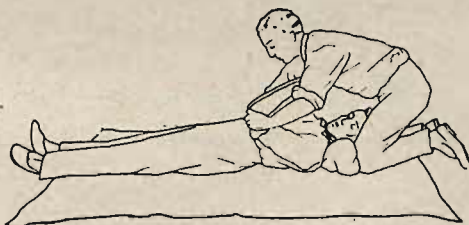
Następnie **ratujący** klęka z tyłu u wezglowia rażonego (Rys. 1) ujmuje w swe dłonie jego łokcie, podnosi je do góry i odwodzi jednocześnie w bok tak, jak gdyby rażony sam ręce swe energicznie odrzucił ponad głowę i wykonywał wdech. Po

doprowadzeniu ramion rążonego do pozycji poziomej, zatrzymuje się ręce w tem położeniu przez 2—3 sekundy, poczem łokcie odprowadza się z powrotem na boki piersi i przyciska przez 2—3 sekundy do klatki piersiowej, co powoduje wydech (Rys. 2).

Oba powyższe ruchy wykonywa się rytmicznie, naśladowując oddech normalny (12—15 razy na minutę wdech i wydech). Dla wymiarkowania czasu przerw najlepiej głośno, powoli liczyć: jeden, dwa, trzy.

Unikać należy niepotrzebnych ugniatań wątroby i żołądka i wogóle przemocy i pośpiechu.

Oddychanie sztuczne należy stosować aż do chwili, gdy rążony sam zacznie oddychać, wykonywując ruchy krtani, jak-



Rys. 2.

gdyby coś połykał. Wówczas uważać, czy rążony zaczyna oddychać samodzielnie i czy zaczęło działać serce.

Jeżeli rążony zacznie oddychać samodzielnie, należy oddychanie sztuczne przerwać. W przeciwnym razie nie przerywać sztucznego oddychania aż do chwili niewątpliwych objawów śmierci, t. j. tak zwanych plam trupich pośmiertnych, przypominających sińce od podskórnych wylewów krwi. Do tej chwili nie można przerywać ratowania, gdyż bywały wypadki przywrócenia życia po upływie trzech i więcej godzin stosowania sztucznego oddechu.

Jeżeli ratujących jest dwóch lub kilku, to dwóch wykonywa

równocześnie czynności ratownicze, każdy zajmując się jedną ręką rażonego, albo drugi zastępuje co pewien czas pierwszego, gdyż wykonywanie sztucznego oddechu jest męczące. Zwolniony wykonywa rozmaite zabiegi dodatkowe, jak następuje:

Zmoczoną chusteczką rozciera twarz lub uderza po twarzy rażonego, klepie dłońią po twarzy, rozciera okolice serca chusteczką, maczaną naprzemian w zimnej i gorącej wodzie:

podaje do włączania rażonemu amonjak lub eter; szczotka rozciera podeszwy; uciska klatkę piersiową sposobem, opisanym poniżej w punkcie 3-cim.



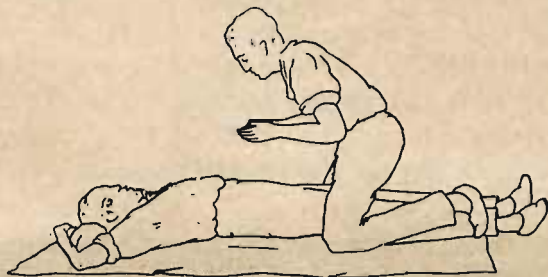
Rys. 3.

Można dowolnie naprzemian stosować rozmaite wyszczególnione zabiegi dodatkowe, ale przez cały czas nie wolno przerywać oddychania sztucznego.

3. Jeżeli jest tylko jeden ratujący i jeżeli zupełnie się wyczerpie, stosując sztuczny oddech (sposobem opisanym wyżej), może przez pewien czas stosować dla odpoczynku inną łatwiejszą metodę sztucznego oddychania. Przy tym sposobie ręce poszkodowanego należy rozłożyć szeroko, nieco ku górze ponad głową; następnie ratujący klęka okrakiem nad biodrami poszkodowanego ze zwróconą ku jego piersiom twarzą i położywszy ręce płasko na jego dolne żebra, energicznie uciska klatkę piersiową, powodując tem wydech (Rys. 3); po 2—3 sekundach odejmuje ręce, co powoduje rozszerzenie

się uciśniętej poprzednio klatki piersiowej i wywoływa wdech (Rys. 4). Zabieg ten należy wykonywać, jak i poprzedni około 15 razy na minutę.

Metodę tę stosuje się i wtedy, gdy ręce poszkodowanego są porażone.



Rys. 4.

4. Po przywróceniu rażonemu oddechu i przytomności, daje mu się coś ciepłego do picia, (czystej herbaty, kawy czarnej i t. p.) i pozostawia się go w pozycji leżącej lub półleżącej, okrywając ciepłej, lecz lekko, aby nie utrudniać oddechu.

III.

W razie **oparzenia prądem** nie można skóry oczyszczać, należy tylko na zaczerwienione i bolesne miejsca nałożyć opatrunek wyjałowiony, na który uprzednio została wyciśnięta odpowiednia ilość waseliny bornej, i zabandażować, bez wywierania silniejszego ucisku.

W razie utworzenia się pęcherzy albo znaczniejszego uszkodzenia skóry, nie można przekłuwać pęcherzy ani dotykać rany, lecz tak samo nałożyć opatrunek wyjałowiony i zabandażować.

Opatrunek wyjąłowany kładzie się na rany w ten sposób, żeby gaza zachodziła poza brzegi rany conajmniej na 2 palce. Nigdy nie wolno dotykać palcami lub jakimkolwiek przedmiotem tej strony opatrunku, która ma zetknąć się bezpośrednio z raną. Opatrunek należy umocować bandażem muslinowym.

Krwawienia również tamuje się przez umiarkowany ucisk samej rany za pomocą zabandażowania wyjąłowanym opatrunkiem.

UZUPEŁNIENIE.

REKLAMY ŚWIETLNE.

Wobec szybkiego rozpowszechniania się w ostatnich czasach reklam świetlnych, podajemy krótką wzmiankę o zasadach urządzenia.

Reklamy ze światłem migającym, płynącym, czy rozbłyskującym urządza się zwykle za pomocą układu żarówek, odpowiednio zabarwionych, rozświetlających się i gasnących okresowo, zapomocą odpowiednich przełączników, wprawianych w ruch małemi motorkami elektrycznemi.

Reklamy z napisami prześwietlanemi urządza się z odpowiednich szyb szklanych, oświetlonych z przeciwnej strony żarówkami.

Reklamy z napisami świeącemi są utworzone z rurek szklanych, nieraz bardzo misternie powyginanych, w których znajduje się gaz rozrzedzony. Za pośrednictwem metalowych przewodników, wtopionych na końcach rurek, doprowadza się do nich prąd wysokiego napięcia najczęściej od 3000 do 7000 woltów. Pod wpływem tego prądu rozrzedzony gaz świeci. Kolor światła zależy od rodzaju gazu. Czysty gaz **neon** daje światło jaskrawo-pomarańczowe, para rtęci zabarwia światło na błado niebiesko.

Gdy elektrownia dostarcza prądu zmiennego, to do zasilania tych rurek służą małe transformatoriki, one są umieszczone tuż przy rurkach.

Transformatorcki podwyższają napięcie prądu zmiennego ze 120 lub 220 woltów na kilka tysięcy. Obwód wysokiego napięcia musi być tak osłonięty, aby przed przerwaniem prądu nie można było osłony otworzyć. Przerwywacze i bezpieczniki dajemy tylko na niskim napięciu. Gdy elektrownia dostarcza prądu stałego, to wypada go przekształcić na zmienny. Uskutecznia się to za pomocą samoczynnych przerywaczy. Przerwany prąd stały przepuszczamy przez cewkę nawiniętą na żelazie, wtedy w tej cewce powstaje, indukowane strumieniem magnetycznym, zmienne napięcie, wysokość którego zależy od liczby zwojów cewki. Przyłączając końce cewki do rurki z gazem rozrzedzonym, otrzymamy w niej prąd zmienny wysokiego napięcia.

Czasem do reklam i sygnalizacji używają się jeszcze małe lampki jarzące z dwoma elektrodami, nie stykającymi się ze sobą. Jedna elektroda bywa grafitowa, druga metalowa, lub obie metalowe.

Lampki te zawierają również rozrzedzony gaz neon. Pod wpływem nawet niskiego napięcia, 150 czy 220 woltów, one świecą. Świeci właściwie tylko niewielka warstwa gazu w pobliżu, połączonej z ujemnym biegunem źródła prądu, elektrody, której nadajemy kształt rozmaity. Zużywają one nie więcej od 5 watów na lampkę, ale też i światło dają słabe np. 1 świecę. Do oświetlania nie nadają się zupełnie.

PRZYSTĘPNE KSIĄŻKI Z ELEKTROTECHNIKI.

1. **B. Gimbut.** Uszkodzenia i niedokładności w maszynach elektrycznych.
2. **K. Gnoiński.** Elektrotechnika prądów słabych.
3. **K. Gnoiński.** Piorunochrony budynkowe.
4. **G. Hensel.** Elektrotechnika w zadaniach prąd stały i zmienny.
5. **G. Hensel.** O uzwojeniach maszyn elektrycznych prądu stałego.
6. **G. Hensel.** O uzwojeniach maszyn elektrycznych prądu zmiennego.
7. **E. Krąkowski.** Akumulatory.
8. **J. Machcewicz i T. Hubert.** Zasady Radjotelegrafii i Radjotelefonii.
9. **S. Odroważ Wysocki.** Urządzenia elektryczne do siły i światła.
10. **Polski Komitet Elektrotechniczny.** Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego, Warszawa, 1928 r.
11. **M. Pożaryski.** Przystępna elektrotechnika prądów silnych.
12. **St. Wysocki.** Uszkodzenia telefonów, poradnik praktyczny dla techników i monterów.

SPIS RZECZY

CZĘŚCI DRUGIEJ.

ROZDZIAŁ I.

SILNIKI ELEKTRYCZNE

str. 5—59

1. Przenoszenie siły na odległość.
2. Zasada działania silników elektrycznych.
3. Silniki elektryczne prądu stałego.
4. Silnik bocznikowy.
5. Regulacja biegu silnika bocznikowego.
6. Zastosowanie silników bocznikowych.
7. Włączanie silnika bocznikowego.
8. Silnik szeregowy.
9. Regulacja szybkości biegu.
10. Zatrzymywanie silników.
11. Silnik szeregowo bocznikowy.
12. Silniki prądu zmiennego.
13. Silnik asynchroniczny trójfazowy.
14. Rozruch silnika asynchronicznego.
15. Regulacja biegu silnika asynchronicznego.
16. Włączenie silnika trójfazowego.
17. Silniki asynchroniczne jednofazowe.
18. Silniki kolektorowe jednofazowe.
19. Silniki kolektorowe trójfazowe.
20. Moc i sprawność silników.
21. Silnikowe urządzenia elektryczne.
22. Obsługa urządzenia silnikowego.

ROZDZIAŁ II.

OSWIETLENIE ELEKTRYCZNE

„ 60—95

1. Zasady oświetlenia.
2. Miary światła lamp.
3. Natężenie oświetlenia.
4. Obliczenie natężenia oświetlenia.
5. Sprawność lamp elektrycznych.
6. Ustrój lamp łukowych.
7. Włą-

czenie lamp lukowych w obwód. 8. Ustrój lamp żarowych.
9. Lampy żarowe węglowe. 10. Żarówki wolframowe.
11. Cechowanie żarówek. 12. Osłony żarówek. 13. Oblicze-
nie oświetlenia według liczby świec na metr kwadratowy.
15. Obliczenie oświetlenia według strumienia świetlnego.
16. Obliczenie oświetlenia według punktów świetlnych.
17. Luksometr. 18. Układ połączeń lamp na prąd stały.
19. Układ połączeń lamp na prąd trójfazowy. 20. Przelącz-
niki w układach lamp żarowych. 21. Lampy przenośne.
22. Przewody do lamp. 23. Obsługa. 24. Obliczenie kosztów
oświetlenia elektrycznego.

ROZDZIAŁ III.

OGRZEWANIE PRĄDEM str. 96—107

1. Zasady ogrzewania elektrycznego. 2. Grzejny sprzęt elek-
tryczny domowy i fabryczny. 3. Fajerki elektryczne. 4. Ron-
delki elektryczne. 5. Grzałki. 6. Piecyki elektryczne. 7. Obs-
ługa sprzętu grzejjnego. 8. Spawanie elektryczne oporowe.
9. Spawanie lukowe. 10. Elektryczne wytapianie metali.

ROZDZIAŁ IV.

GALWANOPLASTYKA I GALWANOSTEGJA „ 108—112

1. Wstęp. 2. Obliczenie ilości metalu osadzającego się przy
elektrolizie. 3. Galwanoplastyka. 4. Galwanostegja.

SPIS RZECZY

CZĘŚCI TRZECIEJ.

ROZDZIAŁ I.

TECHNIKA PRĄDÓW SŁABYCH „ 113—150

1. Dzwonek elektryczny z elektromagnesem zwyczajnym.
2. Dzwonek elektryczny z elektromagnesem spolaryzowanym.
3. Telegraf. 4. Aparat morzowski. 5. Układy połączeń
kilku stacji. 6. Układ telegraficzny dupleksowy. 7. Aparaty
drukujące i szybkopiszące. 8. Translacja. 9. Linje telegra-
ficzne. 10. Przesyłanie obrazów na odległość. 11. Aparat

światlny. 12. Aparat sztyfcikowy. 13. Zasada ustroju telefonów. 14. Mikrofon. 15. Słuchawka. 16. Cewka indukcyjna. 17. Aparat telefoniczny z dzwonkiem bateryjnym. 18. Aparat telefoniczny induktorowy. 19. Łącznice telefoniczne ręczne. 20. Łącznice telefoniczne automatyczne. 21. Linje telefoniczne.

ROZDZIAŁ II.

RADJOTECHNIKA str. 11—179

1. Zasady radjotechniki. 2. Radjotelegrafia. 3. Rezonans elektryczny. 4. Radjotelefonja. 5. Zasady radjofonji. 6. Odbiornik radjofoniczny detektorowy. 7. Odbiornik detektorowy z kondensatorami. 8. Odbiornik lampowy. 9. Głośnik. 10. Anteny do odbiorników radjofonicznych. 11. Uziemienie odbiorników radjofonicznych.

ROZDZIAŁ III.

PIORUNOCHRONY NA BUDYNKACH „ 179—186

1. Wstęp. 2. Urządzenie piorunochronu. 3. Sprawdzanie piorunochronu. 4. Uwagi w sprawie zachowania się ludzi w czasie burzy.

ROZDZIAŁ IV.

ELEKTROTECHNIKA W LECZNICTWIE „ 187—203

1. Kąpiele ciepłe i światłne. 2. Promienie Röntgena. 3. Enz doskopia. 4. Elektrokaustyka. 5. Galwanizacja. 6. Faryzadzacja. 7. Franklinizacja. 8. Arsonwalizacja. 9. Diatermija. 10. Elektrokardjografia. 11. Fonofory.

ROZDZIAŁ V.

WSKAZÓWKI NIESIENIA DORAŻNEJ POMOCY W WYPADKU PORAŻENIA PRĄDEM ELEKTRYCZNYM. „ 204—210

UZUPEŁNIENIE REKLAMY ŚWIETLNE. „ 210—211