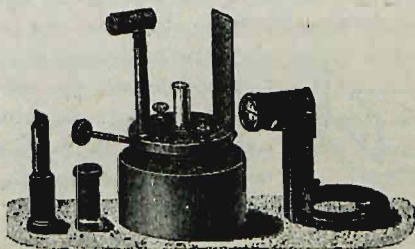


# Oświetlenie elektryczne.

## 122. Wstęp.

Oświetlenie mieszkań, sal publicznych, fabryk, ulic i dróg uskuteczniamy za pomocą lamp, które są źródłami światła. Lampy stosujemy o różnem natężeniu światła. Lampy duże, oświetlające jasno, wysyłają dużo światła, kilka takich lamp dobrze oświetla wielką salę albo podwórze. Lampy małe i ciemne dają światła mało.



Rys. 301.

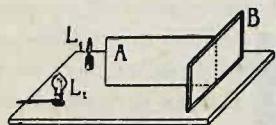
Miarą natężenia światła lamp jest jednostka zwana **świecą międzynarodową**, stanowi ona natężenie światła nieco większe od przyjętego przez Niemców za jednostkę natężenie światła lampki Hefner Altenek'a\*), w której świeci płomień tak zwanego octanu amylu. Lampka hefnerowska ma ściśle

---

\*) Dokładne natężenie światła jednej świecy międzynarodowej = 1,11 jednostki Hefnera.

określone wymiary. Za pomocą kólek, chwytających knot, płomień ustawia się dokładnie na wysokość 40 mm. Na rys. 301 widzimy taką lampkę hefnerowską, z lewej strony stoi przykrywka i miarka dla sprawdzania wysokości rurki knotowej, z prawej strony — przyrząd dla nastawiania wysokości płomienia. Przez porównanie z natężeniem światła lampy hefnerowskiej możemy wyznaczyć natężenie światła każdej innej lampy.

Porównanie natężenia światła dwóch lamp możemy uskutecznić w sposób następujący: bierzemy ramkę drewnianą, oklejoną cienkim papierem  $B$ , rys. 302 i arkusz tektury  $A$ . Na odpowiednim stole ustawiamy ramkę i tekturę, tak jak wskazuje rysunek. Z obu stron tektury  $A$  umieszczamy porównywane lampy  $L_1$  i  $L_2$ . Odległość lamp od ramki  $B$  dobieramy w ten sposób, aby patrzącemu na ramkę z przeciwnej strony, całe jej pole wydawało się oświetlone równo. Osiągniemy to oczywiście wtedy, gdy lampa słabsza będzie ustawiona bliżej do ramki  $B$ , a silniejsza — dalej.



Rys. 302.

Zmierzmy teraz odległość obu lamp od ramki  $B$ . Załóżmy np. że lampa  $L_2$  jest jaśniejsza i znajduje się na odległości 2 metrów, a lampa  $L_1$ , ciemniejsza — na odległości 1 metra. Chcąc przekonać się, ile razy lampa  $L_2$  jest jaśniejsza od lampy  $L_1$  możemy zamiast lampy  $L_2$  ustawić w tem samym miejscu tyle jednakowych lamp słabszych, takich jak lampa  $L_1$ , żeby otrzymać takie same oświetlenie ramki jak od lampy  $L_2$ . Przekonamy się, że tych lamp należy ustawić cztery. Wypada więc stąd, że lampa  $L_2$  jest cztery razy silniejsza od lampy  $L_1$ . Wogóle, wiedząc, że dla otrzymania równego oświetlenia ramki  $B$  trzeba ustawić lampę  $L_2$  na odległości np. 2 razy większej od odległości lampy  $L_1$ , znajdziemy liczbę, wskazującą, ile razy lampa  $L_2$  jest jaśniejsza od lampy  $L_1$ , przez podniesienie 2 do kwadratu.

Jeżeli natężenie światła lamp oznaczmy przez  $I_1$  i  $I_2$ , a odpowiednie odległości lamp od ramki  $B$  przez  $l_1$  i  $l_2$ , to:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{l_1^2}{l_2^2}.$$

**Przykład:**  $l_1 = 1$  metr;  $l_2 = 0,25$  metr. i  $I_2 = 1$  świecy, a  $I_1$  — jest niewiadome, to

$$I_1 = I_2 \frac{l_1^2}{l_2^2} = 1 \times \frac{1}{0,25^2} = 16 \text{ świec.}$$

Porównyując w ten sposób natężenia światła różnych lamp z natężeniem światła lampki Hefnera, przyjętem za jednostkę, znajdujemy liczby, wyrażające natężenie światła tych lamp. Jeżeli np. pewna lampka ma natężenie światła 25 razy większe od natężenia światła lampki Hefnera, to mówimy, że natężenie światła tamtej lampki wynosi 25 świec hefnerowskich. Do oświetlenia mają zastosowanie lampy o natężeniu światła od kilku do kilku tysięcy świec.

Powyżej określone natężenie światła, inaczej światłość, lamp daje nam miarę światła lampy tylko w jednym kierunku, w którym tą światłość zmierzaliśmy.

W celu określenia własności świetlnych lampy we wszystkich kierunkach łącznie, używamy innej jeszcze miary zwanej **strumieniem świetlnym**\*).

Strumień świetlny może być zmierzony za pomocą przyrządów, lub też „obliczony z natężenia światła. Jednostką miary strumienia świetlnego jest **lumen**. Strumień świetlny w lumenach oblicza się w sposób następujący.

Wyobraźmy sobie lampę, która świeci we wszystkie strony z jednakowym natężeniem  $I$  świec. Przypuśćmy, że ta lampka wisi w środku pustej blaszanej kuli, której promień wynosi 1 m., wtedy według naszego wyobrażenia o strumieniu świetlnym, na każdy metr kwadratowy wewnętrznej powierz-

---

\*) Strumień świetlny, wysyłany przez lampę we wszystkie strony, stanowi moc promieniowania świetlnego tej lampy.

chni takiej kuli padać będzie strumień świetlny  $I$  lumenów, gdyż natężenie światła jest gęstością strumienia świetlnego.

Z geometrii wiemy, że powierzchnia kuli o promieniu  $1$  metra zawiera  $12,56$  metrów kwadratowych, wobec tego cały strumień świetlny tej lampy będzie wynosił:

$$F = 12,56 \cdot I \text{ lumenów.}$$

Jeżeli lampka w różne strony wysyła światło różnego natężenia, to przy powyższych obliczeniach należy brać natężenia światła średnie.

**Przykład.** Mamy lampkę, której średnie natężenie światła wynosi  $16$  świec. Jaki jest jej strumień świetlny?

Strumień świetlny z powyższego wzoru wypadnie w zaokrągleniu:

$$F = 12,56 \cdot 16 = 201 \text{ lumenów.}$$

Zwykła lampka tak zwana  $16$  świecowa daje tylko  $162$  lumeny, gdyż te  $16$  świec ma lampka tylko w kierunku poziomym, gdy wisi w zwykłym położeniu, w innych zaś kierunkach natężenie światła jest słabsze.

### 123. Sprawność lamp elektrycznych.

W lampach elektrycznych światło otrzymujemy kosztem pracy prądu elektrycznego. Im większa jest moc prądu, płynącego przez lampę, tem silniejsze mamy natężenie światła lampy i większy strumień świetlny.

Sprawność lampy obliczamy w dwojaki sposób. Mierzmy natężenie światła lampy w pewnym kierunku, i moc prądu pobieraną przez lampę. Dzielać moc prądu w watach, przez natężenie światła w świecach znajdujemy sprawność lampy.

**Przykład.** Lampka  $16$  świecowa zużywa  $17,5$  wata. Wobec tego jej sprawność będzie w zaokrągleniu:

$$\frac{17,5}{16} = 1,1 \text{ wata na świecę.}$$



Ta lampa jest oszczędniejsza, która mniej bierze watów na świecę.

Jeżeli zmierzmy strumień świetlny, który lampa daje w lumenach, i moc prądu pobieranego w watach, to dzieląc strumień świetlny w lumenach, przez moc prądu w watach otrzymamy inny wzór na sprawność lampy.

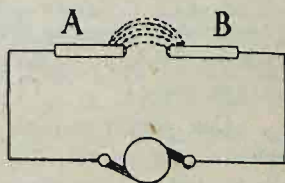
**Przykład.** Lampa zużywająca 17,5 wata daje strumień świetlny 162 lumeny. Wobec tego jej sprawność będzie w zaokrągleniu:

$$\frac{162}{17,5} = 9,3 \text{ lumenów na wat.}$$

Im więcej lumenów otrzymamy z jednego wata, tem oszczędniejsza będzie lampa.

## 124. Zasada ustroju lamp łukowych.

Lampy łukowe działają na podstawie zjawiska łuku Volty. Łuk Volty powstaje, jeżeli dwa pręty *A* i *B*, połączone z zaciskami prądnicy, zetknąć, a następnie rozsunąć, rys. 303. W miejscu zetknięcia prętów mamy luźny kontakt, stanowiący duży opór dla prądu elektrycznego. Skutkiem dużego oporu wywiązuje się tu wielka ilość ciepła. Jeżeli mamy pręty metalowe, to końce ich topią się i parują. Rozżarzona para stanowi most, który łączy pręty *A* i *B*. Prąd więc nie przerywa się, a para, ogrzana prądem, świeci różnemi kolorami, zależnie od rodzaju metali. Gdy pręty są węglowe, to skutkiem wielkiej odporności węgla na działanie ciepła, końce prętów nie topią się, a tylko wolno parują. Niewielka ilość tej pary wystarcza dla wytworzenia połączenia elektrycznego. Prąd ciepłego powietrza unosi parę do góry i świecąca smuga przybiera kształt łuku, wygiętego do góry, rys. 303. Przy pionowem lub pochylem położeniu prętów, kształtu ł-

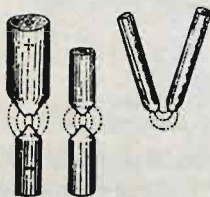


Rys. 303.

kowego nie mamy, pomimo to jednak rozważane zjawisko przyjęto zawsze nazywać łukiem. Po raz pierwszy otrzymano łuk świetlny, posilkując się prądem z ogniów galwanicznych, wynalezionych przez Voltę, z tego względu nazywamy go łukiem Volty.

W lampach elektrycznych stosujemy najczęściej łuk świetlny, powstający pomiędzy węglami, ponieważ węgle spalają się powoli i dają najsilniejsze światło.

Pałeczki węglowe, pomiędzy którymi powstaje łuk, wyrabiane są z proszku grafitowego, zmieszanego z proszkiem koksowym, niewielką ilością soli i materiałów zlepiających. Z tej mieszaniny w odpowiednich prasach wyciskamy pałeczki różnej grubości.



Rys. 304. 305. 306.

Gdy łuk świetlny wytwarzamy prądem stałym, w powietrzu swobodnym, to węgiel dodatni bierzemy grubszy od ujemnego i zawsze, tak zwany, węgiel knotowy. W węglu knotowym przez środek idzie rurkowate wydrążenie, wypełnione proszkiem z węgla drzewnego, lub też mieszaniny sadzy

z roztworem proszku białego, zwanego szkłem wodnym. Przewodność takiego knota jest zwykle większa od przewodności ścianek węgla.

Łuk prądu stałego, powstający między takimi węglami, wskazanymi na rys. 304, wytwarza na węglu górnym wgłębienie, które nazywamy **kraterem**. W kraterze jest bardzo wysoka temperatura, około  $3600^{\circ}$  według termometru Celsjusza. Przy tak wysokiej temperaturze węgiel w tym miejscu jest rozżarzony do białości i świeci bardzo jasno. Węgiel ujemny jest mniej rozżarzony — jego temperatura wynosi około  $2000^{\circ}$  i z tego względu świeci słabiej niż dodatni. Łuk pomiędzy węglami, zawierającymi mało soli, świeci jeszcze słabiej. Knot w węglu górnym ustala środkowe położenie krateru i równe światło łuku. Natężenie światła łuku w różnych kierunkach nie jest jednakowe. Krater, zwrócony na dół, wy-

syła promienie świetlne głównie w dół; słabe promienie do góry wysyła tylko węgiel ujemny i sam łuk. Skutek świetlny lampy oceniamy zazwyczaj podług średniego natężenia promieni świetlnych, skierowanych w dół od płaszczyzny poziomej, poprowadzonej przez środek krateru. Takie natężenie światła nazywamy **średnim natężeniem światła w półkuli dolnej**.

Grubość węgla dobieramy odpowiednio do natężenia prądu w ten sposób, aby rozżarzały się tylko w miarę. W celu wzmożenia światła łuku stosujemy węgle, nasyczone solami, łuk tu może być znacznie dłuższy, niż między węglami czystymi. Para metali, znajdujących się w solach, nasycających węgle, sprawia, że łuk świeci jasno różnemi barwami, zależnie od rodzaju metali. Są węgle, których łuki dają światło: żółte, czerwone i t. p. Węgle takie nazywamy zwykle płomiennymi.

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

Przy prądzie zmiennym oba węgle bierzemy jednakowej grubości, rys. 305, oba z knotami. W tych warunkach na obu węglach tworzą się kratery i światło w równej mierze wybiega ku górze, jak i ku dołowi, jasność jednak kraterów jest tu znacznie słabsza, niż w lampie prądu stałego przy tem samem natężeniu prądu.

Chcąc skierować światło tylko w dół, używamy reflektorów, odbijających promienie, skierowane do góry. Łuk prądu zmiennego dźwięczy, ponieważ bańka gorących gazów, stanowiących łuk, to się rozszerza, to kurczy, stosownie do natężenia prądu, i w otaczającym powietrzu powstają wskutek tego fale dźwiękowe.

Wysokość dźwięku zależy od częstości zmian prądu, im częstsze są zmiany, tem wyższy jest dźwięk lampy. Przy prądzie stałym łuk jest zupełnie cichy, gdyż natężenie prądu jest stałe i objętość bańki gorących gazów nie zmienia się.

W lampach łukowych prądu zmiennego z węglami płomiennymi mamy napięcie 28 woltów, przy prądzie od 8 do 15 amperów, a średnie półkuliste natężenie światła od 725 do 1710 świec.

Jeżeli węgle są płomienne, to przy prądzie stałym na jedną świecę lampa zużywa 0,24 do 0,27 wata, a przy prądzie zmiennym 0,28 do 0,25 wata, zależnie od wielkości lampy.

We wszystkich powyżej omówionych lampach węgle były ustawione jeden nad drugim pionowo. Dawniej były używane lampy, w których w celu wzmocnienia światła, wybiegającego w dół, ustawiano węgle ukośnie, rys. 306. Łuk był tu długi, od 10 do 15 mm., zleka wygięty w dół przez działanie elektromagnesu, umieszczonego nad łukiem.

W zwykłych lampach łukowych węgle spalają się dosyć szybko, tak, że co kilka godzin wypada wstawiać nowe. Zależnie od długości węgli i rodzaju łuku, jedna para węgli wystarcza zazwyczaj na 7 do 18 godzin.

Zamknawszy łuk zwykły w małym kloszyku, do którego powietrze miałoby dostęp utrudniony, można osiągnąć znacznie powolniejsze spalanie się węgli, tak, że jedna para węgli wystarczy na 120 do 200 godzin. Spółczesne lampy tego rodzaju, na prąd stały, dają z kloszami światłość średnią w dolnej półkuli 1750 do 3300 świec, zużywając 0,2 do 0,3 wata na świecę.

Takie same lampy na prąd zmienny dają 1500 do 2700 świec, zużywając tak samo 0,2 do 0,3 watów na świecę.

Wszystkie lampy łukowe bez osłony są źródłem światła, wybiegającego z bardzo małej powierzchni, skutkiem czego dają bardzo ostre i ciemne cienie, a wogóle oświetlenie bardzo nieprzyjemne. Z tego względu takie lampy zaopatrujemy zawsze w klosze, abażury i t. p. lub też zupełnie przysłaniamy światło od dołu, odrzucając je zapomocą odpowiednich lusterek czy reflektorów do góry na sufit; wtedy pokój jest oświetlony światłem, odbitem od sufitu.

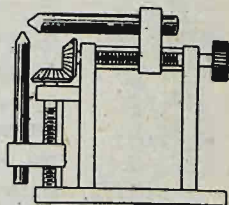
Klosze zawsze pochłaniają część światła. Klosze szklane, zupełnie przezroczyste, pochłaniają od 3 do 10%, opalowe od 15 do 25%, a alabastrowe od 30 do 50%.



## 125. Regulatory lamp łukowych.

W celu utrzymania stałej długości łuku, wszystkie lampy łukowe zaopatrzone są w mechanizmy do zbliżania węgla, w miarę ich spalania się. Takie mechanizmy nazywamy regulatorami. Regulatory bywają ręczne i samoczynne, czyli automatyczne.

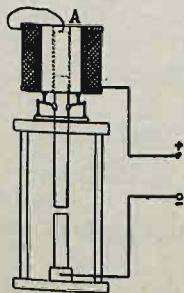
Z pośród wielu regulatorów ręcznych, na rys. 307 wskazany jest jeden z najpraktyczniejszych. Węgla są tu ustawione pod kontem prostym i przymocowane do naśrubków, osadzonych na śrubach równoległych do węgla. Przy obracaniu śruby poziomej obraca się również śruba pionowa, złączona z poziomą zapomocą stożkowych kółek zębatych. Kierunek gwintów dobieramy w ten sposób, aby, przy obracaniu śrub, naśrubki zbliżały się lub oddalały.



Rys. 307.

W takiej lampie, węgiel poziomy łączymy z dodatnim biegunem źródła prądu tak, że krater wysyła promienie w kierunku poziomym. Taki kierunek promieni świetlnych jest bardzo odpowiedni w latarniach projekcyjnych, zapomocą których rzucamy na ekran obrazy niknące, oraz w projektorach.

Regulatory samoczynne mamy różne, w zależności od budowy mechanizmu i sposobu włączania w obwód uzwojeń elektromagnesów.



Rys. 308.

Regulatory szeregowy mają elektromagnes, włączony w obwód główny. Nie raz stosuje się budowa tych regulatorów, wskazana na rys. 308. Węgla są tu jednakowej grubości, ale górny jest dłuższy. Dolny węgiel jest umocowany nieruchomo, górny zaś, w miarę spalania się, opuszcza się stopniowo.

Elektromagnes stanowi zwojnicę, która wciąga żelazny rdzeń *A*. Węgiel górny

przechodzi zupełnie swobodnie przez otwór w rdzeniu elektromagnesu. W chwili przejścia prądu, rdzeń *A* podnosi się do góry, chwytając węgiel przy pomocy zawieszonych u dołu łapek i podnosi go do góry, tworząc w ten sposób łuk.

W miarę spalania się węgla, łuk stopniowo wydłuża się, opór łuku wzrasta, więc prąd słabnie i zwojnica nie jest już

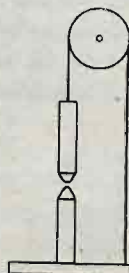


Rys. 309.

w stanie utrzymać rdzenia żelaznego z węglem w położeniu podniesionem; wtedy rdzeń i węgiel opadają, węgle przez chwilę stykają się, powstaje silny prąd, który znowu podnosi rdzeń żelazny, a z nim i węgiel. Przy takim działaniu regulatora, lampa co pewien czas miga.

Dla osiągnięcia równiejszego światła budujemy regulatory z mechanizmami zegarowymi. Zasadę mechaniczną urządzenia tych regulatorów podajemy na rys. 309. Oba węgle są ruchome, umocowane w oprawkach *A* i *B*,

które przesuwają się wzdłuż drążków kierowniczych *c* i *d*. Węgłe z oprawkami są zawieszone na końcach łańcuszka lub linki, przerzuconej przez krążek, tak jak to wyraźnie wskazuje rys. 310. Oś krążka *a* umocowana jest na ramce, która może pochyłać się w tę lub ową stronę, obracając się około osi *b*. Krążek z linką za pomocą szeregu kółek zębatach obraca wiatraczek *W*. Kółka są dobrane w ten sposób, że, gdy krążek obróci się o drobną część pełnego obrotu, wiatraczek wykona kilka obrotów. Przy odpowiednim położeniu ramki skrzydełka wiatraczka zaczepiają o nieruchomy języczek *z* i wtedy ani wiatraczek, ani krążek obracać się nie mogą.



Rys. 310.

Łuk tworzy się przez pochylenie ramki z kółkami w prawo; wtedy prawy koniec linki opuszcza się nieco więcej, niż lewy i węgle rozchodzą się.

Gdy łuk, przy spalaniu się węgla, staje się zbyt długi, to ramka przechyla się na powrót w lewo. Jeżeli to przechy-

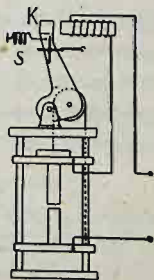
lenie ramki będzie niewystarczające dla odpowiedniego zbliżenia węgla, to wiatraczek odsuwa się od języczka  $z$ ; wtedy pod wpływem przeważającego ciężaru oprawki  $A$  krążek  $z$  linką obraca się i węgle się zbliżają.

Ruchy ramki z kółkami odbywają się pod wpływem nie pokazanych na rysunku elektromagnesów.

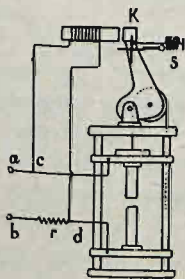
Zależnie od włączenia elektromagnesów, rozróżniamy regulatory szeregowy, bocznikowe i szeregowo-bocznikowe, czyli różnicowe.

W lampach szeregowych, rys. 311, cały prąd przebiega przez zwoje elektromagnesu. Gdy prądu nie ma, to pod wpływem sprężynki  $S$  ramka, odchylając się w lewo, zbliża węgle do zetknięcia.

W chwili zetknięcia węgla, zamyka się obwód lampy i silny prąd przebiega w zwojach elektromagnesu, który przyciąga żelazną kotwicę  $K$ , umocowaną na ramce, ramka odchyła się w prawo i pomiędzy rozsuwającymi się węglami powstaje łuk. Przy spalaniu się węgla, łuk wydłuża się, opór jego wzrasta i prąd słabnie, sprężynka  $S$  ciągnie mocniej niż elektromagnes, skutkiem tego ramka przechyla się w lewo i zbliża węgle. Szeregowy regulator utrzymuje stałe natężenie prądu w obwodzie.



Rys. 311.



Rys. 312.

Lamp z regulatorami szeregowymi nie można łączyć po kilka w szereg, gdyż przy takim połączeniu przez wszystkie lampy płynie ten sam prąd i w tych warunkach poszczególne regulatory przeszkadzają sobie wzajemnie.

Lampy z regulatorami szeregowymi łączymy tylko równolegle; wtedy przez każdą lampę płynie prąd niezależny i regulatory działają prawidłowo.

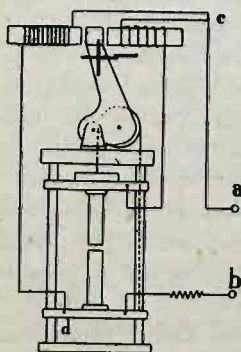
Na rys. 312 widzimy ustrój regulatora bocznikowego. Tutaj uzwojenie elektromagnesu, utworzone z wielkiej liczby zwo-

jów cienkiego drutu, włączone jest równolegle do łuku. Sprężynka *S* odciąga ramkę w prawo i utrzymuje węgle w pewnej odległości jeden od drugiego. Szczególne znaczenie dla regulacji ma tu opornik dodatkowy *r* w obwodzie łuku. W chwili włączenia prądu prąd płynie tylko w uzwojeniu elektromagnesu, gdyż obwód łuku jest przerwany. Elektromagnes przyciąga żelazną kotwicę *K*, umocowaną na ramce, i przechyla ramkę w lewo, przez co węgle zbliżają się do zetknięcia. Wtedy silny prąd zaczyna płynąć w obwodzie łuku. Prąd ten przed rozgałęzieniem przepływa przez opornik dodatkowy *r*, który, przy silnym prądzie, pochłania znaczną część napięcia prądu, tak, że pomiędzy punktami *c* i *d* pozostaje napięcie bardzo małe, przez to prąd w uzwojeniu elektromagnesu słabnie, sprężyna, odciągając kotwicę w prawo, rozsuwa węgle i tworzy łuk.

W miarę spalania się węgla opór łuku zwiększa się, prąd słabnie, zmniejsza się strata napięcia w oporniku *r* i napięcie na zaciskach *c* i *d* wzrasta. Pod wpływem zwiększającego się napięcia na zaciskach *c* i *d*, prąd w uzwojeniach elektromagnesu także rośnie i elektromagnes, przewyciężając działanie sprężynki *s*, przechyla ramkę w lewo i zbliża węgle.

Taki regulator utrzymuje stałe napięcie na łuku. Lamy z regulatorem bocznikowym można łączyć w szereg albo równolegle. Regulatory połączone w szereg nie przeszkadzają jeden drugiemu.

Regulatory różnicowe mają dwa elektromagnesy; uzwojenie jednego z nich jest połączone w szereg, a drugiego równolegle do łuku, rys. 313. Elektromagnes bocznikowy ma znaczną liczbę zwojów cienkiego drutu, a szeregowy niewiele zwojów drutu grubszego. Przy włączeniu prądu, gdy węgle nie stykają się, prąd płynie tylko w uzwojeniach boczn-



Rys. 313.



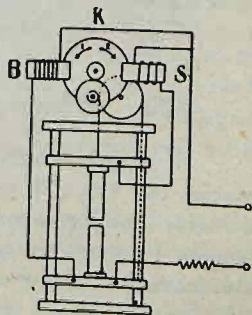
nikowych, skutkiem tego bocznikowy elektromagnes przechyli ramkę w lewo, węgle zetkną się i powstanie prąd w obwodzie łuku. Teraz, wobec spadku napięcia w oporniku dodatkowym, prąd w uzwojeniu bocznikowym słabnie, więc elektromagnes szeregowy przewyżczy działanie elektromagnesu bocznikowego i przyciągnie kotwicę w swoją stronę, ramka przechyli się w prawo i utworzy się łuk.

Gdy, skutkiem spalania się węgla, łuk wydłuży się i opór jego wzrośnie, to osłabnie prąd w obwodzie łuku, a więc i w zwojach elektromagnesu szeregowego. Natomiast w zwojach elektromagnesu bocznikowego prąd wzrasta, gdyż przy mniejszym prądzie w łuku, mniejsza jest strata napięcia w oporze dodatkowym i napięcie między punktami *c* i *d* wzrośnie. Elektromagnes bocznikowy przewyżczy przyciąganie elektromagnesu szeregowego i ramka, przechylając się powoli w lewo, zbliży węgle.

Regulator różnicowy utrzymuje stały opór łuku. W porównaniu do regulatorów bocznikowych, różnicowe są czulsze i mogą być włączone w szereg w większej liczbie, niż bocznikowe.

Do ustroju regulatorów przy prądzie zmiennym, można stosować te same zasady, należy tylko uwzględnić własności prądu zmiennego przy budowie elektromagnesów. W celu osłabienia prądów wirowych, rdzenie elektromagnesów muszą być zrobione z paczek cienkiej blachy żelaznej, oklejonej papierem lub lakierowanej.

Korzystając jednak ze szczególnych własności prądu zmiennego, sporządzamy jeszcze regulatory t. zw. motorowe, rys. 314. Węgle z oprawkami są tu zawieszone jak w poprzednich lampach na łańcuszku, przerzuconym przez krążek. Zapomocą szeregu kółek zębatach krążek ten jest mechanicznie połączony z dużym krążkiem glinowym



Rys. 314.

czyli aluminiowym  $K$ . Kółka zębate są tak dobrane, że gdy krążek duży obróci się kilka razy, to krążek mały wykona tylko drobną część całego obrotu. Obok glinowego krążka mamy ustawione dwa elektromagnesy  $B$  i  $S$ ; jeden z nich ma uzwojenie bocznikowe, a drugi szeregowo. Prądy zmienne wytwarzają zmienne strumienie magnetyczne, które w krążku aluminiowym wywołują prądy wirowe i odpychają krążek. Gdy strumienie magnetyczne są jednakowe, krążek stoi w miejscu, ponieważ dwie siły, obracające krążek w przeciwnie strony, równoważą się. Po włączeniu prądu, narazie przepływa on tylko przez elektromagnes bocznikowy, obracający krążek według strzałki 1-ej; kółka zębate są dobrane w ten sposób, że krążek z łańcuszkiem obraca się wtedy w kierunku ruchu wskazówki zegara i zbliża węgle. Gdy węgle zetkną się, silny prąd popłynie w obwodzie łuku przez zwoje elektromagnesu szeregowego, działanie tego elektromagnesu na krążek  $K$  przewyższy działanie elektromagnesu  $B$  i krążek obracać się zacznie w kierunku strzałki 2-ej; węgle rozejdą się i utworzy się łuk. Krążek  $K$  wkrótce stanie, gdyż, przy tworzeniu się łuku, prąd w elektromagnesie szeregowym słabnie, a w bocznikowym wzrasta i siły obracające krążek, wkrótce dochodzą do równowagi. Przy spalaniu się węgla i wydłużaniu się łuku, prąd główny zmniejsza się, a bocznikowy wzrasta w dalszym ciągu. Działanie elektromagnesu bocznikowego przeważa, krążek obraca się w kierunku strzałki 1-ej i węgle się zbliżają.

## 126. Włączanie lamp łukowych w obwód.

W urządzeniach elektrycznych stosujemy najczęściej napięcia: 60, 110, 220 woltów. Odpowiednio do napięcia na przewodach i napięcia na lampach, wybieramy różne układy połączeń. Przy 60 woltach w każdy z równoległych obwodów nie można włączyć więcej, niż jedną lampę. Za pomocą oporników pochłaniamy nadmiar napięcia. W tym przypadku wszystkie lampy są po jednej włączone równolegle z odpowiedniami

szeregowymi opornikami, tu każdą lampę można gasić i zapalać niezależnie.

Przy napięciu w sieci 110 woltów, lampy stałego prądu można łączyć po dwie w szereg, a zmiennego po trzy w szereg. W pierwszym przypadku zapalamy i gasimy od razu co najmniej dwie lampy, a w drugim trzy lampy. W każdym obwodzie równoległym odpowiedni opornik, połączony w szereg z lampami, pochłania nadmiar napięcia. Przy prądzie zmiennym można połączyć więcej lamp w szereg, ponieważ napięcie na poszczególnych lampach jest mniejsze, niż przy prądzie stałym.

Przy 220 woltach włączamy w szereg po cztery lampy prądu stałego i po sześć lamp prądu zmiennego.

Wogóle dobieramy liczbę lamp, połączonych w szereg, w ten sposób, aby około 20% napięcia całkowitego pochłaniał opornik dodatkowy łącznie z przewodami, chociażby napięcie na końcówkach opornika dodatkowego przewyższało napięcie jednej lampy. Odpowiednia strata napięcia w oporze dodatkowym jest niezbędna dla właściwego działania regulatorów.

Przy wielkiej liczbie lamp, połączonych w szereg, poszczególne lampy zaopatrują się w oporniki zastępcze, które samoczynnie włączają się w obwód na miejsce tych lamp, w których wypaliły się węgle. W ten sposób unikamy zgaśnięcia jednoczesnego wszystkich lamp jednego obwodu.

W obwodach prądu zmiennego, zamiast oporników, do pochłaniania napięcia stosowane są zwykle zwojnice indukcyjne, czyli tak zwane dławiki, utworzone z ramki żelaznej, owiniętej drutem izolowanym. Ramka sporządzona jest z blachek żelaznych, izolowanych papierem.

Zwojnica, czyli cewka indukcyjna, może być zbudowana i prościej. Wewnątrz cewki z drutu izolowanego wsadzamy rdzeń w kształcie pęczka drutu żelaznego, który wyginamy z dołu i z góry w ten sposób, aby druty żelazne objęły cewkę ze wszystkich stron.

Przy prądzie zmiennym możemy stosować jeszcze połączenie równoległe z autotransformatorem. Przewody prowadzą prąd do autotransformatorów pod napięciem 120 V. Do lamp wprowadzamy prąd z autotransformatorów przy napięciu 40 V. Oporniki w obwodzie wtórnym służą dla dokładnego nastawienia prądu i sprawniejszego działania regulatorów. Każdą lampę można zgasić oddzielnie wyłącznikiem, umieszczonym w obwodzie pierwotnym.

## 127. Lampy żarowe.

Ustrój lamp żarowych, czyli tak zwanych żarówek opiera 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 znajduje się w bańce szklanej, opróżnionej z powietrza lub też wypełnionej gazem obojętnym.

Prąd doprowadza się do tego drucika przez tak zwany trzonek. Są dwa rodzaje trzoneków obecnie stosowanych. Trzonek Edisona składa się z blaszanego tależyka i blaszanego gwintu, umocowanych na pierścionku izolacyjnym. Końce rozżarzonego drucika lampki połączone są odpowiednio z tależykiem i z gwintem.

Trzonek Swana ma inny ustrój. Tu końce drucika lampy są połączone z dwiema blaszkami, znajdującymi się u dołu. Dla umocowania w oprawce ten trzonek ma tulejkę blaszaną z dwoma sztyfcikami z boku.

Za pomocą trzoneków lampki umocowują się w odpowiednich oprawkach rys. 315 dla trzoneków Edisona, a rys. 316 dla trzoneków Swana. W oprawce Edisona jest gwintowana tulejka i płytką blaszana u dołu, doprowadzające prąd. W oprawce zaś Swana tulejka ma wycięcia odpowiedniego kształtu.



w które wpadają sztyfciki trzonka, prąd zaś doprowadza się za pomocą dwóch izolowanych sztyfcików, osadzonych na sprężynkach wewnątrz oprawki. Sztyfciki te dotykają blaszek trzonka lampki.



Rys. 315.



Rys. 316.

**Lampy węglowe.** Jedne z pierwszych praktycznych lamp żarowych zbudował Edison. Umieścił on zwęglone włókienko bambusowe w szklanej bańce, z której wypompowano powietrze. Włókienko węglowe rozżarzało się prądem i świeciło.

Każda nitka czy to węglowa, czy metalowa spala się tylko wtedy, gdy przy wysokiej temperaturze łączy się z tlenem, zawartym w powietrzu. W bańce szklanej, z której tlen usunięto, węgiel rozżarzony może świecić bardzo długo, w nim nie zachodzą żadne przemiany, oprócz odrywania się cząsteczek, czyli parowania, inaczej sublimacji. Szybkość sublimacji nitki węglowej w znacznej mierze zależy od temperatury. Prądem łatwo rozżarzyć włókienko węglowe do białości, paruje ono wtedy nadzwyczaj szybko i po kilku minutach pęka w najcieńszym miejscu. To też w lampach żarowych węglowych rozgrzewamy włókienko tylko do barwy jasno żółtej, wtedy ono paruje powoli i lampka może świecić kilkaset, a nawet czasem kilka tysięcy godzin, zanim włókienko się przerwie.

Obecnie używają się w lampach żarowych włókienka, czyli nitki, węglowe, sztucznie przyrządzane z bawełny, rozpuszczonej w chlorku cynku.

Lampki węglowe stosują się teraz bardzo rzadko, chyba gdzie chodzi o wielką wytrzymałość lampy na wstrząśnienia, gdyż lampki węglowe są nieco trwalsze, ale zużywają zwykle od 2 do 3 wat. na świecę, a więc znacznie więcej, niż metalowe.

**Lampy wolframowe.** Obecnie prawie wyłącznie stosujemy tak zwane, lampy metalowe, w których prąd rozżarza drut wolframowy. Metal wolfram jest trochę podobny do żelaza, lecz znacznie trudniej topliwy. Daje się on wyciągać w druciki bardzo cienkie, które można umocowywać na odpowiednich haczykach w lampie. Są dwa zasadniczo różne gatunki lamp żarowych metalowych. Jedne z nich mają bańkę opróżnioną, są to lampki zwykłe próżniówki, w innych zaś bańki szklane są wypełnione gazem obojętnym, np. azotem, w którym metale rozżarzone nie spalają się, są to gazówki. Duże lampy tego rodzaju zużywają na jedną świecę około 0,5 wata mocy prądu, i z tego powodu nazywamy je często półwatówkami.

W lampach metalowych próżniowych rys. 317 drucik jest zgięty w kilka pętelek, zawieszonych na szeregu haczyków. Drucik ten jest zawsze znacznie dłuższy od nitki odpowiedniej lampki węglowej, gdyż węgiel ma oporność właściwą znacznie większą od oporności właściwej wolframu. Drucik wolframowy rozgrzewa się w tych lampach znacznie mocniej, niż nitka węglowa. Temperatura nitki węglowej wynosi około  $1600^{\circ}$ , temperatura zaś drucika wolframowego około  $2300^{\circ}$ . Przy tej wysokiej temperaturze, wolfram paruje znacznie wolniej od węgla.



Rys. 317.

Skutkiem wysokiej temperatury drutu wolframowego, światło lamp metalowych jest znacznie bielsze od światła lamp węglowych.

Lampy metalowe powyższego ustroju są wyrabiane głównie na napięcia 110 czy 120 i 220 woltów, na 5 do 50 świec i zużywają przy tem 1,4 do 0,96 wata na jedną świecę natężenia światła, mniejsze — więcej, a większe — mniej.

W porównaniu z lampami węglowymi lampy metalowe mają jeszcze tę zaletę, że są mniej wrażliwe na wahania napięcia. Przy wzrastaniu napięcia prąd rośnie mniej, niż w lampach węglowych, gdyż oporność drutu metalowego ze wzro-

stem temperatury zwiększa się, a oporność nitki węglowej zmniejsza się.

Rozżarzony drucik metalowy paruje bardzo wolno, więc natężenie światła lampy zmniejsza się znacznie wolniej, niż w lampach węglowych. Lampy metalowe pozostają w użyciu aż do chwili przzerwania drucika. Drucik przerywa się średnio po upływie tysiąca godzin świecenia.

W celu zaprowadzenia jeszcze większej oszczędności pracy prądu, wyrabiane są lampy z gazem. Jeżeli zwykłe lampy metalowe włączyć w obwód o napięciu wyższym, od tego, dla którego są one przeznaczone, to drucik świeci o wiele jaśniej i lampa zużywa na świecę znacznie mniej watów, ale drucik przytem silnie paruje i prędko przerywa się.

Dla zmniejszenia parowania drucika, bańkę wypełniamy gazem obojętnym, który nie działa chemicznie na rozżarzony drucik, a w celu zabezpieczenia drucika od znacznego ochładzania się zwijamy go w gęstą spiralę, jak to wskazuje rys. 318.

Jeżeli byśmy w bańce, wypełnionej gazem obojętnym, rozpieli drucik tak, jak w lampkach poprzednich, rys. 317, to cząsteczki gazu, stykające się z drutem i poruszające się swobodnie, unosiłyby znaczną ilość ciepła, skutkiem czego praca prądu przekształcałaby się w bardzo znacznej części na ciepło, a nie na światło.

Wypełniając bańkę gazem i zwijając drucik w drobną spiralę, zmniejszamy szybkość parowania drucika i utrudniamy ochładzanie się, możemy wtedy podnieść temperaturę drucika do  $2800^{\circ}$  i osiągnąć przytem wielką oszczędność w pracy prądu.

Przyrównywując półwatowe lampy żarowe z lampami łukowymi, spostrzeżemy łatwo, że tylko lampy łukowe z węglami nasycionymi są od nich oszczędniejsze. To też obecnie silne lampy żarowe używane są zwykle zamiast lamp łukowych.

Lampy żarowe, napełnione gazem obojętnym, są wyrabianie głównie na prąd o napięciu 110 czy 120 lub 220 wol-



Rys. 318.

tów, na rozmałą moc pobieranego prądu od 25 do 1500 watów na całą lampę. Takie lampy dają natężenie przeciętne światła, licząc wokoło, od 18 do 2460 świec, a więc na jedną świecę wypada 1,4 do 0,61 wata.

Strumień świetlny, tych lamp wynosi od 225 do 31000 lumenów, przeto na jeden wat wypada od 9 do 20,6 lumenów.

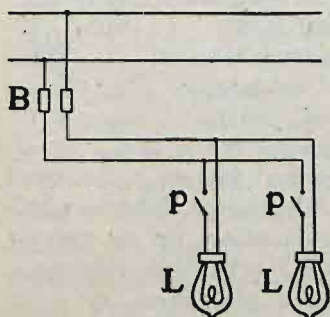
Lampy żarowe z drucikiem zwiniętym w spiralę mają światło bardzo jaskrawe, rażące i z tego względu są zwykle umieszczane w kloszach mlecznych lub matowych, które wprowadzie pochłaniają część światła, ale natomiast rozpraszają go. Łagodnie świecąca powierzchnia klosza nie razi oka i nie daje ostrych cieniów. Od takiego oświetlenia mamy znacznie przyjemniejsze wrażenie, niż od oświetlenia lampami bez kloszy.

Ze względów higienicznych i estetycznych, czyli ze względu na zdrowie oczu i poczucie piękna, powinniśmy wszelkie lampki żarowe, a szczególnie gazówki okrywać odpowiednimi kloszami i osłonami, kierując strumień światła tam gdzie jest potrzebny.

## 128. Włączenie lamp żarowych w obwód.

Dla prądu stałego i zmiennego stosujemy te same lampy żarowe, należy tylko zwracać uwagę na napięcie prądu zasilającego. Napięcie to nie powinno się różnić więcej, niż o 2 do 3% od tego, dla którego zrobiona jest lampka. Jeżeli napięcie prądu zastosujemy zbyt wysokie, to lampka prędko zepsuje się, a przy napięciu zbyt niskim będzie słabo świecić.

Lampy żarowe zwykle włączamy równolegle i tylko wyjątkowo, gdy źródło prądu ma napięcie wyższe od 260 woltów,

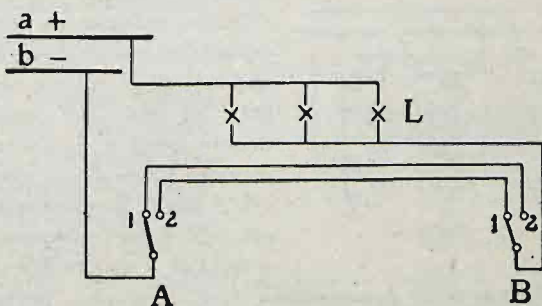


Rys. 319.



łączymy kilka lamp w szereg. Lampy połączone równolegle najczęściej zaopatrujemy w oddzielne przerywacze, rys. 319.

Z pośród wielu różnych układów połączeń wyłączników i przełączników, na wzmiankę zasługują przełączniki do zapalania i gaszenia lamp z kilku miejsc. Na rys. 320 mamy

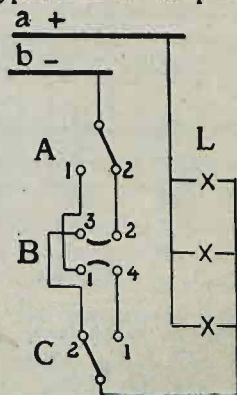


Rys. 320.

układ połączeń dla dowolnego gaszenia i zapalania z dwóch miejsc *A* i *B* grupy lamp *L*. Tu *a* i *b* przewody doprowadzające prąd. Lampy świecą, gdy przełącznik *A* stoi na kontakcie 1, a *B* na 2-gim lub odwrotnie.

Na klatkach schodowych nieraz wypada ustawiać przełączniki na kilku piętrach, aby z każdego piętra można było gasić i zapalać lampy, wtedy układ połączeń jest odmienny, pokazany na rys. 321. Tu *A B C* przełączniki. Przełączników pośrednich (*B*) może być liczba dowolna. Tu lampy świecą, gdy przełączniki są postawione tak aby od *A* do *C* było połączenie.

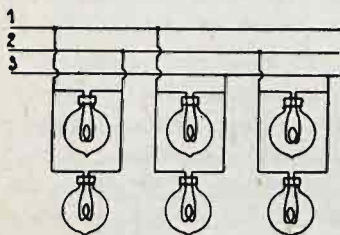
Przy łączeniu przełącznikiem *B*, przekręca się go na ćwierć obrotu tak, że raz mamy połączenia: 2—3 i 1—4, a drugi raz 3—1 i 2—4.



Rys. 321.

Przy prądzie trójfazowym, rozróżniamy dwa rodzaje połączeń, zależnie od tego czy prąd prowadzimy trzema przewodami czy też czterema, a więc czy stosujemy przewód zerowy czy nie.

Na rys. 322 wskazane jest połączenie przy trzech prze-

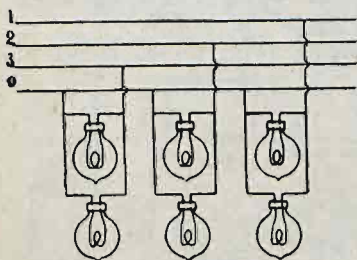


Rys. 322.

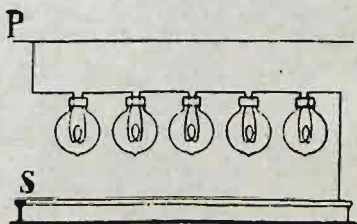
wodach. Staramy się tu zawsze włączyć jednakową liczbę lamp pomiędzy każde dwa przewody, aby osiągnąć równe obciążenie faz. Na rys. 323 mamy połączenie lamp z przewodem zerowym. Zestawiając rysunki 322 i 323 łatwo spostrzeżemy, że na rys. 322 mamy połączenie lamp w trójkąt, a na rys. 323 w gwiaz-

dę. Jeżeli pomiędzy przewodami 1, 2, 3 w obu przypadkach mamy np. napięcie 220 woltów, to pomiędzy przewodami 1, 2, 3 i zerowym wypadnie napięcie mniejsze 1,73 razy t. j. 127 woltów.

Połączenie szeregowe lamp stosujemy w tramwajach. Prąd dopływający do tramwaju ma napięcie około 600 woltów, na takie napięcie lampy nie są wyrabiane, więc wypada



Rys. 323.

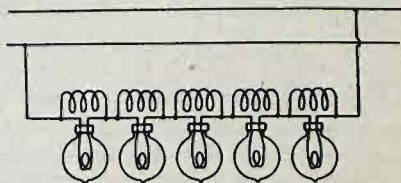


Rys. 324.

połączyć kilka lamp w szereg. Możemy np. połączyć w szereg pięć lamp z których każda zrobiona jest na 120 woltów, rys. 324, P—przewód ślizgowy, a S—szyny tramwajowe.

Przy takim połączeniu, chcąc otrzymać zupełnie równą jasność lamp, konieczne trzeba łączyć w jeden szereg lampy o dokładnie jednakowej oporności. Z tego względu lampy do szeregowego połączenia dobieramy umyślnie. Przy połączeniu, wskazanem na rys. 324, przerwa nitki w jednej lampie wywołuje zgaśnięcie wszystkich lamp, połączonych z nią w jeden szereg.

Przy prądzie zmiennym można uskutecznić połączenie szeregowe, włączając równolegle do lamp cewki indukcyjne, rys. 325, wtedy, w razie przerwy



Rys. 325.

którejkolwiek nitki, prąd przepływa w dalszym ciągu przez odpowiednią cewkę indukcyjną. W taki sposób można połączyć w szereg dużo lamp żarowych i oświetlić np. długą drogę.

## 129. Obliczanie pracy prądu, zużytej przez lampy żarowe.

Przy rachunkach kosztu oświetlenia elektrycznego musimy obliczyć ile kilowatogodzin pracy prądu zużyto w pewnym czasie do lamp elektrycznych. Na paru przykładach pokazemy jak to praktycznie wykonać.

Dla określenia liczby godzin użytkowania lamp można posługiwać się tablicą (str. 348), w której podajemy liczbę godzin jaka upływa od zachodu słońca do różnej godziny według zegara 24 godzinnego razem dla wszystkich dni miesiąca. W ostatnich trzech kolumnach podane są jeszcze godziny użytkowania lamp rano od 5-ej do 6-ej i od 7-ej do wschodu słońca.

Liczby powyższe zostały obliczone dla Warszawy, licząc czas podług zegara środkowo europejskiego, który opóźnia się względem miejscowego czasu Warszawskiego prawie o pół godziny.

M I E S I A C E	Od zachodu słońca do godziny:						Przez całą noc	Do wschodu słońca od godziny:			
	16-ej.	17-ej.	18-ej.	19-ej.	21-ej.	23-ej.		1-ej.	5-ej.	6-ej.	7-ej.
Styczeń . . . . .	7	38	69	100	162	224	286	493	83	52	21
Luty . . . . .	—	10	38	66	122	178	234	404	58	30	1
Marzec . . . . .	—	—	13	44	106	168	230	386	32	1	—
Kwiecień . . . . .	—	—	—	17	77	137	197	319	2	—	—
Maj . . . . .	—	—	—	—	50	112	177	266	—	—	—
Czerwiec . . . . .	—	—	—	—	34	94	154	223	—	—	—
Lipiec . . . . .	—	—	—	—	36	98	160	238	—	—	—
Sierpień . . . . .	—	—	—	3	60	122	184	285	—	—	—
Wrzesień . . . . .	—	—	4	30	90	150	210	335	5	—	—
Październik . . . . .	—	8	38	69	131	193	255	408	29	—	—
Listopad . . . . .	6	35	65	95	155	215	275	450	55	25	1
Grudzień . . . . .	18	49	80	111	173	235	297	501	80	49	18



**Przykład I.** W mieszkaniu mamy 3 lampy 25 świecowe, a 2 lampy 10 świecowe metalowe próżniowe i jedną 60 watową gazówkę. Obliczyć pracę prądu zużytą na oświetlenie w styczniu, jeżeli przeciętnie wszystkie lampy palą się od zachodu słońca do godziny 11-ej wieczorem.

Przedewszystkiem obliczamy moc prądu pobraną przez lampy, licząc po 1,3 wata na świecę w lampach próżniowych,

$$(25 \times 3 + 10 \times 2) \times 1,3 + 60 = 183,5 \text{ wata.}$$

Według wyżej podanej tablicy w ciągu stycznia lampy są czynne od zachodu słońca do 11-ej wieczorem, t. j. do godziny 23-ej w ciągu 224 godzin, więc praca zużytego prądu wyniesie:

$$183,5 \times 224 = 41104 \text{ watogodzin — czyli } 41,1 \text{ kilowatogodzin.}$$

Jeżeli lampy zapalają się i gaszą niejednocześnie, tak że w czasie od zachodu do 11-ej wieczór nieraz pali się tylko część lamp, to wypada zastanowić się dobrze nad okolicznościami użytkowania lamp i wziąć tylko pewien procent od liczby powyżej znalezionej.

**Przykład II.** W fabryce mamy 200 lampek metalowych próżniowych po 32 świec i 10 gazówek po 100 watów, świecących po zachodzie słońca w czasie pracy fabryki, która jest czynna od 6-ej rano do 5-ej popołudniu. Pozatem — 3 lampy 100 watowe na podwórzu, świecące bez przerwy od zachodu do wschodu słońca. Jest jeszcze 10 lamp 32 świecowych próżniowych w biurze, które pracuje od 7-ej rano do 7-ej wieczór i w mieszkaniu przy fabryce 2 lampy 10 świecowe, 5 lamp 25 świecowych i 5 lamp 32 świecowych, wszystkie próżniowe.

Należy obliczyć zużycie pracy prądu dla całego urządzenia w miesiącu listopadzie.

Obliczmy moc prądu, pobieraną przez lampki w fabryce:

$$32 \times 200 \times 1,3 + 100 \times 10 = 9320 \text{ watów.}$$

Czas użytkowania tych lamp wynosi 35 godzin popołudniu i 25 godzin rano, co razem wynosi 60 godzin, a przeciętnie na jeden dzień 2 godziny. Świąt w listopadzie mamy 6, więc  $2 \times 6 = 12$  godzin odejmiemy od 60 i wtedy zostanie 48.

Zużycie pracy prądu na lampy powyższe wyniesie:

$$9320 \times 48 = 447 \text{ kilowatogodzin.}$$

Lampy na podwórzu biorą:

$$100 \times 3 = 300 \text{ watów w ciągu 450 godzin, więc}$$

zużywają:

$$300 \times 450 = 135 \text{ kilowatogodzin.}$$

Lampy w biurze biorą:

$$32 \times 10 \times 1,3 = 416 \text{ watów.}$$

Lampy te świecą rano 1 godzinę, a wieczorem 95 godzin\*), razem 96 godzin, skąd wypada przeciętnie na jeden dzień 3,2 godziny; więc na 6 dni świąt — 19 godzin; pozostaje  $96 - 19 = 77$  godzin.

Przeto lampy te zużywają:

$$416 \times 77 = 32 \text{ kilowatogodzin.}$$

Wreszcie lampy w mieszkaniach biorą:

$$(10 \times 2 + 25 \times 5 + 32 \times 5) \times 1,3 = 331,5 \text{ wata,}$$

świecą zaś przeciętnie od zachodu słońca do 10 wieczorem, są więc użytkowane według powyższej tablicy w ciągu:

$$155 + 30 = 185 \text{ godzin,}$$

przeto zużywają:

$$331,5 \times 185 = 61 \text{ kilowatogodzin.}$$

Całe urządzenie zużyje w listopadzie:

$$447 + 135 + 32 + 61 = 675 \text{ kWh.}$$

### 130. Miara natężenia oświetlenia czyli jasności.

Gdy nad stołem wisi lampa na wysokości jednego metra od powierzchni stołu rys. 326 i natężenie światła tej lampy w kierunku na dół wynosi jedną świecę, to oświetlenie jakie

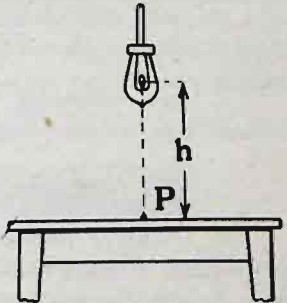
\*) Patrz powyższą tablicę.

ona daje na stole w miejscu  $P$ , pod lampą bierzemy za jednostkę i nazywamy **jeden luks**.

Ile razy silniejszą lampę weźmiemy, tyle razy większą jasność na stole mieć będziemy. Opuszczając lampę, również możemy zwiększyć jasność na stole. Przytem jasność zwiększa się więcej, niż zmniejsza się odległość lampy od stołu. Tak na przykład, gdy opuszczimy lampę do połowy poprzedniej wysokości, to jasność na stole wzrośnie czterokrotnie.

Jasność na powierzchni stołu pod lampą w miejscu  $P$ , rys. 326, można wyrazić wzorem algebraicznym:

$$E = \frac{I}{h^2}$$



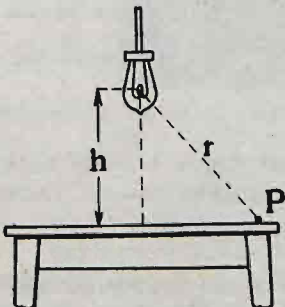
Rys. 326.

tu  $E$  — oznacza jasność na stole w luksach,  $I$  — natężenie światła lampy w świecach,  $h$  — odległość lampy od stołu w metrach.

**Przykład.** Obliczyć jasność na stole, gdy nad nim na wysokości 0,5 metra wisi lampka 32 świecowa.

Według powyższego wzoru:

$$E = \frac{32}{0,5^2} = \frac{32}{0,25} = 128 \text{ luksów.}$$



Rys. 327.

W miejscu  $P$ , rys. 327, z boku względem lampy oświetlenie na stole będzie znacznie słabsze.

W takim miejscu jasność oblicza się według wzoru innego:

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

tu  $E'$  — jasność na stole w miejscu  $P$ , na rys. 327, wyrażona w luksach,  $I$  — natężenie światła lampy w świecach,  $h$  — wysokość zwieszenia lam-

py nad stołem w metrach,  $r$  — odległość lampy od punktu  $P$  w metrach.

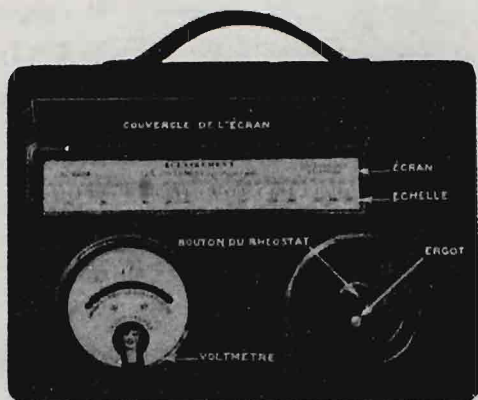
**Przykład.** Lampa 32 świecowa jest zawieszona na wysokości 0,5 metra nad stołem, obliczmy jasność na krawędzi stołu w miejscu odległym od lampy na 0,8 metra.

$$E' = \frac{32 \cdot 0,5}{0,8^3} = 31 \text{ luksów.}$$

Z tego obliczenia widzimy jak słabnie oświetlenie, gdy światło z tej samej lampy pada na stół ukośnie.

### 131. Mierzenie natężenia oświetlenia.

W praktyce pomiar jasności czyli natężenia oświetlenia w pewnym miejscu skutecznia się za pomocą przyrządu zwanego **luksomierzem** rys. 328.



Rys. 328.

Przyrząd ten stanowi pudełko, wewnątrz którego z boku z prawej strony znajduje się mała lampeczka żarowa, zasilana prądem z małej baterji, umieszczonej również w tym pudełku rys. 328.

Na pokrywce pudełka w wązkim okienku mamy szereg otworków zaklejonych półprzezroczystym papierem. Otworki



te są oświetlone z wewnątrz lampką tem silniej, im bliżej lampki się znajdują.

Gdy umieścimy takie pudełko w tym miejscu, gdzie mamy mierzyć jasność, to biała pokrywka w okienku pudełka będzie oświetlona światłem zewnętrznym. Gdzie oświetlenie zewnętrzne będzie silniejsze od wewnętrznego, tam otworki wydawać się będą ciemne w jasnym otoczeniu, natomiast tam, gdzie oświetlenie zewnętrzne będzie słabsze od wewnętrznego, otworki będą jasne na ciemnym tle, rys. 329.



Rys. 329.

W tym miejscu gdzie oświetlenie wewnętrzne i zewnętrzne będą równe, otworków nieznac prawie, bo są równie jasne jak tło. Przy tych właśnie otworkach wypisana jest liczba, wyrażająca natężenie zewnętrznego oświetlenia w luksach. Wystarcza więc znaleźć otworek najmniej widoczny i odczytać liczbę przy nim wypisaną.

W luksomierzach dokładniejszych, jak podany na rys. 328 dla uniknięcia wpływu zmniejszenia się światłości lampki przez osłabienie baterji, jest oporniczek i woltomierz. Zawsze należy napięcie nastawiać opornikiem tak, aby wskazówka woltomierza stała w miejscu, oznaczonem na nim specjalną kreską ze strzałką. Jeżeli ustawimy wskazówkę woltomierza na inne kreski, oznaczone liczbami 2 lub  $\frac{1}{10}$  albo  $\frac{1}{100}$ , to odczyty na skali luksomierza wypadnie mnożyć odpowiednio przez 2;  $\frac{1}{10}$ ;  $\frac{1}{100}$ .

### 132. Reklamy świetlne.

Reklamy świetlne ze światłem migającym, płynącym, czy rozbłyskującym się urządzamy za pomocą układu żarówek, odpowiednio zabarwianych, rozświetlających się i gasnących

naprzemian, okresowo, zapomocą odpowiednich przełączników, poruszanych motorkami elektrycznymi.

Reklamy z napisami prześwietlanemi urządza się zapomocą odpowiednich szyb szklanych oświetlonych z przeciwnej strony. Reklamy z napisami świecącemi 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 3000 do 7000 woltów. Pod wpływem tego prądu rozrzedzony gaz świeci.

Prąd wysokiego napięcia otrzymuje się z prądu niskiego napięcia za pomocą małych transformatorów, ustawionych tuż przy rurkach i zabezpieczonych od dotknięcia.

Są obecnie czynione próby sporządzenia podobnych rur, świecących pod wpływem prądu o niskiem napięciu.

Kolor światła zależy od rodzaju gazu. Gaz neon daje kolor jaskrawy pomarańczowy, para rtęci zabarwia światło na niebiesko. Stosując szkło osobliwego rodzaju można osiągnąć światło zielone.

Dla reklam i sygnalizacji są jeszcze w użyciu małe lampki jarzące, bez nitki, z dwoma elektrodami, nie stykającemi się ze sobą. Jedna elektroda bywa grafitowa, druga metalowa na prąd stały i obie metalowe na prąd zmienny. Te lampki również są napełnione rozrzedzonym neonem. Świecą one już przy niskiem napięciu 150 czy 220 woltów; świeci tam warstwa gazu na ujemnej elektrodzie.

Lampki takie zużywają bardzo mało watów. Zwykle koło 3 lub 5 watów bierze cała lampka, ale światło daje ona słabe.

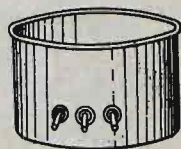
## Urządzenia elektryczne ciepłe.

### 133. Grzejniki elektryczne.

Przyrządy, w których praca prądu wytwarza tylko ciepło, zasadzają się prawie wyłącznie na ogrzewaniu się przewodników skutkiem oporu elektrycznego. Przewodniki te mają kształt drutów lub wstążek metalowych, najczęściej nawiniętych na płytkach z materiału izolującego. Niektóre fabryki wyrabiają takie oporniki z odpowiednio preparowanego węgla; stosują się także cienkie warstewki szlachetnych metali na płytkach mikowych.

Powyższe przyrządy mogą być stosowane dla tych samych napięć przy prądzie stałym i zmiennym, gdyż ich samoindukcja jest bardzo nieznaczna.

Są jednak jeszcze przyrządy. stosowane tylko przy prądzie zmiennym; mają one budowę podobną do transformatorów. Jest w nich zwojnica pierwotna i wtórna, lub też tylko pierwotna, prądy wtórne przebiegają wtedy w rdzeniach żelaznych tych zwojnic.



Rys. 330.

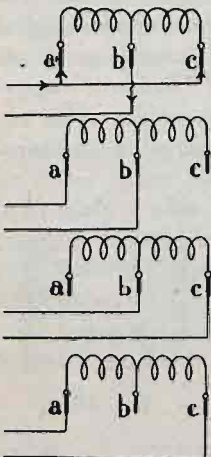
Piecyki elektryczne, ogrzewające powietrze, mają współczynnik sprawności prawie 100%, ponieważ tu cała praca prądu przekształca się na ciepło i prawie całe ciepło pochłania powietrze. Różne naczynia kuchenne, czajniki i t. p., w które są wprowadzone grzejniki elektryczne, mają współczynnik sprawności od 80 do 90%.

Przy stosowaniu różnych grzejników należy przede wszystkim zwracać uwagę na napięcie prądu, dla którego przeznaczony jest grzejnik, gdyż, stosując napięcie za niskie, nie otrzymamy pożądanego skutku cieplnego, a za wysokie — przepalimy prądem przewodniki grzejnika.

Nie można również trzymać pod prądem pustych rondelków i fajerek bez naczyń.

Żelazka elektryczne postawione nieruchomo przez czas długi rozgrzewają się nadmiernie i palą tkaniny.

Na rys. 330 mamy rondelkę elektryczną. Ścianki i dno rondelka są podwójne; pomiędzy ściankami i dnami znajdują się oporniki. Prąd do tych oporników doprowadza się przez sztyfciki, widoczne na rysunku. Pomiedzy sztyfcikami lewym i środkowym włączone są np. oporniki, znajdujące się pod dnem, a pomiędzy środkowym i prawym oporniki, umieszczone pomiędzy ściankami. Najsilniejsze ogrzewanie osiągniemy, wprowadzając prąd do rondelka przez



Rys. 331.

sztyfcik a i c, a odprowadzając przez b, tak, jak wskazano na rys. 331 u góry. Oba oporniki są tu połączone równolegle i w każdym z nich przebiega prąd pod wpływem pełnego napięcia.

Chcąc ogrzewać tylko dno lub tylko ścianki rondelka, wprowadzamy prąd przez a i b lub b i c do odpowiednich oporników. Słabe ogrzewanie z dołu i z boku otrzymamy, łącząc ze źródłem prądu sztyfciki a i c. Wtedy oporniki są połączone w szereg.

Ilość otrzymanego ciepła w rondelku jest równoważna ilości pracy prądu, a więc proporcjonalna do mocy prądu.

Załóżmy np. że napięcie prądu wynosi 120 woltów, a cały prąd, płynący przy równoległym połączeniu przez oporniki rondelka—4,4 ampera. W takim razie moc prądu wypada:

$$P_1 = 120 \times 4,4 = 528 \text{ W.}$$



Jeżeli opory uzwojeń pod dnem i pomiędzy ściankami są jednakowe, to prąd dzieli się pomiędzy dwa oporniki po połowie.

Przy układach połączeń, w których prąd płynie tylko przez opornik dna lub tylko przez opornik ścianek, prąd, płynący przez ronderek, wyniesie 2,2 ampera i moc jego:

$$P_2 = 120 \times 2,2 = 264 \text{ W.}$$

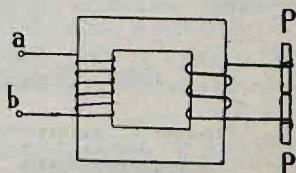
Gdy oporniki dna i ścianek połączone są w szereg, prąd jest jeszcze dwa razy słabszy, ponieważ to samo napięcie ma tu do pokonania dwa razy większy opór, prąd więc mamy 1,1 ampera i moc prądu:

$$P_3 = 120 \times 1,1 = 132 \text{ W.}$$

Najwięcej ciepła powstaje w rondelku przy połączeniu pierwszym. Przy połączeniach drugim i trzecim otrzymujemy ilość ciepła dwa razy mniejszą. Przy połączeniu czwartym ilość ciepła jest cztery razy mniejsza, niż w przypadku pierwszym.

### 134. Spawanie elektryczne.

Na szczególną uwagę zasługuje elektryczne spawanie za pomocą prądu zmiennego. Na rys. 332 wskazany jest układ połączeń w przyrządzie do elektrycznego spawania metali. Mamy tu transformator, którego zwoje pierwotne przez zaciski *a* i *b* łączymy ze źródłem prądu. Zwoje wtórne składają się tu zaledwie z kilku zwojów grubej szyny miedzianej, na końcach której umocowujemy dwa pręty spawane. W obwodzie wtórnym przebiega prąd przy bardzo niskim napięciu, ale wielkiego natężenia, ponieważ opór obwodu jest mały. Największy opór mamy w miejscu zetknięcia drążków *PP*, więc wywiązuje się tu znaczna ilość ciepła, które rozżarza do białości końce drążków *P*. Przy ściskaniu za pomocą odpowiedniego mechanizmu, drążki spajają się.



Rys. 332.

W podobny sposób są także urządzone maszynki do spawania szwów naczyń blaszanych i t. p.

Jest jeszcze inny sposób spawania: tak zwane spawanie łukowe. Są dwie odmiany sposobu łukowego:

I. Sposób Bernadosa polega na połączeniu przedmiotu metalowego z biegunem dodatnim, a pręta węglowego z biegunem ujemnym źródła prądu stałego. Przez dotknięcie węgla do przedmiotu i odsunięcie, wytwarza się łuk Volty, który topi przedmiot metalowy.

Sposób Bernadosa używa się w odlewniach żelaza do opalania odlewów i wypełniania dziur, a także do cięcia żelaza.

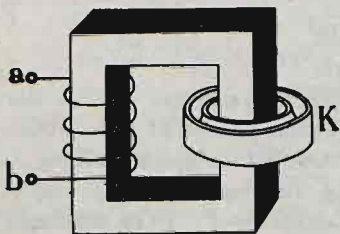
Przy spawaniu i wypełnianiu dziur tym sposobem, wprowadzamy do łuku specjalny pręcik metalowy, w celu otrzymania odpowiedniej ilości metalu stopionego.

II. Sposób Sławianowa polega na tem, że biegun dodatni źródła prądu stałego łączy się z metalowym przedmiotem, a biegun ujemny z drutem średnicy od 2 do 4 mm, zrobionym z podobnego metalu jak przedmiot. Pomiędzy drutem, a przedmiotem wytwarza się łuk, w którym drut topi się i zalewa wgłębienia, otwory i szwy w przedmiocie.

Szczegóły o spawaniu elektrycznym są podane w broszurce inż. Tad. Gayczaka „O spawaniu elektrycznym metali” wydanej nakładem „Mechanika”.

### 135. Elektryczne wytapianie stali.

Na rys. 333 mamy wskazaną zasadę budowy pieca indukcyjnego do wytapiania stali. Prąd wprowadzamy do zwojnicy pierwotnej przez zaciski *a* i *b*. Obwód wtórny stanowi stal, roztopiona w pierścieniowym korycie *K*, które jest zbudowane z cegły ogniotrwałej.



Rys. 333.

Przy użyciu takiego pieca roztopiamy najprzód surowiec

w innym piecu, wlewamy go w koryto pierścieniowe i puszczaemy prąd. Odpowiednią temperaturę osiągamy przez nastawianie prądu pierwotnego. Dosypując materiały potrzebne do przekształcenia surowca na stal, otrzymujemy ją w odpowiednim gatunku. Ogrzewanie stali odbywa się tu prądem wtórnym, przebiegającym w metalu roztopionym, tworzącym jeden wtórny zwój. Siłę elektromotoryczną mamy tu małą, ale prąd duży.

Wybierając odpowiednią liczbę zwojów i grubość drutu zwojnicy pierwotnej, możemy zastosować dowolne napięcie pierwotne, Urządzając inaczej obwód magnetyczny i stosując inny kształt koryta, budujemy piece na prąd trójfazowy.

Jednemi z najsprawniej działających pieców, są piece trójfazowe, znane pod nazwą pieców Röchling-Rodenhauser; posiadają one dodatkową cewkę wtórną, dającą prąd pomocniczy, płynący przez stopiony metal dla podgrzewania głównego topniska. Taki piec na 7 ton stali pochłania 750 kilowatów prądu.

Coraz częściej zaczynają teraz wchodzić w użycie jeszcze piece podobnego rodzaju lecz bez rdzenia żelaznego. Cewka pierwotna nawija się tu wprost na tygiel, w którym rozstapiamy metal. Wtedy do zasilania takiego pieca należy brać prąd szybkozmienny, który kilka tysięcy razy na sekundę zmienia swój kierunek. Wytwarza się taki prąd w specjalnych przetwornicach wirujących, które biorą prąd z sieci o 50 okresach na sekundę, a dają prąd np. o 2000 i więcej okresów na sekundę.

Pozatem są stosowane piece innego rodzaju, w których prąd z maszyn płynie wprost przez bardzo grube elektrody węglowe do pieca, tam tworzy łuk i przepływając przez roztopiony metal, rozgrzewa go mocno. Piece tego rodzaju mogą być zasilane również przez odpowiednio zbudowane transformatory.

---

## Układy urządzeń elektrycznych przesyłania siły i oświetlenia.

### 136. Napięcia normalne.

Rozporządzeniem Ministra Robót Publicznych z dnia 26 maja 1930 r. zostały ustalone i zalecone normalne napięcia prądu w urządzeniach elektrycznych.

Napięcie niskie dla prądu stałego w układach dwuprzewodowych ustalono 220 woltów, w układach trójprzewodowych:  $2 \times 220$  woltów.

Napięcia niskie dla porądu zmiennego jednofazowego 220 woltów. Dla porądu zmiennego trójfazowego w układach trójprzewodowych 127 — 220 — 380 woltów, a w układach czteroprzewodowych: napięcie między każdą z faz i przewodem zerowym może być 127 lub 220 woltów, wtedy napięcie między przewodami fazowymi odpowiednio wypadnie:

$$127 \times \sqrt{3} = 220 \text{ i } 220 \times \sqrt{3} = 380 \text{ woltów.}$$

Napięcia wysokie prądu trójfazowego między przewodami, przy układzie trójprzewodowym, ustalono: 6000—15000—30000 — 60000 — 100000 — 200000 woltów.

Podane powyżej napięcia są napięciami na odbiornikach. Napięcia na zaciskach prądnic i transformatorów bywają o 10% wyższe.

Polski Komitet Elektrotechniczny, zgodnie z postanowieniem Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej, podaje nieco rozszerzony zakres napięć normalnych:

Na prąd stały urządzenia dwuprzewodowe: 110, 220 i 440 woltów, urządzenia trójprzewodowe  $2 \times 110$  albo  $2 \times 220$ , urządzenia pięcioprzewodowe  $4 \times 110$  woltów.



Na prąd zmienny, jednofazowy: 110 i 220 woltów.

Na prąd trójfazowy, napięcia fazowe: 127 i 220.

Na prąd trójfazowy, napięcia międzyprzewodowe:

220 — 380 — 1000 — 3000 — 6000 — 10000 — 15000 — 20000 — 30000 —  
45000 — 60000 — 80000 — 100000 — 150000 — 200000 — 300000.

### 137. Ogólne zasady wyboru rodzaju prądu i napięcia.

W urządzeniach elektrycznych, zależnie od okoliczności, stosujemy prąd stały albo zmienny, wysokiego czy niskiego napięcia. Odpowiednio do rodzaju prądu, ustawiamy potrzebne źródła prądu i odbiorniki: silniki, lampy i t. p.

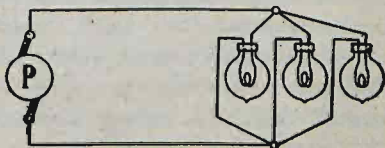
Rodzaj stosowanego prądu zależy przede wszystkim od obszaru sieci, po której ma być rozprowadzany prąd i od przeznaczenia tego prądu.

Im większy jest obszar, który obejmuje urządzenie elektryczne, zasilane prądem z jednego miejsca, tem wyższe stosujemy napięcie prądu.

Chodzi tu o zaoszczędzenie wydatków na przewody. Przewody w urządzeniach elektrycznych mają przekrój, przystosowany do natężenia prądu elektrycznego. Przewodnik zbyt cienki dla pewnego natężenia prądu rozgrzewa się i może wywołać pożar, a zarazem przepalić się i przerwać obwód; pozatem wywołuje on przez swoją oporność stratę napięcia i stratę pracy prądu, skutkiem której w przewodnikach powstaje ciepło.

W sieci prawidłowo zbudowanej straty nie przewyższają kilku procentów całego napięcia i mocy prądu. Dla utrzymania strat w powyższych granicach przekrój drutu powinien być ogłędnie wybrany, z uwagi na to, że im cieńszy jest drut, tem większe są straty.

Rozważmy dla przykładu grupę lamp, rys. 334, zasilaną z prądnicy *P*, znajdującej się na odległości 200 me-



Rys. 334.

trów od lamp. Założmy, że napięcie na lampach wynosi 110 woltów, a moc prądu 5,5 kilowata, prąd—50 amperów. Według prawa Ohma łatwo obliczymy stratę napięcia, jeżeli wiadomy nam będzie przekrój drutu na przewody od prądnicy do lamp.

Gdy zastosujemy druty o przekroju  $100 \text{ mm}^2$ , opór drutów obliczamy w następujący sposób. Oporność jednego metra drutu miedzianego przy przekroju  $1 \text{ mm}^2$  stanowi 0,0175 oma, więc oporność 400 metrów\*), przy tym samym przekroju, będzie 400 razy większa:

$$0,0175 \times 400 = 7 \Omega,$$

a przy przekroju  $100 \text{ mm}^2$ , sto razy mniejsza:

$$7 : 100 = 0,07 \Omega.$$

Przy prądzie 50 amperów napięcie, potrzebne do pokonania tej oporności wyniesie:

$$0,07 \times 50 = 3,5 \text{ V},$$

3,5 wolta stanowi około trzech procentów od 110 woltów.

Jeżeli zamiast prądu o napięciu 110 woltów zastosujemy prąd o napięciu 220 woltów, to przy tej samej mocy—5,5 kilowata—natężenie prądu wyniesie 25 amperów i chcąc otrzymać tyle samo woltów spadku napięcia, wypadnie zmniejszyć przekrój przewodów dwukrotnie.

Założmy, że mamy teraz drut o przekroju  $50 \text{ mm}^2$ .

Drut o przekroju dwa razy mniejszym ma oporność dwa razy większą:

$$0,07 \times 2 = 0,14 \Omega.$$

Spadek napięcia przy 25 amperach prądu będzie znowu:

$$0,14 \times 25 = 3,5 \text{ V},$$

t. j. tyle, co poprzednio. Dla prawidłowego działania urządzenia elektrycznego ma znaczenie jednak nie bezwzględna liczba woltów, straconych w przewodach, a liczba procentów, określająca którą część całego napięcia tracimy w przewodach. Praktyka wskazuje, że przy oświetleniu żarowem możemy stracić około 3% całego napięcia, a więc przy 220 woltach

---

\*) Obliczamy tu oporność obu drutów.

strata napięcia może wynosić 6,6 wolta, czyli prawie dwa razy więcej, niż nam wypadło. Możemy więc zastosować drut jeszcze dwa razy cieńszy, mianowicie 25 mm<sup>2</sup>. Oporność drutu wypadnie wtedy dwa razy większa i spadek napięcia również dwa razy większy, t. j. około 7 woltów.

Widzimy więc, że stosując prąd o napięciu dwa razy większem, możemy przekrój zmniejszyć dwa razy po 2, t. j. cztery razy. Ogólnie możemy powiedzieć, że, przy zachowaniu tej samej procentowej straty napięcia, przekrój przewodów w urządzeniach elektrycznych jest odwrotnie proporcjonalny do napięcia w drugiej potęgze.

Do tego samego wniosku doszlibyśmy, rozważając straty pracy prądu w przewodach.

Wogóle w sprawie zastosowania prądu stałego czy zmiennego przy rozmaitych urządzeniach elektrycznych, należy mieć na względzie, że: przy prądzie stałym mamy możliwość stosowania akumulatorów, przechowujących energję, pozatem prądnice prądu stałego pracują oszczędniej i mogą być łączone dowolnie w szereg, czy też równolegle, lampy łukowe prądu stałego płoną cicho i dają światło oszczędne, silniki prądu stałego można łatwo nastawiać na rozmaitą liczbę obrotów, tylko prądem stałym można wykonywać elektrolizę.

Natomiast, ze względu na skomplikowaną budowę prądnic prądu stałego, nie budujemy tych prądnic na napięcie bardzo wysokie, a przekształcenie prądu stałego wysokiego napięcia na prąd stały niskiego napięcia można uskutecznić tylko zapomocą skomplikowanych przetwornic obrotowych. Z tych względów elektrownie prądu stałego powinny znajdować się w pobliżu odbiorników prądu.

Najważniejsze zalety prądu trójfazowego w porównaniu z prądem stałym są następujące: prostsza budowa prądnic i silników, łatwość przetwarzania prądu wysokiego napięcia na prąd niskiego napięcia w prostych nieruchomych transformatorach, niewymagających prawie żadnej obsługi. Wobec tego można stosować prądy zmienne bardzo wysokiego napięcia i źródła prądu daleko od odbiorników.

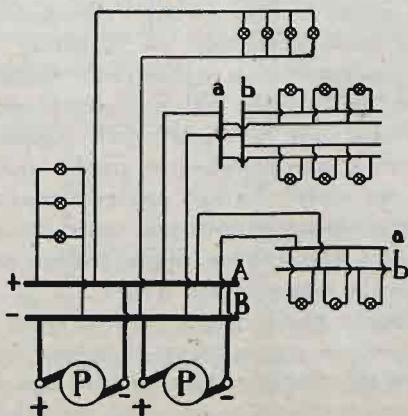
Silniki trójfazowe bez kolektora i pierścieni mogą być umieszczane w najniegodniejszych warunkach i są zupełnie bezpieczne pod względem możliwości wzniesienia pożaru w fabrykach, gdzie jest kurz lub powstają wyziewy eksplodujące.

### 138. Urządzenia małe w domach i fabrykach.

Urządzenia małe na statkach i w małych domach budowane są najczęściej na prąd stały niskiego napięcia, około 65 woltów.

Domy pojedyncze wielkie lub grupy domów mają zwykle oświetlenie prądem stałym przy napięciu 110 a najwyżej 220 woltów, czasem, wyjątkowo znajduje tu zastosowanie układ trójprzewodowy przy napięciu  $2 \times 110$  woltów, wtedy pomiędzy przewodami zewnętrznymi mamy napięcie 220 woltów, a pomiędzy przewodnikiem zerowym i każdym z zewnętrznych po 110 woltów.

Ogólny układ połączeń w urządzeniach dwuprzewodowych tego rodzaju widzimy na rys. 335. W elektrowni\*) znaj-



Rys. 335.

\*) Elektrownią nazywamy wytwórnice prądu, w której są kotły, maszyny, czy turbiny wodne, a także prądnice i t. d.



dują się, połączone równolegle, prądnice  $P$ ,  $P$  i główna tablica rozdzielcza z szynami zbiorczymi i rozdzielczymi  $A$  i  $B$ . Od tych szyn do najbliższych lamp płynie prąd bezpośrednio wzdłuż przewodów, łączących lampy w poszczególne grupy. Grupy lamp dalszych przyłączamy do szyn  $a$  i  $b$ , umieszczonych na tablicach rozdzielczych wtórnych, połączonych odpowiednimi przewodami z szynami tablicy głównej. Lampy żarowe grupują się zazwyczaj w ten sposób, aby cały prąd, płynący do jednej grupy lamp nie przewyższał 6 amperów. Wyjątkowo tylko, przy wielkich żyrandolach i silnych lampach prąd ten może osiągnąć 10 amperów.

Widzimy więc, że w rozważanem urządzeniu, w dowolnem miejscu od głównych i wtórnych szyn, odgałęzia się prąd do lampek żarowych. Lampki żarowe świecą dobrze o ile napięcie nie różni się od właściwego więcej, niż o 3%, różnica zatem pomiędzy napięciem na szynach głównych i na ostatniej, najbardziej oddalonej lampce, nie może przewyższać 3% całego napięcia. Np. jeżeli na ostatniej lampie mamy 110 woltów, to na szynach rozdzielczych tablicy głównej napięcie wynosić może najwyżej około 114 woltów. Na tabliczkach wtórnych napięcie będzie większe od 110 woltów i mniejsze od 114. Taki rozkład napięcia osiągamy przez odpowiedni wybór przekroju przewodów. Stałą wysokość napięcia utrzymujemy na głównej tablicy rozdzielczej.

W fabrykach zamiast prądu stałego stosujemy nieraz prąd trójfazowy. Napięcie prądu trójfazowego wynosi zazwyczaj 127 i 220 V, głównie ze względu na lampy żarowe. Wyłącznie dla silników stosowane bywają napięcia wyższe 380, 3000 i wyjątkowo więcej woltów. Nieraz mamy sieć czteroprzewodową.

Przy prądzie trójfazowym rozdział prądu odbywa się tak samo, jak przy prądzie stałym, z tą tylko różnicą, że przewody do tabliczek wtórnych i do silników są potrójne.

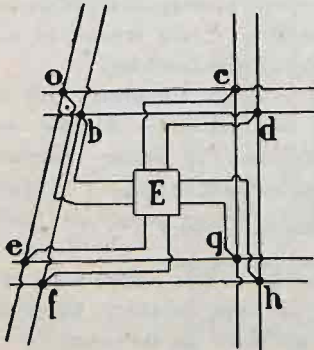
W urządzeniach fabrycznych trzeba mieć na względzie wpływ spadku napięcia, wywołanego prądem silników na równość światła lamp. Założmy, że na zaciskach silnika mamy włączoną lampkę; wtedy przy puszczeniu silnika w ruch

bierze on duży prąd, który wywołuje znaczny spadek napięcia w przewodach. Napięcie na zaciskach silnika obniża się, w lampce płynie za słaby prąd: lampka przygasa. Przy zatrzymaniu silnika prąd jego przerywamy, w przewodach płynie tylko mały prąd do lampy, więc spadku napięcia wzdłuż przewodów prawie няма, napięcie wzrasta się i lampa rozjaśnia się. W tych warunkach za każdym razem przy puszczeniu w ruch i zatrzymaniu silnika lampka miga.

W celu uniknięcia migania lamp, prowadzimy od tablicy głównej zupełnie niezależne sieci rozdzielcze: jedną do oświetlenia, drugą do siły. Prądy do lamp i do silników rozdzielają się już na tablicy w elektrowni i silne wahania prądu przy puszczeniu w ruch i zatrzymywaniu silników nie mogą wpływać na wielkość napięcia prądu, płynącego do lamp, o ile oczywiście za pomocą odpowiednich urządzeń utrzymujemy stałe napięcie na głównej tablicy rozdzielczej.

### 139. Urządzenia miejskie.

Inny sposób rozsyłania prądu stosujemy przy oświetleniu miast. Wzdłuż ulic rozprowadzamy tak zwaną sieć przewodów rozdzielczych, rys. 336.



Rys. 336.

W takiej sieci wszystkie przewody jednego bieguna są połączone między sobą. Sieć rozdzielcza otrzymuje prąd z elektrowni w kilku punktach, tak zwanych zasilających, do których doprowadzane są przewody zasilające z elektrowni. Lampy mogą być przyłączone do sieci rozdzielczej w każdym miejscu, więc jeżeli uwzględnić jeszcze 1% spadku, napięcia w przewodach, odprowadzają-

cych prąd z sieci ulicznej do lamp w domach, to różnica po-

między napięciami w różnych miejscach sieci nie może być większa od 2% pełnego napięcia.

Spadki napięcia w przewodach zasilających mogą być i większe, bo lamp nie przyłączamy do szyn rozdzielczych na tablicy głównej i do przewodów zasilających. Zwykle strata napięcia w każdym z przewodów zasilających wynosi przy pełnem obciążeniu około 15% całego napięcia. Jeżeli w punktach zasilających sieci mamy napięcie 226 woltów, to spadek napięcia w przewodach zasilających wyniesie:

$$\frac{226}{100} \times 15 = 34 \text{ V},$$

a napięcie na tablicy rozdzielczej w elektrowni wypadnie:

$$226 + 34 = 260 \text{ V}.$$

Stałe napięcie utrzymujemy nie na tablicy rozdzielczej elektrowni, lecz w punktach zasilających sieci rozdzielczej. W tym celu w elektrowni ustawiamy woltomierze, połączone osobnemi przewodami z punktami zasilającemi.

W miastach małych znajduje zastosowanie prąd stały przy napięciu 220 woltów, w miastach średniej wielkości prąd stały o napięciu podwójnem 220 i 440 woltów, układ sieci mamy wtedy trójprzewodowy  $2 \times 220$  woltów\*).

Przekroje drutów zewnętrznych są takie, jak przy napięciu 440 woltów, zerowy zaś przewódnik zazwyczaj ma przekrój dwa razy mniejszy od zewnętrznych.

Lampy żarowe włączamy pomiędzy przewody zewnętrzne i zerowy, silniki małe — równolegle do lamp, a silniki większe — wprost na przewody zewnętrzne.

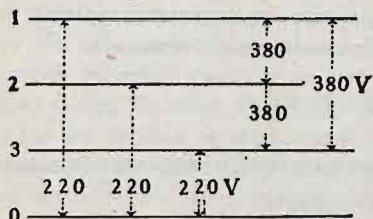
W elektrowniach prądu stałego, zasilających urządzenia powyższe, ustawiamy prądnice bocznikowe, często połączone równolegle z baterją akumulatorów.

W niektórych jednak miastach tego samego rzędu zastosowano prąd trójfazowy z czterema przewodnikami przy napięciu 190 woltów pomiędzy przewodami fazowemi a 110 woltów.

\*) Tak, jak na rys. 138, patrz strona 150.

tów pomiędzy przewodem zerowym i każdym z fazowych. Lampy żarowe włączone są pomiędzy przewodami o napięciu 110 woltów, a silniki trójfazowe zasila prąd o napięciu 190 woltów.

Obecnie jednak zaleca się budowa nawet małych elektrowni miejskich wyłącznie na prąd trójfazowy np. w układzie czteroprzewodowym 220/380 woltów, rys. 337.



Rys. 337.

Główną przyczyną, która skłania do stosowania tego prądu jest szybki rozrost obszaru zasilania małych nawet elektrowni na odległe przedmieścia i sąsiednie osiedla, a podniesienie napięcia za pomocą transformatorów w niektórych liniach tu nie sprawa

żadnych trudności. Pozatem ważną jest sprawą łatwość przyłączenia się z czasem do sieci rozdzielczych wielkich elektrowni okręgowych.

Elektrownie prądu niskiego napięcia buduje się zazwyczaj w pobliżu środka sieci rozdzielczej, tak, aby przewody zasilające wypadły jak najkrótsze.

W miastach dużych stosujemy zawsze prąd trójfazowy. Elektrownię budujemy na brzegu rzeki, czy też w pobliżu toru kolejowego, często na krańcu miasta. Prądnice w takiej elektrowni wytwarzają prąd o napięciu kilku tysięcy woltów. Prąd ten doprowadzamy do punktów zasilających sieci rozdzielczej wysokiego napięcia, którą układamy tylko na niektórych ulicach miasta. Na wszystkich ulicach prowadzimy sieć przewodów niskiego napięcia, np. 120 lub 220 V woltów. Sieć ta otrzymuje prąd z transformatorów, ustawionych w odpowiednich budkach na ulicach miasta. Transformatory te są z jednej strony połączone z siecią wysokiego napięcia, a z drugiej strony z siecią niskiego napięcia. Przetwarzają one prąd zmienny przy napięciu np. 6000 woltów na prąd zmienny przy napięciu np. 120 woltów.



Zastosowanie prądu wysokiego napięcia umożliwia budowę elektrowni za miastem, gdzie jest łatwo o wodę i opał, a teren pod budowlę jest tańszy.

Lampy i małe silniki w całym mieście przyłączamy do sieci niskiego napięcia, tylko silniki dużej mocy łączą się wprost z siecią wysokiego napięcia.

Stałe napięcie utrzymujemy w punktach zasilających sieci niskiego napięcia.

Wobec ciągłego rozrostu miast, napięcie wysokie 6000 woltów już często bywa za małe, wtedy do krańców miasta prowadzimy prąd o napięciu podwyższonem do 15000 i więcej woltów, a sieci rozdzielcze niskiego napięcia zasilamy prądem o napięciu 220 woltów lub też 220/380 woltów w układzie czteroprzewodowym.

## 140. Elektrownie okręgowe.

Jeszcze większe urządzenia elektryczne, w których prąd rozprowadzamy na cały okręg do szeregu miast, osad i wsi, mają prąd trójfazowy z podwójną transformacją. Elektrownię budujemy w miarę możliwości w pobliżu kopalni węgla lub torfu, czy też przy rzece, której woda obraca turbiny, sprzężone z prądnicami. W takiej elektrowni wytwarzamy prąd trójfazowy przy napięciu około 10000 woltów. Prąd ten w transformatorach, ustawionych w samej elektrowni albo obok, przekształcamy na prąd trójfazowy wysokiego napięcia od 15000 do 200000 woltów, stosownie do rozległości urządzenia. Przy wejściu do miasta prąd ten przetwarza się na prąd niższego napięcia, np. około 6000 woltów. Taki prąd przy obniżonem napięciu rozsyłamy po mieście i w transformatorach, ustawionych na ulicach, przetwarzamy raz jeszcze na prąd niskiego napięcia.

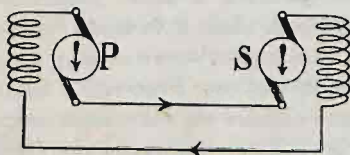
Przy zastosowaniu przewodów o bardzo wysokiem napięciu, okręgowe elektrownie łączą się między sobą w celu wspólnego zasilania wielkich obszarów prądem, przy tem wy-

równywa się nieraz obciążenie w ciągu doby. Połączone elektrownie mogą mieć wspólne rezerwowe maszyny i wspomagać się wzajemnie w razie uszkodzeń i braku paliwa czy wody.

### 141. Urządzenia do przesyłania siły.

Na wzmiankę szczególną zasługują jeszcze elektrownie, zasilające prądem silniki fabryk, tramwaje i koleje elektryczne. W bardzo małych fabryczkach można stosować prąd stały, ze względu na proste urządzenie elektrowni i sieci, w fabrykach większych odpowiedniejszy jest prąd trójfazowy. Niektóre fabryki mają prąd stały i trójfazowy; w pewnych oddziałach fabryki odpowiedniejszy jest prąd stały, w innych zaś prąd zmienny. Układ całego urządzenia jest podobny do wskazanego na rys. 335.

W pewnych razach stosujemy urządzenia szczególne, o ile mamy warunki niezwykle. Zasługuje na uwagę np. przeniesienie siły maszyny parowej do pompy, znajdującej się na znacznej odległości. Najprostszy sposób wykonania elektrycznego przeniesienia siły polega tu na zastosowaniu prądnicy szeregowej *P*, połączonej w jeden obwód z silnikiem *S*, rys. 338.



Rys. 338.

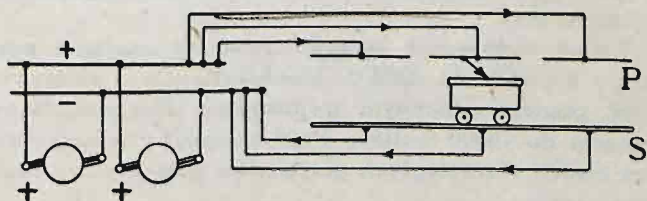
W obwodzie tych maszyn można nie umieszczać żadnych wyłączników. Chcąc wprawić w ruch pompę, puszczaemy maszynę parową, obracającą prądnicę. Pod wpływem siły elektromotorycznej prądnicy powstaje prąd, który wprawia

w ruch silnik. Jeżeli prądnica i silnik są zupełnie jednakowe, to szybkość biegu silnika jest tylko trochę mniejsza od szybkości biegu prądnicy. W silniku mamy siłę elektromotoryczną mniejszą od siły elektromotorycznej prądnicy i skierowaną przeciw prądowi. Prąd, wytwarzający potrzebną siłę obrotową, powstaje tu pod wpływem różnicy sił elektromotorycznych prądnicy i silnika.

## 142. Tramwaje, trolbusy i koleje elektryczne.

Tramwaje elektryczne w miastach niezbyt rozległych mają w elektrowni prądnice bocznikowe prądu stałego połączone równolegle i dostarczające prąd stały przy napięciu od 500 do 800 woltów; równolegle do prądnic często są włączone baterje akumulatorów.

Przewód napowietrzny, czyli tak zwany ślizgowy *p*, rys. 339, dzielimy na kilka części, czyli sekcji i każdą sekcję za-



Rys. 339.

silamy prądem oddzielnie zapomocą przewodów izolowanych, poprowadzonych z elektrowni od jednego bieguna tablicy rozdzielczej. Drugi przewód sieci tramwajowej stanowią szyny kolejowe *S*, które zapomocą przewodów izolowanych są połączone z drugim biegunem tejże tablicy rozdzielczej. Przewody, prowadzące z elektrowni do szyn, nazywamy zwykle ssącami, gdyż one skupiają w sobie prąd, który z nieizolowanych szyn kolejowych częściowo rozchodzi się po ziemi, po rurach wodociagowych, gazowych i t. p. Prąd, wchodzący do rur, skutkiem elektrolizy soli, znajdujących się w ziemi, wydziela kwasy, nagryzające rury. Odpowiednie połączenie przewodów ssących z szynami tramwajowymi skierowuje te, tak zwane, prądy błądzące do przewodów izolowanych i zabezpiecza w znacznej mierze powyższe rury od uszkodzenia.

Przy tramwajach i kolejkach elektrycznych ma zastosowanie także układ trójprzewodowy. Wtedy szyny kolejowe

stanowią przewód zerowy, a sekcje przewodu ślizgowego dzielą się na dwie grupy, z których jedna łączy się z dodatnim, a druga z ujemnym biegunem źródeł prądu w elektrowni.

W miastach rozległych ustawiamy w elektrowni prądnice trójfazowe, wytwarzające prąd o napięciu kilku tysięcy woltów. Prąd ten prowadzimy do transformatorów, obniżających napięcie do kilkuset woltów, a stamtąd do przetwornic jednowoltowych lub prostowników rtęciowych, wytwarzających prąd stały o napięciu 600 do 800 i więcej woltów, który w taki sam sposób, jak wskazano na rys. 339, zasila sieć przewodów tramwajowych.

Koleje elektryczne szerokotorowe są zasilane prądem stałym o napięciu do 3000 V, przetworzonym z trójfazowego, lub też prądem zmiennym trójfazowym albo jednofazowym o napięciu do 16000 woltów. Prąd trójfazowy wymaga zawieszenia dwóch równoległych przewodów ślizgowych, trzeci zastępują szyny.

Koleje elektryczne z torem własnym zamiast przewodu napowietrznego mają czasem tak zwaną trzecią szynę izolowaną, służącą jako przewodnik prądu.



Rys. 340.

W ostatnich czasach zaczynają rozpowszechniać się tramwaje bezszynowe, tak zwane trolbusy. Są one urządzone jak zwykle autobusy z silnikami benzynowymi, ale zamiast tych silników mają silniki elektryczne, które pobierają prąd z drutów zawieszonych nad drogą w środku lubz boku. Druty są tu dwa: jeden plusowy drugi minusowy. Dwa pałaki umocowane ruchomo na dachu wozu do



przewodzą prąd z drutów do silników. Po tych drutach toczą się kółka ze żłobkami osadzone na końcach pałaków w ten sposób, że mogą się obracać koło osi pionowej.

Na rys. 340 widzimy taki trolbus z dwoma pałakami osadzonemi ruchomo na stalowej ramie, angielskiej konstrukcji \*)

Przy długości pałaków około 580 centymetrów, wozy takie swobodnie wymijają inne pojazdy spotykane po drodze.

Trolbusy są zasilane takim samym prądem jak tramwaje biegnące po szynach, a więc prądem stałym pod napięciem około 500 woltów.

---

---

\*) Firmy Guy Motors Ltd.