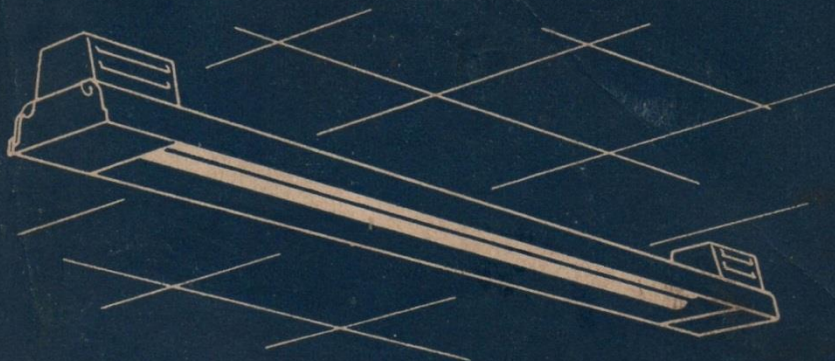


ROMAN SZALEK



ŚWIETLÓWKI

działanie • montaż
eksploatacja

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

Mgr inż. ROMAN SZALEK

621.327

ŚWIETŁÓWKI

Działanie - Montaż - Eksploatacja



WARSZAWA 1954

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

Opiniodawcy:
mgr inż. K. Majkowski
mgr inż. J. Piasecki

Redaktor naukowy PWT
mgr inż. B. Walentynowicz

W książce opisana jest zasada działania i budowa świetlówek, sposób włączania ich do sieci oraz warunki właściwego montażu i racjonalnej eksploatacji z podaniem typowych uszkodzeń świetlówek i sposobu ich usuwania.

Książka jest przeznaczona dla monterów instalujących i konserwujących świetlówek oraz dla szerokiego kręgu użytkowników oświetlenia fluorescencyjnego.

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

Okładkę projektował:
C. Barancewicz

Redaktor techniczny R. Łysiak

Korektor techniczny I. Szajn

PWT Warszawa 1954. Wydanie 1. Nakł. 4147 egz. Ark. wyd. 4,11. Ark. druk. 3,75. Format A5.
Pap. druk. sat. kl. V. 60 gr, 610×860/16. Rękopis oddano do składania 5. V. 54

Podpisano do druku 15.VII.54. Druk ukończono 21.VII.54. Symbol 74858/En. Cena zł 3,50

Zakłady Graficzne M. Kasprzaka w Poznaniu — 1197/5/54 — 5646 — K-5-12337

PRZEDMOWA

Świetlówka, znana i stosowana u nas już od pięciu lat, nie cieszy się w tej chwili dobrą sławą u swych krajowych użytkowników. Niewysoka jakość obecnej naszej produkcji, niedostateczna znajomość wśród projektantów podstawowych zasad działania świetlówek i wynikające stąd projektowanie świetlówek dla nie odpowiadających im warunków pracy, zupełna prawie nieznajomość tych zasad wśród szerokich kół użytkowników tego nowego źródła światła i związana z tym nieumiejętność obchodzenia się ze świetlówkami, nie wystarczająca konserwacja instalacji świetlówkowych wskutek braku wykwalifikowanej w tym kierunku obsługi technicznej — oto są przyczyny tego naszego niezadowolenia ze świetlówek.

O ile pierwsza przyczyna — niezbyt dobra produkcja świetlówek — związana jest z przejściowymi trudnościami naszego młodego jeszcze przemysłu oświetleniowego i ma za podłoże, oprócz kłopotów z powodu kadr, przede wszystkim trudności wynikające z nieodpowiedniej jakości surowców i półfabrykatów — a więc trudności, które stopniowo uda się z czasem usunąć, o tyle na niedociągnięcia wynikające z pozostałych przyczyn nie tak trudno jest już teraz znaleźć radę. Trzeba mianowicie poinformować zainteresowanych o tym, czego jeszcze o świetlówkach nie wiedzą.

Świetlówki są stosunkowo nowym źródłem światła i dlatego mało się o nich dotychczas u nas pisało, popularnych zaś książek o świetlówkach nie ma zupełnie. A przecież potrzeba odpowiednich wydawnictw na ten temat jest dosyć duża, jak tego dowodzi praktyka. W świetlówkach, odznaczających się dość skomplikowaną budową samej rury i obwodu pomocniczego, zachodzą podczas pracy różne uszkodzenia, których usunięcie wymaga od obsługi dobrej znajomości zasad działania i samej budowy tego źródła światła. Z tego względu konserwację instalacji świetlówkowych należy powierzać wykwalifikowanemu personelowi elektromon-

terskiemu, odpowiednio przeszkolonemu w tym kierunku. Temu właśnie zadaniu ma przede wszystkim służyć niniejsza praca.

Książka może oddać przysługę również szerszym kołom użytkowników świetlówek, zaznajamiając ich w sposób przystępny z niezbyt prostymi i łatwymi do zrozumienia zjawiskami, zachodzącymi w świetlówce. Ucząc jednocześnie właściwego obchodzenia się z tymi nowymi lampami może książka niniejsza ustrzec ich przed popełnianiem zasadniczych błędów przy obsłudze takiego oświetlenia. Przy złym użytkowaniu bowiem nawet najlepszy sprzęt świetlówkowy może stać się wkrótce niezdatny do użytku.

Autor

I. WSTĘP

1. Świetlówka jako nowe źródło światła

Do niedawna prawie jedynym źródłem światła elektrycznego, jakie ludzie stosowali do oświetlania mieszkań, fabryk i biur oraz do oświetlenia zewnętrznego, były żarówki. W wyniku wieloletnich wysiłków licznych fachowców żarówki osiągnęły już pewien stosunkowo wysoki stopień doskonałości i dlatego ogół użytkowników żarówek niewiele miał im do zarzucenia.

Zdawałoby się więc, że żarówki są i pozostaną na długo jedynym prawie źródłem światła elektrycznego ze względu na swe wielkie zalety. Niestety, nawet najlepsza żarówka ma niewielką sprawność; innymi słowy, tylko niewielki procent zużytej w żarówce energii elektrycznej udaje się przekształcić w energię świetlną, reszta zaś tej energii zamieniając się w energię cieplną jest dla oświetlenia stracona.

Pomiary wykazały, że tylko 3 do 4% energii elektrycznej zamienia się w światło, podczas gdy 96 do 97% ogrzewa otoczenie, czyli że każda żarówka jest w gruncie rzeczy przede wszystkim piecykiem elektrycznym, a tylko w nieznacznym stopniu źródłem światła.

Na podstawie teorii udowodniono przy tym, że znaczniejsze zwiększenie sprawności żarówek jest w obecnych warunkach niemożliwe. To było powodem, dla czego wynalazcy w wielu krajach nie zadowalali się żarówkami, lecz starali się stworzyć inne źródła światła o większej sprawności.

Próby szły w wielu kierunkach, trwały wiele lat, kosztowały wiele wysiłków i pieniędzy, ale się udały. W wyniku ich powstało nowe źródło światła o kilkakrotnie większej sprawności niż żarówka i o innych jeszcze zaletach w porównaniu z żarówką. Była to świetlówka.

Pierwsze pewne wiadomości o świetlówkach, zwanych również rurami fluoryzującymi, dotarły do ogółu polskiego świata technicznego w roku 1948. W czerwcu tego roku odbył się w Stowarzyszeniu Elektryków Polskich w Warszawie odczyt jednego z inżynierów przybyłych z zagranicy, gdzie właśnie świetlówki zdołały się rozpowszechnić i stopniowo wyparły żarówki z ich monopolistycznego stanowiska w dziedzinie oświetlenia.

W rok później rozpoczęliśmy produkcję świetlówek w kraju. Od-tąd świetlówki zaczęły stopniowo zyskiwać prawo obywatelstwa u nas, aczkolwiek wobec stosunkowo niewielkich jeszcze rozmiarów produkcji krajowej stosowane są dotychczas przeważnie do oświetlania obiektów przemysłowych i niektórych biur. Należy przypuszczać, że z czasem ograniczenia te znikną i świetlówki zaczniemy powszechnie stosować do oświetlenia na równi z żarówkami. Jest rzeczą możliwą, że świetlówka zdoła w niektórych działach oświetlenia zastąpić w zupełności żarówkę.

2. Porównanie świetlówki z żarówką

Aby móc porównać wartości świetlówek z wartościami żarówek, trzeba najpierw zdać sobie sprawę z wad i zalet każdego z tych dwóch rodzajów źródeł światła (rys. 1). Jakież więc są zalety żarówek?

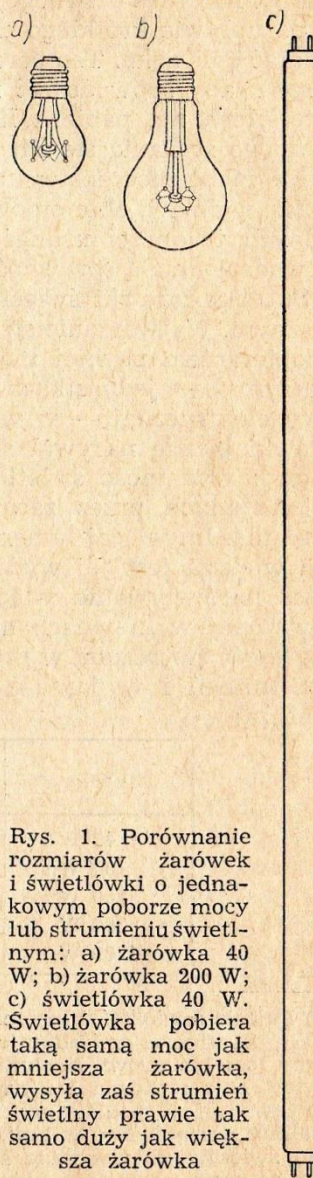
Przede wszystkim niewielkie stosunkowo rozmiary, zwartość budowy i dogodny kształt żarówki, ułatwiające jej transport i stosowanie. Następnie wielka podzielność mocy umożliwiające wytwarzanie żarówek od najmniejszych żaróweczek o mocy około $\frac{1}{2}$ wata, używanych do latarek kieszonkowych, do potężnych lamp żarowych o mocy 50 kilowatów, stosowanych w wielkich reflektorach niektórych latarni morskich. Dalszą zaletą jest znaczna trwałość żarówek wynosząca dla zwykłych żarówek oświetleniowych 1000 godzin świecenia. Wreszcie nieskomplikowany schemat połączeń, prosta obsługa i brak jakichkolwiek urządzeń pomocniczych, które psuły by się wcześniej lub częściej niż ona sama, oraz względna taniość lampy żarowej uzupełniają to wyliczenie najważniejszych zalet żarówki.

A jakie są wady żarówek? Jest ich kilka i to dość poważnych, z których wymienimy tutaj: wielką jaskrawość żarnika, wysoką temperaturę bańki oraz — co najważniejsze — małą sprawność żarówki. Rozpatrzmy bliżej te wady, ponieważ, jak to często w życiu bywa, nie zalety, lecz właśnie wady mogą zdecydować o losie tego źródła światła.

Strumień świetlny w żarówce wytwarzany jest przez cienki drucik z trudno topliwego metalu wolframu, rozżarzony pod wpływem przepływającego przezeń prądu elektrycznego. Im wyższa jest temperatura takiego żarnika, tym większy jest strumień świetlny żarówki, czyli tym jaśniej ona świeci. Aby podwyższyć temperaturę żarnika, zwiija się tworzący go drucik w linie śrubową — jeden, dwa, a niekiedy i trzy razy, przez co zmniejsza się widoczna dla oka powierzchnia takiej skrętki (zwanej też niewłaściwie spiralą), a jednocześnie wzrasta jej temperatura. Skutkiem tego wartość strumienia świetlnego wysyłanego przez każdy centymetr kwadratowy świecącej powierzchni żarnika, czyli

jaskrawość żarnika, jest w żarówkach bardzo wielka i wynosi od 200 do 1000 jednostek zwanych *stilbami*¹⁾. Ponieważ oko ludzkie znosi przez czas dłuższy bez ośnienia stosunkowo nieznacznie tylko jaskrawość źródła światła (około 0,3 stilba, czyli taką jaskrawość, jaką ma księżyc w pełni), konieczną rzeczą staje się otaczanie świecącej żarówki osłoną wszędzie tam, gdzie żarówka „świeci prosto w oczy“, jak się to popularnie mówi. Osłona taka, czyli klosz sporządzany przeważnie w kształcie kuli ze szkła mlecznego, zwiększa bardzo znacznie świecąca powierzchnię lampy żarowej i przez to zmniejsza jej jaskrawość do granic, jakie nasze oko znosi bez szkody dla siebie. Średnica takiego klosza ochronnego nie jest mała. Dla żarówki o mocy 100 watów potrzebny byłby klosz o średnicy około 30 cm, aby jaskrawość świecenia lampy wyniosła 0,3 stilba (w rzeczywistości stosujemy tu klosz o średnicy od 20 do 25 cm). Ponieważ średnica bańki takiej żarówki wynosi około 7,5 cm, więc średnica lampy z kloszem staje się około 3 razy większa od średnicy samej żarówki i w ten sposób marnuje się jedna z zalet żarówki, jaką stanowią jej niewielkie rozmiary w stosunku do siły światła. Ponadto, co jest o wiele ważniejsze, klosz ze szkła mlecznego pochłania sporą część strumienia świetlnego żarówki i pogarsza jej sprawność. Do tej sprawy jeszcze powrócimy.

Jak wspomnieliśmy, aby uzyskać możliwie duży strumień świetlny żarówki, trzeba jej żarnik doprowadzić do jak najwyższej temperatury. Chodzi tu o nie byle jakie temperatury: w żarówce próżniowej temperatura



Rys. 1. Porównanie rozmiarów żarówek i świetlówek o jednakowym poborze mocy lub strumieniu świetlnym: a) żarówka 40 W; b) żarówka 200 W; c) świetlówka 40 W. Świetlówka pobiera taką samą moc jak mniejsza żarówka, wysyła zaś strumień świetlny prawie tak samo duży jak większa żarówka

¹⁾ O wielkości stilba możemy sobie wyrobić pojęcie spojrzawszy na płomień palącej się świecy woskowej. Jaskrawość jej płomienia równa jest w przybliżeniu 1 stilbowi.

żarnika dochodzi do 2100°C , w żarówce zaś gazowanej — do 2450°C . Nic więc dziwnego, że bańka zapalanej żarówki rozgrzewa się po upływie krótkiego czasu do tego stopnia, że nie można jej dotknąć gołą ręką. Temperatura takiej żarówki jest wystarczająco wysoka, aby spowodować zapalenie się niektórych łatwopalnych materiałów, np. papieru lub bawełny w razie dłuższego bezpośredniego stykania się ich z żarówką. Otoczenie żarówki kloszem usuwa niebezpieczeństwo pożaru.

Jak widzimy, obie omówione wady żarówki dadzą się bez specjalnych trudności usunąć przez zastosowanie kloszy. Z trzecią jej wadą — małą sprawnością — nie taka prosta sprawa.

Skrętka żarówki świeci wskutek rozgrzania jej prądem elektrycznym. Wytwarzanie strumienia świetlnego jest więc połączone z pobieraniem pewnej mocy przez żarówkę. Strumień świetlny mierzymy w jednostkach zwanych lumenami¹⁾, pobór zaś mocy elektrycznej — w watach. Wydajnością świetlną żarówki będzie nazywał się stosunek strumienia do mocy, albo inaczej: wydajność świetlna żarówki będzie to liczba lumenów wytwarzanych przez żarówkę na każdy wat mocy pobieranej przez nią. Im więcej lumenów wytwarza żarówka na 1 wat mocy, tym większa jest jej wydajność, a tym samym i jej sprawność. Przez porównywanie więc wydajności świetlnej źródeł światła (wyrażonej w lumenach na wat) porównujemy jednocześnie ich sprawność (wyrażoną w procentach).

Strumień i wydajność naszych żarówek na napięcie 220 V wynoszą:

moc	strumień	wydajność
40 W	320 lm	8,0 lm/W
100 W	1140 lm	11,4 lm/W
200 W	2600 lm	13,0 lm/W
300 W	4230 lm	14,1 lm/W
1000 W	17000 lm	17,0 lm/W

¹⁾ Pojęcie o wielkości lumena da nam następujące rozważanie. Umieścimy świecę parafinową w środku kuli szklanej wewnątrz pustej, której promień równy jest 1 metrowi. Na kuli narysujemy kwadrat tej wielkości, aby jego powierzchnia wynosiła 1 metr kwadratowy. Resztę powierzchni kuli poza tym kwadratem pomalujemy nieprzezroczystą czarną farbą. Jeżeli teraz zapalimy naszą świecę w kuli, to będzie ona świeciła, czyli wysyłała strumień świetlny na wszystkie strony, ale na zewnątrz kuli wydostanie się tylko ta część strumienia świecy, która przejdzie przez przezroczysty kwadrat o powierzchni 1 m^2 . Ta część strumienia równa się właśnie 1 lumenowi (w skróceniu lumen oznaczamy przez lm). Dla informacji podajemy, że całkowity strumień świetlny świecy wynosi około 12,5 lm.

Jak widzimy, przy wielkich żarówkach wydajność jest większa niż przy małych, ponieważ skrętka wielkiej żarówki jest wykonana z grubszego drucika niż skrętka małej żarówki, można ją więc rozgrzać do wyższej temperatury. Wspomnieliśmy uprzednio, że do uzyskania jak największego strumienia świetlnego żarówki trzeba możliwie jak najwyżej podnieść temperaturę żarnika. Możliwości te są jednak już właściwie wyczerpane. Drucika wolframowego, z którego zrobiony jest żarnik, nie możemy rozgrzać do wyższej temperatury niż 2450°C , bo wówczas drucik ten rychło by się przepalił. Ponieważ zaś wolfram jest najtrudniej topliwym ze znanych nam metali dających się użyć na skrętki do żarówek, więc można uważać, że na tej drodze osiągnęliśmy już granice tego, co dało się zrobić. A mimo to doszliśmy do zamiany na światło zaledwie 3 do 4% energii zużywanej przez żarówkę.

Należy jeszcze wziąć pod uwagę, że gołe żarówki można stosować w stosunkowo rzadkich przypadkach, klosze zaś osłaniające żarówki pochłaniają znaczną część wypromieniowanego przez żarówkę strumienia świetlnego. Klosz ze szkła mlecznego przepuszcza od 70 do 80% strumienia świetlnego żarówki, reszta zostaje zatrzymana. Przyjmując, że nasze klosze przepuszczają średnio 75% strumienia świetlnego żarówki, otrzymamy jako wydajność lampy z żarówką o mocy 100 W, umieszczoną w kloszu kulistym ze szkła mlecznego, już tylko wartość 8,5 lm/W.

Tyle o zaletach i wadach żarówek. A jak przedstawiają się wady i zalety świetlówek? Na ogół można powiedzieć, że świetlówka stanowi pod wieloma względami przeciwieństwo żarówki i dlatego tam, gdzie stwierdziliśmy jakąś wadę w żarówce, znajdziemy przeciwnie zaletę w świetlówce i na odwrót.

Jako wady świetlówek należałoby wymienić: dość duże rozmiary i niezbyt dogodny kształt, niewielką różnorodność pod względem typu i mocy (wytwarza się świetlóvky tylko w kilku nastu wielkościach, o mocy od 4 do 100 W; w Polsce wytwarzamy na razie zaledwie 2 wielkości świetlówek), skomplikowany schemat połączeń lampy, stosowanie w niej części ulegających szybszemu zużyciu i wymagających częstszej wymiany (zapłonnik), konieczność utrzymywania obsługi o wyższych kwalifikacjach fachowych niż przy żarówkach, dość wysokie koszty zakupu kompletnej świetlóvky — i jeszcze kilka innych wad, które będą omówione później.

A jakie są zalety świetlóvky? Duża trwałość — przeciętnie 2000 godzin pracy rury, mała jaskrawość świecenia — od 0,3 do 0,9 stilba, niska temperatura świecącej rury — około 30°C , o wiele mniejsza niż u żarówek, wrażliwość na uszkodzenie wskutek wstrząsów, no i najważniejsza zaleta — wielka wydajność. Wydajność stosowanych u nas świetlówek typu 40 W, zużywających

moc 50 W i wysyłających strumień świetlny 2100 lm, wynosi 39 lm/W (rys. 2). Należy jeszcze wziąć pod uwagę, że świetlówka o tak małej jaskrawości świecenia nie wymaga przeważnie osłony (klosza) i jej strumień 2100 lm może być w całości wykorzystany do oświetlenia, podczas gdy lampa żarowa z kloszem musiałaby wytwarzać większy strumień, gdyż i tak przeciętnie jedna piąta tego strumienia zostałaby przez klosz zatrzymana. Chociaż więc żarówka o mocy 200 W wytwarza strumień 2600 lm, to poza klosz wydostanie się tylko 2080 lm, czyli prawie tyle, ile daje świetlówka o poborze mocy 50 W. Porównanie tych dwóch liczb: 200 W i 50 W, potrzebnych do wytworzenia takiego samego strumienia świetlnego, wyjaśnia najlepiej, jak bardzo ekonomicznym źródłem światła jest świetlówka w porównaniu z lampą żarową.

Ta wielka wydajność świetlówki zdecydowała o jej przewadze nad żarówką.

II. DZIAŁANIE I BUDOWA ŚWIETLÓWKI

3. Zasady działania świetlówki

Dowiedzieliśmy się, że wielka jaskrawość żarowego źródła światła, będąca wynikiem jego wysokiej temperatury pracy, stała się przyczyną konieczności stosowania przy nim osłony, co obniżyło i tak niezbyt dużą jego wydajność. Ten fakt posłużył uczonym i wynalazcom w ich poszukiwaniach nowego, bardziej ekonomicznego źródła światła za wskazówkę, że źródło światła nie powinno mieć wysokiej temperatury.

Ludzie znali już od dawna kilka rodzajów „zimnego światła”. Niektóre z nich były naturalne, na przykład świecenie fosforu lub robaczka świetojąńskiego, inne zaś nauczyliśmy się wytwarzać sztucznie. Do tych ostatnich rodzajów światła zalicza się świecenie rurki ze szkła napełnionej bardzo rozrzedzonym gazem, gdy przez ten gaz przepływa prąd elektryczny. W drodze wieloletnich wysiłków udało się stworzyć poszukiwane źródło „zimnego światła”, w którym występują właśnie oba te zjawiska świetlne: świecenie rozrzedzonego gazu w rurce pod wpływem prądu elektrycznego oraz świecenie ciał o własnościach zbliżonych do fosforu, czyli świetlenie.

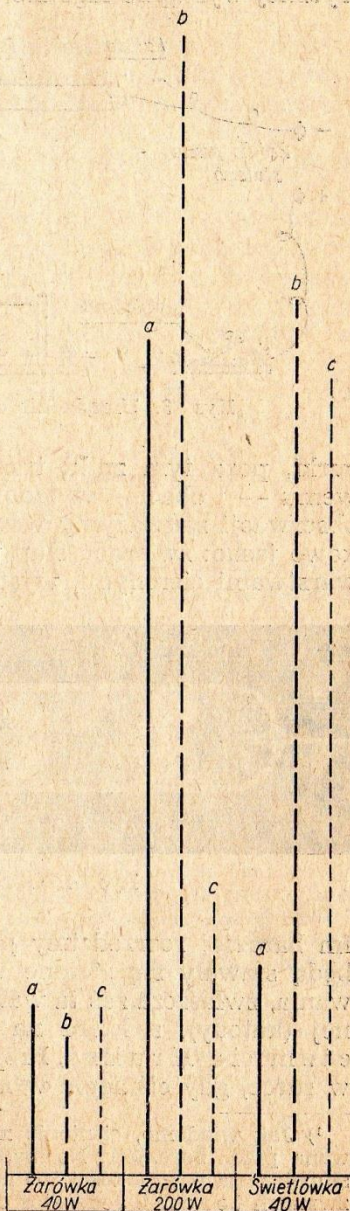
Rozpatrzmy bliżej obydwie te zjawiska, gdyż bez tego nie zdołamy zrozumieć, w jaki sposób świecą nasze świetlówki.

Gdybyśmy do napełnionej powietrzem rurki szklanej o średnicy 3 do 4 centymetrów i długości na przykład 20 centymetrów (rys. 3) wprowadzili w obu jej końcach druty, końce rurki szczel-

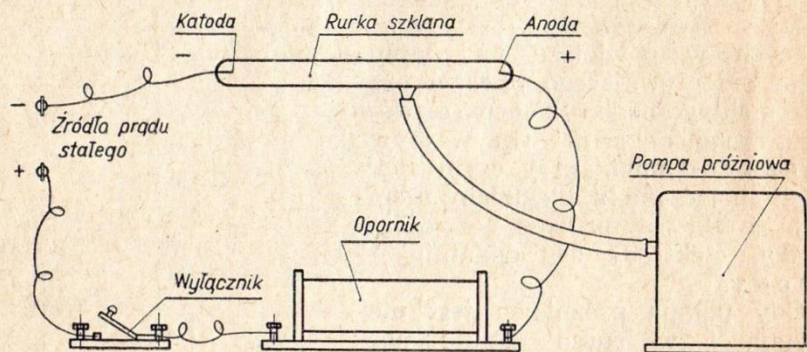
nie zamknęli przez zalutowanie ich w płomieniu palnika gazowego, z boku zaś rurki dolutowali mały króciec i połączyli go węzłem gumowym z pompą próżniową, to po przyłączeniu obu drutów do źródła prądu stałego otrzymalibyśmy przyrząd umożliwiający badanie zjawisk zachodzących w powietrzu pod wpływem przepływającego przezeń prądu elektrycznego. Końce drutów wlutowane do rurki nazywają się elektrodami, przy czym elektroda połączona z biegunem ujemnym źródła prądu nosi nazwę katody, elektroda zaś dodatnia — anody.

Gdy pompa próżniowa jest nieczynna i w rurce panuje normalne ciśnienie atmosferyczne, wówczas trzeba byłoby bardzo wysokiego napięcia (kilkudziesięciu tysięcy woltów), aby przez rurkę włączoną pod napięcie mógł przepłynąć prąd. Ten przepływ prądu miałby charakter iskry elektrycznej, podobnej do pioruna, a więc byłby połączony z silnym błyskiem i trzaskiem, przy czym sama rurka uległaby oczywiście zniszczeniu. Zjawisko przepływu prądu przez gaz nazywamy wyładowaniem, wobec czego naszą rurkę nazwiemy rurką wyładowczą. Jeżeli teraz uruchomimy pompę próżniową, to po pewnym czasie, gdy powietrze w rurce ulegnie znacznemu rozrzedzeniu i jego ciśnienie spadnie do kilku milimetrów słupka

Rys. 2. Porównanie wielkości elektrycznych i świetlnych żarówek 40 W i 200 W oraz świetlówki 40 W pokazanych na rys. 1; a — pobór mocy (w watach); b — strumień świetlny (w lumenach); c — wydajność świetlna (w lumenach na 1 wat)



rtęci¹⁾, stwierdzimy, że już przy napięciu o wiele niższym (około 300 woltów) zachodzi w rurce wyładowanie. Postać tego wyładowania też uległa zmianie: zamiast oślepiającego światła iskry elektrycznej wystąpiło łagodne, niezbyt jaskrawe świecenie wewnątrz



Rys. 3. Urządzenie do badania wyładowań w gazie

rurki, poza tym znikł trzask towarzyszący wyładowaniu iskrowemu — i obecnie wyładowanie stało się c i c h e. Przy uważnej obserwacji zauważymy wówczas, że nie cała rurka świeci jednako jasno: świecący słup jest w wielu miejscach poprzedzielany warstwami ciemnymi, występującymi niezbyt regularnie (rys. 4).



Rys. 4. Obraz wyładowania w gazie

Im bardziej rozrzedzimy powietrze wewnątrz rurki, tym szersze będą stawały się ciemne warstwy w świecącym słupie wyładowania, zwłaszcza zaś ta warstwa, która jest blisko elektrody ujemnej (katody), a która na część jej odkrywcy została nazwana ciemnią Kruksa. Przy bardzo silnym rozrzedzeniu powietrza w rurce, gdy ciśnienie w niej wynosi mniej niż jedną setną tora,

¹⁾ Jak wiadomo, ciśnienie mierzy się wysokością słupka rtęci, wskazywaną przez barometr. Normalnemu ciśnieniu jednej atmosfery odpowiada słupek rtęci o wysokości 760 mm. Małe ciśnienia wyrażamy w jednostkach zwanych torami. Jeden tor odpowiada ciśnieniu 1 milimetra słupka rtęci.

a więc jest około 100 000 razy mniejsze od normalnego ciśnienia atmosferycznego, ciemnia Kruksa rozszerza się tak dalece, że wypełnia całą przestrzeń rurki, w której wobec tego powietrze przestaje prawie zupełnie świecić. Wtedy występuje nowe zjawisko świetlne: również samo szkło rurki zaczyna świecić słabym, zielonkawym światłem, które znika natychmiast, gdy prąd przestaje płynąć przez rurkę. Mówimy wówczas, że szkło *fluoryzuje*. Napięcie, jakie jest potrzebne do wywołania *fluorescencji* naszej rurki, wynosi już tylko około stu woltów. Podobne zjawiska występują przy napełnieniu rurki jakimś innym gazem zamiast powietrzem.

Opisane tu zjawiska wydają się dosyć proste, w rzeczywistości jednak są bardzo skomplikowane i do całkowitego ich zrozumienia potrzebne byłyby obszerne wiadomości z fizyki i matematyki. Ograniczymy się więc tu do wyjaśnienia tylko rzeczy najważniejszych i to w sposób ogólny, bez zbytecznego zagłębiania się w szczegóły.

Dowiedzmy się więc najpierw, jak odbywa się przepływ prądu przez jakieś ciało przewodzące, na przykład przez drut miedziany. Otóż odbywa się głównie za pośrednictwem wolnych *elektronów*¹⁾, które poruszając się w sposób uporządkowany wzdłuż przewodnika przenoszą na sobie ładunek ujemny i w ten sposób powodują zjawisko zwane pospolicie prądem elektrycznym. Ten uporządkowany ruch wzdłuż przewodnika elektronów, oderwanych od swoich atomów, pod wpływem napięcia doprowadzonego do końców tego przewodnika odbywa się zawsze w kierunku od bieguna ujemnego źródła napięcia do bieguna dodatniego, ponieważ elektrony z powodu swego ładunku ujemnego są przyciągane przez biegun dodatni źródła.

Przepływ prądu w dobrych przewodnikach elektryczności, jakimi są metale, odbywa się z łatwością nawet pod wpływem niewielkiego napięcia (ułamka wolta) panującego między końcami przewodnika. Inaczej ma się rzecz z bardzo złymi przewodnikami

¹⁾ Najmniejsze cząstki jakiegokolwiek ciała zwane *atomami* zbudowane są podobnie jak nasz system planetarny, gdzie dookoła słońca krążą planety. Rolę słońca odgrywa w atomie *jądro*, rolę zaś krążących naokoło niego planet odgrywają o wiele od niego mniejsze *elektrony*. Jądro jest naładowane elektrycznością dodatnią, natomiast elektrony mają ładunek elektryczności ujemnej. Atom w stanie normalnym ma obydwie ładunki jednakowej wielkości, tak że zachowuje się on pod względem elektrycznym obojętnie, to znaczy, że nie jest ani dodatni, ani ujemny. Jeżeli jednak atom w jakiś sposób utraci jeden lub więcej ze swoich elektronów, to jego ładunek ujemny zmniejsza się, a przez to zaczyna przeważać jego ładunek dodatni. Atom niekompletny staje się więc pod względem elektrycznym dodatni. Taki atom nazywamy *jonem*, a o gazie, w którym znajduje się większa liczba takich jonów i wolnych elektronów, mówimy że jest *zjonizowany*. Gaz w stanie zjonizowanym przewodzi prąd lepiej niż w stanie zwykłym.

elektryczności, jakimi są gazy w stanie zwykłym, zawierające bardzo mało wolnych elektronów. Stawiają one wówczas tak wielki opór przenoszeniu ładunku elektrycznego, że do pokonania go konieczne jest bardzo wysokie napięcie. Przy niższych napięciach prąd, praktycznie biorąc, przez nie płynąć nie będzie.

Jest rzeczą znamioną, że oporność gazu zmniejsza się tym bardziej, im większy strumień elektronów przez niego przechodzi, czyli im większy prąd przezeń płynie. Jak wiadomo, prąd płynący przez przewodnik metalowy o stałej oporności jest proporcjonalny do doprowadzonego do niego napięcia, to znaczy: ze wzrostem napięcia np. dwa razy prąd wzrasta też tylko dwa razy. Jeżeli jednak oporność przewodnika zmniejsza się ze wzrostem prądu, jak to obserwujemy przy przepływie prądu przez gazy, to wówczas w tym przewodniku prąd będzie wzrastał w gwałtownym tempie aż do zniszczenia urządzenia. Aby temu zapobiec, włącza się szeregowo w obwód elektryczny, zasilający rurkę wyładowczą, opornik o stałej oporności. Wartość tej oporności jest tak dobrana, aby zwiększenie spadku napięcia na oporniku (wywołane przez wzrost przepływającego przez niego prądu rurki pod wpływem jakiegokolwiek przypadkowego wzrostu napięcia na zaciskach sieciowych obwodu zasilającego rurkę) było nieco większe od zmniejszenia się spadku napięcia w samej rurce, wywołanego przez zmniejszenie się jej oporności wskutek wzrostu prądu. Taki opornik nie dopuszcza więc do wzrostu napięcia na elektrodach rurki wyładowczej, stabilizuje jej prąd na pewnej ustalonej z góry wartości i dlatego nazywany jest **stabilizatorem** albo **statecznikiem**. Jest on niezbędnym przyborem pomocniczym każdej rurki wyładowczej.

Przebieg wyładowania w gazie tłumaczy się w sposób następujący. Gdy do elektrod rurki wyładowczej doprowadzimy odpowiednio duże napięcie, wówczas wolne elektrony, które zawsze znajdują się w napełniającym ją gazie, zaczną być przyciągane przez naładowaną dodatnio anodę, ponieważ same mają ładunek ujemny. Wskutek tego przyciągania elektrony nabierają w rurce olbrzymich prędkości, sięgających setek kilometrów na sekundę. Trafiając po drodze na jakiś atom gazu rozpędzony elektron, uderzywszy w jeden z jego elektronów, potrafi oderwać go od jądra i w ten sposób utworzyć dalszy wolny elektron. Ten z kolei zachowuje się tak jak pierwszy elektron, który go uwolnił, i sam po rozpędzeniu się na drodze ku anodzie uwalnia coraz to jakiś elektron z innych trafiających kolejno atomów gazu. Ten proces uwalniania elektronów i skierowywania się ich do anody może rozprzestrzenić się w rurce bardzo szybko i nabrać charakteru zjawiska masowego, podobnie jak lawina, dzięki wielkiej prędkości elektronów. Koniecznym warunkiem jest jednak, aby napięcie międzyelektrodowe było dostatecznie wysokie do tego, żeby

wolnemu elektronowi nadać tak dużą prędkość przed jego zderzeniem się z sąsiednimi atomami, jaka jest niezbędna do wytrącenia elektronów związanych z jądrem atomowym z ich obiegu dookoła jądra.

Drugim niezbędnym warunkiem przepływu prądu przez rurkę jest wielkie rozrzedzenie zawartego w niej gazu. Tłumaczy się to tym, że przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym liczba atomów gazu, jakie wolny elektron napotyka na swej drodze do anody, jest zbyt wielka i to nie pozwala mu rozpędzić się przed zderzeniem z jakimś atomem do tego stopnia, aby móc oderwać od niego nowy elektron. W tych warunkach wolne elektrony ulegają tylko wielokrotnemu odbiciu od napotykanym atomów i chociaż w końcu docierają do anody, to jednak nie powodują masowego wyzwalańia po drodze innych elektronów, skutkiem czego nie dochodzi do wytworzenia się prądu elektrycznego w rurce¹⁾.

Nie zawsze jednak zderzanie się rozpędzonych elektronów z atomami gazu prowadzi do rozbijania tych atomów i tworzenia z nich zdekompletowanych atomów, czyli jonów, oraz dalszych wolnych elektronów. Często wolny elektron, zderzywszy się z jakimś atomem i uwolniwszy nawet jeden z jego elektronów, sam zostaje zatrzymany w tym atomie na miejsce uwolnionego elektronu. Albo wolny elektron, trafiwszy na jon, przyłącza się do niego i w ten sposób przywraca mu jego dawny stan, tworząc z nim ponownie normalny atom. Tego rodzaju zmiany zachodzące wewnątrz atomów, chociaż nie przyczyniają się do przewodzenia prądu przez rurkę wyładowczą, mają jednak dla nas olbrzymie znaczenie, gdyż one to właśnie powodują powstawanie krótkich błysków świetlnych w tej rurce. Ponieważ w ciągu sekundy powstają w rurce miliony takich błysków, więc razem wywołują w naszym oku takie wrażenie, jakby rurka świeciła stale.

Należy tu zaznaczyć, że oprócz ruchu strumienia elektronów w kierunku dodatniej anody występuje równocześnie w rurce wyładowczej ruch w przeciwnym kierunku: strumienia jonów zdążających do ujemnej katody. Przepływ prądu przez gaz polega więc na równoczesnym przenoszeniu do anody ładunków ujemnych przez elektrony, a do katody — ładunków dodatnich przez

¹⁾ Nawet w bardzo rozrzedzonych gazach lub parach metali liczba atomów zawartych w objętości 1 centymetra sześciennego jest olbrzymia. Gdybyśmy to rozrzedzone do ciśnienia $\frac{1}{100}$ tora powietrze w naszej rurce wyładowczej uczynili przy użyciu najlepszej ze znanych nam pomp próżniowych jeszcze milion razy rzadszym, to wówczas w 1 cm³ takiego powietrza mieściłoby się około 350 milionów atomów. W parze rtęci o ciśnieniu $\frac{1}{100}$ tora, która znajduje się w palącej się świetlówce, liczba atomów rtęci zawartych w 1 cm³ wynosi około 5 milionów.

jony. Jony jednak, jako cząstki o wiele większe i cięższe od elektronów, poruszają się o wiele wolniej od elektronów i dlatego nie powodują zjawiska rozbijania dalszych atomów gazu. Główną załugę przy przepływie prądu podczas wyładowania w rurce mają więc elektrony.

Jak zaznaczono, do pokonania oporu stawianego przez gaz w rurce przepływowi prądu z powodu małej ilości wolnych elektronów potrzebne jest dość wysokie napięcie. Napięcie to nie musi być utrzymywane stale na jednakowej wysokości; wystarczy podnieść je chwilowo na elektrodach rurki o tyle, żeby spowodować tzw. zapłon rurki, czyli zapoczątkować przepływ prądu przez nią, po czym natychmiast należy to napięcie wydatnie obniżyć. Mimo to prąd będzie nadal płynął przez rurkę, wyładowanie w niej nie zgaśnie i rurka będzie świeciła stale. Dowodzi to, że gaz w rurce został masowo zjonizowany przez wysokie napięcie, wskutek czego opór stawiany przepływowi prądu uległ zmniejszeniu.

Drugim więc niezbędnym urządzeniem przy rurce wyładowczej będzie urządzenie powodujące chwilowy wzrost napięcia na elektrodach rurki w chwili jej zapłonu. Rolę tę spełnia również statecznik wraz z innym przyborem, zwanym starterem albo zapłonnikiem, którego działanie zostanie opisane dalej.

Tłumacząc przebieg wyładowania w rurce z rozrzedzonym gazem powiedzieliśmy, że na początku przenoszenie ładunku elektrycznego z katody do anody (czyli przepływ prądu elektrycznego przez rurkę) odbywa się za pomocą wolnych elektronów znajdujących się w tym gazie. Liczba tych wolnych elektronów w gazie jest jednak stosunkowo niewielka i po ich przyciągnięciu przez anodę prąd w rurce musiałby ustać, gdyby w niej nie powstawały wciąż nowe wolne elektrony. Dostarcza ich drucik katody, z którego pod działaniem doprowadzonego do niego napięcia ciągle uwalniają się nowe elektrony (podobnie jak cząstki pary z wrzącej wody) i one to umożliwiają dalszy przepływ prądu przez rurkę.

Wykryto, że wydzielanie elektronów przez katodę staje się o wiele większe wówczas, gdy katoda jest rozgrzana do temperatury kilkuset stopni, niż wówczas, gdy katoda jest zimna. Ponadto stwierdzono, że niektóre materiały mają o wiele większą zdolność wysyłania wolnych elektronów pod wpływem napięcia elektrycznego niż metale, z których robione są katody. Dlatego też obecnie drucik wolframowy tworzący katodę pokrywany jest zwykle warstwą odpowiednich ciał (przeważnie są to związki chemiczne) o dużej tak zwanej emisji elektronów, przy czym drucik ten rozgrzewamy prądem elektrycznym na chwilę przed zapłonem rurki wyładowczej w tym celu, aby zwiększyć liczbę wydzielanych przez niego elektronów i w ten sposób ułatwić sam zapłon rurki.

Po zapłonie rurki wyłącza się prąd grzejny katody, która mimo to w miejscu wysyłania elektronów pozostaje rozżarzona pod wpływem wydzielanego przy tym ciepła. Katoda tego typu nosi nazwę katody gorącej podgrzewanej. W niektórych rodzajach rurek wyładowczych stosuje się zimne katody, ale takich rurek nie będziemy tu szerzej omawiali. Będzie o nich wzmianka w p. 16.

Trzecim urządzeniem stosowanym przy rurkach wyładowczych jest przeto urządzenie do chwilowego przepuszczania prądu przez katodę w celu jej podgrzania przed zapłonem rurki. Czynność tę spełnia również zapłonnik, który jest do tego odpowiednio przystosowany.

Poznaliśmy więc już sposób przesyłania w sposób ciągły prądu elektrycznego przez rurkę wyładowczą napełnioną bardzo rozrzedzonym gazem i dowiedzieliśmy się, że wówczas, niezależnie od słabego świecenia gazu w rurce, również szkło tej rurki wydziela słabe światło pod wpływem padającego na nie strumienia elektronów. To świecenie rurki jest jednak zbyt słabe, aby je można było stosować jako źródło światła. Trzeba więc było znaleźć sposób na wzmocnienie tego świecenia i sposób ten znaleziono.

Stwierdzono mianowicie, że taka słabo świecąca rurka wyładowcza wysyła promieniowanie, którego nieznaczną tylko część stanowi promieniowanie widzialne (czyli to, co nazywamy światłem), przeważająca natomiast reszta jest promieniowaniem niewidzialnym. To niewidzialne promieniowanie strumienia elektronów ma bardzo silne własności chemiczne. Naświetlony tymi promieniami fosfor świeci przez pewien czas już po ustaniu naświetlenia. Ten właśnie rodzaj świecenia, jaki wydaje fosfor i niektóre inne ciała w stanie zimnym, nazywamy luminescencją, fluorescencją albo świetleniem, ciała zaś obdarzone tą własnością nazywają się luminoforami, czyli nosicielami światła. Należy zaznaczyć, że luminofor naświetlony promieniowaniem niewidzialnym wysyłałym przez rurkę wyładowczą świeci mocniej, niż gdyby był naświetlony zwykłym światłem widzialnym.

Luminofor potrafi więc promieniowanie niewidzialne strumienia elektronów przekształcić w promieniowanie widzialne dla naszych oczu, czyli w zwykłe światło. Jeżeli zatem szkło naszej rurki wyładowczej pokryjemy warstwą proszku luminoforu, to rurka zacznie świecić tak jak inne źródła światła. W ten sposób otrzymaliśmy wreszcie świetlówkę.

Różne źródła wysyłają światło o różnych zabarwieniach. Lampa naftowa — na przykład — świeci czerwono, zwykła lampa łukowa daje światło niebieskawe, żarówka — światło żółtawe itd. Różne rodzaje luminoforów dają również światło o rozmaitym

zabarwieniu: zielonym, czerwonym, niebieskim, żółtym itp. Przez odpowiednie zmieszanie różnych luminoforów można uzyskać światlenie o dowolnej barwie, a więc również światło białe zbliżone do dziennego. I to jest następna wielka przewaga świetlówki nad żarówką, przy której światło nie można tak dokładnie rozróżniać kolorów, jak na to pozwala świetlówka.

Założyliśmy, że omawiana dotychczas rurka wyładowcza i powstała z niej świetlówka były zasilane prądem stałym. Ponieważ jednak nasze sieci oświetleniowe są zaopatrywane w energię prądu zmiennego, więc i świetlówka została dostosowana do zasilania prądem zmiennym. Opisane powyżej zjawiska zachodzące w świetlówce prądu stałego nie uległy zmianie w świetlówce prądu zmiennego. Różnica między nimi polega na tym, że świetlówka stałoprądowa raz zapalona świeci bez przerwy aż do chwili jej zgaszenia, natomiast świetlówka zmiennoprądowa zapala się i gaśnie 100 razy na sekundę, stosownie do występującej 100 razy na sekundę zmiany kierunku przepływu prądu przez świetlówkę. Dzięki właściwości oka ludzkiego nie odczuwamy przy tego rodzaju oświetleniu na przemian wrażenia jasności i ciemności, lecz tylko pewne migotanie światła męczące wzrok. W określonych warunkach, gdy patrzymy na szybko poruszające się przedmioty, może nam się przy takim oświetleniu wydawać, że przedmioty te poruszają się powoli lub nawet są nieruchome¹⁾, co może stać się przyczyną nieszczęśliwego wypadku podczas pracy.

Świetlówka zmiennoprądowa obarczona jest więc dużą wadą w porównaniu z żarówką zasilaną również prądem zmiennym, przy której migotanie światła, wywołane okresową zmianą kierunku prądu, nie daje się tak silnie odczuwać. Świetlówka stałoprądowa tej wady nie posiada. O sposobie zmniejszenia tej wady przy świetlówkach zmiennoprądowych będzie mowa dalej.

4. Budowa świetlówki

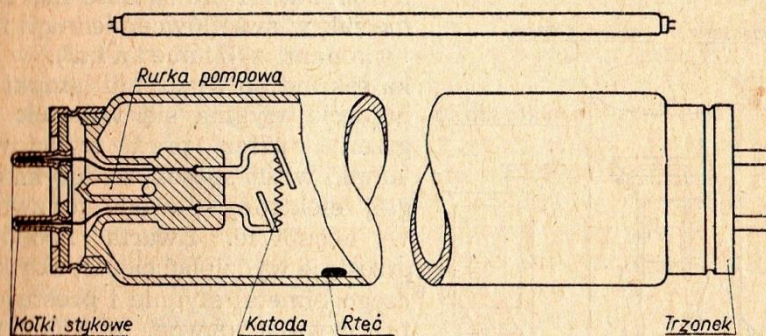
Stosowana u nas świetlówka na prąd zmienny ma postać rury szklanej o średnicy zewnętrznej 38 mm i o długości zależnej od mocy rury (rys. 5).

Rura ta jest na obu końcach szczelnie zalutowana i zaopatrzona w trzonki specjalnego rodzaju o dwóch kołkach stykowych. Od kołków każdego trzonka doprowadzone są do wnętrza rury dwa druty, między którymi umocowana jest elektroda w postaci skrętki z cienkiego drucika wolframowego, pokrytego tak zwanym emiterym, czyli związkami chemicznymi ułatwiającymi emisję (wysyłanie) elektronów. Ponieważ rura jest zasilana

¹⁾ Jest to tak zwane zjawisko stroboskopowe.

lana prądem zmiennym o częstotliwości wynoszącej 50 cykli (okresów) na sekundę, więc każda z obu elektrod rury staje się 50 razy na sekundę na przemian katodą lub anodą; dlatego też obie te elektrody są wykonane w jednakowy sposób.

Powietrze z wnętrza rury zostało bardzo dokładnie wypompowane. Zamiast niego wprowadzono do rury kropelkę rtęci, która w temperaturze około 40°C , powstającej w rurze natychmiast po jej zapłonie, zamienia się w parę o ciśnieniu $\frac{1}{100\,000}$ atmosfery. Wyładowanie elektryczne w świetlówce odbywa się więc w bardzo rozrzedzonej parze rtęci, która spełnia tu rolę gazu, o jakim



Rys. 5. Budowa rury

była poprzednio mowa przy objaśnianiu zjawisk zachodzących w świetlówce. Wyładowaniu w parze rtęci towarzyszy właśnie wysyłanie promieniowania bogatego w niewidzialne promienie, potrzebne do pobudzenia luminoforów do świecenia. L u m i n o f o r y te pokrywają wewnętrzne ścianki rury nadając jej wygląd rury ze szkła mlecznego.

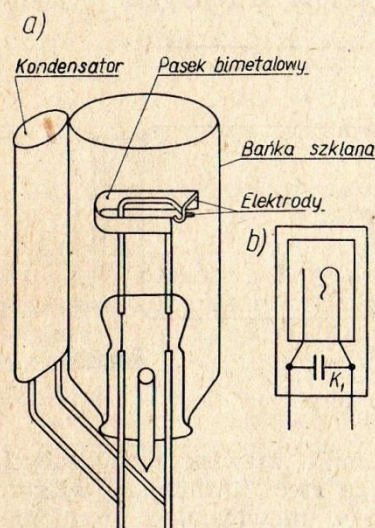
Rura zawiera ponadto rozrzedzony gaz a r g o n, którego zadaniem jest ułatwić jej zapłon. To samo ma na celu pasek z materiału półprzewodzącego prąd, namalowany wzdłuż rury po jej stronie zewnętrznej.

Umieszczony na każdym końcu rury trzonek składa się z mosiężnego płaszczka, przykitowanego do szkła, oraz z krążka bakelitowego, w którym umocowane są obydwie kołki stykowe (rys. 5). Przez te kołki doprowadza się przed zapłonem prąd do skrętek w celu ich rozgrzania. Ten prąd grzejny zostaje przerwany w chwili zapłonu i odtąd przez cały czas świecenia rury tylko jeden z kołków stykowych na każdym końcu rury spełnia zadanie przeprowadzenia prądu wyładowczego, przepływającego w rurze między jej elektrodami.

5. Części składowe obwodu zasilającego świetlówki

W przeciwieństwie do lamp żarowych, które włącza się wprost do sieci, każda lampa wyładowcza ¹⁾ wymaga stworzenia osobnego obwodu elektrycznego, zawierającego przybory umożliwiające jej zapłon, a następnie ustabilizowaną pracę, i dopiero cały ten obwód przyłącza się do sieci zasilającej. Omówimy teraz bliżej te przybory, jakie wchodzi w skład obwodu świetlówki.

Zapłonnik (starter) ma zwykle postać małej lampki wyładowczej, napełnionej neonem (rys. 6), która zaświeca się przy



Rys. 6. Zapłonnik: a) przekrój; b) schemat ideowy zapłonnika

napięciu 170 woltów. Elektrody tej neonówki nie są obie nieruchome jak w świetlówce. Jedna z nich, wykonana z bimetalu²⁾, w kilka sekund po włączeniu lampki pod napięcie wygina się wskutek rozgrzania przez prąd wyładowczy lampki w ten sposób, że dotyka drugiej elektrody powodując zwarcie w neonówce. Zwarta neonówka przestaje wydzielać ciepło, skutkiem czego bimetal stygnie i prostuje się przerywając obwód, w który neonówka była włączona. Umieszczony w zapłonniku mały kondensatorek K₁, włączony równolegle do elektrod neonówki i do rury, zapobiega zakłóceniom, jakie mogłaby powodować świetlówka w pobliskich radioodbiornikach podczas swego zapłonu.

Jak widzimy, zapłonnik spełnia tu rolę samoczynnego wyłącznika, który włącza na chwilę prąd podgrzewający elektrody świetlówki i wyłącza go wówczas, gdy te elektrody się podgrzeją. To samo można by uzyskać bez zapłonnika, włączając na chwilę prąd za pomocą zwykłego wyłącznika ręcznego, umieszczonego w obwodzie świetlówki w miejsce zapłonnika.

¹⁾ Do lamp wyładowczych, jakie są obecnie najczęściej stosowane, zaliczamy: rury fluoryzujące, lampy łukowe, lampy rtęciowe, lampy sodowe i rurki „neonowe“ (ostatnie stosowane głównie do celów reklamowych i dekoracyjnych).

²⁾ Bimetalem nazywamy połączone ze sobą przez sprasowanie lub zlutowanie dwa paski z różnych metali o bardzo różniących się między sobą zdolnościach do wydłużania się pod wpływem rozgrzania. Wskutek tego pasek bimetalowy wygina się zawsze w jedną stronę przy rozgrzewaniu, a prostuje się przy stygnięciu.

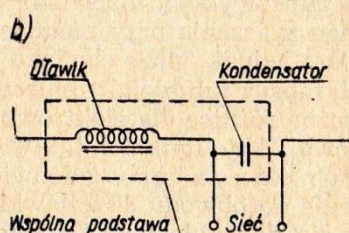
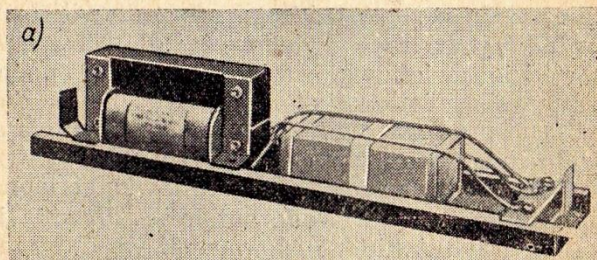
Statiecznik (stabilizator) stanowi najważniejszą część składową obwodu poza rurą. Przy świetlówce zmiennoprądowej jako statiecznik używany jest dławik zamiast opornika. Dławik (rys. 7) jest to cewka z drutu izolowanego, wewnątrz której umieszczony jest rdzeń żelazny. Działanie dławika sprowadza się tu do tego, że pochłania on część napięcia sieci zasilającej układ świetlówki. Część pochłaniana napięcia jest tym większa, im większe jest natężenie prądu przepływającego przez dławik i przez włączoną z nim szeregowo rurę wyładowczą; dławik zachowuje się więc w obwodzie świetlówki zmiennoprądowej podobnie, jak opornik w obwodzie świetlówki stałoprądowej. Zaletą dławika polega na tym, że strata mocy w nim jest znacznie mniejsza, niż wynosiłaby strata mocy w zwykłym oporniku, jaki by trzeba było włączyć zamiast dławika w szereg ze świetlówką zmiennoprądową w celu stabilizacji jej prądu. Wadą natomiast dławika jest to, że mniejsza on w przybliżeniu do 0,5 wartość współczynnika mocy czyli kosinusa φ ¹⁾ w obwodzie świetlówki, czego nie spowodowałoby zastosowanie tam zwykłego opornika.

Nie ma to wielkiego znaczenia przy niedużej liczbie zainstalowanych świetlówek, tam jednak, gdzie chodzi o oświetlenie rurami fluoryzującymi całych fabryk lub bloków biurowych czy mieszkalnych, stanowi to poważną różnicę dla elektrowni, która zasila taką instalację oświetleniową. Aby uniknąć tej wady, umieszcza się często w obwodzie kondensator o odpowiedniej pojemności, włączając go równolegle do obwodu świetlówki, przez co wartość kosinusa φ zwiększa się do około 0,9. Taki kondensator mocuje się na wspólnej podstawie z cewką dławika tak, że mieszczą się one pod wspólną pokrywką tworząc jeden przybór.

Kondensator jest zwykle sporządzony z dwóch par cienkich taśm: jedna para jest z metalu i ma za zadanie pomieścić dość znaczny ładunek elektryczny, druga zaś jest z papieru i służy do izolowania między sobą poszczególnych zwojów taśm metalowych,

¹⁾ Współczynnik mocy (zwany też kosinusem φ — $\cos \varphi$) jest to ułamek określający, jaką część mocy całkowitej, pobieranej z sieci przez odbiornik zawierający indukcyjność lub pojemność, stanowi moc rzeczywiście przez ten odbiornik wyzyskana do wykonania pracy. Można również powiedzieć, że współczynnik mocy wskazuje, jaka część prądu płynącego w przewodach zasilających odbiornik zawierający indukcyjność (np. dławik) pracuje rzeczywiście w tym odbiorniku, czyli jest w nim czynna. W ten sposób 25 świetlówek z dławikami, pobierających z sieci prąd o natężeniu 10 amperów przy kosinusie φ równym 0,54, wykorzystuje do wytworzenia światła tylko $10 \times 0,54 = 5,4$ ampera, mimo że straty wskutek grzania się przewodów sieciowych powodowane są przez cały prąd o natężeniu 10 amperów — i dlatego też przekrój przewodów zasilających tę grupę świetlówek musi być obliczony na prąd 10 A. Prąd pobierany z sieci przez te świetlówki oprócz prądu czynnego nosi nazwę prądu biernego. Przy żarówkach, które mają zawsze kosinus φ równy 1, cały prąd pobierany przez nie z sieci jest prądem czynnym.

gdy zostaną zwinięte w rolkę, aby zajmowały mniej miejsca. Podobnie jak dławik, kondensator pobiera z sieci prąd bierny w tym czasie, gdy jest go w sieci nadmiar, a oddaje go wówczas, gdy go tam jest brak. Zachodzi to przy każdym cyklu prądu zmiennego, czyli 100 razy na sekundę, ale odbywa się to w obu tych przyborach niejednocześnie. Dławik i kondensator, włączone do tego



Rys. 7. Statecznik: a) statecznik z kondensatorem równoległym; b) schemat ideowy tego statecznika

samego obwodu elektrycznego, uzupełniają się w ten sposób, że prąd bierny oddawany przez dławik zostaje na chwilę wchłonięty przez kondensator, który za chwilę, gdy prąd ten jest ponownie potrzebny, odda go dławikowi — i tak dokoła. Wskutek tego statecznik pobiera z sieci bardzo już tylko niewielki prąd bierny, przez co współczynnik mocy w obwodzie się zwiększa.

Głównym zadaniem statecznika jest utrzymanie stałej wartości prądu płynącego przez palącą się świetlówkę. Poza tym statecznik spełnia jeszcze drugą rolę: podwyższa chwilowo napięcie na elektrodach rury w chwili jej zapłonu, gdy zapłonnik przerywa prąd płynący przez dławik ¹⁾. Powstały wówczas chwilowo w dławiku prąd indukcyjny płynie pod wpływem napięcia około 700

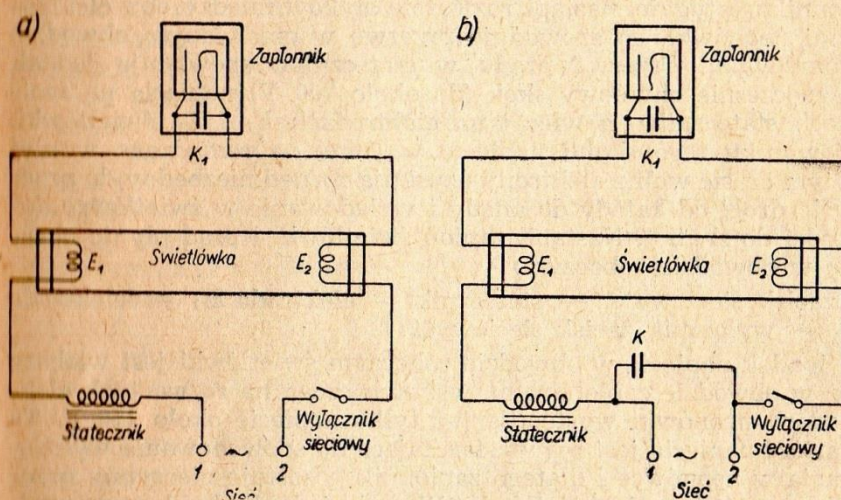
¹⁾ Dzieje się to wskutek tego, że dławik ma wielką samoindukcję, która w chwili przerywania prądu płynącego przez dławik powoduje powstanie w jego uzwojeniu napięcia indukowanego, znacznie wyższego od napięcia sieci zasilającej.

woltów, które jest niezbędne do wywołania pierwszego wyładowania w rurze.

6. Schematy obwodu świetłówkowego

Poznaliśmy już niezbędne części składowe obwodu zasilającego świetłówkę i wiemy, że taki obwód oprócz rury musi zawierać statecznik i zapłonnik. Układ połączeń takiego obwodu nie jest oczywiście dowolny, lecz jest związany z przebiegiem zjawisk, które zachodzą w nim podczas zapłonu i podczas pracy świetłówki.

Najprostszy układ połączeń obwodu świetłówki jest przedstawiony na rys. 8 a. Rozpatrzmy kolejny przebieg zjawisk zachodzą-



Rys. 8. Schemat ideowy pojedynczej świetłówki: a) statecznik z samym tylko dławikiem (kosinus $fi = 0,54$); b) statecznik z dławikiem i równoległym kondensatorem K do poprawy współczynnika mocy (kosinus $fi=0,90$).

E_1 i E_2 — elektrody rury, K_1 — kondensator przeciwzakłócenia

cych w obwodzie świetłówki w momencie jej zapalania. Po zamknięciu ręcznego wyłącznika sieciowego (rys. 8 a) doprowadzamy do tego obwodu napięcie zmienne 220 V. Pod jego wpływem zaczyna płynąć prąd w obwodzie zapłonowym:

zacisk sieciowy 1 — statecznik — skrętka elektrody E_1 — lampka neonowa zapłonika — skrętka elektrody E_2 — wyłącznik — zacisk sieciowy 2.

Ponieważ przestrzeń wyładowcza w neonówce zapłonika stanowi dla prądu znaczny opór, więc i natężenie tego prądu w obwodzie zapłonowym świetłówki będzie w tym okresie stosunkowo niewielkie. Wskutek tego spadek napięcia w tym obwodzie będzie

nieznaczny i dlatego na elektrodach neonówki wystąpi napięcie około 170 V, niezbędne do utrzymania w niej wyładowania.

Po upływie 1 do 2 sekund od chwili zamknięcia wyłącznika sieciowego elektroda bimetalowa zapłonika nagrzej się dostatecznie i wygnie się zwierając obie elektrody neonówki, przez co ogólny opór obwodu zapłonowego zmniejszy się. Niewielki dotychczas prąd w obwodzie, który przepływał również przez obie skrętki E_1 i E_2 świetlówki nagrzewając ją, ulegnie przez to zwiększeniu. Obie te skrętki nagrzewają się więc mocniej i zaczynają wysyłać ze swej powierzchni duże ilości elektronów, uwalnianych z pokrywającej je substancji o wielkiej emisji elektronowej.

Po chwili, gdy bimetalowa elektroda zwartej neonówki w zapłonniku ostygnie, nastąpi rozwarcie styków między obu elektrodami neonówki, co spowoduje przerwę w omawianym obwodzie zapłonowym. Przerwa prądu w stateczniku spowoduje jednak równocześnie chwilowy skok (do około 700 V) napięcia na zaciskach statecznika, a więc i na elektrodach E_1 i E_2 świetlówki. W wyniku tego skoku napięcia w rurze nagromadzone w niej w tym czasie wolne elektrony uzyskują rozpęd niezbędny do przebycia drogi od katody do anody i wyładowanie w świetlówce dochodzi do skutku. Nastąpił zapłon świetlówki i prąd płynie obecnie w obwodzie roboczym:

zacisk sieciowy 1 — statecznik — elektroda E_1 — elektroda E_2 — wyłącznik zacisk sieciowy 2.

Spadek napięcia w obwodzie roboczym świetlówki jest większy niż w obwodzie zapłonowym, wskutek czego na rozwartych elektrodach neonówki występuje już tylko napięcie około 110 V. Ta wartość napięcia jest nie wystarczająca do spowodowania wyładowania w neonówce i dlatego zapłonnik pozostaje nieczynny przez cały czas świecenia świetlówki. W razie jednak chwilowego zgaśnięcia świetlówki — na przykład z powodu przejściowego znacznego obniżenia się napięcia w sieci (poniżej około 180 V) lub nawet jego chwilowego zaniku — zapłonnik po powrocie normalnego napięcia sieciowego spowoduje samoczynny zapłon świetlówki w sposób wyżej opisany, jeżeli tymczasem ręczny wyłącznik sieciowy nie zostanie otwarty.

Układ połączeń przedstawiony na rys. 8 b różni się od układu przedstawionego na rys. 8 a tylko tym, że statecznik oprócz dławika posiada jeszcze kondensator K , który jest włączony równolegle do obwodu świetlówki między obydwie zaciski sieciowe 1 i 2. Układ ten stosujemy wtedy, gdy chcemy poprawić współczynnik mocy (kosinus φ) w obwodzie świetlówki do wartości około 0,9. Omówiony dopiero co przebieg zjawisk podczas zapłonu i podczas pracy świetlówki w układzie podanym na rys. 8 a stosuje się również do układu podanego na rys. 8 b.

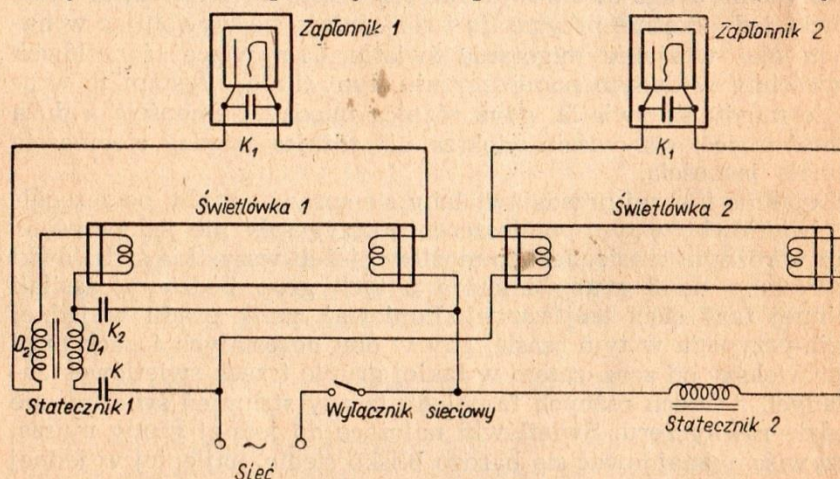
Niektóre stateczniki mają jeszcze inne zadanie: zmniejszenie zjawiska migotania światła w świetlówkach zmiennoprądowych. Jak już nadmieniliśmy, każda świetlówka zmiennoprądowa zapala się i gaśnie 100 razy na sekundę z tego powodu, że zasilający ją prąd zmienny też 100 razy na sekundę wzrasta od zera do swej największej wartości i ponownie opada do zera podczas zmian swego kierunku¹⁾. Równocześnie ze wzrostem i opadaniem do zera prądu wzrasta również i opada do zera strumień świetlny świetlówki. Jeżeli oprócz jednej świetlówki mieści się w jakimś pomieszczeniu druga świetlówka lub też więcej świetlówek, to świetlówki jednocześnie przygasają i rozjaśniają się wywołując w naszym oku wrażenie migotania światła. Im więcej świetlówek umieścimy w danym pomieszczeniu, tym silniej wystąpi to wrażenie migotania światła, gdyż różnica między ciemnością a dużą jasnością jest oczywiście większa niż różnica między ciemnością a małą jasnością.

Zupełnie inaczej przedstawiałaby się sprawa, gdyby poszczególne świetlówki w tym pomieszczeniu przygasaly nie jednocześnie, lecz w różnym czasie. Jest to możliwe, jeżeli wszystkie świetlówki podzielimy na 3 grupy i każdą z tych grup będziemy zasilali z innej fazy sieci trójfazowej. Ponieważ zanik prądu w jednej fazie przypada w tym czasie, gdy w obu pozostałych fazach prąd jest większy od zera, zatem w takiej grupie trzech świetlówek zasilanych z trzech różnych faz nigdy łączny strumień świetlny nie będzie równy zeru. Świetlówki należące do jednej grupy muszą, oczywiście, znajdować się bardzo blisko siebie, najlepiej w jednej oprawie.

Takie rozwiązanie bywa z różnych względów niedogodne, stosuje się więc przeważnie inne rozwiązanie. Wszystkie świetlówki w danym pomieszczeniu dzieli się na grupy po dwie, łącząc obie świetlówki każdej grupy w jednej oprawie, przy tym zasilają się wszystkie świetlówki z jednej tylko fazy, ale za to w szczególny sposób. Mianowicie sztucznie powoduje się, że opadanie prądu do zera odbywa się w każdej z dwóch świetlówek tej samej grupy niejednocześnie, przez co i przygasanie obu tych świetlówek nie występuje w tym samym czasie, wskutek czego migotanie światła takiej pary świetlówek wydatnie się zmniejsza.

¹⁾ Ta rytmiczna zmiana kierunku prądu w uzwojeniu dławika wywołuje drgania mechaniczne cienkich blaszek, z których złożony jest rdzeń dławika. Drgania te są powodem powstawania dźwięku podobnego do tego, jaki wydaje transformator. W należycie wykonanych dławikach brzęczenie to jest bardzo słabe, w razie jednak wadliwej produkcji dławików brzęczenie ich staje się tak głośne, że jest nieprzyjemnie odczuwane przez ludzi. Szczególnie przykro daje się to brzęczenie odczuwać w większych salach oświetlonych świetlówkami na prąd zmienny, gdy w salach tych poza tym panuje cisza, np. w muzeum.

Takie przesunięcie czasu zaniku prądu w obwodzie jednej świetlówki względem czasu zaniku prądu w obwodzie drugiej świetlówki tej samej pary (które w elektrotechnice nazywamy przesunięciem fazowym 'między dwoma obwodami) uzyskuje się w sposób następujący. Każda świetlówka jednej pary (rys. 9) otrzymuje innego rodzaju statecznik: jedna świetlówka ma zwykły statecznik zawierający tylko dławik, druga zaś — dławik o dwóch uzwojeniach i połączony z nim szeregowo kondensator K . Ta różnica między obu statecznikami powoduje, że gdy prąd w pierwszej świetlówce w pewnej chwili spada do zera, wówczas w tym



Rys. 9. Schemat ideowy obwodów dwóch świetlówek w układzie sprzężonym (kosinus $\phi = 0,95$). D_1 — uzwojenie zapłonowe dławika, D_2 — uzwojenie robocze dławika, K — kondensator szeregowy, K_1 i K_2 — kondensatory przeciwzakłócenia

samym czasie prąd w drugiej świetlówce jest bliski swej wartości maksymalnej — i na odwrót. W rezultacie więc łączny prąd przepływający przez obie rury każdej pary nigdy nie spada do zera. A więc i łączny strumień świetlny takiej pary świetlówek także nie spada nigdy do zera, lecz waha się w niewielkich granicach, o wiele mniejszych niż przy pojedynczej świetlówce. Taki układ dwóch świetlówek nazywa się układem sprzężonym. Obie świetlówki układu sprzężonego powinny mieścić się obok siebie w jednej oprawie, gdyż w razie odsunięcia rur od siebie migotanie światła się zwiększa.

Przedstawiony na rys. 9 dławik ma w stateczniku 1 dwa uzwojenia, z których uzwojenie D_1 jest czynne tylko podczas zapłonu; dlatego nazywa się ono zapłonowe. Podczas pracy świetlówki czynne jest jedynie uzwojenie D_2 tego dławika z włączonym szeregowo kondensatorem K . Obydwa uzwojenia D_1 i D_2 są umiesz-

czony na jednym rdzeniu. Dławik i kondensator K mocuje się często na wspólnej podstawie pod wspólną pokrywą, tworząc jeden przybór. Mały kondensatorek K_2 , włączony równolegle do świetlówki, zapobiega zakłóceniom radiowym w pobliskich odbiornikach.

W układzie sprzężonym wartość współczynnika mocy (kosinusa φ) dochodzi do 0,95.

III. MONTAŻ ŚWIETŁÓWEK

7. Typy świetlówek u nas stosowanych

Wytwarzamy obecnie w kraju 6 typów świetlówek, czyli rur fluoryzujących, różniących się między sobą zarówno pod względem wielkości pobieranej przez nie mocy, jak i pod względem barwy wysyłanego światła¹⁾.

Jeśli chodzi o moc, to wytwarzamy świetlówki pobierające 25 i 40 watów, przy czym należy zaznaczyć, że taką moc pobiera sama rura, bez statecznika. Ponieważ prąd rury przepływając przez dławik powoduje w nim pewne straty, więc całkowita moc zużywana w obwodzie świetlówki będzie większa niż moc samej rury. Będzie ona wynosiła 32 waty przy świetlówce 25 W, a 50 watów przy świetlówce 40 W.

Co się tyczy barwy światła, to produkujemy rury o świetle dziennym, białym i ciepłobiałym.

Rury ze światłem dziennym stosowane są wszędzie tam, gdzie wymaga się tak dokładnego rozróżniania barw oglądanych przedmiotów, jak to jest możliwe przy naturalnym oświetleniu podczas dnia. Stosuje się więc je w farbiarniach, w przemyśle włókienniczym, przy wyrobie barwników itp. Przy stosowaniu tych rur należy jednak dawać bardzo silne oświetlenie, gdyż inaczej światło to jest nieprzyjemnie odczuwane przez ludzi, podobnie jak światło księżyca. Rury takie można stosować wszędzie tam, gdzie jednocześnie w pomieszczeniu jest także światło naturalne.

Najczęściej do oświetlania pomieszczeń fabrycznych, biur i mieszkań stosowane są świetlówki o świetle białym. Ten rodzaj światła pozwala dość dobrze rozróżniać barwy oglądanych przedmiotów, przy czym nie jest potrzebne tak silne oświetlenie jak ze światłem dziennym. Rury tę można stosować jednocześnie z za-

¹⁾ Nasz przemysł wytwarza świetlówki i potrzebny do nich sprzęt na podstawie dokumentacji technicznej zakupionej od holenderskiej fabryki Philips. Mimo pewnych zmian konstrukcyjnych, wprowadzonych przez nasz przemysł, sprzęt polski niewiele różni się od sprzętu holenderskiego, co umożliwia zastępowanie części holenderskich przez odpowiednie części produkcji krajowej i na odwrót.

rówkami, gdyż ich światła nie kłóć się ze sobą. Należy zaznaczyć, że rury o świetle białym mają większą wydajność świetlną niż rury o innej barwie światła.

Rury ze światłem ciepłobiałym używane są do oświetlania pomieszczeń rozrywkowych i wypoczynkowych, wystaw, galerii obrazów itp., ponieważ ich światło o odcieniu różowawym wywiera przyjemne wrażenie na ludzi, a rozróżnianie barw jest przy tym oświetleniu o wiele lepsze, niż przy oświetleniu żarówkowym.

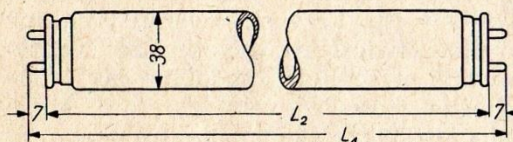
Bliższe dane o świetłówkach produkcji krajowej¹⁾ są zawarte w tablicy 1.

Tablica 1

Dane liczbowe o świetłówkach produkcji krajowej

Typ	Pobór mocy		Długość rury (wg rys. 10)		Barwa światła	Strumień świetlny lm
	samej rury W	całego obwodu W	L_1 mm	L_2 mm		
RF 25-d	25	32	984	970	dzienna	1100
RF 25-b					biała	1200
RF 25-c					ciepłobiała	1150
RF 40-d	40	50	1214	1200	dzienna	1900
RF 40-b					biała	2100
RF 40-c					ciepłobiała	2000

Oznaczenie typu zawiera: duże litery RF (rura fluoryzująca), liczbę 25 lub 40 (moc samej rury w watach), małą literę d, b lub c (barwa światła: dzienna, biała lub ciepło-biała).



Rys. 10. Świetlówka produkcji krajowej

Długości L_1 i L_2 odpowiadają wymiarom podanym na rys. 10; L_1 oznacza więc długość całej rury z trzonkami, a L_2 odstęp między oprawkami, w których jest ona umocowana.

Strumień świetlny świetłówki nie jest niezmienny przez cały czas jej pracy. Świetlówka, zapalona po raz pierwszy po jej wykonaniu, ma strumień największy. W ciągu pierwszych godzin świecenia strumień ten zmniejsza się — początkowo dość szybko, następnie zaś wolniej. Po upływie 100 godzin świecenia strumień

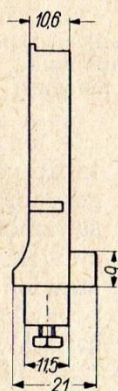
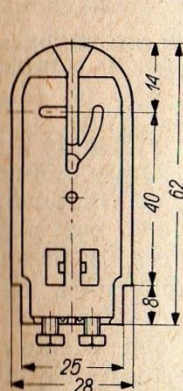
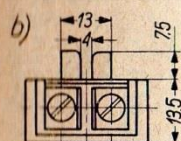
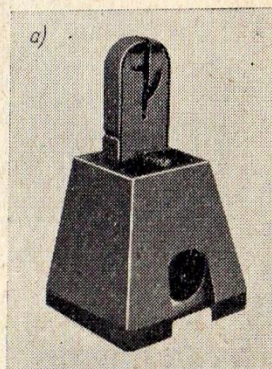
¹⁾ Wymienione tu dane liczbowe i konstrukcyjne są zgodne z katalogiem L-2, Rury fluoryzujące, wydanym przez Centralę Handlową Przemysłu Elektrotechnicznego w roku 1951.

zmniejsza się już tak powoli, że można go uważać na dłuższy czas za stały. Tę właśnie wartość strumienia świetlówek podano w ostatniej kolumnie tablicy 1.

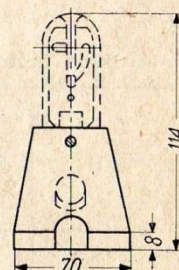
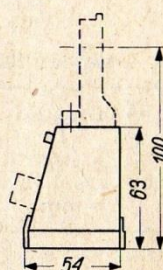
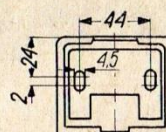
8. Typy sprzętu do świetlówek

Aby doprowadzić prąd do świetłówki, wkłada się każdy jej trzonek do odpowiedniej oprawy, w której obydwie końce trzonka naciskają na sprężynujące styki wiodące prąd. Od zacisków tych styków wyprowadzone są przewody łączące ze sobą poszczególne części składowe obwodu zasilającego świetłówkę.

Rozróżniamy dwa rodzaje oprawek: prawą (oznaczenie katalogowe OPc, co znaczy: oprawka prawa¹⁾) i lewą (oznaczenie OLc). Jedną z nich przedstawiono na rys. 11a i 11b.



c)

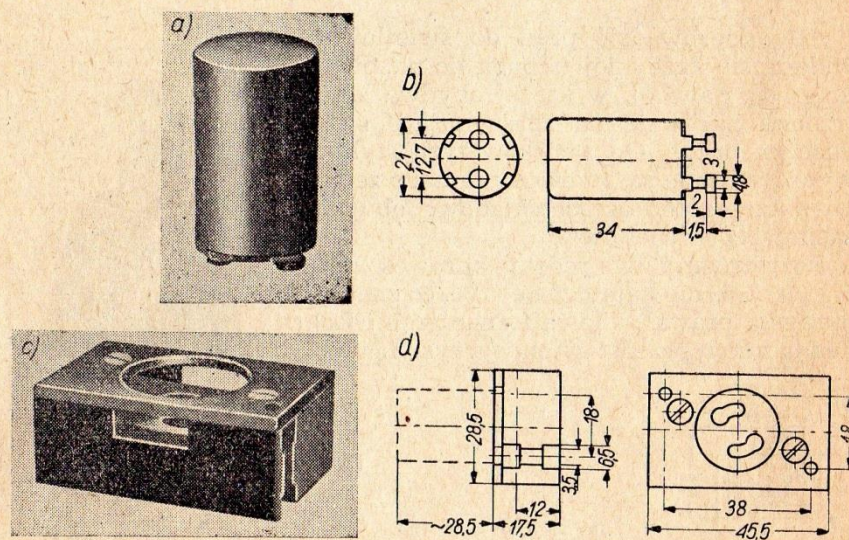


Rys. 11. Oprawka do świetłówki i podstawka do niej: a) oprawka lewa zmontowana na podstawce (widok), przez otwór u dołu widoczne jest gniazdo zapłonika wbudowane w tę podstawkę; b) oprawka lewa (szkic wymiarowy); c) podstawka pod lewą oprawkę (szkic wymiarowy)

Oprawki montowane są często na podstawie, w której górny otwór wchodzi dolna część (stopa) oprawki. Tu również

¹⁾ Mała litera c oznacza tutaj, że oprawka lub podstawka jest wykonana z czarnego bakelitu.

rozdzielamy dwa rodzaje podstawek: lewą (oznaczenie katalogowe PLc, co znaczy: podstawa lewa), zawierającą gniazdo (oprawkę) do umocowania zapłonnika, oraz prawą (oznaczenie PPc) — bez tego gniazda. Podstawkę przedstawia rys. 11c.



Rys. 12. Zapłonnik ze swą oprawką (gniazdem): a) zapłonnik (widok); b) zapłonnik (szkic wymiarowy); c) oprawka zapłonnika (widok); d) oprawka zapłonnika (szkic wymiarowy)

Tablica 2

Dane liczbowe o statecznikach

Typ	Zastosowanie do rury o mocy W	Długość L (wg rys. 13 b) mm	Ciężar 1 sztuki kg
S 25 a S 25 b S 25 c	25	240	1,20
S 40 a S 40 b S 40 c	40	320	1,25 1,60 1,60

Zapłonnik może być także umieszczony osobno, gdy oprawki do świetlówek są zmontowane bez podstawek. Na rys. 12 przedstawiono zapłonnik z jego oprawką (gniazdem). Do świetlówek obu wielkości (25 i 40 W) stosuje się ten sam typ zapłonnika (oznaczenie katalogowe Z 40) z oprawką typu OZ 40.

Co się tyczy stateczników (stabilizatorów), to wytwarza się ich u nas 6 typów. Zestawienie danych liczbowych tych stateczników podano w tablicy 2.

Oznaczenie typu statecznika zawiera: dużą literę S (statecznik),

liczbę 25 lub 40 (moc rury w watach), małą literę a, b lub c, przy czym litery te oznaczają:

a — statecznik z samym dławikiem, bez kondensatora, stosowany przy pojedynczej rurze (patrz schemat na rys. 8 a) lub przy jednej z rur w układzie sprzężonym;

b — statecznik z kondensatorem włączonym równolegle do obwodu, stosowany przy pojedynczej rurze w celu poprawy kosinusa ϕ (rys. 8 b);

c — statecznik z dławikiem dwuuzwojenowym i z kondensatorem¹⁾ włączonym szeregowo w obwód, stosowany wraz z dławikiem typu a w układzie sprzężonym dwóch rur (statecznik 1 na rys. 9).

Długość L odpowiada wymiarowi podanemu na rys. 13 a, przedstawiającym statecznik w obudowie bakelitowej.

Światłówkę montuje się zwykle w oprawie, do której umocowane są oprawki i zapłonnik; wewnątrz lub na wierzchu oprawy znajduje się statecznik.

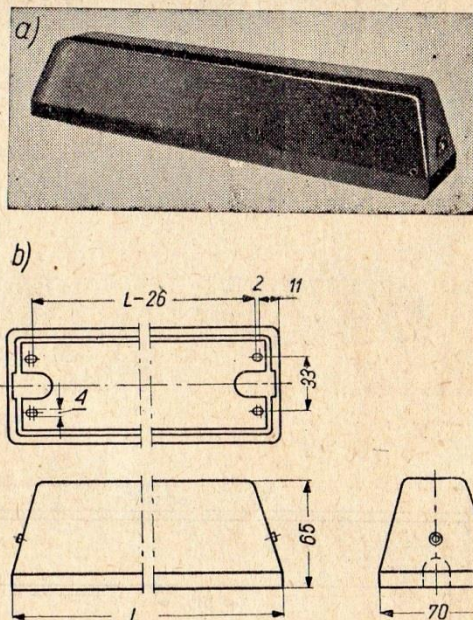
Wszystkie te części obwodu świetłówkowego połączone są ze sobą przewodami ukrytymi w tejże oprawie.

Oprawa, poza tym że służy do umocowania części składowych obwodu świetłówkowego, ma często jeszcze inne zadania do spełnienia, mianowicie:

zasłonięcie świecących rur przed oczami widza przez osłony ze szkła matowego lub przez kratkę z matowych prętów aluminiowych, aby zmniejszyć jeszcze bardziej jaskrawość tych lamp,

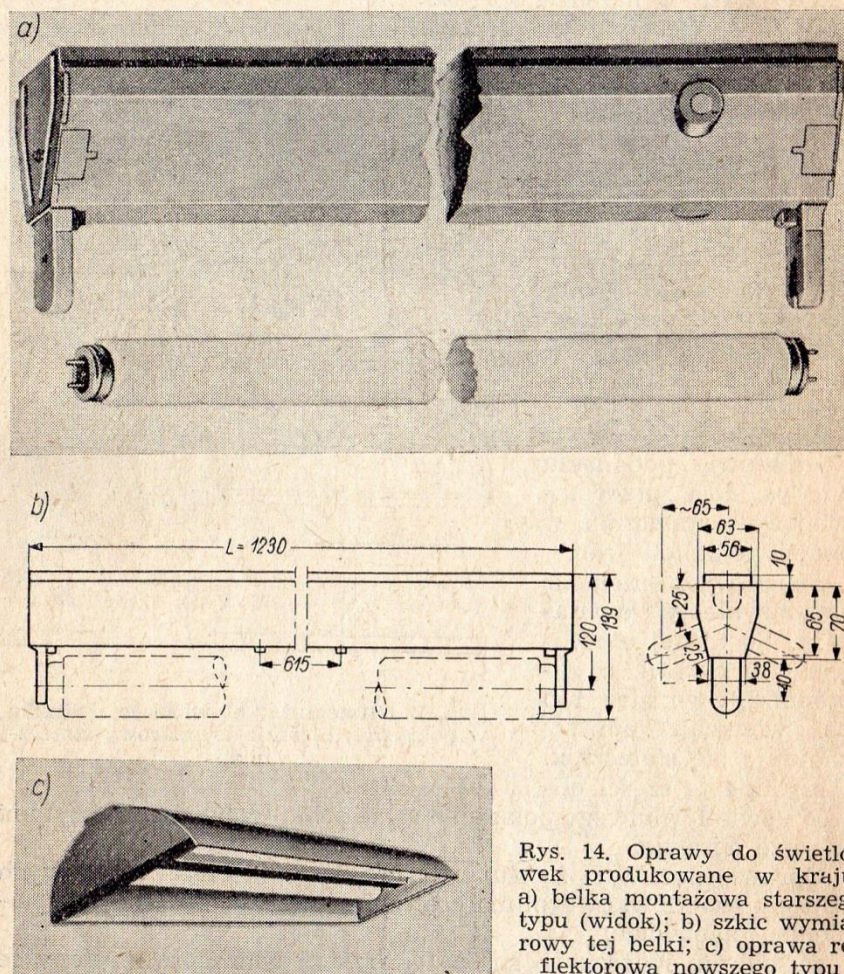
skierowanie strumienia światłówki w potrzebnym kierunku przez odpowiednio ukształtowany odbłyśnik,

¹⁾ W montowanych ostatnio obwodach świetłówkowych w oprawach produkcji krajowej stosowane są stateczniki typu c, w których dławik i kondensator zmontowane są osobno.



Rys. 13. Statecznik: a) widok statecznika w pokrywie; b) szkic wymiarowy statecznika

Na rys. 14 przedstawiono oprawy do świetlówek wytwarzane przez nasz przemysł, na rys. 15 zaś, pokazano kilka innych typów opraw produkowanych za granicą; niektóre z nich trafiają się i w naszych instalacjach.



Najprostszy typ oprawy stanowi tak zwana belka montażowa (rys. 14 a i b). Jest to rodzaj korytka z blachy polakierowanej na jasny kolor, odwróconego do sufitu lub do ściany i zakrywającego części składowe obwodu świetłówkowego. Do belki montażowej można umocować jedną, dwie lub trzy rury fluoryzujące; zależnie od tego belka otrzymuje odpowiednią liczbę opraw

wek, zapłonników i stateczników. Przedstawiony na rys. 14 a i b typ belki montażowej nie jest już produkowany, ale jest jeszcze spotykany w naszych instalacjach.

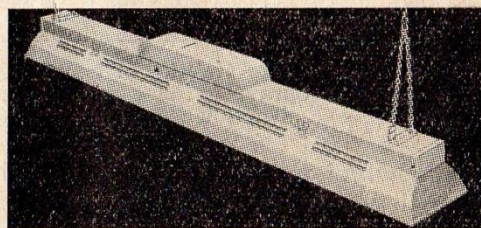
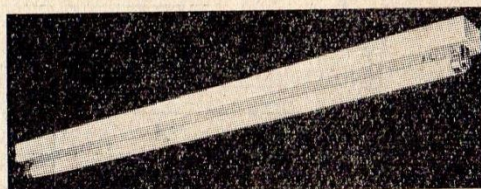
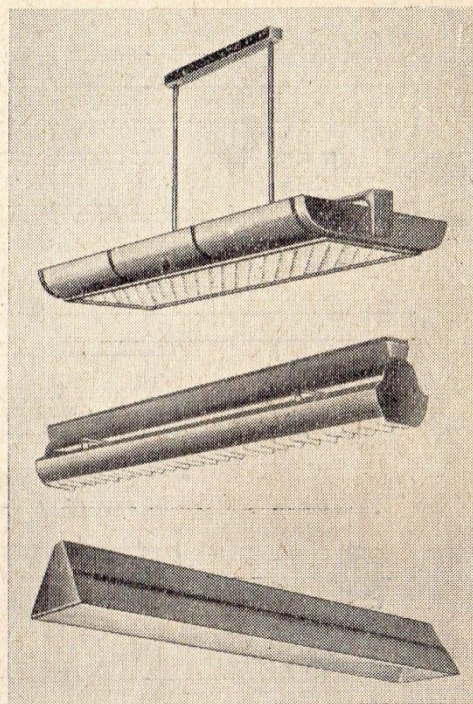
Wytwarzany ostatnio przez nasz przemysł typ belki montażowej daje się przez założenie odpowiednich odbłyśników bocznych i czołowych zamienić z łatwością w oprawę reflektorową (rys. 14 c).

9. Instalowanie świetlówki bez oprawy

Wspominaliśmy już, że świetlówka wymaga odpowiedniego obwodu zawierającego przybory do zapłonu i do stabilizacji jej pracy. Zainstalowanie świetlówki polega więc na utworzeniu takiego obwodu i na przyłączeniu go do sieci.

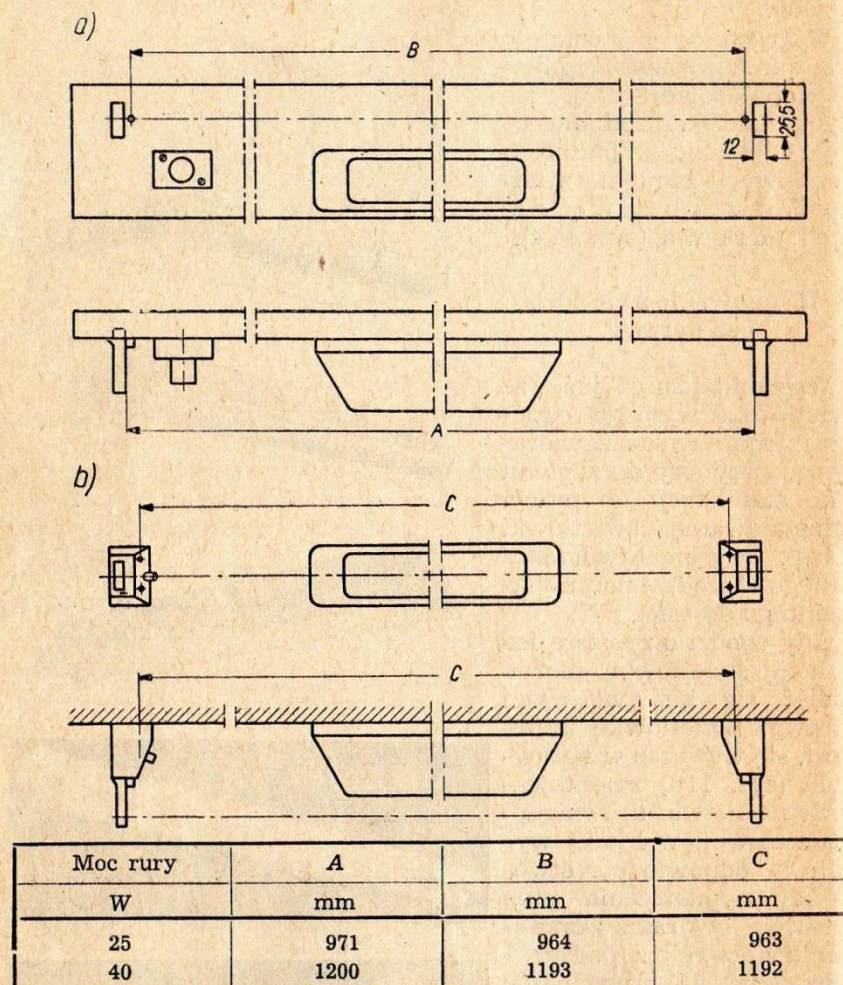
Gdy chodzi o prostszą instalację świetlówki, można obejść się bez właściwej oprawy. Świetlówkę umieszcza się wówczas w oprawkach (rys. 11b) zmontowanych na listwie drewnianej lub stalowej, w której wycięte są odpowiednie otwory do wpuszczenia stóp oprawek. W razie zastosowania oprawek z podstawkami (rys. 11a) wycinanie otworów w listwie staje się zbędne, przy tym rura zostaje odsunięta od listwy na taką odległość, że można pod rurą pomieścić na tej listwie statecznik.

Na rys. 16 a i 16 b przedstawiono wymiary monta-



Rys. 15. Różne typy opraw do świetlówek

żowe przy instalowaniu świetlówki bez oprawy, przy czym rys. 16 a podaje wymiary do montażu na listwie bez podstawek, natomiast rys. 16 b — wymiary do montażu z podstawkami pod oprawkę.

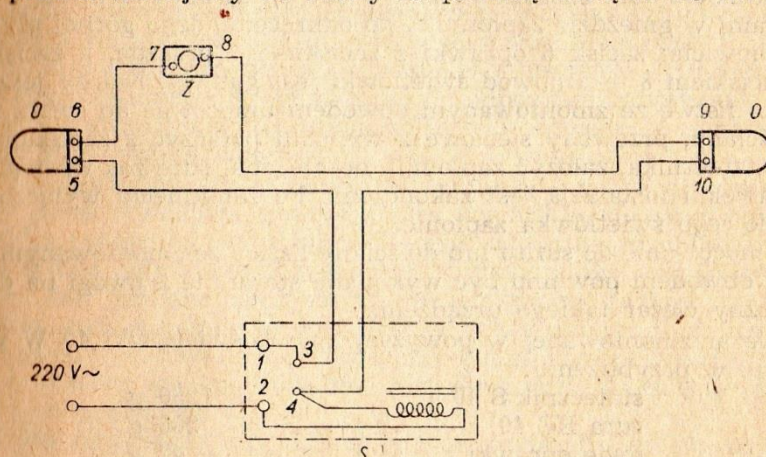


Rys. 16. Montowanie świetlówki bez oprawy: a) na listwie drewnianej — świetlówka w oprawkach bez podstawek; b) na drewnianym suficie — świetlówka w oprawkach z podstawkami

Omówimy najpierw montaż świetlówki bez podstawek. W suchej listwie z twardego drewna o grubości około 20 do 25 mm szerokości 120 mm i długości o jakieś 100 mm większej od wymiaru A (rys. 16), należy przy obu końcach wyciąć otwory o wy-

miarach podanych na rysunku. W otwory te powinny wchodzić niezbyt luźno obie oprawki — prawa i lewa. W listwie tej po stronie spodniej wycinamy rowki o szerokości i głębokości potrzebnej do pomieszczenia przewodów świecznikowych, służących do połączenia ze sobą obu oprawek, statecznika i zapłonnika.

Oprawki mocujemy do listwy za pomocą wkrętek do drewna



Rys. 17. Schemat montażowy połączeń przewodów w obwodzie pojedynczej świetlówki: O — oprawka, S — statecznik, Z — zapłonnik (cyframi oznaczono zaciski)

o średnicy 2,5 mm, z główką płaską lub półokrągłą, a nie stożkową, gdyż główka stożkowa rozłupałaby występy bakelitowe w oprawce, służące do jej umocowania. Pod główką wkrętki należy dać podkładkę metalową o średnicy 7—8 mm, między drewno zaś a przyciskany do niego wkrętką występ bakelitowy oprawki należy podłożyć kawałek cienkiej tekturki, aby uniknąć odłupania kruchego bakelitu przy dokręcaniu wkrętki. Samą wkrętkę należy przykręcać ostrożnie i niezbyt mocno.

Po umocowaniu oprawek do listwy mocujemy do niej gniazdo (oprawkę) zapłonnika wkrętkami o średnicy 2,5 mm w miejscu wskazanym na rys. 16 a. Następnie mocujemy na listwie statecznik za pomocą wkrętek o średnicy 3,5 mm.

Po umocowaniu wszystkich części składowych obwodu приступujemy do połączenia ich ze sobą przewodami. Można tu użyć przewodów świecznikowych o przekroju $0,75 \text{ mm}^2$ w izolacji gumowej, igelitowej lub innej tego rodzaju, dozwolonej przez przepisy. Przewody te umieszcza się w rowkach zrobionych uprzednio w listwie i umocowuje się tam za pomocą skobelków. Schemat montażowy połączeń tych przewodów przedstawiono na rys. 17.

Jak wynika z tego schematu, obydwa większe zaciski 1 i 2,

umieszczone na listwie zaciskowej pod pokrywą statecznika, przewidziane są do połączenia z przewodami sieciowymi. Każdy z dwóch pozostałych mniejszych zacisków statecznika łączy się przewodami świecznikowymi z jednym z dwóch zacisków w każdej oprawce świetlówki, mianowicie: zacisk 3 z zaciskiem 5, a zacisk 4 z zaciskiem 10. Pozostałe zaciski w obu oprawkach łączy się z zaciskami w gnieździe zapłonika po odkręceniu jego górnej płytki, mianowicie: zacisk 6 oprawki z zaciskiem 7 gniazda, a zacisk 9 z zaciskiem 8 — i obwód świetlówki jest gotowy. Należy jeszcze tylko listwę ze zmontowanym obwodem umocować do sufitu lub do ściany, przewody sieciowe z wypustu połączyć z zaciskami 1 i 2 statecznika, założyć zapłonnik do gniazda, rurę zaś wsunąć do oprawek i instalacja jest zakończona. Po zamknięciu wyłącznika sieciowego świetlówka zapłonie.

Umocowanie do sufitu lub do ściany listwy ze zmontowanym na niej obwodem powinno być wykonane starannie z uwagi na dość znaczny ciężar takiego urządzenia.

Ciężar zmontowanej w powyższy sposób świetlówki 40 W wyniesie w przybliżeniu:

statecznik S 40 a	1250 g
rura RF 40	260 g
dwie oprawki	42 g
zapłonnik z gniazdem	28 g
listwa z przewodami około	2200 g
razem	3780 g

czyli blisko 4 kg. Dość pewne umocowanie do sufitu uzyskuje się przez zagipsowanie w nim wkrętek okręconych drutem, podczas gdy mocowanie listwy do zagipsowanych kołków drewnianych nadaje się tylko do świetlówek umieszczanych na ścianie.

Instalacja przewodów sieciowych do zasilania świetlówki nie różni się od zwykłej instalacji oświetleniowej. Przewody w izolacji gumowej mogą być doprowadzane w rurce bergmanowskiej pod tynkiem lub na tynku, albo zamiast nich mogą być użyte przewody płaszczowe lub inne przewody dozwolone przepisami dla instalacji oświetleniowej. Przewody te wprowadza się pod bakiolitową pokrywę statecznika od dołu przez odpowiedni otwór w listwie albo przez boczny otwór w tej pokrywie, który można zrobić w jej węższej ścianie w miejscu, gdzie grubość tej ścianki została w tym celu odpowiednio zmniejszona.

Zapłonnik zakłada się do gniazda w ten sposób, że jego wystające dwa sworznie z łebkami wkłada się do odpowiednich otworów w gnieździe, po czym zapłonnik przekręca się nieco w prawo aż do zamknięcia się zatrzasku. Aby zapłonnik wyjąć, należy go lekko odkręcić w lewo i wyciągnąć z gniazda.

Zakładanie rury odbywa się w następujący sposób. Rurę chwytą

się oburącz i przykładą do obu oprawek tak, aby najpierw pierwszy, a następnie drugi kołek każdego trzonka wszedł w wąskie zagłębienie podłużne w górnej części oprawki. Rurę wsuwa się wówczas jeszcze nieco głębiej (około 12 mm) w oprawki aż do oporu, po czym lekko pokręca się nią dookoła jej osi o ćwierć obrotu w p r a w o (patrzac na rurę od strony l e w e j oprawki). Przez to przekręcenie rury obydwie kołki każdego z jej trzonków wsuwają się w odpowiednie otwory poprzeczne oprawek i dzięki temu rura nie może się sama wysunąć z oprawek. Jednocześnie następuje zetknięcie się tych kołków z odpowiednimi stykami wewnątrz oprawki, wskutek czego kołki te i połączone z nimi elektrody rury zostają włączone do obwodu świetlówkowego.

Przy zakładaniu rury należy zwrócić uwagę na to, aby metaliczny pasek namalowany wzdłuż rury wypadł po jej przekręceniu o 90° z tej strony rury, która nie jest widoczna przez obserwatora z dołu, gdyż inaczej wpada on zbyt w oko i szpeci instalację. Jak już nadmieniono, pasek ten ma za zadanie ułatwić zapłon rury, a ponieważ dość dobrze przewodzi prąd, nie należy go nawet z jednego końca rury łączyć z częściami przewodzącymi, gdyż to może stać się powodem porażenia przy dotknięciu takiej rury przez obsługę.

Takie zakładanie rury dobrze jest przećwiczyć najpierw osobno z jedną oprawką luźną, jeszcze nie zamontowaną. Zakładanie i wyjmowanie rury z oprawek uważa się za najdelikatniejszą operację przy montażu świetlówek, ponieważ i trzonki i oprawki obecnie produkowanych świetlówek są bardzo kruche i łatwo ulegają uszkodzeniu.

W ten sposób wykonuje się instalację tymczasową świetlówek na listwie drewnianej. Zamiast listwy drewnianej można użyć sztucznej listwy z blachy stalowej grubości 3 do 4 mm, mocując ją na podkładkach kilkumilimetrowej grubości w tym celu, aby uzyskać między nią a ścianą lub sufitem wolną przestrzeń do prowadzenia przewodów. Można również zastosować tu cieńszą (około 1 mm grubości) blachę stalową z obrzeżami zagiętymi na 10 mm od strony sufitu. W blasze tej wycina się prostokątne otwory na stopy oprawek do rury według wymiarów podanych na rys. 16a oraz wierci się otwory na śrubki z nakrętkami do mocowania sprzętu. Poza tym taka instalacja nie różni się zasadniczo od opisanej dopiero co instalacji na listwie drewnianej.

Jeżeli chodzi o t a n i ą i n s t a l a c j ę świetlówek na drewnianych sufitach lub ścianach, można obejść się bez jakichkolwiek listew lub blach i montować świetlówki wprost na ścianie lub na suficie. Rys. 16b przedstawia taką właśnie instalację. Konieczne jest jednak użycie wówczas podstawek pod oprawki (rys. 11c), przy tym przewody (np. kabelkowe lub płaszczowe) łączące poszczególne części obwodu świetlówki prowadzone są na wierzchu.

Oprawki mocuje się do podstawek za pomocą śrubek do metalu, przy czym nie należy zapomnieć o podłożeniu podkładki tekturowej między występną bakelitową oprawką a blachą podstawki. Zapłonnik umieszcza się wtedy w gnieździe zmontowanym w jednej z podstawek albo też montuje się go osobno na desce sufityowej. Zarówno podstawy, jak statecznik (i ewentualnie gniazdo zapłonika) przytwierdza się do sufitu wkrętami, z zachowaniem między podstawami odstępów podanych na rys. 16 b.

We wszystkich tych sposobach instalowania świetlówek statecznik znajduje się na wierzchu obok rury fluoryzującej. Ponieważ wyrabiane u nas stateczniki mają pokrywy z czarnego bakelitu, więc pokrywy te pochłaniają część strumienia świetlnego wysyłanego przez świetłówki. Wskazane jest przeto, aby zarówno pokrywy stateczników, jak i pozostały widoczny sprzęt obwodu świetłówkowego pomalować na biało, żeby przez to zmniejszyć straty w świetle, wywołane pochłanianiem go przez ciemne powierzchnie. Jest oczywiste, że sufit i ściany w pomieszczeniu, w którym umieszczamy taką świetlówkę bez oprawy, muszą być też pomalowane na biało lub na inny jasny kolor.

Należy jeszcze wspomnieć o takim sposobie montowania świetlówek, przy którym statecznik z pewnych względów (np. architektonicznych) umieszczony bywa z dala od rury, przez co konstrukcja świetlówek, zmontowanych np. w ozdobnym żyrandolu, wypada bardzo lekka. W takich przypadkach stateczniki umieszcza się osobno w zakrytej wnęce w murze lub nad stropem sali.

10. Instalowanie świetlówek w oprawach

Jeżeli mamy zainstalować świetlówkę w oprawie, to obwód świetłówki jest przeważnie już zmontowany w tej właśnie oprawie i praca instalatora sprowadza się do:

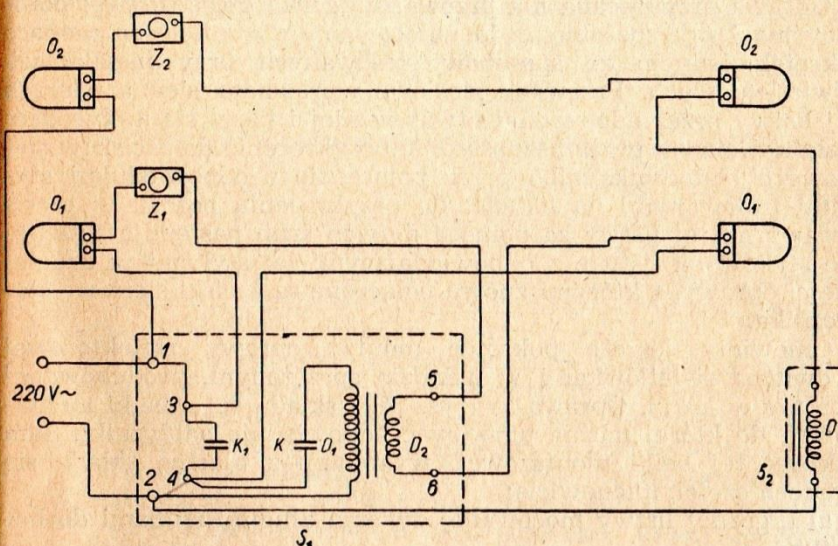
- umocowania oprawy do sufitu lub do ściany,
- połączenia przewodów sieciowych z wypustu z odpowiednimi zaciskami prądowymi oprawy,
- założenia świetłówki do jej oprawy.

Jeżeli oprawa nie zawiera zmontowanego obwodu świetłówkowego, należy go przede wszystkim zmontować. Robimy to w podobny sposób, jak to zostało opisane przy instalowaniu świetłówki na listwie, mianowicie najpierw mocujemy do oprawy części składowe obwodu, a następnie wykonujemy między nimi połączenia przewodami. Gdy chodzi o zmontowanie pojedynczej świetłówki, albo dwóch lub trzech świetlówek w zwykłym układzie, stosujemy schemat montażowy według rys. 17; gdy natomiast chodzi o zmontowanie dwóch świetlówek w układzie sprzężonym, stosujemy schemat montażowy według rys. 18.

Jak już podaliśmy w p. 6, obwody obu świetlówek w u k ł a -

dzie sprzężonym różnią się między sobą statecznikami. Jedna ze świetlówek ma statecznik z dławikiem dwuuzwojowym oraz z włączonym szeregowo dużym kondensatorem, druga zaś ma tylko zwykły dławik. Przyjrzyjmy się bliżej schematowi pokazanemu na rys. 18.

Podobnie jak przy pojedynczej świetlówce, doprowadza się przewody sieciowe do obu skrajnych zacisków 1 i 2 statecznika S_1 . Chcąc utworzyć obwód dla pierwszej świetlówki łączymy ze sobą przewodami świecznikowymi następujące części: zacisk 3 statecz-



Rys. 18. Schemat montażowy połączeń przewodów w obwodach dwóch świetlówek w układzie sprzężonym: O_1 — oprawka pierwszej świetlówki, O_2 — oprawka drugiej świetlówki, S_1 — statecznik pierwszej świetlówki, D_1 — uzwojenie robocze dławika dwuuzwojowego, D_2 — uzwojenie zapłonowe tegoż dławika, K — kondensator szeregowy, K_1 — kondensator przeciwzakłóceńowy, S_2 — statecznik drugiej świetlówki, D — dławik statecznika S_2 , Z_1 — zapłonnik pierwszej świetlówki, Z_2 — zapłonnik drugiej świetlówki (cyframi oznaczono zaciski)

nika S_1 — lewą oprawkę O_1 — gniazdo Z_1 zapłonnika — zacisk 5 dławika zapłonowego D_2 ; następnie zacisk 6 tego dławika — prawą oprawkę O_1 — zacisk 4 statecznika S_1 .

Stamtąd przez kondensator K i uzwojenie D_1 dławika uzyskujemy połączenie z zaciskiem sieciowym 2. Zacisk sieciowy 1, jak to widać na schemacie, jest połączony na stałe z zaciskiem 3.

W celu utworzenia obwodu dla drugiej świetlówki należy połączyć przewodami świecznikowymi co następuje: zacisk 1 statecznika S_1 — lewą oprawkę O_2 — gniazdo Z_2 zapłonnika — prawą oprawkę O_2 — dławik D statecznika S_2 — zacisk 2 statecznika S_1 .

Po wykonaniu tych połączeń należy oprawę umocować do sufitu lub do ściany, wykonać połączenie przewodów sieciowych z zaciskami sieciowymi 1 i 2 dławika, założyć zapłonnik do gniazd, wreszcie umocować świetlówki w oprawkach — i instalacja jest skończona.

Mocowanie opraw bywa rozmaite, zależnie od typu oprawy. Stosuje się zawieszanie opraw na łańcuszkach, mocowanie ich do rurek (np. w instalacji rurką stalowopancerną) albo przykręcanie do sufitu lub do ściany (rys. 15).

Oprawa przykręcana ma przeważnie górną część (listwę) odejmowaną i przysposobioną do umocowania na suficie za pomocą wkrętek jednym ze sposobów stosowanych przy instalacjach oświetleniowych. Przewody sieciowe wprowadza się na wierzch tej listwy przez odpowiedni otwór w niej i łączy się z obwodem świetlówkowym przez bezpośrednie przykręcenie do zacisków sieciowych statecznika albo przez połączenie z odpowiednimi stykami izolowanymi na listwie. Po przykręceniu pozostałej części oprawy do tej listwy za pomocą długich śrub następuje zetknięcie styków na listwie z odpowiadającymi im stykami w drugiej części oprawy, z którymi znowu połączone są zaciski sieciowe statecznika.

Omówimy jeszcze pokrótce montaż oprawy reflektorowej z dwiema świetlówkami w układzie sprzężonym, produkowanej obecnie w kraju. Oprawa ta (rys. 14 c) składa się z belki montażowej, do której można umocować odpowiednie odbłyśniki. Sam szkielet tej belki montażowej, wykonany z blachy, składa się z trzech części, mianowicie:

a) z górnej listwy mocowanej dwiema długimi śrubami do korytka,

b) z podstawy, na której zmontowane są główne części obwodu,

c) z korytka obejmującego podstawę, która może być z niego wysunięta po odjęciu górnej listwy i po wykręceniu 8 śrubek z podstawy.

Wszystkie połączenia wewnętrzne obu obwodów świetlówkowych są w tej oprawie już wykonane. Należy tylko przykręcić do niej cztery oprawki, które są schowane wewnątrz korytka, aby nie uległy uszkodzeniu podczas transportu, następnie umocować oprawę do sufitu i połączyć ją z przewodami sieciowymi, ewentualnie umocować do oprawy odbłyśniki (oprawa ta może być używana i bez tych odbłyśników), założyć zapłonnik i wreszcie założyć obydwie świetlówki.

Aby wyjąć oprawki, odkręcamy górną listwę i po wykręceniu dalszych 8 śrubek ostrożnie wysuwamy podstawę z korytka, po czym wyjmujemy oprawki połączone już z odpowiednimi przewodami. Równocześnie przez otwór w podstawie wysuwamy na zewnątrz zaciski świecznikowe (w porcelanie), zastępujące tu zaciski

sieciowe 1 i 2 statecznika S_1 . Wszystkie bowiem połączenia ze statecznikami zostały w tej oprawie wykonane przez lutowanie, wobec czego brak jest tu odpowiednich zacisków śrubowych, które były stosowane w statecznikach dawniejszej produkcji. Po zasunięciu i przykręceniu z powrotem podstawy do korytka mocujemy oprawki śrubkami w odpowiednich miejscach do korytka. Następnie mocujemy górną listwę do sufitu lub do ściany jednym ze znanych sposobów, wyprowadzając na wierzch listwy przewody sieciowe przez odpowiedni otwór w tej listwie. Przewody te łączymy z zaciskami świecznikowymi oprawy, po czym przykręcamy belkę montażową dwiema długimi śrubami do tej listwy. Pozostaje jeszcze tylko do ukończenia montażu założyć zapłonnik i rury oraz ewentualnie umocować odbłyśniki.

11. Kilka uwag o instalacji przewodów zasilających świetlówki

Instalacja przewodów zasilających świetlówki nie różni się na ogół od zwykłej instalacji przewodów do oświetlenia żarówkami. Przewody prowadzi się przeważnie w rurkach izolacyjnych (bergmanowskich) pod tynkiem albo stosuje się przewody kabelkowe lub płaszczowe na tynku. Można również zastosować wchodzące w użycie przewody wtynkowe.

Przy ustalaniu przekroju przewodów ze względu na nagrzewanie należy brać pod uwagę całkowity prąd (czynny i bierny) pobierany przez obwód świetlówkowy z sieci, należy więc uwzględnić wartość kosinusa ϕ . Ma to duże znaczenie zwłaszcza przy świetlówkach w układzie zwykłym (bez kondensatora) według schematu na rys. 8a, gdy kosinus ϕ takiej świetlówki ma wartość tylko 0,54. Wówczas bowiem prąd pobierany przez obwód świetlówki z sieci jest prawie 2 razy większy niż prąd pobierany z sieci przez obwód każdej z obu świetlówek w układzie sprzężonym. Wyjaśni nam dokładniej tę sprawę zapoznanie się z tablicą 3.

Tablica 3

Prąd pobierany przez świetlówki w różnych układach

Moc pobierana przez samą rurę, W	Moc pobierana przez cały obwód, W	Prąd przepływający przez rurę, A	Prąd pobierany z sieci przez obwód jednej świetlówki		
			świetlówka w układzie pojedynczym		świetlówka w układzie sprzężonym (kosinus $\phi = 0,95$)
			bez kondensatora (kosinus $\phi = 0,54$)	z kondensatorem (kosinus $\phi = 0,90$)	
W	W	A	A	A	A
25	32	0,27	0,27	0,16	0,15
40	50	0,42	0,42	0,25	0,24

W tablicy tej podane zostały dla obu wielkości świetlówek (25 W i 40 W) wartości prądu pobieranego z sieci przez obwód świetlówki przy różnych układach tych obwodów. Tak więc w świetlówce 40 W (jest to moc zużywana w samej rurze), pobierającej z sieci dla swojego obwodu moc 50 watów, przepływa przez rurę i przez statecznik prąd o natężeniu 0,42 ampera w przypadku gdy świetlówka ta pracuje w układzie pojedynczym, a jej statecznik zawiera sam tylko dławik. Wówczas kosinus ϕ takiego obwodu ma wartość 0,54. Jeżeli w tym układzie zamienimy dotychczasowy statecznik na inny, zawierający oprócz dławika także duży kondensator włączony równolegle do obwodu, to wówczas w układzie tym wartość kosinusa ϕ wzrośnie do 0,90, przez co natężenie prądu pobieranego z sieci przez ten obwód zmniejszy się z 0,42 ampera do 0,25 ampera (natężenie prądu przepływającego w samym obwodzie przez rurę i przez dławik nie ulegnie, oczywiście, zmianie i będzie nadal wynosiło 0,42 ampera). Jeżeli wreszcie weźmiemy dwie rury 40 W i włączymy je w układzie sprzężonym, aby zmniejszyć migotanie światła, to każdy z obwodów sprzężonych tych rur pobierać będzie z sieci średnio prąd 0,24 ampera, ponieważ kosinus ϕ w tym układzie uzyska wartość 0,95.

Jak z tego wynika, natężenie prądu płynącego przez rurę, dławik i łączące je przewody w obwodzie świetlówki nie ulega zmianie mimo zastosowania odmiennych typów stateczników. Zmienia się wówczas tylko natężenie prądu w sieci zasilającej obwód świetlówkowy.

Przy ustalaniu przekroju przewodów zasilających należy mieć na względzie jeszcze jedną ważną okoliczność. Wartości prądów podane w tablicy 3 są to wartości prądów roboczych, występujących w obwodach podczas świecenia się świetlówek. Natomiast podczas zapłonu świetlówki występuje prąd zapłonu, który na ogół ma wartość o połowę większą od jej prądu roboczego. Jeżeli chodzi o zwykłe warunki eksploatacyjne, gdy zapłon świetlówek trwa tylko kilka sekund, nie ma to wielkiego znaczenia dla przewodów zasilających, obliczonych dla prądów roboczych. Zupełnie jednak inaczej przedstawia się sprawa, gdy instalacja świetlówkowa (np. w dużej sali, gdzie świeci się ich kilkadziesiąt) nie jest odpowiednio konserwowana. W takiej instalacji po pewnym czasie część świetlówek z różnych względów przestaje się zapalać. Przypuśćmy, że w jednym obwodzie instalacyjnym liczba nie palących się świetlówek 40 W dojdzie do 20 sztuk, oprócz na przykład 10 dających się jeszcze zapalić. Jeżeli obwody tych nieczynnych świetlówek do czasu wymiany zużytych części nie zostały odłączone spod napięcia (przez wyjęcie zapłonników lub samych rur) i rury te tkwiąc w swych oprawkach żarzą się słabo na swych końcach przez cały czas po zamknięciu wyłącznika

sieciowego, wówczas świetlówki te pobierają z sieci prąd zapłonowy, mimo że się nie świecą. Prąd zapłonowy rury 40 W wynosi około 0,63 ampera; przy 20 rurach prąd zapłonowy wyniesie więc 12,6 ampera, a wraz z prądem roboczym palących się w tym obwodzie rur — do 17 amperów, podczas gdy największy prąd dopuszczalny w miedzianym przewodzie zasilającym o przekroju 1,5 mm² (najczęściej stosowanym w instalacjach oświetleniowych) wynosi tylko 10 amperów. Następuje więc w takim przypadku oprócz przegrzania wyłącznika sieciowego również przegrzanie przewodów zasilających, co prowadzi do przepalenia się bezpieczników tego obwodu instalacyjnego (mimo że świetlówki się nie palą!), w razie zaś tak zwanego „drutowania“ tych bezpieczników może to doprowadzić do pożaru.

Niezależnie od przegrzewania instalacji zasilającej występują zawsze w takich przypadkach uszkodzenia w samej rurze i w częściach składowych jej własnego obwodu, o czym będzie mowa w p. 14.

Z tych względów w jednym obwodzie instalacyjnym o przekroju przewodów miedzianych 1,5 mm², obsługiwanych przez jeden wyłącznik (lub przez kilka wyłączników, jeśli wyłączniki te pozostają z reguły włączone w tym samym czasie), nie powinno się umieszczać więcej niż 15 świetlówek 40 W lub 23 świetlówki 25 W. W takich przypadkach powinno się też stosować do tych obwodów instalacyjnych wyłączniki sieciowe co najmniej na 10 A. Przełączników pokrętnych nie należy dawać w instalacjach świetłkowych, gdyż częste zapalanie i gaszenie poszczególnych świetlówek — nieuniknione przy tego rodzaju przełącznikach — skraca trwałość tych świetlówek.

Z uwagi na możliwość wywoływania przez świetlówki (zwłaszcza podczas zapłonu) zakłóceń w odbiorze radiowym należy przewody świetlne prowadzić w pewnym odstępnie (2 do 3 metrów) od instalacji radiofonicznej, zwłaszcza zaś od doprowadzenia do anteny, unikając przy tym przebiegu równoległego obu rodzajów przewodów. Jeżeli to nie jest możliwe, należy do wykonania instalacji radiofonicznej użyć przewodów ekranowych (w płaszczu metalowym).

IV. EKSPLOATACJA ŚWIE TLÓWEK

12. Najodpowiedniejsze warunki do pracy świetlówek

W przeciwieństwie do żarówki, którą można stosować prawie w każdych okolicznościach, świetlówka nadaje się do pracy tylko w określonych warunkach, gdyż inaczej będzie świeciła mało wydajnie (jeżeli w ogóle się zapali) albo trwałość jej okaże się zbyt krótka.

Podstawowymi warunkami dobrej pracy świetlówki będą:

- a) odpowiednia temperatura otoczenia,
- b) niezbyt częste zapalanie i gaszenie.

Omówimy bliżej obydwie te warunki.

Świetlówka pracuje najlepiej, gdy znajduje się w spokojnym, bezwietrznym powietrzu o temperaturze od 10 do 20°C. Wówczas ma największą wydajność świetlną (około 39 lm/W), przy tym zapłon jej nie napotyka na trudności. Gdy temperatura otoczenia spada do zera, przez co i temperatura wewnątrz świetlówki się obniża, strumień świetlówki zmniejsza się wprawdzie nieznacznie, bo o jakieś 7%, ale za to zapłon tej rury staje się wówczas niepewny. To znaczy, że niektóre z rur, które w temperaturze powyżej 10°C zapalają się bez trudności, nie zapalają się w temperaturze 0°C. W temperaturach wyższych natomiast zapłon rury jest łatwy; za to jej strumień zmniejsza się dość znacznie, na przykład przy najwyższej dopuszczalnej dla świetlówki temperaturze 40°C strumień świetlówki wynosi tylko 82% tego strumienia, jaki ona wysyła przy temperaturze 20°C.

Również wiatr wpływa niekorzystnie na pracę świetlówki, gdyż powoduje dodatkowe jej chłodzenie. Przy silnym wietrze (o prędkości ponad 6 metrów na sekundę) i temperaturze otoczenia 10°C strumień świetlówki zmniejsza się do 75% swej wartości normalnej (bez wiatru), a przy 0°C spada nawet do 56%, przy czym o zapłonie rury w tych warunkach nie ma mowy. Można sobie wprawdzie poradzić w ten sposób, że rurę umieszcza się w osłonie szklanej, która chroni świetlówkę przed nadmiernym chłodzeniem wskutek wiatru lub zimnego otoczenia, ale nie rozwiązuje to sprawy zapłonu rury, która przed zapaleniem musiałaby być specjalnie podgrzana. Osłona taka jest jednak skuteczna w tym przypadku, gdy zapalona już rura zostanie wystawiona na zimno lub na wiatr albo gdy wewnątrz osłony jest umieszczony grzejnik, podgrzewający rurę przed zapłonem, a w miarę potrzeby także podczas pracy w zimnym otoczeniu.

Z powyższego widać, że zwykła świetlówka nie nadaje się u nas do oświetlenia zewnętrznego w porze chłodnej lub wietrznej, do oświetlenia zaś wewnątrz można jej używać tylko tam, gdzie temperatura otoczenia nie spada do wartości bliskiej zera.

Co się tyczy trwałości świetlówki, zależy ona od tego, ile godzin trwa praca świetlówki po każdym zapaleniu. Chodzi mianowicie o to, że najbardziej skraca trwałość nie samo palenie się rury, lecz każdorazowy jej zapłon. Podczas zapłonu bowiem elektrody rury ulegają w pewnym stopniu rozpyleniu, to znaczy, że drobne cząsteczki metalu skrętki, łącznie z pokrywającą je substancją ułatwiającą wydzielanie elektronów (bardziej szczegółowo pisano o tym w p. 3), odrywają się od elektrod pod wpły-

wem występującego wówczas w rurze wysokiego napięcia i osiadają na ściankach rury. Powoduje to zaciemnienie tych ścianek, przez co rura świeci coraz ciemniej, ponadto zaś zmienia się przez to skład chemiczny gazów zawartych w rurze, wskutek czego zapłon rury staje się coraz trudniejszy, a wreszcie ustaje.

Rurę, której nie możemy w zwykłych warunkach zapalić, uważamy za zużytą i wymieniamy na nową. Im częściej więc zapala się świetlówkę, tym prędzej się ona zużyje. Świetlówka należytej jakości, która po każdym zapaleniu świeci się tylko w ciągu 3 godzin, a potem zostaje zgaszona i ponownie zapalona, po 2500 godzinach okaże się zużytą. Jeżeli taką samą świetlówkę po każdym zapaleniu będziemy świecili w ciągu 6 godzin, to wytrzyma 4000 godzin świecenia. Jeśli wreszcie taka sama świetlówka będzie świeciła w ciągu 12 godzin po każdym zapaleniu, to jej trwałość wzrośnie do 6000 godzin pracy. Świetlówki palone bez przerwy mogą osiągnąć trwałość do 10 000 godzin pracy¹⁾.

Z powyższego wynika, że świetlówek nie należy stosować tam, gdzie światło jest często zapalane i gaszone, ponieważ w takich warunkach świetlówki wkrótce się „przepalą”, jak się to popularnie mówi ze względu na podobieństwo do przepalania się żarówek. W gruncie rzeczy w takiej rurze nic się nie przepala, skrętki elektrod są całe, a mimo to świetlówka nie da się w zwykły sposób zapalić. Rurę taką można byłoby wprowadzić zapalić przy użyciu specjalnych środków, np. przez podwyższenie napięcia zapłonu, ale takich sposobów nie można stosować w zwykłych warunkach eksploatacyjnych ze względu chociażby na niebezpieczeństwo porażenia ludzi stykających się z instalacją oświetleniową.

13. Jak należy się obchodzić ze świetlówką

Świetlówka wymaga na ogół bardziej ostrożnego obchodzenia się z nią niż żarówka. Wprowadzić skrętki tworzące elektrody rury są wytrzymalsze na wstrząsy niż skrętki w żarówkach, i zużyte świetlówki (tj. takie, które w zwykłych warunkach nie dadzą się zapalić) mają przeważnie skrętki nieuszkodzone, ale za to rura jest łatwiejsza do stłuczenia z uwagi na jej znaczne rozmiary, w razie zaś nieuważnego zakładania jej lub wyjmowania z oprawek nie trudno o uszkodzenie kołków w trzonkach rury. Konstrukcja tych oprawek również jest delikatniejsza od konstrukcji oprawki do żarówki.

Z pozostałych elementów składowych obwodu świetlówkowego należy jeszcze zapłonnik zaliczyć do części bardzo łatwo ulega-

¹⁾ Takich trwałości nie osiąga żadna żarówka. Widzimy więc, że w pewnych warunkach eksploatacyjnych, np. tam gdzie lampa musi palić się przez znaczną część doby lub przez całą dobę bez przerwy, świetlówka jest bezkonkurencyjna.

jących uszkodzeniu mechanicznemu, gdyż w razie upuszczenia go na ziemię lub silniejszego uderzenia może stłuc się lampka neonowa, która jest zmontowana w środku zapłonnika.

Z tych względów zarówno podczas montażu świetlóвки, jak i później podczas jej eksploatacji zaleca się jak najostrożniejsze obchodzenie się z wymienionymi częściami tej lampy. Przed zakładaniem lub zdejmowaniem oprawy (albo listwy) rura i zapłonnik powinny być zawsze wyjęte z oprawek i założone dopiero po ukończeniu montażu. Samo wkładanie lub wyjmowanie rury i zapłonnika należy wykonywać z jak największą ostrożnością. Najlepiej jest nie wchodzić z rurą na drabinę, lecz po wejściu na górę wziąć ją od pomocnika stojącego na dole. Wkładać i wyjmować z oprawek powinien jeden człowiek; gdy robi to dwóch ludzi jednocześnie, łatwiej jest sprzęt uszkodzić, ponieważ nie wyczuwa się wtedy tak dobrze oporu stawianego przez rurę i części stykowe.

Przy wkładaniu rury należy ponadto pamiętać o tym, aby metaliczny pasek wzdłuż rury nie był po jej założeniu widoczny dla patrzącego na świetlówkę. Łączenie tego paska metalicznego na rurze z przewodami zasilającymi jest niedozwolone, w przeciwnym bowiem razie w wyniku dotknięcia takiego paska znajdującego się pod napięciem można łatwo ulec porażeniu. Przy chwytaniu rury znajdującej się pod napięciem należy więc uważać na to, czy nie ma tam takiego połączenia; gdyby zaś pasek ten z jakichkolwiek powodów był połączony elektrycznie (na przykład drutem albo paskiem cynfolii) z przewodami zasilającymi rurę, nie należy rury chwycić gołą ręką, lecz przez suchą, złożoną w kilkoro ściereczkę albo przez inną jakąś materię izolującą elektrycznie.

Do osłony rur podczas transportu stosowane są opakowania z tektury falistej. Zaleca się przechowywać w nich rury aż do tej chwili, gdy przystępujemy do zakładania rury do umocowanej już oprawy lub podstawy. Kładzenie gołych rur na stole lub na podłodze kończy się często mimowolnym ich uszkodzeniem.

Przy zapalaniu świetlówek zainstalowanych w większej liczbie w jednym pomieszczeniu, np. w dużej sali, nie należy zamykać następnego wyłącznika sieciowego, zanim nie zapalą się świetlóвки włączone poprzednim wyłącznikiem. Ma to na celu zmniejszenie pobieranego w jednym czasie z sieci prądu zapłonowego, który jako większy od prądu roboczego świetlówek może przez zwiększenie spadku napięcia w sieci utrudnić ich zapłon.

Jeśli chodzi o tak zwane „oszczędnościowe“ gaszenie światła w pomieszczeniu w razie opuszczenia go na chwilę, to jest ono uzasadnione przy oświetleniu żarowym, natomiast całkiem błędne przy świetlówkach. Wobec tego, że częste zapalanie świetlówek skraca wydatnie jej trwałość, nie opłaca się gasić palących się świetlówek przy opuszczeniu pokoju nawet na godzinę, gdyż uży-

skana przez to oszczędność na zużyciu energii okaże się mniejsza od zwiększonych wydatków na zakup nowych świetlówek. W zwykłych warunkach eksploatacyjnych, a więc w biurach, laboratoriach, warsztatach i tym podobnych miejscach pracy najkorzystniej będzie i dla zatrudnionych tam ludzi i dla sprzętu oświetleniowego, gdy świetlówki raz zapalone o zmierzchu świecą się bez przerwy aż do końca dnia roboczego, albo — inaczej mówiąc — gdy świetlówki są zapalane i gaszone raz na dobę.

14. Uszkodzenia w obwodzie świetlówki i sposoby ich usunięcia

Gdy mamy do czynienia z lampami żarowymi, to znalezienie przyczyny, dla której taka lampa nie świeci, jest stosunkowo proste. Jeżeli przewody doprowadzające prąd do oprawy są pod napięciem, to powodem niepalenia się lampy będzie przerwa w przewodach świecznikowych, zły styk w oprawce albo uszkodzenie żarówki. Przy świetlówce oprócz analogicznych powodów niepalenia się lampy mogą wystąpić ponadto inne, ponieważ obwód świetlówki jest bardziej złożony od obwodu żarówki. Dochodzi więc jeszcze możliwość uszkodzenia lub wadliwego działania statecznika i zapłonnika. Zwłaszcza zapłonnik jest w naszych warunkach częstym powodem niezadowolającej pracy świetlówki i on to najbardziej może przyczynić się do wytworzenia się u nas pewnego uprzedzenia do tego nowego źródła światła.

Aby móc poznać, że świetlówka pracuje wadliwie, trzeba przedtem dokładnie wiedzieć, jak powinna zachowywać się podczas pracy dobra świetlówka. Dlatego najpierw opiszemy, jak odbywa się normalny zapłon i normalna praca rury fluoryzującej.

Po zamknięciu wyłącznika sieciowego zaczyna działać zapłonnik. W jego lampce neonowej następuje wyładowanie, które rozgrzewa jej elektrody i powoduje ich zwarcie; potrzeba na to zwykle około 1 sekundy. W chwili zwarcia zapłonnik zaczyna płynąć prąd grzejny przez elektrody rury fluoryzującej, przez co nagrzewają się one do temperatury kilkuset stopni, która jest potrzebna do obfitego wydzielania przez elektrody wolnych elektronów wewnątrz rury. Nagrzewanie to trwa zwykle 1 do 2 sekund, po czym elektrody zapłonnik, które przez ten czas zdołały nieco ostygnąć, rozwierają się i przerywają obwód grzejny świetlówki. Wskutek przerwy obwodu z włączoną cewką statecznika o znacznej indukcyjności pojawia się na elektrodach rury podwyższone (do około 700 V) napięcie zapłonu, które nagromadzone obok katody wolne elektrony skierowuje do przeciwległej anody i w ten sposób dochodzi do zapłonu rury.

Jak widzimy, od chwili zamknięcia wyłącznika sieciowego do zapalenia się rury powinno zwykle upływać od 2 do 3 sekund. Zdarza się jednak, że niektóre zapłonniki zużywają na ten cykl

mniej (około 1 sekundy) albo więcej (do 5 sekund) czasu, co wpływa niekorzystnie na trwałość rury. Jeżeli bowiem zapłon trwa zbyt długo, rozgrzane elektrody rury wydzielają bezużytecznie zbyt wiele wolnych elektronów, przez co emisja ich wyczerpie się przedwcześnie. Jeżeli zaś zapłon następuje przy niedostatecznie rozgrzanych elektrodach rury, to wymaga wtedy wyższego napięcia i przebiega bardziej gwałtownie, a wówczas zwiększa się rozpylenie tych elektrod i w rezultacie trwałość rury też się skraca.

Nie zawsze zapłon rury następuje przy pierwszym cyklu zapłonu. W starszych rurach cykl ten musi powtórzyć się kilkakrotnie, zanim rura zapłonie.

O tym, że prąd grzejny płynie przez skrętki elektrod rury, można się łatwo przekonać, ponieważ wówczas w rurze na każdym jej końcu przy trzonku wytwarza się dość jasno świecący pierścień. Po zapłonie rura powinna świecić jednolicie na całej swej długości. Występowanie na jej powierzchni ciemniejszych pasków nieruchomych lub poruszających się (drgających) wzdłuż rury dowodzi, że praca rury jest nienormalna i rurę należy wymienić na nową. Wyjątek stanowi powolne migotanie¹⁾ światła, występujące niekiedy na warstwie luminoforów w obydwóch końcach rury. Migotanie to, którego nie należy mieszać ze znacznie szybszym migotaniem światła całej rury, wywołującym zjawisko stroboskopowe, może zachodzić w zupełnie dobrych rurach.

Omówimy teraz niektóre objawy uszkodzeń lub błędów montażu, zdarzających się w obwodzie świetlówki i powodujących wadliwy jej zapłon i pracę, podając zarazem sposoby ich usunięcia.

Przypadek 1. Po zamknięciu wyłącznika sieciowego świetlówka nie zapala się. Na końcach rury nie występują świecące pierścienie, co dowodzi, że prąd grzejny nie płynie przez elektrody rury.

Może tu zachodzić 5 różnych rodzajów uszkodzeń.

a) Uszkodzenie samej rury. Aby się o tym przekonać, należy rurę tę chwilowo zastąpić przez inną, która świeci się w innym obwodzie, i jeśli ta nowa rura zaświeci się normalnie w badanym obwodzie, jest to dowód, że pierwsza rura była uszkodzona i należy ją wymienić na nową.

b) Uszkodzenie zapłonika. W tym przypadku druga rura też się w tym obwodzie nie zapali, natomiast zapali się ona po za-

¹⁾ Migotanie to jest spowodowane nieregularnymi, niezbyt częstymi przegasaniami strumienia świetlnego na końcach rury (1 lub 2 razy na sekundę albo jeszcze rzadziej). Jest ono nieprzyjemnie odczuwane przez oko patrzące na rurę bezpośrednio i dlatego rury zasłania się niekiedy przed nim osłoną ze szkła matowego lub kratką z prętów aluminiowych, umieszczaną w oprawie.

stąpieniu dotychczasowego zapłonnika przez drugi, wypróbowany w jakimś innym obwodzie. Stary zapłonnik należy wymienić na nowy.

Jeżeli przy zmienionej rurze i zmienionym zapłonniku rura się nie zapala, powodem tego może być:

- c) uszkodzenie statecznika (przerwa w uzwojeniu),
- d) uszkodzenie przewodów (przerwa lub słaby styk w zaciskach),
- e) uszkodzenie oprawek.

Ostatnie trzy rodzaje uszkodzeń można wykryć i ustalić ich miejsce po zamknięciu wyłącznika sieciowego przez kolejne przebadanie zacisków w obwodzie, począwszy od zacisków sieciowych na stateczniku, i przez stwierdzenie za pomocą lampy kontrolnej (z żarówką 15 W, 220 V), do którego z zacisków napięcie nie dochodzi. Można się tu posłużyć schematem ideowym obwodu podanym na rys. 8, albo lepiej schematem montażowym podanym na rys. 17. Rura powinna być założona do oprawek, natomiast zapłonnik należy wyjąć z gniazda. Najpierw więc końcówki lampy kontrolnej (kontrolki) przykładamy do zacisków 1 i 2 (rys. 17) i sprawdzamy, czy żarówka się zaświeci. Będzie to kontrola przewodów doprowadzających napięcie. Następnie sprawdzamy statecznik przez przyłożenie końcówek kontrolki do zacisków 3 i 4, potem zaś sprawdzamy: przewód do pierwszej oprawki rury (kontrolka między zaciskami 1 i 10), styki w pierwszej oprawce (zaciski 1 i 9), przewód do gniazda zapłonnika (zaciski 1 i 8). W dalszym ciągu sprawdzamy: przewód do drugiej oprawki rury (zaciski 2 i 5), styki w drugiej oprawce (zaciski 2 i 6), drugi przewód do gniazda zapłonnika (zaciski 2 i 7). Jeśli kontrolka nie zaświeci się między którąś z wymienionych uprzednio par zacisków, oznacza to, że między nimi jest przerwa, którą należy usunąć. W razie przerwy w stateczniku lub w którejś z oprawek należy je wymienić na inne. Jeżeli nie ma już nigdzie przerwy w połączeniach, kontrolka powinna zaświecić się również między zaciskami 7 i 8, co oznacza że zapłonnik otrzymuje napięcie z sieci, instalacja jest więc w porządku. Po założeniu zapłonnika do gniazda rura powinna zapłonąć.

Przypadek 2. Po zamknięciu wyłącznika sieciowego występują po obu końcach rury świecące pierścienie, lecz zapłon nie następuje.

Mogą być 3 przyczyny tego zjawiska:

- a) uszkodzenie samego zapłonnika, mianowicie stałe zwarcie jego elektrod,
- b) uszkodzenie (zwarcie) przewodów prowadzących do gniazda zapłonnika,
- c) uszkodzenie gniazda zapłonnika.

Aby przekonać się, która z tych przyczyn tutaj występuje, na-

leży wyjąć zapłonnik z gniazda. Jeżeli świecenie pierścieni po tym znikło, oznacza to, że zapłonnik jest uszkodzony i trzeba go zastąpić nowym, wypróbowaawszy go uprzednio przy innej świetlówce. Jeżeli jednak po wyjęciu zapłonnika z gniazda pierścienie przy końcach rury świecą się nadal, powodem uszkodzenia będzie zwarcie przewodów prowadzących do tego gniazda lub zwarcie w samym gnieździe.

Zwarcie w przewodach możemy stwierdzić przez uważne ich oględziny. Jeśli to nie da wyniku, wówczas po otwarciu wyłącznika sieciowego i po odkręceniu górnej płytki z gniazda zapłonnika odłączamy od niego jeden z przewodów, np. od zacisku 7 (rys. 17), po czym zamykamy wyłącznik sieciowy. Jeśli przy założonej rurze, lecz wyjętym zapłonnikiem wystąpią znów świecące pierścienie na końcach rury, to istnieje zwarcie między przewodami prowadzącymi do gniazda zapłonnika, czyli między przewodem łączącym zacisk 6 z zaciskiem 7 a przewodem łączącym zacisk 8 z zaciskiem 9. Jeśli natomiast świecące pierścienie w rurze nie pokazały się, dowodzi to istnienia zwarcia w gnieździe.

Jeżeli omawianych tu zwarć nie możemy od razu usunąć przez wymianę zapłonnika, gniazda lub uszkodzonych przewodów, a świetlówka nie ma własnego wyłącznika sieciowego, lecz jest włączana razem z całą grupą innych świetlówek, powinno się uszkodzoną świetlówkę jak najprędzej wyłączyć spod napięcia. W tym celu należy zwarty zapłonnik usunąć z gniazda, jeżeli zaś zwarcie jest w przewodach lub w gnieździe, trzeba wyjąć rurę z oprawek.

Przypadek 3. Po zamknięciu wyłącznika sieciowego występuje świecący pierścień przy jednym tylko końcu rury. Rura co pewien czas rozbłyśka, ale nie może się zapalić.

Tu również mogą być 3 przyczyny tych objawów.

a) Uszkodzenie wewnętrzne rury przez zwarcie w niej doprowadzeń do skrętki elektrody w tym końcu rury, gdzie brak jest świetlenia. Stwierdzić to można przez przełożenie rury w ten sposób, aby jej trzonki zamieniły się na miejsca w oprawkach. Jeżeli i teraz ten sam koniec rury pozostał ciemny, uszkodzenie znajduje się w rurze i trzeba ją wymienić na nową. Jeżeli natomiast ciemny koniec rury wypadnie znowu przy tej samej oprawce, dowodzi to:

b) uszkodzenia (zwarcia) przewodów prowadzących do tej oprawki, w której mieści się ciemny koniec rury, albo też

c) uszkodzenia w samej tej oprawce, polegającego na połączeniu ze sobą obu jej styków, zwierających przez to skrętkę w ciemnym końcu rury.

Ostatnie uszkodzenia można stwierdzić w podobny sposób, jak w przypadku 1. Wyjmujemy rurę z oprawek oraz zapłonnik z gniazda. Jeśli oprawką podejrzaną o uszkodzenie będzie prawa

oprawka według schematu podanego na rys. 17, to wówczas przy otwartym wyłączniku sieciowym odłączamy jeden z przewodów od zacisków tej oprawki. Następnie przy zamkniętym wyłączniku sieciowym przykładamy końcówki lampy kontrolnej do zacisków 1 i 8; jeżeli ta lampa się zaświeci, dowodzi to istnienia zwarcia między przewodami prowadzącymi do tej oprawki, jeśli zaś kontrolka się nie zaświeci, zwarcie jest w samej tej oprawce. Gdy natomiast chodzi o lewą oprawkę według schematu podanego na rys. 17, umieszczoną w pobliżu gniazda zapłonika, to odłączanie przewodu od tej oprawki podczas tej próby jest zbędne, gdyż zwarcie między obu przewodami na krótkim odcinku od zacisku 6 do 7 łatwo jest wykryć przez oględziny. Jeśli go tu nie znaleźliśmy, przykładamy końcówki kontrolki do zacisków 2 i 6; w razie zaświecenia się jej istnieje zwarcie w lewej oprawce. Uszkodzoną oprawkę należy wymienić na nową.

Przypadek 4. Po zamknięciu wyłącznika sieciowego na końcach rury pojawia się słabe świecenie koloru pomarańczowego, które chwilami przygasa i pojawia się, a wreszcie gaśnie zupełnie. Rura nie zapala się.

Powodem tego będzie uszkodzenie rury, wynikające stąd, że przedostało się do niej powietrze, w którym skrętki elektrod rozżarzone prądem zapłonowym szybko się przepalają. Taką rurę trzeba wymienić na nową.

Przypadek 5. Świetlówka okresowo gaśnie i ponownie zapala się.

Przyczyną tych objawów może być wadliwość zarówno rury, jak i zapłonika. Wadliwość ta polega na tym, że napięcie na rurze podczas jej pracy przewyższa napięcie zapłonu lampki neonowej danego zapłonika. Ponieważ zapłonnik jest włączony równolegle do rury, więc zbyt wysokie napięcie pracy rury (albo w innym przypadku zbyt niskie napięcie zapłonu neonówki) powoduje, że zapłonnik ten w chwilę po zaświeceniu się rury zaczyna automatycznie swój cykl pracy zapłonowej. A więc w jego lampce neonowej dochodzi do wyładowania między elektrodami, wskutek czego po rozgrzaniu się bimetalu następuje zetknięcie się tych elektrod, co powoduje równocześnie zwarcie elektrod rury fluoryzującej i jej zgaśnięcie. Po chwili elektroda bimetalowa zapłonika stygnąc odsuwa się od swej towarzyszki, przerywając obwód zapłonowy rury i wywołując w niej zapłon. Niedługo po tym zapłonnik powtarza swój cykl zapłonowy i tak dalej.

Jeżeli powodem tego niedomagania w pracy świetlówki jest wadliwy zapłonnik, wystarczy zastąpić go drugim, wypróbowanym

przy innej świetlówce. Jeżeli to nie pomaga, błąd tkwi w samej rurze, która musi być zastąpiona przez inną.

Przypadek 6. Świetlówka zapala się bez trudności i świeci jasno, lecz już po kilku godzinach daje się zauważyć silne zaciemnienie po obu końcach rury. Po niedługim czasie lampa zgaśnie i nie da się więcej zapalić.

Tak wczesne pociemnienie końców rury może wskazywać na zbyt wielkie natężenie prądu przepływającego przez rurę. Dowodziłoby to, że statecznik nie reguluje w należyty sposób natężenia tego prądu. Powodem tego może być nieodpowiedni typ statecznika dla danej rury, albo błąd w działaniu statecznika, który należałoby dać do sprawdzenia przez odpowiednie pomiary w laboratorium.

Innym powodem zbyt wczesnego i silnego pociemnienia końców rury może być również wadliwe wykonanie jej elektrod, wskutek czego rura szybko traci swą emisję. Jeżeli więc zauważy się przedwczesne ciemnienie końców jakiejś rury, należy ją na wszelki wypadek przełożyć do innego wypróbowanego już obwodu i jeśli mimo to rura ta w krótkim czasie zakończy swą pracę, będzie to dowodem, że sama rura była wadliwa.

Przypadek 7. Świetlówka zapala się normalnie, jednak rura podczas pracy nie świeci równomiernie na całej swej długości, lecz występują na niej ruchome ciemne prążki, niekiedy wijące się wężykowato w kierunku od jednej elektrody do drugiej.

Powodem tych objawów może być nieodpowiednia stabilizacja natężenia prądu w rurze przez jej statecznik albo wadliwy stan samej rury (złe wykonanie elektrod lub zanieczyszczenia w napełniającym ją gazie). Taką rurę należy przełożyć do innego, już wypróbowanego obwodu. Jeżeli opisane zjawiska nie ustają, można spróbować usunąć je w sposób następujący: rurę kilkakrotnie zapalić i zgasić, po czym wyjąć ją z oprawek, przekręcić dokoła własnej osi o pół obrotu, ponownie założyć w tym nowym położeniu i znowu kilkakrotnie zapalić i zgasić. Jeśli wszystko to nie pomoże, rurę jako wadliwą należy zastąpić przez inną.

Przypadek 8. Świetlówka ma zapłon normalny, lecz słabo świeci w porównaniu z innymi.

Powodem zbyt małego strumienia świetlnego rury może być za małe natężenie prądu przepływającego przez nią, wskutek nieodpowiedniego lub wadliwego statecznika, albo wadliwe wykonanie samej rury. Jeśli rura ta po przełożeniu do innego obwodu nie zwiększy swego strumienia świetlnego, będzie to dowodziło, że wada tkwi w samej rurze (zbyt mało w niej znajduje się rtęci albo luminofor jest nieodpowiedni). Taką rurę trzeba wymienić na nową. Jeśli natomiast w tym innym obwodzie próbowana rura

okaże się dobra, należy statecznik dać do sprawdzenia w celu dokonania na nim pomiarów.

Przypadek 9. Po zamknięciu wyłącznika sieciowego pojawiają się na chwilę bardzo jasne pierścienie świecące po obu końcach rury i wnet gasną; zapłon rury nie następuje.

Wskutek zbyt dużego natężenia prądu zapłonowego nastąpiło przepalenie skrętek w elektrodach rury. Powodem tego było uszkodzenie statecznika (przebiecie izolacji i zwarcie w uzwojeniu dławika). Dławik należy wymienić na inny.

Podkreślamy raz jeszcze, że świetlówki uszkodzone z jakiegokolwiek powodu powinny być jak najprędzej wyłączone spod napięcia. Pozostawienie chociażby tylko w ciągu kilku godzin świetlówki z rozżarzonymi elektrodami (czego dowodem są świecące pierścienie na końcach rury) jest bardzo szkodliwe nie tylko dla samej rury, która przez to traci szybko emisję elektronów, ale i dla innych części jej obwodu. Prąd żarzenia, który jest półtora raza większy od normalnego prądu roboczego świetlówki, płynie przez cały ten czas przez statecznik przegrzewając uzwojenie jego dławika oraz ewentualnie jego kondensator (przy układzie sprzężonym), co może doprowadzić w końcu do zniszczenia statecznika przez przebiecie jego izolacji. Z drugiej strony jedna uszkodzona świetlówka może stać się powodem zakłóceń w normalnym działaniu całej instalacji oświetleniowej w tym pomieszczeniu, gdyż na przykład ustawiczne jaskrawe błyski zapłonowe wadliwej świetlówki (porównaj przypadki 3 i 5) przeszkadzają w pracy zatrudnionym tam ludziom.

Z tych względów instalacja oświetleniowa wyposażona w świetlówki wymaga troskliwszej konserwacji niż instalacja z lampami żarowymi, przy czym konserwacja świetlówek jako trudniejsza powinna być też wykonywana przez bardziej wykwalifikowany personel monterski.

V. ZAKOŃCZENIE

15. Streszczenie najważniejszych wiadomości o świetlówkach

Świetlówki mają kilka cennych zalet w porównaniu z żarówkami, mianowicie:

- a) wielką wydajność — 3 do 4 razy większą od wydajności żarówek o takim samym strumieniu świetlnym;
- b) dużą trwałość — kilka tysięcy godzin świecenia w odpowiednich warunkach pracy;
- c) łatwość uzyskania światła o dowolnej barwie, a więc również o barwie światła dziennego;
- d) małą jaskrawość świecenia, umożliwiającą stosowanie świetlówek także bez osłon;

e) niską temperaturę tego „zimnego źródła światła“;

f) nieznaczną wrażliwość na wstrząsy.

Świetlówki mają też i wady, mianowicie:

większe niż przy żarówkach migotanie światła (tylko w świetlówkach zmiennoprądowych), powodujące wzrost zjawiska stroboskopowego; brzęczenie wywołane przez dławiki; zmniejszanie się wartości kosinusa ϕ w sieci zasilającej świetlówki; skomplikowany schemat obwodu i stosowanie w nim części ulegających szybkiemu zużyciu (zapłonnik); dość znaczne rozmiary świetlówki; mała różnorodność stosowanych mocy świetlówek (u nas — tylko na 25 i 40 W); dość wysokie koszty zakupu; konieczność umiejętnej obsługi.

Mimo tych wad świetlówki dzięki wymienionym zaletom uzyskują stopniowo przewagę nad żarówkami, jak o tym świadczy ustawiczny wzrost produkcji świetlówek w krajach od dawna zagospodarowanych.

Świetlówki zaliczamy do wyładowczych źródeł światła. Strumień świetlny rury fluoryzującej wytwarzany jest przez odpowiednie ciała (luminofory), pokrywające wewnętrzne ścianki szklanej rurki wyładowczej. Luminofory te świecą pod wpływem padającego na nie strumienia promieni niewidzialnych, wysyłanych przez zderzające się ze sobą we wnętrzu rury rozpedzone jony i elektrony, powstałe z rozkładu atomów rtęci. Ruch tych naelektryzowanych cząstek atomowych rtęci we wnętrzu rury spowodowany jest przez napięcie elektryczne, doprowadzone do obu elektrod rury, umieszczonych po obu jej przeciwległych końcach. Zjawisko takiego uporządkowanego ruchu w rurze naładowanych cząstek atomowych nazywamy przepływem przez nią prądu elektrycznego.

Aby utrzymać w odpowiednich granicach natężenie prądu płynącego przez rurkę wyładowczą, konieczną rzeczą jest włączenie w szereg z nią statetznika (stabilizatora). Przybór ten zawiera przeważnie dławik, który pochłania nadmiar napięcia zmiennego z sieci, powodując stosunkowo niewielkie straty mocy.

Stosowane obecnie u nas świetlówki zasilane są prądem zmiennym o napięciu 220 V. Napięcie to jest niewystarczające do wywołania w rurze pierwszego przepływu prądu, czyli zapłonu rury, i musi być na ten moment odpowiednio podwyższone. Czini to inny przybór do świetlówki, zwany zapłonnikiem (starterem). Dzieje się to w ten sposób, że zapłonnik, włączony równolegle do rury, najpierw zamyka obwód zapłonowy świetlówki, aby jej elektrody uległy rozgrzaniu i łatwiej mogły wysyłać (emitować) elektrony potrzebne do powstania wyładowania elektrycznego w rurze. Po upływie 1 do 2 sekund zapłonnik przerywa obwód zapłonowy świetlówki, w który jest włączony dławik o dużej

samoindukcji, i to powoduje chwilowy podskok napięcia na elektrodach rury do około 700 V, wywołując przez to zapłon rury.

Statecznik z samym tylko dławikiem ma mały współczynnik mocy (kosinus ϕ) wynoszący około 0,54, co przy większych instalacjach świetłówkowych zmniejsza ogólny współczynnik mocy w sieci zasilającej. Aby zwiększyć wartość kosinusa ϕ w obwodzie świetłówki, stosuje się inny statecznik, zawierający oprócz dławika jeszcze duży kondensator, włączony między zaciski sieciowe równoległe do obwodu świetłówkowego. Przy takim stateczniku kosinus ϕ w obwodzie wzrasta do 0,90.

Jeżeli jakieś pomieszczenie jest oświetlone za pomocą świetłówek włączonych w zwykłym układzie pojedynczym do jednej fazy sieci zasilającej, to wszystkie one równocześnie gasną i ponownie zapalają się okresowo 100 razy w ciągu sekundy, ponieważ i prąd sieciowy zmienia swój kierunek 100 razy na sekundę. Powoduje to migotanie światła, odczuwane w sposób przykry przez oko ludzkie. Migotanie to poza powodowaniem przedwczesnego zmęczenia wzroku szkodzi jeszcze i przez to, że wywołuje w silnym stopniu zjawisko stroboskopowe, uniemożliwiające dobre widzenie szybko poruszających się przedmiotów, co może również spowodować nieszczęśliwy wypadek. Aby zmniejszyć to zjawisko, stosowany jest przy świetłówkach układ sprzężony. Polega on na tym, że dwie świetłówki złączone są elektrycznie we wspólnym układzie, w którym każda z nich ma własny zapłonnik i własny statecznik, ale stateczniki te różnią się między sobą. Statecznik jednej rury zawiera tylko zwykły dławik, natomiast statecznik drugiej rury ma dławik dwuzwojeniowy i włączony z nim szeregowo duży kondensator. Powoduje to przesunięcie fazowe między prądami zasilającymi każdą z tych rur, przez co przygasanie i zaświecanie ich odbywa się niejednocześnie. Kosinus ϕ w układzie sprzężonym wynosi około 0,95.

Każda stosowana u nas świetłówka utworzona jest z rury szklanej, wewnątrz której znajdują się elektrody w postaci skrętek z cienkiego drucika wolframowego, pokrytych substancją o dużej zdolności wydzielania (emisji) elektronów. Na zewnątrz każdy koniec rury zaopatrzony jest w trzonek z dwoma kołkami stykowymi. Przy instalowaniu świetłówki trzonki te wsuwa się do odpowiednich oprawek, przy czym czynność tę należy wykonywać bardzo ostrożnie, aby nie uszkodzić stosunkowo słabej mechanicznie konstrukcji trzonka i oprawki.

Świetłówki nie można włączyć bezpośrednio pod napięcie, tak jak robi się to z żarówką. Świetłówka wymaga utworzenia odpowiedniego obwodu zawierającego niezbędne części składowe (przybory) chroniące ją przed przepaleniem, umożliwiające jej zapłon i zapewniające spokojną pracę świetłówki. Taki obwód mo-

żna zmontować samemu z zakupionych osobno części albo nabyć gotowy wraz z oprawą, w której został zmontowany w fabryce.

Wszelkie uszkodzenia w obwodzie świetlówki, uniemożliwiające jej normalną pracę, powinno się jak najrychlej usuwać. Jeżeli to nie jest możliwe, należy taką wadliwą świetlówkę niezwłocznie wyłączyć spod napięcia przez usunięcie z jej obwodu zapłonika albo przez wyjęcie rury z oprawek.

Jeżeli świetlówki dobrej jakości zostały zainstalowane w odpowiednich dla nich warunkach pracy, jeżeli montaż ich został wykonany należyście, a konserwacja powierzona wykwalifikowanemu personelowi, to użytkownicy oświetlenia świetlówkowego nie powinni mieć poważnych powodów do narzekania na to nowe źródło światła.

16. Dalsze widoki rozwoju świetlówek

Opisywane dotychczas świetlówki pracują przy katodzie rozgrzanej do temperatury około 850°C . Ta stosunkowo wysoka temperatura katody uzyskiwana jest przed zapłonem rury przez podgrzanie jej prądem w obwodzie zapłonowym, w czasie zaś pracy rury podtrzymywana jest przez ciepło powstające na katodzie w wyniku wyładowania. Ten typ świetlówek nosi nazwę *świe-t-lówek z gorącą, podgrzewaną katodą*. Są one obecnie najczęściej stosowane w Europie.

Istnieją rury fluoryzujące z *katodą gorącą* podczas pracy, lecz nie *podgrzewaną* przed zapłonem. Rury tego rodzaju mają mniejszą średnicę od naszych rur (19 mm lub 25 mm), a za to długość większą (do 2,5 m). Konstrukcja trzonków do tych rur jest prostsza, bo wystarcza w nich tylko jeden kołek doprowadzający prąd. Do zapłonu takich rur potrzebne jest napięcie wyższe o połowę od tego napięcia zapłonowego, które występuje w omawianych dotychczas świetlówkach. Napięcia o takiej wysokości nie można uzyskać przy użyciu dławika i zwykłego zapłonika, używany więc jest do tego transformator rozproszeniowy, podwyższający przed zapłonem napięcie sieciowe do potrzebnej wysokości, a obniżający swe napięcie podczas pracy rury do wysokości napięcia roboczego rury. Ponieważ taki transformator jest drogi, więc próbuje się go zastąpić specjalnej konstrukcji zapłonikiem o natychmiastowym działaniu. Jeżeli ten zapłonnik okaże się pewny w działaniu, to rury o nie podgrzewanej katodzie — jako prostsze, tańsze i bardziej niezawodne — mogą kiedyś wyprzeć dotychczasowe nasze świetlówki.

Istnieją również rury fluoryzujące o *katodzie zimnej* podczas pracy. Mają one dużą trwałość — około 10 000 godzin, za to mniejszą wydajność, którą jednak można zwiększyć

przez zwiększenie długości rury (stosuje się długości do 3,5 m). Z tym jest związana konieczność stosowania dość wysokiego napięcia roboczego (do 600 V) no i oczywiście jeszcze wyższego napięcia zapłonu — dwukrotnie wyższego od napięcia roboczego. Rury te stosuje się tylko w większych instalacjach, łącząc kilka naście rur w szereg i stosując do ich zasilania transformator rozproszeniowy. Nie wydaje się, aby rury tego rodzaju mogły zdobyć przewagę nad rurami z katodą gorącą.

Wszystkie omawiane dotąd świetlówki zasilane są prądem zmiennym, ponieważ sieci prądu zmiennego są obecnie najbardziej rozpowszechnione, a przy tym świetlówki na prąd stały wymagają wyższego napięcia zapłonowego niż świetlówki na prąd zmienny, co powodowało dotychczas duże straty mocy w opornikach stabilizacyjnych, świetlówek stałoprądowych. Dlatego też zadowalano się z konieczności świetlówkami zmiennoprądowymi, mimo że ich światło nawet przy stosowaniu układu sprzężonego powodowało wciąż jeszcze zjawisko stroboskopowe w stopniu silniejszym niż światło żarówek. Ten właśnie wzgląd na bezpieczeństwo i higienę pracy spowodował opracowanie projektu nowego rodzaju świetlówek, które połączyły w sobie zalety świetlówek na prąd zmienny i na prąd stały, nie mając ich głównych wad.

Główną zaletą świetlówki stałoprądowej jest stały strumień świetlny; brak jest tu jakiegokolwiek migotania światła, nie ma więc zjawiska stroboskopowego. Główną wadą takiej świetlówki były zbyt wielkie straty mocy, wynikające ze zbyt dużej różnicy między ich napięciem zapłonu a napięciem roboczym. Napięcie prądu stałego można zużyć tylko w oporniku czynnym (omowym), a to właśnie powoduje te duże straty mocy, podczas gdy zużycie napięcia prądu zmiennego w dławiku powoduje straty mocy prawie o połowę mniejsze.

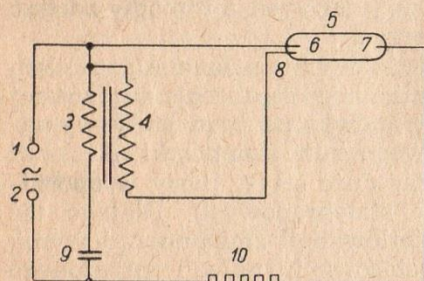
Trudności te zostały usunięte w ten sposób, że nowa świetlówka „obuprądowa”¹⁾ będzie zasilana prądem stałym o napięciu niewiele wyższym od jej napięcia roboczego, zapłon zaś będzie dokonywany prądem zmiennym o napięciu odpowiednio podwyższonym przez autotransformator w obwodzie świetlówki. Ponieważ moc prądu zmiennego (zapłonowego) wynosi tylko parę procent prądu stałego (roboczego), więc koszt takiego transformatora wypadnie niewielki. Obydwa rodzaje prądu — stały i zmienny — będą doprowadzane do zacisków sieciowych świetlówki tymi samymi przewodami i dopiero w samym obwodzie zostaną rozdzielone przez odpowiedni człon filtrowy (kondensator).

Na rys. 19 przedstawiono schemat ideowy takiej świetlówki

¹⁾ Patent polski nr 36018 z 1953 r.

obuprądowej; może ona, oczywiście, być wykonana zarówno z gorącą, jak i z zimną katodą, przy czym może obyć się bez zapłonika. Jest to dalsza zaleta tej świetlówki, gdyż w obwodzie jej nie występuje element najbardziej zawodny w pracy.

Straty mocy w obwodzie świetlówki obuprądowej są stosunkowo nieznaczne. Różnica napięć prądu stałego, która musi być zużyta



Rys. 19. Schemat ideowy obwodu świetlówki „obuprądowej”: 1 i 2 — zaciski zasilające obwód prądem stałym i zmiennym, 3 i 4 — uzwojenia autotransformatora, 5 — świetlówka, 6 i 7 — elektrody, 8 — elektroda pomocnicza (przy zapłonie), 9 — kondensator, 10 — opornik stabilizacyjny

w oporniku stabilizacyjnym, jest niewielka, a więc i straty mocy prądu stałego wypadają małe; straty zaś mocy prądu zmiennego są znikome, gdyż i cała moc zmiennoprądowa, występująca w tym obwodzie, jest nieznaczna. Świetlówka ta pracuje zupełnie cicho, brak jest bowiem w niej dużego dławika powodującego brzęczenie.

Jak z tego wynika, projektowana świetlówka nowego rodzaju ma duże zalety w porównaniu ze znanymi świetlówkami: stałoprądową i zmiennoprądową. Będzie ona mogła być stosowana już teraz w istniejących sieciach prądu stałego, np. w po-

ciągach kolei nadziemnej zelektryfikowanej i podziemnej (metro), w tramwajach, w kopalniach, na okrętach itd. W miarę tego jak użytkownicy oświetlenia w wymienionych instytucjach poznają i przyzwyczajają się do nie spotykanego gdzie indziej niezwykle efektownego, a jednocześnie działającego uspokajająco na nerwy światła nowych świetlówek, naśladowanych w zupełności światło słoneczne — istnieje duże prawdopodobieństwo, że nowa świetlówka obuprądowa znajdzie zastosowanie także w obiektach przemysłowych, handlowych, biurowych i mieszkalnych, które w tym celu będą musiały otrzymać sieć stałoprądową.

*

Czytelnik, który po przeczytaniu tej książki zainteresuje się bliżej świetlówkami i chciałby poznać szczegółowiej podstawy teoretyczne ich działania oraz warunki stosowania świetlówek i innych lamp wyładowczych, znajdzie te wiadomości w następujących wydawnictwach:

Berson L.: Rury fluoryzujące. PWT, Warszawa 1950.

CHPE: Katalog L-2, Rury fluoryzujące. 1951.

Szalek R.: Jak należy oświetlać. GIP, Warszawa 1949.

Wiadomości Elektrotechniczne. Rocznik 1950 i późniejsze.

SPIS TREŚCI

	Str.
I. Wstęp	5
1. Świetlówka jako nowe źródło światła	5
2. Porównanie świetlówki z żarówką	6
II. Działanie i budowa świetlówki	10
3. Zasady działania świetlówki	10
4. Budowa świetlówki	18
5. Części składowe obwodu zasilającego świetlówkę	20
6. Schematy obwodu świetlówkowego	23
III. Montaż świetlówek	27
7. Typy świetlówek u nas stosowanych	27
8. Typy sprzętu do świetlówek	29
9. Instalowanie świetlówki bez oprawy	33
10. Instalowanie świetlówek w oprawach	38
11. Kilka uwag o instalacji przewodów zasilających świetlówki	41
IV. Eksploatacja świetlówek	43
12. Najodpowiedniejsze warunki do pracy świetlówki	43
13. Jak należy się obchodzić ze świetlówką	45
14. Uszkodzenia w obwodzie świetlówki i sposoby ich usunięcia	47
V. Zakończenie	53
15. Streszczenie najważniejszych wiadomości o świetlówkach	53
16. Dalsze widoki rozwoju świetlówek	56

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

- ANTONIEWICZ J.: **Materiałoznawstwo elektryczne.** 1952, s. 354, zł 22.—
Eksploatacja urządzeń elektrycznych sieci miejskich i wiejskich. Tymczasowe przepisy bezpieczeństwa pracy. 1952, s. 136, zł 10.—
- ELBAUM J., REICHER J.: **Elektryczne aparaty rozruchowe i regulacyjne. Montaż — Obsługa — Naprawa.** 1954, s. 215, zł 12.—
- JABŁOŃSKI M., SAPAŁA C.: **Próby przemysłowe transformatorów.** 1953, s. 154, zł 11.30
- KACEJKO L.: **Sieci elektryczne wysokiego napięcia.** Wyd. 2. 1954, s. 472, zł 17.50
- KAHL T.: **Obliczenia mechaniczne elektroenergetycznych linii napowietrznych.** 1954, s. 267, zł 12.—
- KAHL T.: **Zasady projektowania sieci elektroenergetycznych niskich i średnich napięć.** 1953, s. 378, zł 17.—
- Komentarze do PN/E-101 z 1948 r. elektroenergetyczne linie napowietrzne.** Praca zbiorowa (SEP). 1950, s. 140, zł 9.80
- KRZYWICKI M.: **Maszyny elektryczne.** 1954, s. 400, zł 17.80
- MICHAJŁOW W. W.: **Projektowanie aparatów elektrycznych wysokiego napięcia.** Tłum. z ros. J. Elbaum, P. Głowacki. 1953, s. 240, zł 10.20
- PIOTROWSKI E.: **Montaż szyn elektroenergetycznych.** 1952, s. 117, zł 6.50
- ROGUSKI A.: **Urządzenia do kompensacji ziemnozwarciowej.** Działanie i eksploatacja. 1953, s. 51, zł 3.50
- SCHWERDTWEGER W.: **Technika pomiarów elektrycznych.** Tom I. Tłum. z niem. A. Szulce. 1952, s. 212, zł 25.—
- SKONIECZNY M.: **Elektryczne przyrządy pomiarowe.** Wskazówki właściwego użytkowania. 1953, s. 100, zł 5.50
- SOCHOR B.: **Termometry elektryczne.** 1952, s. 176, zł 16.—
- ŻYDANOWICZ J.: **Obliczanie elektryczne sieci elektroenergetycznych.** 1953, s. 334, zł 15.50

Do nabycia w księgarniach technicznych Domu Książki
i u kolporterów zakładowych

Cena zł 3.50

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

- BERSON L.: Rury fluoryzujące. 1950, s. 119, zł 6.40
- BIELAWSKI S. Napęd elektryczny. 1953, s. 315, zł 14,60
- FELHORSKI W.: Oświetlenie w przemyśle włókienniczym. 1951, s. 90, zł 5.—
- MAZUR M.: Elektryczne urządzenia grzejne. 1953, s. 375, zł 36,50 (w opr.)
- MAZUR M.: Nagrzewanie promiennikowe. 1953, s. 176, zł 14.50 (w oprawie)
- MAZUR M.: Oświetlenie elektryczne. Tom I. 1950, s. 147, zł 7.—
- Oświetlenie zakładów przemysłowych. Stowarzyszenie elektryków polskich
Polski Komitet Oświetleniowy. 1953, s. 336, zł 20.50
- Podstawy oceny jakości oświetlenia oraz wytyczne poprawy i konserwacji.
(Instytut elektrotechniki). 1952, s. 35, zł 0.60
- PYSZKOWSKI L.: Instalacje elektryczne przewodem kabelkowym. 1954,
s. 43, zł 3.—
- STRASZEWSKI A.: Projektowanie urządzeń elektrycznych niskiego na-
pięcia. 1953, s. 307, zł 14.80
- WALENTYNOWICZ B., ŻMIGRODZKI W.: Aparaty elektryczne niskiego
napięcia. Wyd. 2 niezmienione. 1953, s. 392, zł 13.—
- WOLKOWIŃSKI K.: Uziemienia w urządzeniach elektroenergetycznych.
1954, s. 132, zł 9.70
- ZEMBRZUSKI J.: Atlas uzwojeń trójfazowych silników asynchronicznych.
1952, s. 134, zł 12.50
- ZOŁĘDZIOWSKI S.: Próby stanu izolacji kabli elektroenergetycznych.
1954, s. 44, zł 3. —

Do nabycia w księgarniach technicznych Domu Książki
i u kolporterów zakładowych