

11

Oświetlenie elektryczne.

11.1

Wiadomości ogólne o świetle

Światło widzialne jest promieniowaniem elektromagnetycznym o długość fal zawartych w przedziale 380 do 780 nm. Oko ludzkie potrafi rozróżnić fale o różnej długości zawartej w tym przedziale, odczuwając to jako barwę światła. Najkrótszym falom odpowiada barwa fioletowa, najdłuższym zaś — z podanego przedziału — barwa czerwona. Światło może pochodzić ze **źródła naturalnego** lub **sztucznego**.

Słońce, jako naturalne źródło światła, wysyła promieniowanie zawierające wszystkie długości fal z przedziału widzialnego, a także promieniowanie niewidzialne (podczerwone i ultrafioletowe). Światło słoneczne (białe) jest więc mieszaniną wszystkich barw. Można to zaobserwować po rozszczepieniu światła słonecznego za pomocą pryzmatu, uzyskując tzw.; **widmo świetlne**. Tęcza — występująca przy przejściu światła słonecznego przez krople deszczu — to również obraz widma światła słonecznego rozszczepionego przez krople deszczu.

Oko ludzkie ma różną czułość dla poszczególnych barw. Największą czułość wykazuje w dzień dla światła o barwie zielonożółtej, a w nocy — o barwie zielonej. W technice oświetleniowej wykorzystuje się **sztuczne źródła światła**, np. elektryczne. Widmo sztucznych źródeł światła różni się od widma słonecznego. Najkorzystniejsze właściwości dla wzroku człowieka mają te źródła światła, które dają źródło o widmie zbliżonym do światła słonecznego, a więc dają światło białe.

Do celów oświetleniowych wykorzystuje się różne sposoby pobudzenia ciał do wysyłania promieni świetlnych. Może to nastąpić pod wpływem ogrzewania, wyładowań elektrycznych lub innego rodzaju promieniowania. Każde źródło światła wysyła energią świetlną (widzialną). Ilość energii świetlnej, jaką źródło światła wysyła w ciągu jednostki czasu (1 s) nazywa się **strumieniem świetlnym**. Jednostką strumienia świetlnego jest **lumen (lm)**.

Dla użytkownika elektrycznego źródła światła ważne jest, ile energii świetlnej uzyskuje się z energii elektrycznej pobieranej przez źródło. Miarą tego jest **skuteczność świetlna** źródła — określająca, ile lumenów uzyskuje się z 1 wata mocy. Zwykłe żarówki małej mocy mają skuteczność około 10 lm/W, nowoczesne świetlówki zaś (np. świetlówki kompaktowe czy lampy metalowo-halogenowe) przekraczają 50 lm/W, a lampy sodowe wysokoprężne osiągają 100 lm/W. Im większa jest skuteczność źródła światła, tym jest ono droższe. Źródła światła zużywają się w czasie świecenia. Producenci podają trwałość źródła światła — jest to czas pracy źródła (w godzinach) do jego zużycia.

1. Światło widzialne to promieniowanie elektromagnetyczne o długość fal zawartych w przedziale 380 do 780 nm.
2. Światło może pochodzić ze **źródła naturalnego** lub **sztucznego**.
3. Ilość energii świetlnej, jaką źródło światła wysyła w ciągu jednostki czasu (1 s) nazywa się **strumieniem świetlnym**. Jednostką strumienia świetlnego jest **lumen (Lm)**.
4. Miarą **skuteczność** źródła **światła** — to, ile lumenów uzyskuje się z 1 wata mocy.
5. Trwałość źródła światła — jest to czas pracy źródła (w godzinach) do jego zużycia

11.2 Elektryczne źródła światła

11.2.1 Wiadomości ogólne

Ze względu na **zjawiska fizyczne** zachodzące podczas wytwarzania światła **rozdziela się**:

1. Lampy żarowe (żarówki), w których wykorzystuje się świecenie nagrzanego drutu wolframowego.

2. Lampy fluorescencyjne (światłówki), w których wykorzystuje się zjawisko fluorescencji, tj. świecenie pewnych substancji chemicznych pod wpływem działania promieni ultrafioletowych i elektronów.

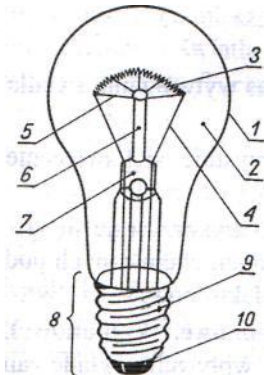
3. Lampy wyładowcze (rtęciowe, sodowe, neonowe, ksenonowe), w których wykorzystuje się świecenie gazu pod wpływem wyładowań elektrycznych (przepływu prądu elektrycznego przez gaz).

4. Lampy o świetle mieszanym, w których w celu otrzymania światła wykorzystuje się dwa zjawiska fizyczne — świecenie gazu pod wpływem wyładowań elektrycznych i świecenie ciał stałych pod wpływem wysokiej temperatury (lampy rtęciowo-żarowe, lampy łukowe)

11.2.2 Żarówki

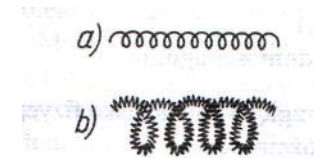
Elementem świecącym w żarówce (rys. 11.1) jest **żarnik**, (druć) rozgrzany wskutek przepływu przez niego prądu elektrycznego do stanu żarzenia. Żarnik jest wykonany w postaci skrętki jedno- lub dwuskrętnej z drutu wolframowego (rys. 11.2). Wolfram jest metalem o najwyższej temperaturze topnienia, wynoszącej ok. 3380°C. Żarnik jest umieszczony w **bańce szklanej**, z której zostało wypompowane powietrze. Żarówki o małej mocy (do 25 W) wykonuje się jako **próżniowe**, a o mocach większych — jako **gazowane**. Bańka żarówki jest wtedy wypełniona gazem: argonem lub kryptonem. Zastosowanie gazu w bańce zmniejsza intensywność rozpylenia wolframu z żarnika. Poprawia to trwałość żarówki i umożliwia pracę żarnika w wyższej temperaturze. Rozpylony wolfram osiada bowiem na bańce, powodując jej czernienie i zwiększając pochłanianie światła przez bańkę.

Trwałość żarówek do ogólnych celów oświetleniowych (tzw. żarówek głównego szeregu) wynosi ok. 1000 h. Jest to czas, po którym żarnik ulega przepaleniu, lub po którym strumień świetlny żarówki maleje do 80% strumienia początkowego.



Rys. 11.1. Budowa żarówki

- 1- bańka szklana,
- 2 — gaz lub próżnia,
- 3 — żarnik wolframowy,
- 4 — elektrody niklowe,
- 5 — podpórki molibdenowe,
- 6 — pręcik szklany,
- 7 — łopatką szklana,
- 8 — trzonek,
- 9 — gwint,
- 10 — krążek stykowy



Rys. 11.2. Rodzaje

żarników:

- a) jednoskrętowy;
- b) dwuskrętowy

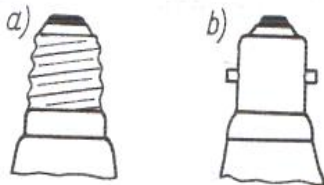
Energię elektryczną doprowadza się do żarówek za pośrednictwem **trzonek**. Stosowane są dwa rodzaje trzonek (rys. 11.3):

1. **Trzonki gwintowe** (edisonowskie) z gwintem E27 do żarówek głównego szeregu o mocy do 200 W oraz E40 do żarówek 300, 500 i 1000 W, a także E14 do tzw. żarówek świecowych.
2. **Trzonki bagnetowe** (w Polsce produkuje się żarówki 15+200 W z trzonkami B22) w żarówkach narażonych na wstrząsy (np. w wagonach kolejowych, samochodach).

Podstawowe parametry elektryczne żarówek to: napięcie, moc i prąd. Bańki żarówek mogą być przezroczyste, matowe, opalizowane lub mleczne. Zastosowanie bańki matowej, opalizującej lub mlecznej zmniejsza znacznie luminancję żarówki.

Oprócz żarówek do ogólnych celów oświetleniowych produkuje się również **żarówki** specjalne, jak: sygnalizacyjne, iluminacyjne, samochodowe, górnicze i inne.

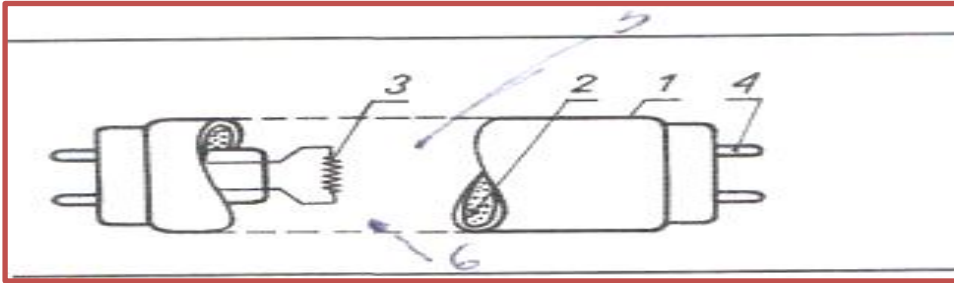
Trwałość żarówki zależy szczególnie od napięcia sieci. Podwyższenie napięcia bardzo znacznie zmniejsza trwałość żarówki, zwiększa jednak jej strumień świetlny. Przy obniżeniu napięcia zmniejsza się znacznie strumień świetlny, ale wzrasta trwałość żarówki. Można w przybliżeniu przyjąć, że wzrost napięcia o 5% powyżej napięcia znamionowego powoduje zmniejszenie trwałości żarówek do połowy i zwiększenie strumienia świetlnego o ok. 20%. Obniżenie napięcia o 5% poniżej napięcia znamionowego zwiększa trwałość żarówek dwukrotnie i zmniejsza strumień świetlny o ok. 20%. Skuteczność świetlna żarówek głównego szeregu produkowanych obecnie w Polsce wynosi 9 + 20 lm/W, przy czym dolna wartość dotyczy żarówek 15 W, a górna 1000 W. Wprowadzenie do bańki żarówki halogenów (jodu lub bromu) zmniejsza zużycie się żarnika i umożliwia znaczne zwiększenie wydajności świetlnej żarówek przez podwyższenie temperatury roboczej żarnika. Żarówki halogenowe mają szerokie zastosowanie (żarówki samochodowe, projektorowe, oświetleniowe halogenowe).



Rys. 11.3. Rodzaje trzonek:
a) gwintowy; b) bagnetowy

11.2.3 Świetlówki

Świetlówka (rys. 11.4) składa się z **rury szklanej**, w której następują wyładowania elektryczne pomiędzy dwiema **elektrodami**, pokrytymi **warstwą** aktywną. Wnętrze rury wypełniają **argon** i **pary rtęci** pod niskim ciśnieniem.



Rys. 11.4. Budowa świetlówki

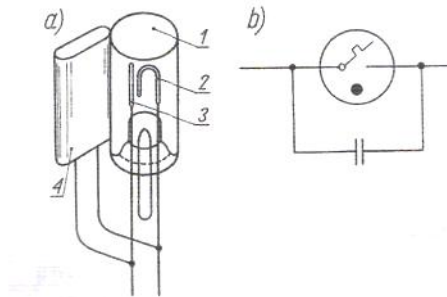
- 1 — rura szklana,
- 2 — luminofor,
- 3 — skrętka wolframowa z substancją emitującą,
- 4 — kołki stykowe

Podczas wyładowania elektrycznego (tj. przy przepływie prądu elektrycznego) powstaje w rurze słabe promieniowanie widzialne i silne promieniowanie ultrafioletowe, niewidzialne. Powierzchnia wewnętrzna rury jest pokryta mieszaniną odpowiednio dobranych substancji chemicznych wykazujących właściwości fluorescencyjne, tworzące warstewkę zwaną **luminoforem**, który świeci pod wpływem padającego nań niewidzialnego promieniowania ultrafioletowego. Barwa światła zależy od składu chemicznego luminoforu.

W Polsce produkuje się świetlówki o katodach podgrzewanych przy zaświeceniu. Podgrzewanie katod ułatwia rozpoczęcie wyładowań elektrycznych w gazach wypełniających rurę.

W obwodzie świetlówki musi być umieszczony **stabilizator prądu**. Rolę stabilizatora prądu dla świetlówek zasilanych napięciem przemiennym pełni **dławik**, tj. cewka nawinięta na rdzeniu z blach ze stali krzemowej. Zadaniem dławika jest ograniczenie prądu płynącego przez świetlówkę i chwilowe podwyższenie napięcia między elektrodami świetlówki w celu ułatwienia zapłonu.

Świetlówki z podgrzewanymi katodami przy zaświeceniu współpracują ponadto z **zapłonikiem**. Jest to urządzenie, które zamyka obwód na chwilę i ponownie go otwiera. W Polsce stosuje się najczęściej zapłoniki lampowe (rys.11.5)

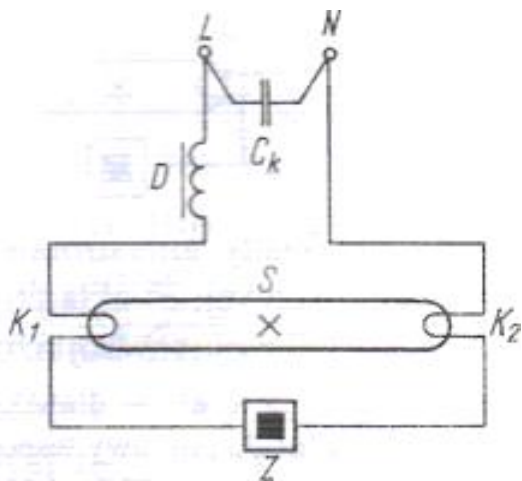


Rys. 11.5. Zapłonnik lampowy do świetlówki:

- a) budowa;
- b) b) schemat 1 — bańka szklana wypełniona neonem, 2 — blacha bimetalowa, 3 — styk, 4 — kondensator przeciwzakłóceńowy

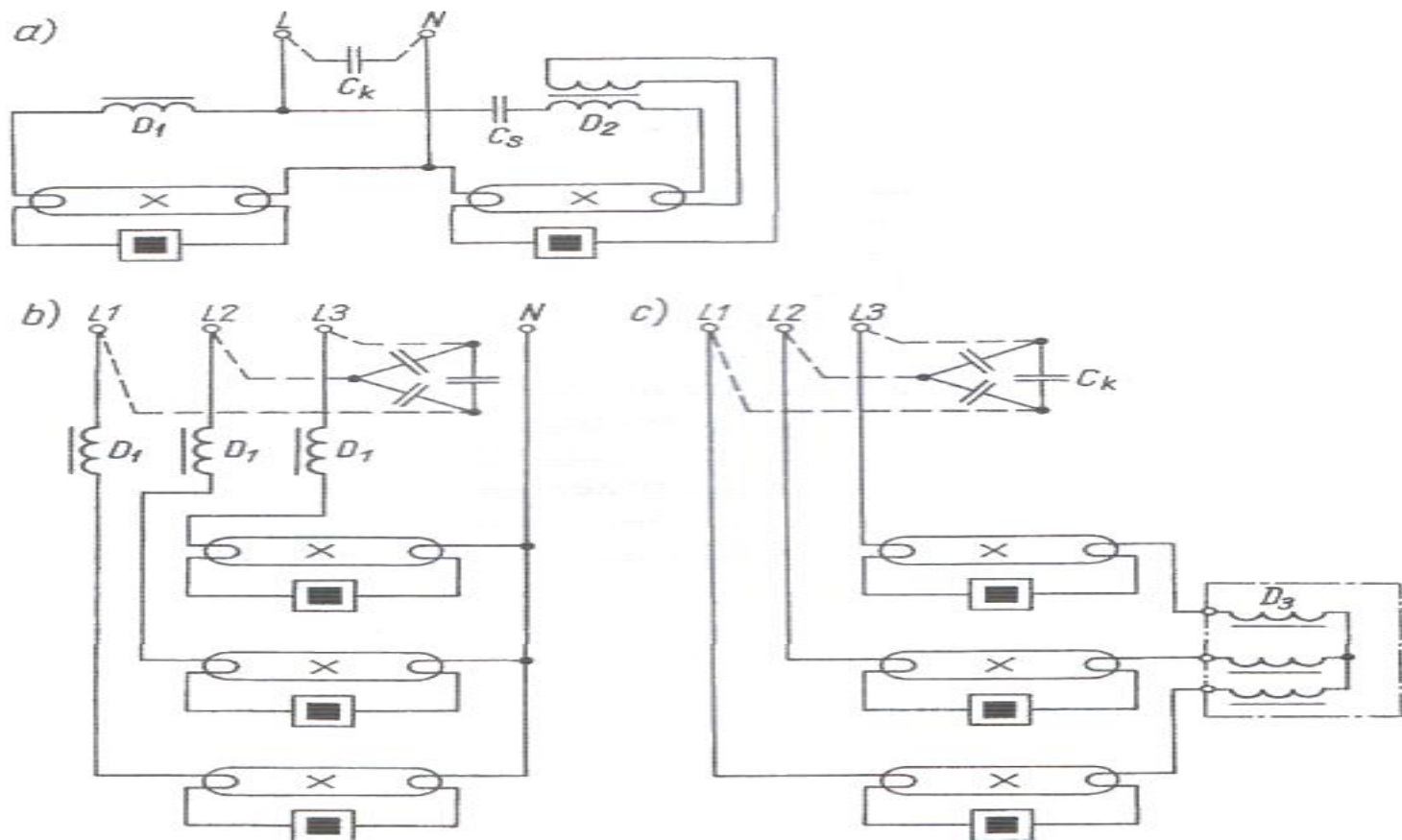
Zapłonnik współpracują ze świetlówką w układzie przedstawionym na rys. 11.6. Działanie tego układu jest następujące: Po włączeniu napięcia przez obwód — złożony z dławika D , katody K_1 , zapłonnika Z oraz katody K_2 — płynie bardzo mały prąd, gdyż zapłonnik przedstawia bardzo dużą rezystancję. Neon zawarty w zaplonniku zaczyna świecić i zapłonnik nagrzewa się. Podgrzana blaszka bimetalowa (wewnątrz zapłonnika Z) wygina się i dotyka styku. Rezystancja zapłonnika maleje praktycznie do zera. Przez obwód płynie duży prąd, ograniczony przez dławik i rezystancję skrętek katod K_1 i K_2 , powodując ich nagrzanie. Od chwili zaniknięcia styku zapłonnika następuje chłodzenie blaszki bimetalowej, która po krótkim czasie powraca do położenia wyjściowego, przerywając przepływ prądu w obwodzie. Nagła zmiana prądu płynącego przez dławik powoduje powstanie w nim siły elektromotorycznej (sem) samoindukcji o znacznej wartości (kilkuset woltów). Siła elektromotoryczna samoindukcji dodaje się do napięcia sieci i powoduje, że między katodami K_1 i K_2 panuje przez chwilę wysokie napięcie, które może wywołać wyładowanie elektryczne w rurze. Jeśli nie nastąpi zapłon świetlówki, to cały proces przebiega ponownie tak samo, aż do zapalenia świetlówki. Po zapaleniu świetlówki między katodami utrzymuje się napięcie, które jest niższe od napięcia zapłonu zapłonnika. Gaz w zaplonniku nie jarzy się, blaszka bimetalowa pozostaje w położeniu wyjściowym i prąd płynie przez gaz w rurze.

W układzie zasilania świetlówki napięciem przemiennym (rys. 11.6 i 11.7) umieszcza się kondensator, służący do kompensacji mocy biernej pobieranej przez dławik. Dzięki temu następuje zwiększenie współczynnika mocy $\cos\phi$ i zmniejszenie prądu płynącego z sieci do układu świetlówki.



Rys. 11.6. Schemat układu zasilania świetlówki z zaplonnikiem lampowym

D — dławik stabilizujący; C_k — kondensator do kompensacji mocy biernej; S — świetlówka; K_1 , K_2 — katody; Z — zapłonnik; L — przewód fazowy; N — przewód neutralny

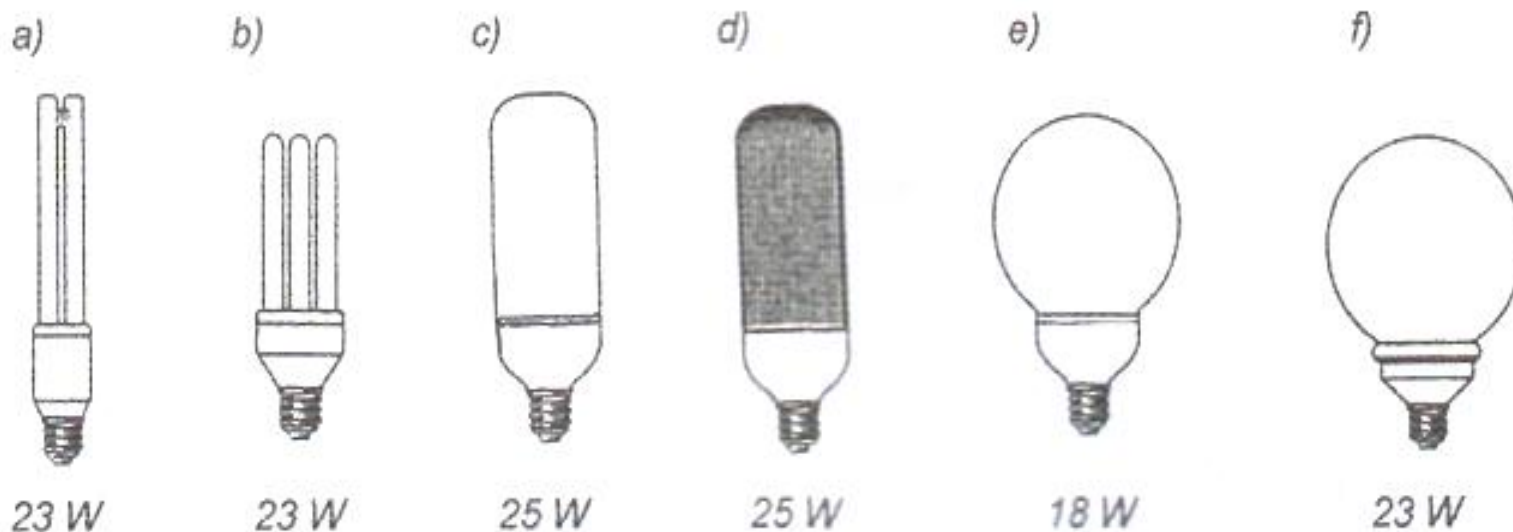


Rys. 11.7. Układy antystfoboskopowe świetlówek: a) układ dwóch świetlówek zasilany z sieci jednofazowej; b) układ trzech świetlówek zasilany z sieci trójfazowej; c) układ trzech świetlówek z dławikiem trójfazowym

D_1 — dławik zwykły; D_2 — dławik podwójny; D_3 — dławik trójfazowy; C_s — kondensator szeregowy; -kondensator do poprawy współczynnika mocy; L — dowolny przewód fazowy; L_1, L_2, L_3 —przewody fazowe; N — przewód neutralny

W Polsce są dostępne również świetlówki kompaktowe, montowane na trzonku E14 lub E27 (rys. 11.8). Są to kompletne układy, nie wymagające specjalnych opraw. Można je wkręcać zamiast żarówek do każdej oprawy z gwintem E14 lub E27. Świetlówki te mają układ z zapłonem klasycznym (typu SL) lub z zapłonem elektronicznym (typu PL). Te ostatnie zaświecają się bezzwłocznie.

Przy porównaniu świetlówek kompaktowych, dających tyle samo światła co żarówka, można ogólnie powiedzieć, że świetlówki te zużywają razy mniej energii i mają 10 razy większą trwałość (osiągającą 10 000 h) niż żarówka.

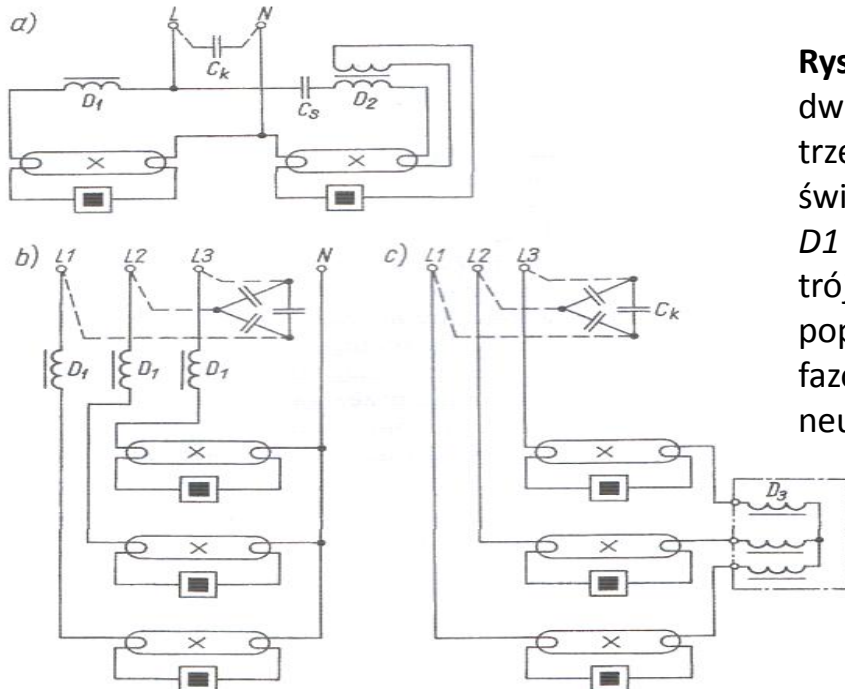


Rys. 11.8. Przegląd świetlówek kompaktowych dostępnych w Polsce (prod. Philips) typu: a) PL/C; b) PL/T; c) SL Comfort; d) SL Prosmatic; e) SL Decor; f) PL Electronic/D

Układy antystroboskopowe świetlówek

Świetlówka zasilana napięciem przemiennym o częstotliwości 50 Hz gaśnie i zapala się 100 razy w ciągu sekundy. Oko ludzkie nie reaguje na tak szybkie zmiany strumienia świetlnego. Części wirujące maszyn mogą jednak wydawać się - przy oświetleniu takim światłem - nieruchome lub też można odnieść wrażenie, że obracają się ze znacznie mniejszą prędkością kątową. Jest to **zjawisko stroboskopowe**. W celu zmniejszenia niepożądanego zjawiska stroboskopowego stosuje się dwie lub więcej świetlówek w takich układach, aby w chwili gaśnięcia jednej, druga świeciła, dając możliwie duży strumień świetlny. W rezultacie zmniejszają się znacznie wahania strumienia świetlnego w czasie i zjawisko stroboskopowe staje się praktycznie niezauważalne. Rezultat ten uzyskuje się dzięki zasilaniu co najmniej dwóch świetlówek napięciem

Układy antystroboskopowe świetlówek zasilane z sieci jedno- i trójfazowej przedstawia rys. 11.7. W układzie zasilanym napięciem jednofazowym (rys. 11.7a) przesunięcie fazowe prądu uzyskuje się za pomocą dławika (podwójnego lub zwykłego) współpracującego z kondensatorem, zastosowanego w obwodzie jednej ze



Rys. 11.7. Układy antystroboskopowe świetlówek: a) układ dwóch świetlówek zasilany z sieci jednofazowej; b) układ trzech świetlówek zasilany z sieci trójfazowej; c) układ trzech świetlówek z dławikiem trójfazowym
 D_1 — dławik zwykły; D_2 — dławik podwójny; D_3 — dławik trójfazowy; C_s — kondensator szeregowy; — kondensator do poprawy współczynnika mocy; L — dowolny przewód fazowy; L_1, L_2, L_3 — przewody fazowe; N — przewód neutralny

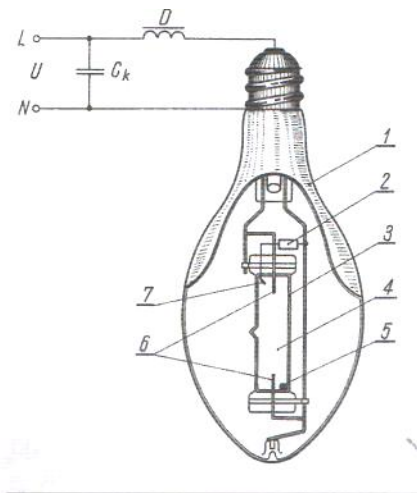
11.2.5

Lampy rtęciowe

Źródłem światła w lampach rtęciowych są wyładowania elektryczne w parach rtęci. Elementem głównym lampy (rys. 11.9) jest **jarznik**, wykonany jako bańka ze szkła kwarcowego przepuszczającego promienie ultra-fioletowe z dwiema elektrodami głównymi i jedną lub dwiema elektrodami zapłonowymi. W bańce wypełnionej argonem lub neonem znajduje się kropla rtęci. Podczas przepływu prądu elektrycznego neon lub argon wraz z parami rtęci silnie świecą światłem zawierającym w dużej części promieniowanie ultrafioletowe. Jarznik otacza bańka zewnętrzna pokryta luminoforem, z której wypompowano powietrze. Luminofor przetwarza promieniowanie ultrafioletowe, wytworzone w jarzniku, na światło widzialne.

Rtęciówka może być przyłączona do sieci jedynie w układzie zawierającym **dławik**, który odgrywa **rolę stabilizatora prądu**. Bezpośrednie przyłączenie rtęciówki do sieci grozi zniszczeniem jarznika. Po przyłączeniu lampy do sieci rozpoczyna się wyładowanie między elektrodą zapłonową i główną, a po pewnym czasie między elektrodami głównymi. Czas rozświecania rtęciówek jest długi, wynosi kilka minut. Rtęciówka wyłączona i ponownie włączona do sieci, zacznie rozświecać się dopiero po częściowym ostygnięciu jarznika, praktycznie po kilku minutach od włączenia. Właściwość ta stanowi wadę rtęciówek.

Skuteczność świetlna rtęciówek produkowanych w Polsce wynosi 34 do 48 lm/W, a więc znacznie więcej niż żarówek. Trwałość wynosi ok. 4000 h. Moce produkowanych w Polsce rtęciówek LRF wynoszą 80 % 700 W. Rtęciówki są mniej wrażliwe na zmiany napięcia niż żarówki. Odchylenie napięcia o 5% od napięcia znamionowego zmienia strumień świetlny o ok. 8%, a trwałość lampy nie ulega praktycznie zmianie.



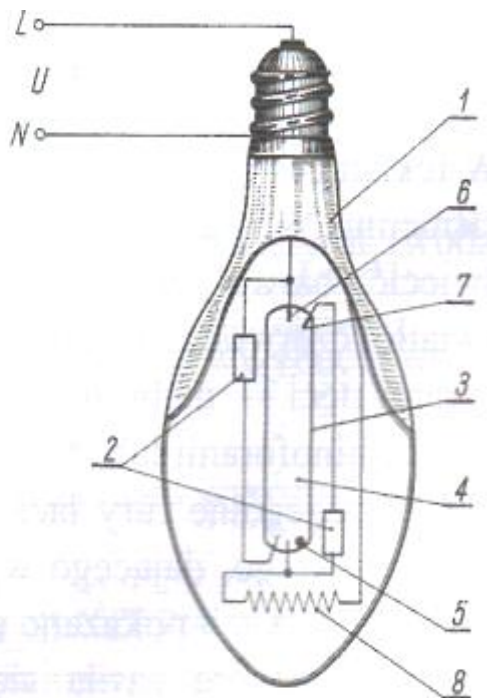
Rys. 11.9. Budowa i schemat włączenia lampy rtęciowej

1 — bańka zewnętrzna z luminoforem, 2 — rezystor, 3 — bańka ze szkła kwarcowego, 4 — argon, 5 — kropla rtęci, 6 — elektrody główne, 7 — elektroda zapłonowa, D — dławik, C_k — kondensator do poprawy współczynnika mocy, L — dowolny przewód fazowy, N — przewód neutralny

11.2.6

Lampy rtęciowo-żarowe

W bańce zewnętrznej lampy rtęciowo-żarowej (rys. 11.10) znajduje się bańka ze szkła kwarcowego z elektrodami głównymi i zapłonowymi (jarznik), analogicznie jak w lampie rtęciowej, oraz żarnik wolframowy podobny do używanych w żarówkach. Żarnik połączony szeregowo z jarznikiem rtęciowym odgrywa rolę **stabilizatora prądu**; a ponadto koryguje barwę światła, dodając barwę żółtą i czerwoną. Lampa może być włączona bezpośrednio do sieci.



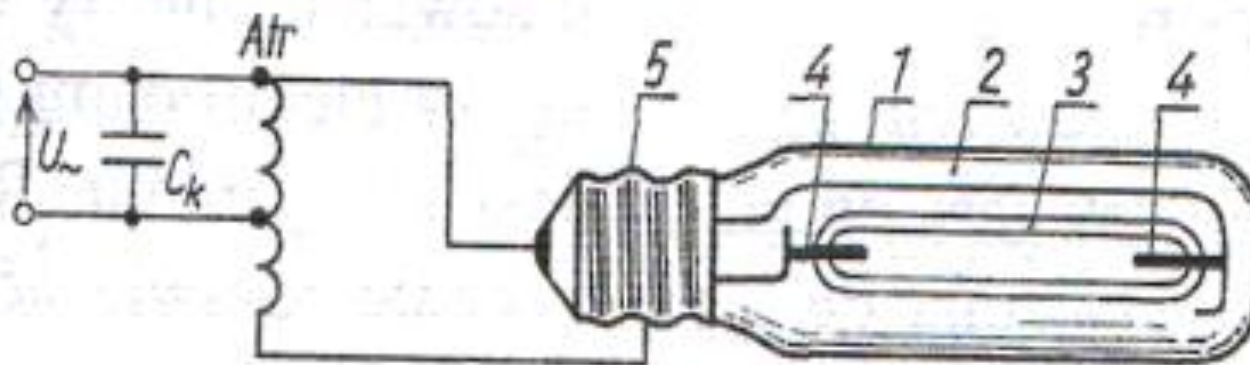
Rys. 11.10. Schemat budowy i włączenia lampy rtęciowo-żarowej oznaczenia: 1 do 7 jak na rys.

11., 9, 8 — żarnik wolframowy,
 L — dowolny przewód fazowy, N — przewód neutralny

11.2.7 Lampy sodowe

Źródłem światła w lampach sodowych są wyładowania elektryczne w parach sodu. Otrzymuje się przy tym światło o barwie żółtej. Budowę lampy sodowej przedstawiono na rys. 11.11.

. Lampy sodowe cechuje bardzo duża skuteczność świetlna, osiągająca ponad 100 lm/W i trwałość ok. 24 000 h. Czas rozświetlania jest długi i wynosi 5-10 min. Nadają się one do oświetlania ulic, placów i składowisk, kopalń odkrywkowych itp. Moce produkowanych w Polsce lamp sodowych wynoszą 150 - 400 W.



Rys. 11.11. Schemat budowy i układ zasilania lampy sodowej

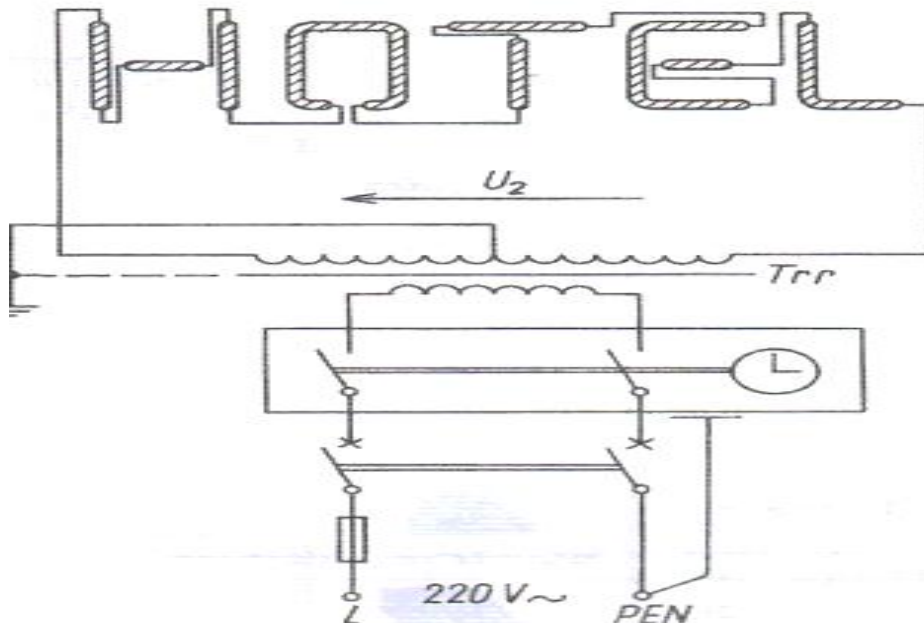
1-bańka zewnętrzna, 2 próżnia, 3- rura wypełniona neonem, argonem i małą ilością sodu
4-elektroda, 5-trzonek, Atr autotransformator rozproszeniowy, C_k - kondensator do kompensacji

11.2.8

Rury jarzeniowe do celów reklamowych

W reklamach świetlnych często stosuje się rury napełnione gazem o niskim ciśnieniu. W czasie wyładowań elektrycznych w tych rurach gaz zaczyna świecić; barwa zależy od rodzaju gazu. Rury wypełnione neonem dają światło czerwone, helem — białe, ksenonem — fioletowe, argonem z parami rtęci — niebieskie. Inne barwy światła można uzyskać pokrywając rury luminoforami lub stosując rury ze szkła barwnego.

Poszczególne rury łączy się szeregowo i zasila z transformatora rozproszeniowego, dającego wysokie napięcie — do 10 kV. Układ zasilania rur jarzeniowych pokazano na rys. 11.12. Duże reklamy mogą być dzielone na części, które zasila się z oddzielnych transformatorów rozproszeniowych.



Rys. 11.12. Układ zasilania rur jarzeniowych do celów reklamowych.

Trr — transformator rozproszeniowy,

U_2 — napięcie wysokie (do 10 kV),

L — dowolny przewód fazowy,

PEN — przewód ochronno-neutralny