



Міністерство освіти та науки України
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя

Кафедра
електричної інженерії

Методичні вказівки
до лабораторних робіт з курсу

«ДЖЕРЕЛА СВІТЛА»

для студентів за напрямом підготовки
141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
всіх форм навчання

Тернопіль
2023 р.

Міністерство освіти та науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Кафедра
електричної інженерії

**Методичні вказівки
до лабораторних робіт з курсу**

«ДЖЕРЕЛА СВІТЛА»

*для студентів за напрямом підготовки
141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
всіх форм навчання*

Тернопіль
2023 р.

Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Джерела світла» для студентів за напрямом підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Укладачі: к.т.н., доц. Белякова І.В., д.т.н., проф. Тарасенко М.Г.

Рецензент: к.т.н., доц. Медвідь В.Р.

Відповідальний за випуск: к.т.н., доц. Белякова І.В.

Методичні вказівки до лабораторних робіт розглянуто і затверджено на засіданні кафедри електричної інженерії
Протокол № 1 від 25 серпня 2023 р.

Розглянуто й рекомендовано до друку на засіданні науково-методичної комісії факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.
Протокол № 1 від 30 серпня 2023 року

Методичні вказівки складено з врахуванням матеріалів літературних джерел, наведених у списку.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ І СВІЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАМП РОЗЖАРЮВАННЯ

Мета роботи: Визначити будову і існуючий асортимент ламп розжарювання. Дослідити залежності основних параметрів ламп розжарювання від зміни напруги мережі.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Природне світло має дуже велике значення для сучасного суспільства. Світло від штучних джерел світла має ту перевагу, що воно порівняно постійне по рівню і кольору в будь який час і пору року.

Серед всієї різноманітності штучних джерел світла лампи розжарювання (ЛР) найбільш розповсюджені. Їх випуск зростає, області використання розширюються, збільшується кількість типорозмірів, високими темпами механізується і автоматизується виробництво. Не дивлячись на все більше використання розрядних джерел світла, які більш економічні і довговічні, ЛР загального і спеціального призначення іще довгий час будуть переважати в різних областях світлотехніки, а для цілого роду спеціальних призначень, мабуть, ніколи не будуть витіснені розрядними лампами. Це обумовлено низькою собівартістю ЛР, зручностями в користуванні, можливістю створення джерел світла від мікромініатюрних ламп (долі Вт) до ламп, які споживають десятки кВт.

ЛР - це теплові джерела світла, які використовують випромінювання нагрітого до температури 2500...3000°K вольфрамового тіла розжарювання, розташованого в скляній колбі, яка наповнена інертним газом або відкачана до глибокого вакууму.

Роком народження ЛР прийнято рахувати 1879 рік, коли американський винахідник Т.А.Едісон не тільки удосконалив конструкцію ЛР, запропоновану в 1873 р. А.П.Лодигінім, але і розробив технологію її виробництва.

В залежності від призначення та особливих вимог, які висуваються до окремих типів ЛР, конструкція їх може значно змінюватися.

В цілому ж, будова ЛР наступна (рис.1.1).

Основною частиною ЛР є тіло розжарювання 1, яке виготовляється з вольфрамового дроту або стрічки. Дріт випускають діаметром від 0,01 до 1,5 мм. Вольфрамову стрічку виробляють товщиною від 0,02 мм і більше, різної ширини та довжини. Для підтримки тіла розжарювання використовують молібденові тримачі 2, форма, розмір і кількість яких залежить від конструкції тіла розжарювання, яке використовується в лампах даного типу.

Для того, щоб тіло розжарювання (спіраль, біспіраль, триспіраль і т.д.) зберігало в процесі роботи форму, його фіксують в просторі не тільки за допомогою тримачів 2, але і електродів 3, через які напруга підводиться до тіла розжарювання 1.

В залежності від типу лампи електроди можуть складатися з одної, двох або трьох ланок. На рис.1.1 показані електроди, які складаються з трьох ланок:

- *внутрішньої ланки* 3а, яка виготовляється з *нікелю*, який має дуже мале газовиділення при нагріванні і досить формостійкий при високих температурах;
- *середньої ланки - платінового впаю* 3б, (коефіцієнт теплового лінійного розширення у платініта такий самий, як і у скла), який утворює зі склом вакуумно-щільне з'єднання;

- **зовнішньої ланки** - виводу Зв, яка виготовляється як правило з міді, тому що мідь гнучка і добре паяється.

Електроди і тримачі: це частина так званої ніжки. Ніжка - це скляний конструктивний вузол лампи, який крім електродів і тримачів включає в себе скляний суцільний штабик 4 з лінзочкою 5, скляний пустотілий штенгель 6, її скляну трубку - тарілку 8, розгорнуту в нижній частині колби. Ці деталі з'єднані між собою шляхом сплавлення скляних елементів. Ніжка служить опорою для тіла розжарювання і разом з колбою 10 забезпечує герметизацію лампи.

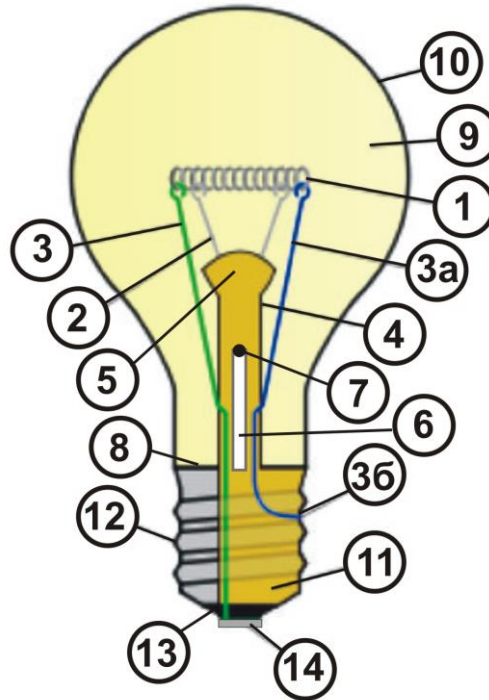


Рис. 1.1

Тіло розжарювання розташовується або у вакуумі, або в середовищі так званих інертних газів 9 або їх сумішей, які не вступають у реакцію з матеріалом тіла розжарювання.

Як правило, лампи наповнюють сумішшю інертних газів 86% Ar + 14% N₂ або 90% Kr + 10% N₂.

Азот вводять в лампу для того, щоб виключити можливість виникнення міжвиткових розрядів в лампі.

Використання технічного криптону виправдано в тих випадках, коли економічний ефект його використання (за рахунок зменшення теплових втрат в газі і збільшення терміну служби) компенсує більш високу його вартість в порівнянні з технічним аргеном. Як правило, це властиво для нормально освітлювальних лампах (НОЛ) потужністю не більше 150 Вт. В лампах 150 Вт і більше доцільніше використання аргонного наповнення.

Тиск наповнюючого газу в непрацюючій лампі, виходячи з умов технології їх наповнення, повинен бути трохи нижчий атмосферного. Як правило, це 600...650 мм рт.ст.

При роботі лампи $P_{гор}=(1,5...1,7)P_{хол}$. Конструктивно ця задача вирішується наступним чином: ніжку з тілом розжарювання розміщують в колбі 10, горло колби герметично зварюють з розгорткою тарілки 8, через штангель і відкачуваний отвір 7 з колби відкачують повітря і після цього вводять інертні газы. Потім запаюють штангель, герметично закриваючи тим самим внутрішній простір лампи, і на горловині лампи, за допомогою цокольної мастики 11, закріплюють цоколь 12. До корпусу 13 і контактної пластини 14 приварюються виводи електродів.

Цоколі ЛР забезпечують їх кріплення в патроні та орієнтацію нитки розжарювання відносно осі патрона.

Найчастіше використовують цоколі:

- різьбові,
- штифтові,
- штирькові,
- фокусуєчі штифтові,
- фокусуєчі дискові і
- фокусуєчі секторні цоколі (рис.1.2).

Енергетичний баланс різних ЛР приведений в табл.1.1.



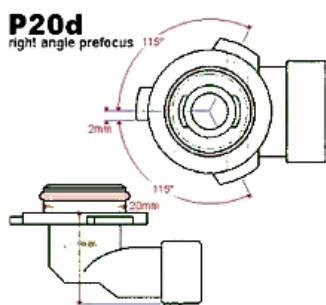
Різьбовий цоколь Е



Штирьковий цоколь G



Штифтовий цоколь (байонет) В



Фокусуєчий цоколь Р

Рис. 1.2 Види цоколів ламп розжарювання

Таблиця 1.1

Тип випромінювання	Вакуумна лампа %	Лампа наповнена Ar 86%+N ₂ 14%	Біспіральна аргонна ЛР, %	Кріптонові і ксенонові ЛР, %
Видиме випромінювання	7	12	13	13
Інфрачервоне випромінювання	86	68	74	76
Втрати в тримачі	7	3	2	2
Втрати через газ	0	17	11	9

Основним електричним параметром ЛР, як споживача електроенергії, є **номінальна напруга мережі** або джерела живлення, при вмиканні на яке вона повинна робити. Ця напруга називається **номінальною напругою** ЛР.

Другим основним електричним параметром ЛР є **потужність**. Під номінальною потужністю ЛР даного типу розуміють розрахункову електричну потужність, яка виділяється в ЛР даного типу при її вмиканні на номінальну напругу.

Основною світлотехнічною характеристикою ЛР є **світловий потік** в люменах, який вона випромінює. **Номінальним світловим потоком** лампи є середнє значення світлового потоку великої партії ламп даного типу. При нормуванні світлового потоку обмежують його допустиму нижню межу.

Світлова віддача, одна з найважливіших характеристик якості ЛР, останнім часом виключена з характеристик, які нормуються, тому що її можна отримати як відношення світлового потоку до потужності.

Не зважаючи на різноманітність конструкцій ЛР, взаємна залежність їх параметрів в межах великої (не більше $\pm 10\%$) зміни одного з них може бути представлена рівнянням слідуєчого типу

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B}{B_0} \right)^n, \quad (1)$$

де H_2 та B - два будь-яких параметри ЛР, причому значення параметра H_c відповідає значенню B_0 .

Це означає, що якщо при деяких умовах лампа має параметри H_0 та B_0 , а потім параметр H_0 в силу будь-яких причин прийняв значення H , то при цих же умовах параметр B_0 прийме значення B , яке можна отримати з виразу (1).

В залежності від параметрів, які входять до рівняння (1), змінюється показник ступеня n . Для кожних двох параметрів в умовах, обумовлених вище, тобто зміни параметрів до $\pm 10\%$, показник ступеня n залишається постійним.

Найбільш важливими для експлуатації є зміни параметрів в залежності від зміни напруги на лампі, так як фактична напруга, яка подається на лампу, як правило, відрізняється як від номінального, так і від розрахункового її значення.

Рівняння, які зв'язують основні параметри ЛР з напругою, мають наступний вигляд:

- залежність потужності:

$$P/P_0 = (U/U_0)^{8/5} \quad (2)$$

- залежність струму:

$$I/I_c = (U/U_0)^{3/5} \quad (3)$$

- залежність світлового потоку:

$$F/F_0 = (U/U_0)^{3,6} \quad (4)$$

- залежність світлової віддачі:

$$H/H_0 = (U/U_0)^2 \quad (5)$$

- залежність строку служби:

$$t/T_0 = (U/U_0)^{-14} \quad (6)$$

- залежність температури тіла, розжарювання:

$$T/T_0 = (U/U_0)^{1/3} \quad (7)$$

З розглянутих залежностей звертає на себе увагу різка залежність терміну служби ЛР від прикладеної напруги, показник ступеня якої мінус 14. Це означає, що при підвищенні напруги на 10% новий термін служби ламп складає всього 14% від номінального.

Дещо слабша залежність світлового потоку ЛР від напруги. В першому наближенні вона означає, що на 1% зміни напруги світловий потік змінюється на 4% від номінального значення.

Таким чином, при зменшенні напруги зменшується світловий потік і збільшується тривалість горіння ЛР. Це добре ілюструють графіки залежності параметрів ЛР від напруги живлення (рис.1.3).

При нагріванні тіла розжарювання колба і внутрішні деталі ЛР виділяють різні гази і пари (кисень, водень, пари води). Це негативно впливає на роботу ЛР. Так, наявність парів води викликає безперервну і інтенсивно протікаючу кругову реакцію в лампі – “водяний цикл”: $3H_2O + W \rightleftharpoons WO_3 + 6H$. Вольфрамовий ангідрид WO_3 випаровується з тіла розжарювання і конденсується на колбі. Тут водень відновлює його до металу, а водяна пара, яка утворюється, знову взаємодіє з тілом розжарювання, швидко руйнуючи його.

Для боротьби з шкідливими газами і парами в лампу вводять спеціально підібрані **газопоглиначі (геттери)** - матеріали, які активно і не обернено поглинають і зв'язують шкідливі для роботи ЛР пари і гази. Ефективні геттери потрібні, насамперед, в лампах малого об'єму, які мають в середині колби відносно велику масу металічних деталей.

Геттери характеризуються наступними основними параметрами:

- **швидкістю** поглинання, яка повинна бути більшою швидкості виділення газів деталями лампи, інакше тиск шкідливих газів буде безперервно зростати;
- **ємністю**, тобто кількістю газів, яку вони можуть поглинути;
- **вибірковістю** поглинання, тобто стелінню активності його до різних газів.



Рис. 1.3 Графіки залежності параметрів ЛР від напруги живлення:
1 – середня тривалість горіння; 2 – світловий потік; 3 – світлова віддача;
4 – споживана потужність; 5 – сила струм

Геттери для ЛР можна розділити на дві групи:

- 1) ті, які *випаровуються* – червоний фосфор, газова сажа, вуглекислий барій і їх суміші;
- 2) ті, які *не випаровуються* – металічний цирконій, титан, алюміній та інші.

Існує великий *асортимент ЛР* за конструкцією, геометричними розмірами, електричними характеристиками і призначенню.

Так, ЛР *електричні надмініатюрні СМН* (рис. 1.4) використовуються в сигнальних пристроях, пультах, медичній апаратурі. Вони мають підвищену надійність, розраховані на роботу в діапазоні температур від -60 до $+120^{\circ}\text{C}$ і пониженому тиску. Випускаються з цоколями і вільними виводами.

















ЛР *електричні мініатюрні серії МН* (рис.1.5) широко використовуються в різноманітній апаратурі.

ЛР *електричні серії Р* (рис.1.6) розраховані на низьку напругу, малу потужність і мають малі габарити.

ЛР *електричні для оптичних приладів серії ОП і СЦ* (рис.1.7) виготовляються з підвищеними вимогами до якості скла балонів, форми розташування тіла розжарювання.

ЛР *електричні комутаційні серії КМ* (рис.1.8) призначені для сигналізації, їх цоколь складається з пластмасового наконечника і двох латунних пластин; тіло розжарювання має підвищену механічну міцність і витримує вібрацію у вертикальній та горизонтальній площинах.

ЛР *електричні спеціальні* різного призначення *серій РН, СЦ* (рис. 1.9; 1.10) використовуються в різних вимірювальних і освітлювальних приладах. Компактні і споживають малу потужність, виготовляються з різними типами цоколів.

 <p> $U_H = 1,25 \text{ В}$ $I_H = 40 \text{ мА}$ $F = 0,03 \text{ лм}$ $\tau = 150 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.4 СМН6-80</p>	 <p> $U_H = 3,75 \text{ В}$ $I_H = 1+0,5 \text{ А}$ $F = 48+21 \text{ лм}$ $\tau = 220 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.5 МН1-0,068</p>	 <p> $U_H = 6 \text{ В}$ $I_H = 60 \text{ мА}$ $F = 0,5 \text{ лм}$ $\tau = 1500 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.6 Р3,75-1+0,5</p>
 <p> $U_H = 2,5 \text{ В}$ $P_H = 0,5 \text{ Вт}$ $F = 7,5 \text{ лм}$ $\tau = 300 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.7 ОП4-4-2</p>	 <p> $U_H = 1 \text{ В}$ $I_H = 0,068 \text{ мА}$ $\tau = 1500 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.8 КМ6-60</p>	 <p> $U_H = 4 \text{ В}$ $P_H = 4 \text{ Вт}$ $F = 40 \text{ лм}$ $\tau = 100 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.9 РН 2,5-0,5</p>
 <p> $U_H = 12 \text{ В}$ $P_H = 15 \text{ Вт}$ $F = 100 \text{ лм}$ $\tau = 100 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.10 СЦ12-15</p>	 <p> $U_H = 127 \text{ В}$ $P_H = 15 \text{ Вт}$ $F = 105 \text{ лм}$ $\tau = 1000 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.11 Ц127-15-1</p>	 <p> $U_H = 6 \text{ В}$ $P_H = 100 \text{ Вт}$ $F = 2000 \text{ лм}$ $\tau = 25 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.12 К6-100</p>
 <p> $U_H = 28 \text{ В}$ $P_H = 1,5 \text{ Вт}$ $F = 3 \text{ лм}$ $\tau = 1000 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.13 СМ28-1,5</p>	 <p> $U_H = 12 \text{ В}$ $P_H = 80 \text{ Вт}$ $F = 1440 \text{ лм}$ $\tau = 2300 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.14 А12-80</p>	 <p> $U_H = 110 \text{ В}$ $P_H = 500 \text{ Вт}$ $F = 1000 \text{ лм}$ $\tau = 200 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.15 ММ110-500</p>
 <p> $U_H = 110 \text{ В}$ $P_H = 60 \text{ Вт}$ $F = 516 \text{ лм}$ $\tau = 700 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.16 С110-60-1</p>	 <p> $U_H = 54 \text{ В}$ $P_H = 25 \text{ Вт}$ $F = 270 \text{ лм}$ $\tau = 1000 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.17 Ж54-25</p>	 <p> $U_H = 36 \text{ В}$ $P_H = 60 \text{ Вт}$ $F = 800 \text{ лм}$ $\tau = 1000 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.18 МО-36-60</p>
 <p> $U_H = 24 \text{ В}$ $P_H = 60 \text{ Вт}$ $F = 840 \text{ лм}$ $\tau = 700 \text{ год}$ </p> <p>Рис. 1.19 С24-60-1</p>		

ЛР *електричні в циліндричних балонах серії Ц* (рис. 1.11) призначені для сигналізації і освітлення шкал приладів. Випускаються з різьбовими і штифтовими цоколями, а для роботи в морських умовах - з цоколями з латуні. Тіло розжарювання відрізняється

підвищеною механічною міцністю до ударних навантажень.

ЛР *електричні кінопроекційні серії К* (рис. 1.12) використовуються в різній проекційній апаратурі. Для точного суміщення світлового центру з фокусом оптичної системи деякі з ламп цієї серії мають спеціальні цоколі.

ЛР *електричні для літаків серії СМ* (рис.1.13) призначені для освітлення літаків і сигналізації, розраховані для роботи в умовах пониженого атмосферного тиску і підвищеної відносної вологості оточуючого середовища. Тіло розжарювання ламп серії СМ має велику механічну міцність і витримує великі вібраційні та ударні навантаження.

ЛР *електричні автомобільні серії А* (рис. 1.14) виготовлюються на номінальну напругу 6, 12, 24 В. Тіло розжарювання цих ламп підвищеної міцності витримує вібрацію з частотою 50 Гц і прискоренням 7,5 та 3g (відповідно для ламп з номінальною напругою 6, 12, 24 В), ударну тряску з частотою 40...100 ударів за хвилину з прискоренням 20, 50 та 10g (відповідно для ламп з номінальною напругою 6, 12, 24 В).

Лампи з серії А випускаються в основному з штифтовим цоколем. Частина ламп цієї серії випускається з різними типами фокусуєчих цоколів.

ЛР *електричні маячні серії ММ* (рис.1.15). також мають тіло розжарювання з підвищеною механічною міцністю і випускаються в матованих балонах і з фокусуєчими цоколями.

ЛР *електричні судової серії С* (рис.1.16) випускаються з різьбовими і штифтовими цоколями, тіло розжарювання має підвищену механічну міцність, витримує вібрацію з частотою 25 Гц і амплітудою 1 мм. Частина ламп випускається з двома тілами розжарювання (одне резервне, яке включається у випадку перегорання основного). Цоколі цих ламп латунні. Світлові та електричні параметри основної та резервної спіралей однакові.

ЛР *електричні серії ЖС (для залізної дороги)* (рис.1.17) мають моноспіральне тіло розжарювання, прозорі колби наповнені аргоном. Лампи витримують вібрацію з частотою 35 Гц і амплітудою 0,6 мм, а також багатократні удари з частотою 60-80 в хвилину при прискоренні 2g.

Колби ламп Ж 54-25 мають синій колір і витримують вібрацію з частотою 25 Гц і амплітудою 1 мм.

ЛР *електричні освітлювальні для місцевого освітлення МО* (рис.1.18) витримують вібрацію з прискоренням 20g і частотою 50 Гц. Призначені для використання в тих випадках, коли вимоги техніки безпеки забороняють використовувати напругу 127 та 220 В.

Загалом, слід визначити, що нормальні освітлювальні *лампи розжарювання, наповнені аргоном, завжди мають грушоподібну колбу* (рис. 1.17, 1.18), а *наповнені криптоном - грибоподібну колбу* (рис.1.19), що дозволяє легко їх розрізнити.

Згідно з ДСТУ ІЕС 60064-2001 лампи розжарювання *загального* призначення позначаються наступним чином (рис. 1.20).

Приклади позначення ламп:

- В220-230-25 - вакуумна лампа на діапазон напруги 220-230 В, номінальною потужністю 25 Вт;

- БКМТ215-225-100-2 - біспіральна криптонова, у матовій колбі, на діапазон напруги 215-225 В, номінальною потужністю 100 Вт, другої доробки.

XX XX XXX - XXX - XXX - XX

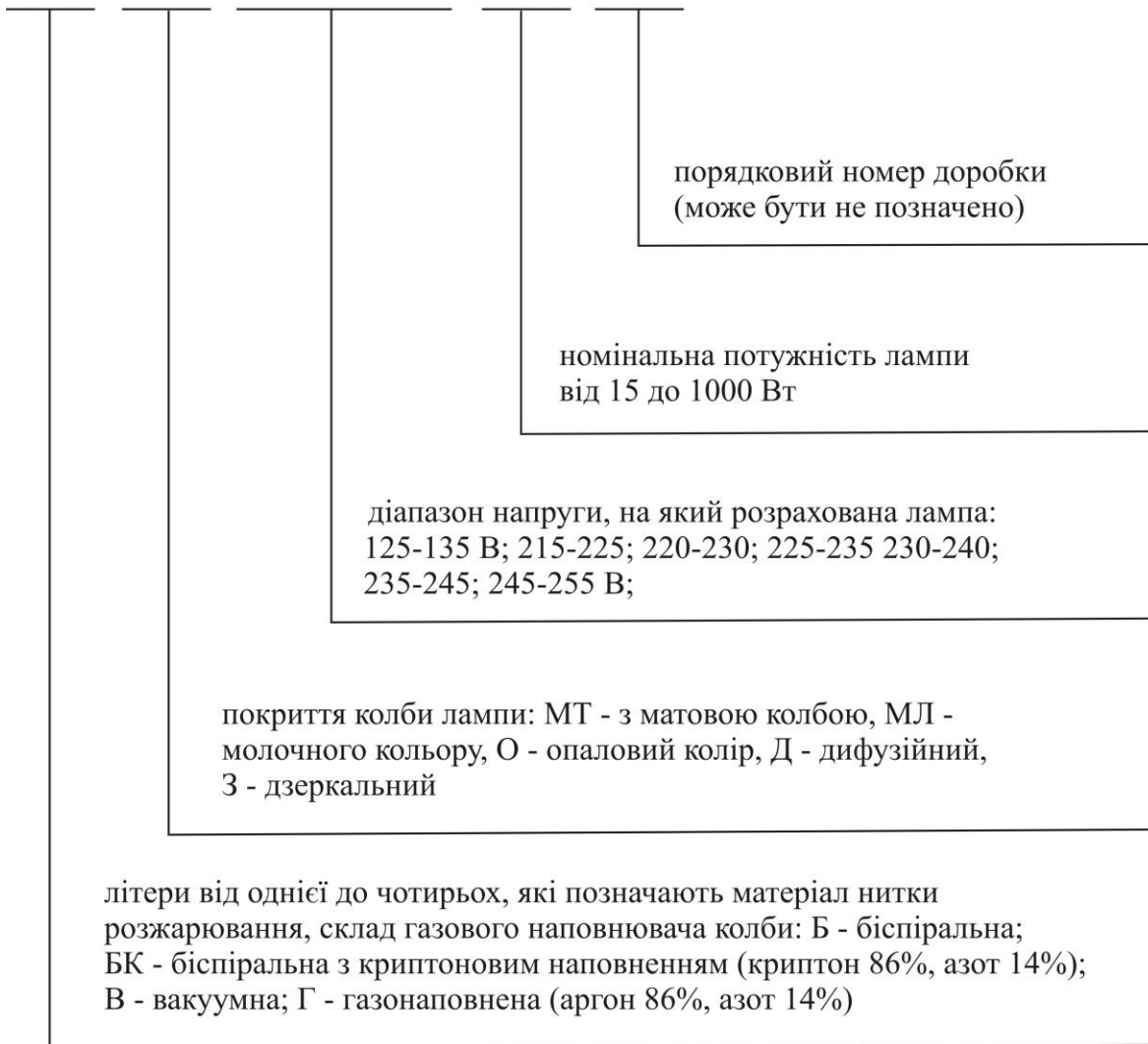


Рис. 1.20 Позначення ламп розжарювання загального призначення

2. ОПИС ДОСЛІДНОЇ ПАНЕЛІ ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ

Елементи, необхідні для виконання лабораторної роботи, закріплені на панелі, яка представляє собою лампи розжарювання різного призначення, зафіксовані у відповідних патронах.

Всі необхідні для виконання лабораторної роботи прилади знаходяться на столі лабораторного стенда. Це ЛАТР, амперметр, вольтметр, ватметр і люксметр.

З'єднання схем проводити за допомогою мідних провідників з наконечниками.

3. ЗАВДАННЯ

А. Виконується при підготовці до роботи

1. Розрахувати та побудувати залежності терміну служби і світлового потоку ЛР від зміни величини напруги мережі. Всі необхідні дані приведені в табл. 1.2. Зміну напруги мережі прийняти в межах $\pm 50\%$ від номінальної U_0 через кожні 10%.

Таблиця 1.2

№ бригади	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$U_0, В$	220	24	6	28	12	11 0	11 9	54	36	24	1,2 5	1	3,7 5	4	80	127
$\tau_0, год$	100 0	15 0	2 5	100 0	23 0	20 0	70 0	100 0	100 0	70 0	150	1500 0	220	10 0	10 0	100 0

В. Виконується в лабораторії

Зібрати схему (рис. 1.21), зняти і побудувати в реальних на одному графіку та відносних (приведених) на другому графіку одиницях залежності струму (I), потужності (P) і світлового потоку (F_A) ламп розжарювання від зміни напруги мережі (лампи) $U_M (U)$.

Виміри провести для трьох типів ламп розжарювання.

Типи ЛР задаються викладачем. Результати вимірювань занести в таблиці 1.3; 1.4; 1.5.

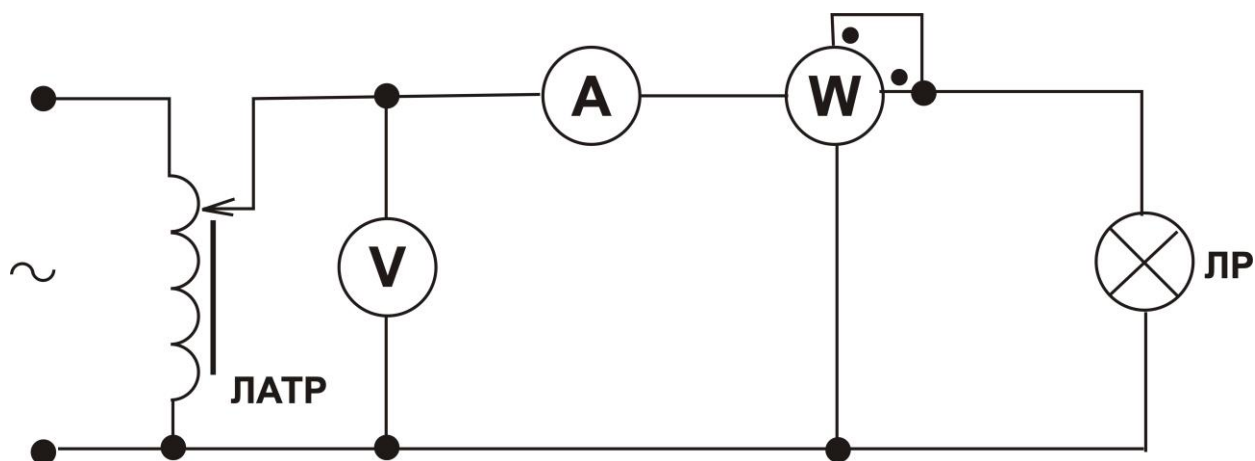


Рис. 1.21

Таблиця 1.3

		ЛР		Вт					
ВИМІРИ	$U_m, (U_a)$ В								
	$I_a, А$								
	$P_l, Вт$								
	$E_l, лк$								
РОЗРАХУНКИ	η								

Таблиця 1.4

		ЛР		Вт					
ВИМІРИ	$U_m, (U_a)$ В								
	$I_a, А$								
	$P_l, Вт$								
	$E_l, лк$								
РОЗРАХУНКИ	η								

		ЛР Вт							
ВИМІРИ	$U_m, (U_a)$ В								
	I_a , А								
	P_l , Вт								
	E_l , лк								
РОЗРАХУНКИ	η								

За результатами дослідів зробити висновки відносно зміни світлового потоку (світлового ККД) і лінійності вольт-амперних характеристик.

Для кожного типу ЛР зафіксувати точку, в якій лампа споживає енергію, але зовсім не випромінює світла.

4. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ПО ВИКОНАННЮ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Світловий потік розраховується по величині освітленості за допомогою люксметра з формули:

$$F_l \equiv 3, \pi l^2 E \text{ (лм)}, \quad (1)$$

де l - відстань від тіла розжарювання до фотоелемента, м.

2. Світловий ККД ЛР розрахувати за формулою:

$$\eta = F_l / (683 \eta_e P_l), \quad (2)$$

де η_e - коефіцієнт перетворення потужності ЛР в променевий потік;

$$\eta_e = \varepsilon_T \sigma (T)^4 \cdot (S_{T.P} / P_A), \quad (3)$$

де ε_T - інтегральний коефіцієнт випромінювання (табл. 1.6).

Таблиця 1.6

T, K	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400
ε_T	0,1	0,14	0,176	0,21	0,24	0,264	0,285	0,304	0,32	0,334	0,347	0,356	0,368

σ_T - стала Больцмана, $\sigma_T = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{град}^{-4}$;

$S_{T.P}$ - площа поверхні ТР, м^2 , знаходиться при номінальній напрузі ЛР, коли $\eta_e = 0,9$ з формули (3);

T - температура тіла розжарювання, К.

$$T = \frac{\left(\frac{U_a}{I_a}\right) - R}{\alpha_1 R_0} + 273, \quad (4)$$

де R_0 - опір тіла розжарювання при кімнатній температурі, Ом;

α_1 - температурний коефіцієнт опору, для вольфраму $\alpha_1 = 0,0052 \text{ град}^{-1}$

4. Приведення значення електричних величин визначити з формул:

$$U_M = U_{Mn} / U_M; \quad I_l = I_{ln} / I_l; \quad P_l = P_{ln} / P_l, \quad (5)$$

де U_M , I_{ln} , P_l - поточні значення мережі, струму і потужності ЛР, які вимірюються відповідними приладами.

U_{Mn} , I_{ln} , P_l - номінальні значення напруги мережі, струму і потужності ЛР.

5. Всі виміри в схемі рис 1.20 провести в інтервалі напруги мережі від 0 В до 1,1 U_{Mn} , розробивши інтервал на вісім рівних частин.

6.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення лампі розжарювання.
2. Розкажіть будову лампи розжарювання.
3. Яка будова електродів?
4. Чим наповнюють колбу ламп розжарювання? До якого тиску?
5. Як конструктивно вирішується задача наповнення колби ЛР сумішшю Інертних газів?
6. Які цоколі ви знаєте?
7. Чим відрізняється енергетичний баланс різних ЛР?
8. Якими основними параметрами характеризується ЛР?
9. Як аналітично виглядає взаємна залежність параметрів ЛР в межах великої зміни одного з них?
10. Як залежить строк служби ЛР від величини напруги мережі?
11. Що таке геттер і для чого він вводиться в ЛР?
12. Якими основними параметрами характеризуються геттери?
13. Чим відрізняються ЛР типу СМН від МН.
14. Які ЛР використовуються для оптичних приладів?
15. Які ЛР використовуються у вимірювальних приладах?
16. Які цоколі у автомобільних та кінопроекційних ЛР?
17. Які особливості мають ЛР для літаків, маяків і суден?
18. Як візуально відрізнити ЛР з аргонним і криптонним наповненням?
19. До якої групи елементів відносяться ЛР (лінійних чи нелінійних)?
20. Як змінюється відносний (приведений) світловий потік ЛР при зменшенні напруги живлення в 1,5; 2,0; 3,0; 4,0 рази від номінальної?
21. Чи співпадають відносні вольт амперні характеристики ЛР різних типів?

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕГУЛЮВАННЯ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ КВАРЦЕВО-ГАЛОГЕННИХ ТА НОРМАЛЬНО-ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ЛАМП РОЗЖАРЮВАННЯ

Мета роботи: Вивчити будову і особливості роботи кварцово-галогенних ламп розжарювання та особливості регулювання світлового потоку цих ламп в порівнянні з нормально освітлювальними.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

До теперішнього часу, не дивлячись на створення нових, більш ефективних конструкцій ламп розжарювання (ЛР), багато типів ламп виготовляється у вакуумному виконанні.

Суттєвим недоліком вакуумних ЛР є порівняно низька світлова віддача, що пов'язано з неможливістю експлуатації тіла розжарювання при температурах вище 2600...2800 К, при яких випаровування вольфраму сильно зростає. В умовах вакууму вольфрам без перешкод випаровується і осідає на внутрішню стінку колби, що призводить до зниження світлового потоку.

Одним з шляхів протидії випаровуванню вольфраму є наповнення ламп азотом та інертними газами - Ar, Kr, Xe. Поява газонаповнених ламп - це крок в напрямку подальшого удосконалення конструкції ламп і підвищення їх ефективності.

Однак, газове наповнення в ЛР не усуває шкідливої дії термічного випаровування вольфраму, воно лише значно його зменшує. Відповідно, якщо термічне випаровування вольфраму є неминучим фізичним процесом, необхідно якимось чином очищати стінки оболонки від осідаючих частинок вольфраму.

З цією метою почали використовувати так званий *галогенний цикл*. Завдяки введенню всередину ламп спеціальних домішок до інертного газу, створюються можливості та умови для виникнення і протікання таких фізико-хімічних реакцій, які приводять до повної очистки стінок оболонки від осідаючого вольфраму і перенесення його назад на тіло розжарювання (ТР).

В 1882 р. Скрібнер в США отримав патент на безпосереднє введення у вакуумну ЛР малої кількості хлору. В 1933 р. Ван Лімп отримує патент на використання сумішей хлору, бромю та йоду разом з інертними газами для забезпечення протікання регенеративного циклу. Але регенеративний цикл діяв в таких лампах дуже короткий час і припиняв свою дію внаслідок зв'язування галогенів сторонніми металами, які були в "класичній" конструкції лампи (нікелевими електродами, молібденовими тримачами). Довго йодний цикл міг проходити *тільки при відсутності сторонніх металів* і наявності в середині лампи тільки *вольфраму*.

В кінці 1959 р. співробітники фірми "Дженерал Електрик" Цаблер та Мосбі отримали повноцінну трубчасту кварцову ЛР з домішками йоду. Підтримки спіралі були зроблені також з вольфраму.

Інколи вольфрамово-галогенний цикл називають *регенеративним*, тому що вольфрам, який випаровується з ТР, повертається назад на ТР. Але, в дійсності, він не є таким, оскільки не може відновити ТР в його первісному вигляді. Частинки вольфраму випаровуються з одних ділянок, а осідають на інші. Таким чином, в процесі роботи ЛР ТР потоншується в одних місцях і потовщується в інших. Але завдяки галогенному циклу, загальна маса вольфрамівого ТР залишається практично незмінною. Якщо в звичайних ЛР критична втрата маси ТР може служити якимось критерієм терміну служби джерел світла, то в галогенних лампах цей "фактор" втрачає зміст. На термін служби впливає не загальна кількість вольфраму, який випаровується, або критична втрата маси ТР, а температурне поле ТР, випаровування повернення вольфраму на окремі ділянки спіралі.

Вольфрам-галогенні цикли можливі при використанні з якості переносника будь-якого з

чотирьох галогенів - йоду, броду, хлору, фтору - і проходять, в принципі, по однаковій схемі.

Схематично процес виглядає наступним чином: при температурі вище 300°C і нижче 1200°C пари йоду з'єднується на стінці колби з вольфрамом, який випарувався, і утворюється **йодистий вольфрам** WI_2 . Ця сполука при температурах вище $250\text{...}300^{\circ}\text{C}$ переходить в пароподібний стан. Дифундуючи в об'ємі і попадаючи в зону поблизу ТР і інших деталей з температурою вище 1600°C , розпадаються. Частинки вольфраму залишаються поблизу ТР та інших деталей з температурою вище 1600°C і осідають на них. Атоми йоду, які вивільнилися, знову дифундують в зони з більш низькою температурою і на стінках кварцової колби з'єднуються з частинками вольфраму. Цей процес відбувається безперервно.

На рис.2.1 схематично показана дія зворотного йодно-вольфрамового циклу.

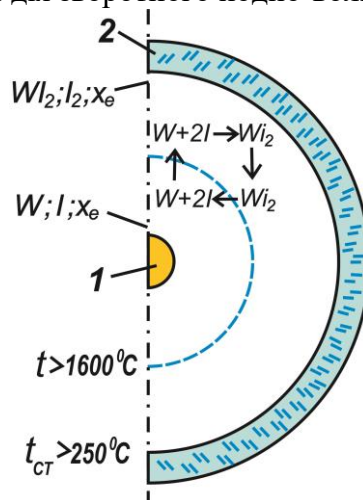


Рис.2.1 Зворотній йодно-вольфрамовий цикл:
1 - тіло розжарювання; 2 - стінка колби

Для підтримання йодно-вольфрамового циклу на протязі тривалого часу необхідно, щоб виконувалися наступні вимоги:

1) **температура внутрішньої стінки** колби всюди повинна бути вища за 250°C , інакше йодистий вольфрам WI_2 буде конденсуватися і цикл порушиться, стінки колби швидко почорніють. Максимальна температура стінки повинна бути помітно нижчою 1200°C , тому що при цій і більш високій температурі починається розкладання WI_2 ;

2.) **мінімальна температура** ТР повинна бути більша за 1600°C , щоб відбувалася *повна дисоціація молекул* WI_2 . Максимальна температура ТР визначається необхідною світловою віддачею і строком служби;

3.) **повинні бути створенні умови**, при яких йод не міг би виходити з циклу протягом всього терміну служби, інакше цикл може порушитися. Враховуючи те, що йод хімічно активний в кварцово-галогенних ЛР, неприпустимо використання традиційних для нормально освітлювальних ламп матеріалів, таких як **нікель, молибден, алюміній, цирконій, фосфор**.

Йодно-вольфрамовий цикл, в основному, перешкоджає конденсації вольфраму на колбі, але не забезпечує повернення частинок вольфраму в *дефектні ділянки* ТР. Тому механізм перегорання ТР в кварцово-галогенних лампах такий самий, як і у звичайних ЛР.

Будова лінійної кварцово-галогенної ЛР показана на рис.2.2.

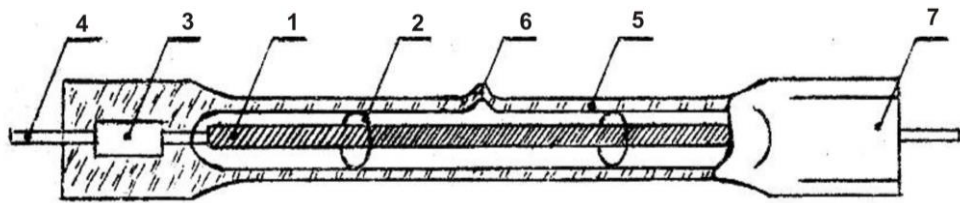


Рис.2.2 Лінійна кварцово-галогенна ЛР

Вона складається з:

1 - **вольфрамового спірального ТР** (вольфрам марки ВА), розташованого по осі трубки. Температура плавлення вольфраму 3653 К. В галогенних лампах вольфрам працює при температурах 0,85...0,90 від температури плавлення. Густина вольфраму дорівнює 19,3 г/см³ ;

2 - **тримачів з вольфрамового дроту**, які знаходяться на відстані близько 20 мм один від одного на прямій частині лампи і на відстані 8...10 мм в місцях згинів. Тримач являє собою кільце вольфрамового дроту діаметром 0,2...0,3 мм, яке з допомогою спеціального пристрою навивають прямо на спіраль;

3 - **вакуумно щільний впаї**, для утворення якого використовується молібденова фольга, у якої температурний коефіцієнт лінійного розширення близький до кварцового скла. До країв молібденової фольги за допомогою точкової зварки приварені дротинки. Внутрішня дротинка з вольфраму служить для від'єднання ТР; зовнішня - з молібдену - служить для під'єднання до джерела живлення;

4 - **виводу з молібденового дроту**;

5 - **колби з кварцового скла** у вигляді вузької трубки, щоб забезпечити по всій поверхні колби температуру не нижче 250...300°С. Кварцове скло вибране тому, що у нього висока температура розм'ягчення (1525 К), висока прозорість в ультрафіолетовій, видимій та інфрачервоній областях спектра (див. рис.2.3) мала газопроникність, малий температурний коефіцієнт лінійного розширення, мала чутливість до термоудару. Воно також хімічно інертно до наповнюючих газів та галогенних з'єднань.

6 - **потовщення**, яке залишається на середній частині колби ЛР після відпайки штенгеля. Штенгель необхідний для відкачки, вакуумної обробки та наповнення лампи;

7 - **цоколь** - для кріплення та під'єднання лампи до мережі.

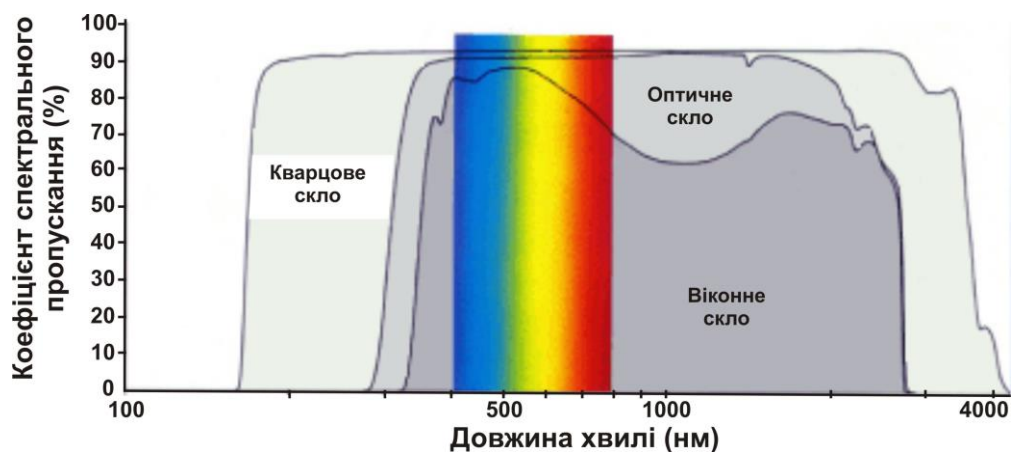


Рис.2.3 Коефіцієнт спектрального пропускання кварцового, оптичного та звичайного віконного скла

Умовні позначення:

- *перший* елемент літера К - кварцова;

- *другий* елемент літера И - йодна, Г - галогенна, М - малогабаритна, МН - мініатюрна, СМ

- для літаків, А - автомобільна, ММ - маячна, Т - термовипромінювач, Д - диференційне

ТР, у якого ділянки спіралі чергуються з тире, КГК - з концентрованим ТР, О - з відігнутими кінцями.

Перше число після літери - номінальна електрична напруга у вольтах;

друге - номінальна електрична потужність, Вт;

третє після знаку "+" - номінальна потужність другої спіралі, цифра після дефісу - модифікація лампи.

Приклад: КГТД220-1000-1 - кварцово-галогенний термовипромінювач з диференційним ТР на напругу 220 В, потужністю 1000 Вт.

На початку 70-х років з'явилися перші галогенні ЛР з коригованими спектрами випромінювання. Ці лампи потрібні для опромінення рослин, біологічних та інших об'єктів, які не терплять перегріву. В спектрі таких ламп повністю або частково повинна бути відсутня інфрачервоне випромінювання.

Для термічної обробки об'єктів, які бояться видимого випромінювання, необхідні спеціальні лампи. Для кольорових телевізійних передач, кіно- і фотозйомок необхідні джерела світла з кольоровою температурою 5000...6500 К. Для випробувань геліотехнічних установок сонячних елементів і батарей використовують лампи, які імітують спектр Сонця в діапазоні довжини хвиль 0,4—1,1 мкм.

Необхідної корекції спектру випромінювання ЛР з вольфрамовим ТР можна досягнути за рахунок використання оптичних покриттів на колбах. Найбільш ефективними вважаються **багатошарові інтерференційні покриття**, в яких відсутнє поглинання.

Основні типи сучасних галогенних показані на рис.2.4.1-рис. 2.4.12.

1. Лінійні двоцокольні лампи на напругу 230 В (рис. 2.4.1).

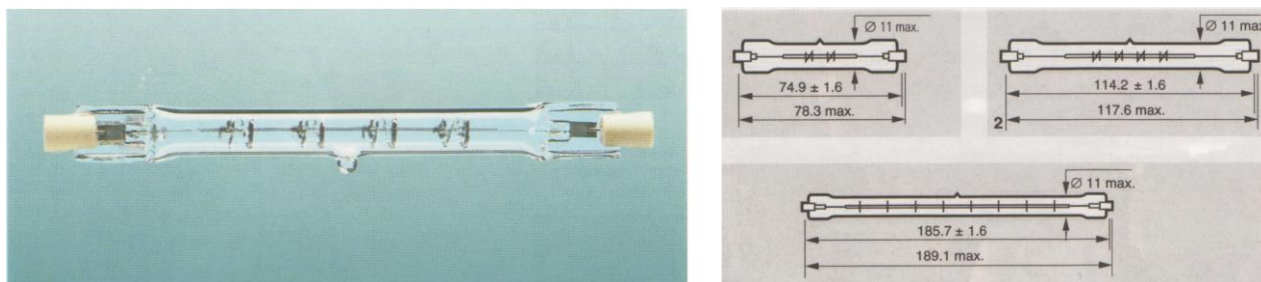


Рис. 2.4.1

Використовуються для освітлення великих площ всередині і зовні приміщень і тільки в закритих корпусах освітлювальних пристроїв. Лампи потужністю до 500 Вт можуть використовуватися в довільному положенні. Лампи більшої потужності – лише в горизонтальному положенні.

Можливе регулювання яскравості.

Середній термін використання – 2000 годин.

Колірна температура – 3000 К.

2. Малогабаритні галогенні лампи на напругу 6 В, 12 В (рис. 2.4.2).

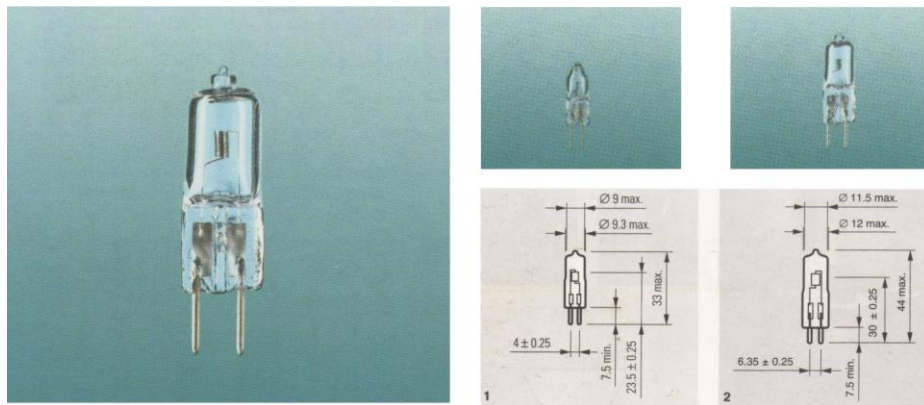


Рис. 2.4.2

Використовуються для світильників з вбудованим відбивачем і додатковим абажуром для декоративного освітлення в приміщеннях. Використовуються в довільному положенні.

Потужність ламп лежить в діапазоні 20...100 Вт. Можливе регулювання яскравості. Середній термін використання – 2000 годин.

3. Галогенні лампи «холодного» світла з відбивачем (рис. 2.4.3).



Рис. 2.4.3

Використовуються для створення світлових акцентів, а також для загального освітлення в магазинах, музеях, на виставках та житлових приміщеннях. Особливо при освітленні об'єктів, чутливих до тепла – витворів мистецтва, квітів, косметики та ін.

Випускаються лампи потужністю 20, 35 і 50 Вт на напругу 12 В. Пальник лампи розташований по її осі в індивідуальному відбивачі з твердим покриттям та закритий переднім склом з антирефлексійним покриттям. Це дозволяє збільшити світловий потік лампи на 15% і звести практично до нуля ультрафіолетову складову випромінювання.

Можливе регулювання яскравості лампи.

Середній термін використання – 4000 годин.

Колірна температура – 3200 К.

4. Галогенні лампи з інтерференційним захисним кольоровим переднім склом та відбивачем (рис. 2.4.4).



Рис. 2.4.4

Використовуються для освітлення торговельних приміщень, кольорових експонатів вітрин магазинів, в рекламних стендах, для створення кольірних акцентів та ін. Закриті спеціальним високоякісним інтерференційним склом чотирьох кольорів – голубого, зеленого, жовтого та червоного. Потужність ламп 50 Вт, напруга 12 В. Можливе регулювання яскравості лампи.

5. Стандартні галогенні лампи «холодного» світла з відбивачем, покритим дихроїчним шаром, без переднього захисного скла (рис. 2.4.5).



Рис. 2.4.5

Використовуються для загального освітлення. Потужність ламп 20 та 50 Вт, напруга 12 В. Використовуються лише у відкритих світильниках. Можливе регулювання яскравості лампи.

6. Стандартні галогенні лампи «холодного» світла з відбивачем та з переднім захисним склом (рис. 2.4.6).

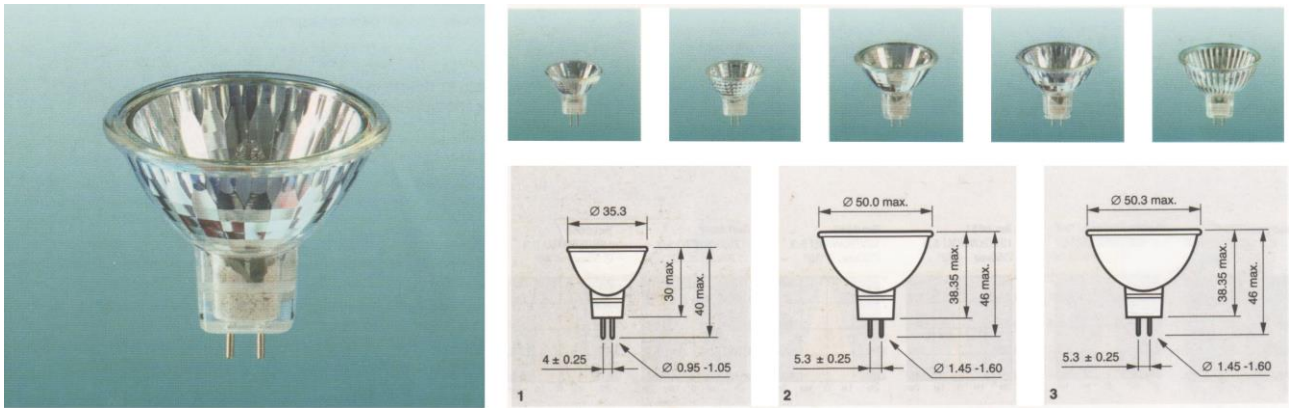


Рис. 2.4.6

Використовуються у випадках, коли потрібно поєднати безпеку закритої лампи з декоративним ефектом «іскристого» світла (на виставках, кафе та ресторанах, магазинах продовольчих товарі..) та для освітлення житлових приміщень. Потужність ламп 20 та 35 Вт, напруга 12 В.

Лампа діаметром 50 мм має невеликий потужний пальник в скляному відбивачі, покритим спеціальним *дихроїчним шаром*, що пропускає інфрачервоне випромінювання, та ідеально прозоре, плоске захисне переднє скло.

Лампа діаметром 35 мм має гладкий відбивач з прозорим або призматичним захисним переднім склом.

Можливе регулювання яскравості лампи.

Середній термін використання ламп 50 мм – 4000 годин, 35 мм – 2000 годин.

Колірна температура – 3000 К.

7. Галогенні лампи з алюмінієвим відбивачем та переднім захисним склом (рис. 2.4.7).

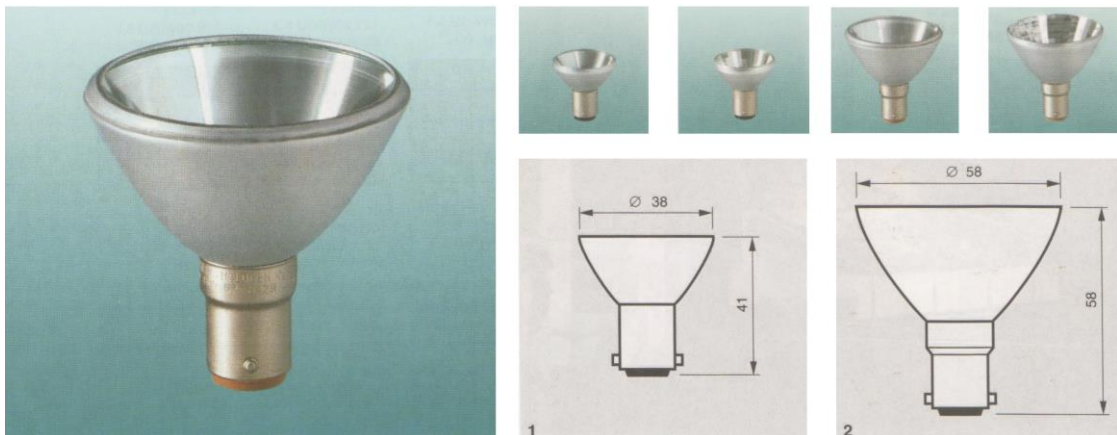


Рис. 2.4.7

Використовуються для освітлення виставок, кафе та ресторанів, житлових приміщень. Потужність ламп 15, 20 та 50 Вт, напруга 6 В та 12 В.

Лампа має невеликий потужний пальник, розташований в *фасетированому* алюмінієвому відбивачі, плоске захисне переднє скло.

Можливе регулювання яскравості лампи.

Середній термін використання ламп – 2000 годин.

Колірна температура – 3000 К.

8. Галогенні лампи з цоколем E27 на напругу 230 В (рис. 2.4.8).

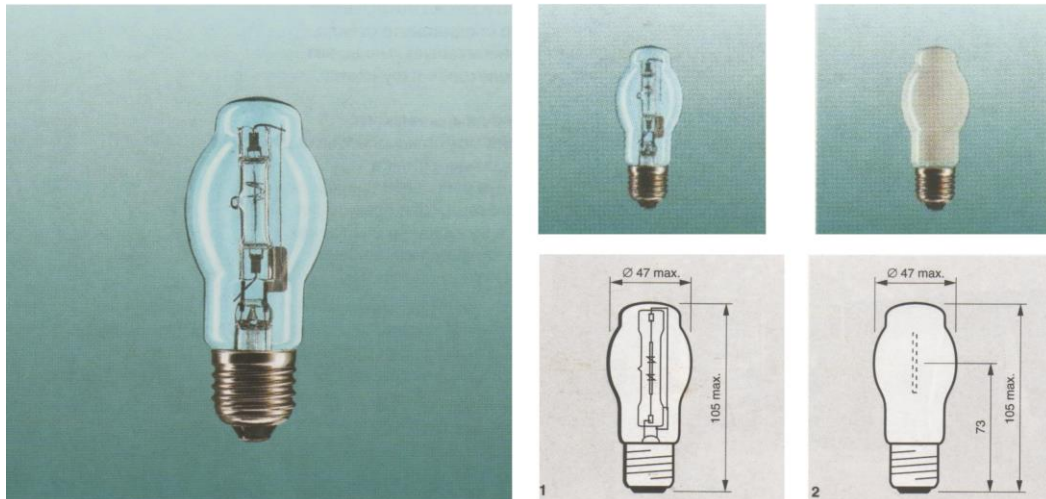


Рис. 2.4.8

Зовнішня колба лампи – холодна.

Використовуються для заміни традиційних ламп розжарювання при загальному освітленні кафе, ресторанів, житлових приміщень, а також в середині та зовні будівель.

Потужність ламп 60, 100 та 150 Вт, напруга 230 В.

Випускаються лампи з прозорою та з матовою колбами.

Середній термін використання ламп – 2000 годин.

Колірна температура – 2900 К.

9. Галогенні лампи з Globe з цоколем E27 на напругу 230 В (рис. 2.4.9).

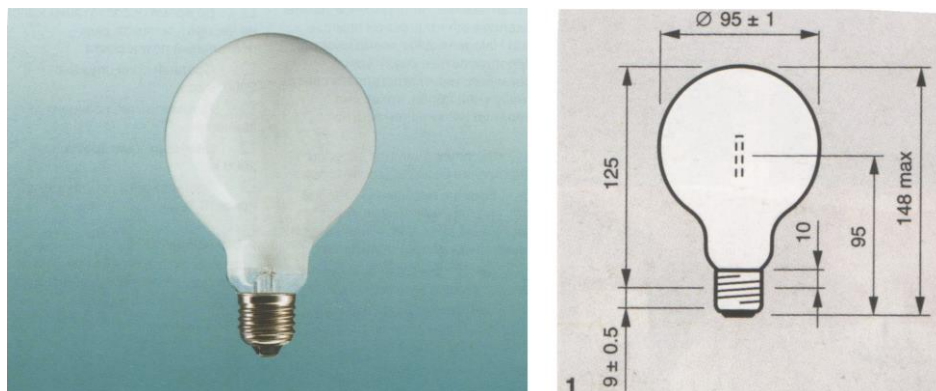


Рис. 2.4.9

Використовуються для заміни традиційних ламп розжарювання при загальному освітленні.

Потужність ламп 60, 100 та 150 Вт, напруга 230 В.

Випускаються лампи з матовою колбою.

Середній термін використання ламп – 2000 годин.

10. Галогенні лампи з цоколем E14 (або B15d) на напругу 230 В (рис. 2.4.10).

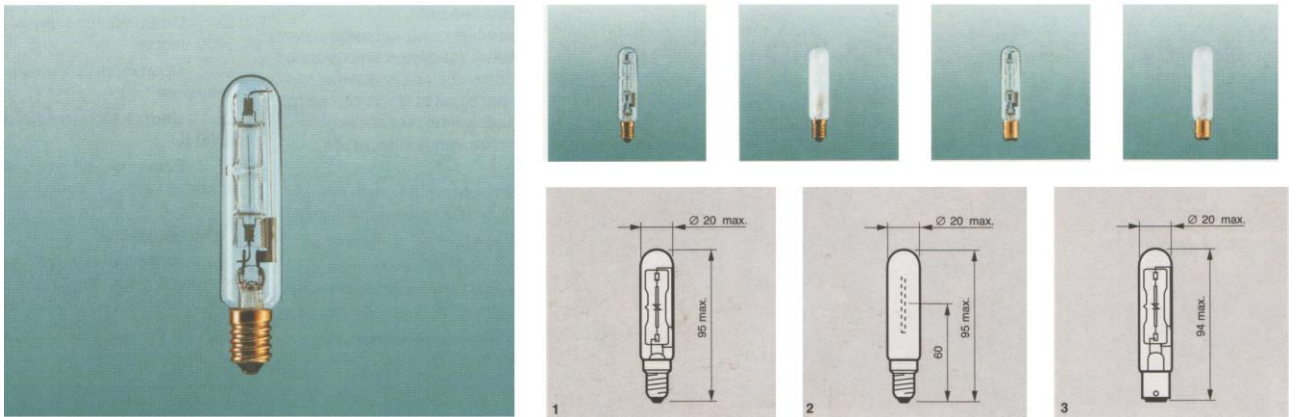


Рис. 2.4.10

Використовуються для заміни «полум'яподібних» ламп. Зовнішня колба лампи – холодна при загальному освітленні квартир, готелів, ресторанів...

Потужність ламп 40 та 60 Вт, напруга 230 В.

Випускаються лампи з прозорою та з матовою колбами.

Середній термін використання ламп – 2000 годин.

Колірна температура – 2900 К.

11. Галогенні лампи RAR з відбивачем з пресованого скла, покритим алюмінієм, цоколем E27 на напругу 230 В (рис. 2.4.11).

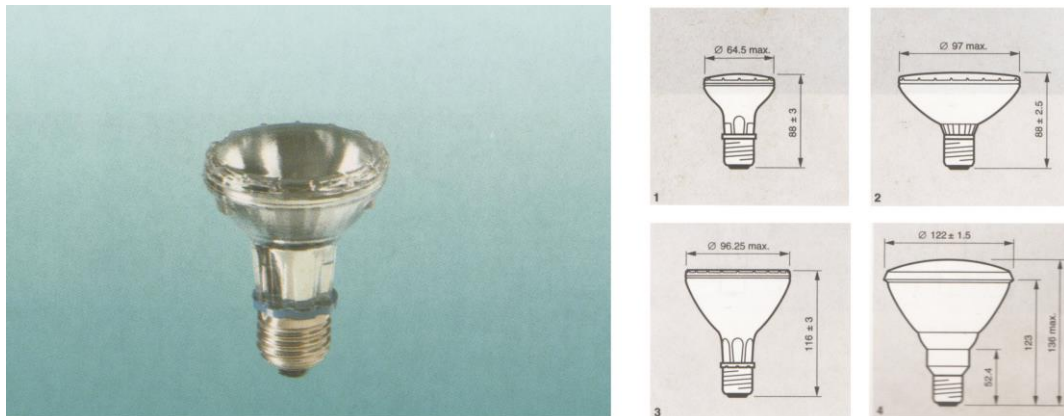


Рис. 2.4.11

Лампа містить покритий алюмінієм відбивач з пресованого скла.

Використовуються для загального освітлення як всередині, так і зовні будівель.

Потужність ламп 50 та 75 Вт, напруга 230 В.

Середній термін використання ламп – 2500 годин.

Колірна температура – 2900 К.

12. Галогенні лампи з цоколем E40 на напругу 230 В (рис. 2.4.12)

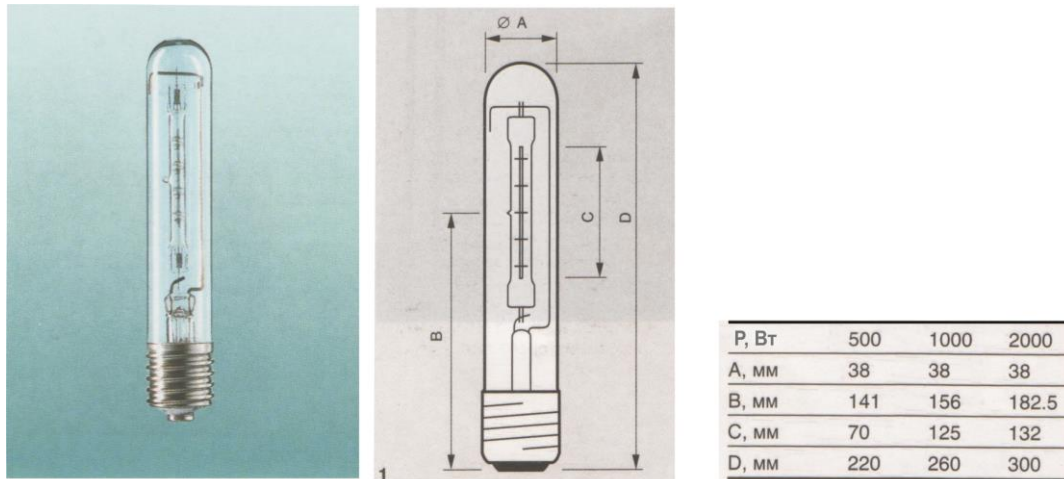


Рис. 2.4.12

Використовуються для зосвітлення промислових об'єктів, фасадів будинків, автостоянок, пам'ятників... Для освітлення інтер'єрів використовувати лише в закритих світильниках.

Потужність ламп 500, 1000 та 2000 Вт, напруга 230 В.

Можливе регулювання яскравості лампи.

Середній термін використання ламп – 2000 годин.

Зараз найбільш доцільним є впровадження для місцевого (зонного) освітлення низьковольтних кварцово-галогенних ЛР типу КГМН замість звичайних ЛР напругою 220 В.

Розглянемо обґрунтованість таких тверджень. Для цього розглянемо табл.2.1, в якій на перехресті відповідних напруг і потужностей приведе:ні значення світлових віддач для звичайних і кварцово-галогенних ЛР. Так як для включення в мережу 220 В ламп типу КГМН потрібен понижуючий трансформатор, то в табл.. 2.1 приведені значення світлових віддач з урахуванням ККД трансформатора, який прийнятий рівним 0.85.

Таблиця 2.1

$\frac{P_l, B}{U_l, B}$	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
ЛР загального призначення (лм/Вт)											
220	-	-	7	-	8,8	-	10	-	12	12,8	13,5
Вітчизняні ЛР типу КГМН (лм/Вт)											
12	-	11,9	-	11,9	-	15,3	-	14,5	-	15,3	17,0
ЛР типу КГМН фірми "OSRAM" (лм/Вт)											
12	10,2	11,9	-	14,9	-	-	-	16,2	-	-	21,3

Аналіз даних табл.6.1 показує, що найбільша різниця у світлових віддачах звичайних і кварцово-галогенних ЛР складає 5,3 лм/Вт для вітчизняних ЛР і 7,8 лм/Вт для фірми "OSRAM".

Спираючись на вищесказане, сформулюємо основні переваги та недоліки ЛР типу КГМН в порівнянні із звичайними ЛР.

Переваги:

а) більша світлова віддача на 19...70%;

б) краща кольоропередача;

в) більший термін служби (в 2 рази);

г) компактність, діаметр менший в 5 разів (61 мм проти 12 мм), довжина в $\approx 2,5$ рази

(110мм проти 44мм).

Недоліки:

а) висока вартість, яка в п'ять більше разів перевищує вартість звичайних ЛР;
б) необхідність застосування понижуючого трансформатора для живлення від мережі напругою 220 В, що помітно підвищує вартість освітлювальних приладів і світлової віддачу;

в) висока чутливість до кидків струму при вмиканні і відхилень напруги мережі. Коливання напруги не повинні перевищувати 3...5%;

г) чутливість до забруднення зовнішньої поверхні колби. Кварцово-галогенні ЛР не можна брати безпосередньо руками за колбу, інакше в місцях забруднення (залишки жиру з рук) буде відбуватися рекристалізація кварцу, що приведе до виходу лампи з ладу. Забруднені місця завжди необхідно протирати спиртом.

Прості підрахунки показують, що при існуючих співвідношеннях цін більші світлова віддача і термін служби не можуть компенсувати витрат, пов'язаних з необхідністю використання понижуючих трансформаторів і значно дорожчих, в порівнянні із звичайними ЛР (\approx в 5 разів), кварцово-галогенних ЛР. Тобто, при впровадженні в побут для місцевого освітлення ламп типу КГМН не буде економічного ефекту.

2. ОПИС ДОСЛІДНОЇ ПАНЕЛІ ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ

Всі необхідні для виконання лабораторної роботи прилади (амперметр, вольтметр, ватметр, люксметр, трансформатор і ЛАТР) разом з вимірювальним ящиком і набором ЛР різного призначення знаходяться на столі лабораторного стенда. На верхній зйомній кришці вимірювального ящика закріплено 5 патронів для під'єднання дослідних ЛР.

3. ЗАВДАННЯ

А. Виконується при підготовці до роботи

1. Кожній бригаді, спираючись на дані табл.2.2, розрахувати термін служби ЛР, якщо вона буде працювати якийсь час (n_1) при завищеній, якийсь час (n_2) при номінальній і якийсь час (n_3) при заниженій на заданий процент напрузі. При розрахунках спиратися на дані табл.2.2, рис.2.8 і формулу:

$$\tau_{нов} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n n_i \right) \cdot \tau_{ном}}{\sum_{i=1}^n n_i \frac{100\%}{\tau_i \%}};$$

де n_i - число, яке показує, яку частину часу ЛР горить при завищеній на якийсь % номінальній і заниженій на якийсь визначений процент напрузі;

$\tau_{ном}$ - номінальний термін служби ЛР при номінальній напрузі без будь-яких коливань;

τ_i % - відсоток терміну служби ЛР від номінального значення (при номінальній напрузі τ % — 100%) для кожного з режимів роботи: коли напруга завищена, номінальна і занижена (рис.2.8).

Приклад: нехай ЛР працює весь час в такому режимі:

- 4 год. ($n_1=4$) при завищеній на 10% напрузі,
- 2 год ($n_2=2$) при номінальній напрузі і
- 1 год ($n_3=6$) при заниженій на 10% напрузі.

Розрахувати, скільки часу пропрацює в цьому випадку ЛР.

$$\tau_{нов} = \frac{\left(\sum_{n=1}^3 n_i \right) \cdot 1000}{\sum_{n=1}^3 n_i \frac{100\%}{\tau_i \%}} = \frac{(4 + 2 + 6) \cdot 1000}{4 \frac{100\%}{25\%} + 2 \frac{100\%}{100\%} + 6 \frac{100\%}{400\%}} = 615,4 \text{ год}$$

Таблиця 2.2

№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
n ₁	4	2	3	1	5	6	8	7	4	3	4	5	1	2	3
ΔU ₁ %	+10	+5	+3	+6	+7	+4	+6	+1	+15	+2	+8	+10	+9	+5	+7
n ₂	1	3	5	7	9	2	4	6	8	10	3	8	7	5	4
ΔU ₂ %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
n ₃	10	12	7	5	4	1	8	6	5	4	8	4	2	6	8
ΔU ₃ %	-10	-5	-4	-2	-12	-15	-14	-10	-9	-5	-6	-8	-4	-5	-8

2. Для заданого кожній бригаді типу ЛР (табл.2.3) розрахувати температуру ТР та світлову віддачу ЛР при номінальній напрузі. Світлову віддачу ЛР визначити, спираючись на фізичні параметри ідеальної вольфрамової нитки (табл.2.4).

Таблиця 2.3

№№	1	2	3	4	5	6	7	8
Тип ЛР	КГМН12 -10	КГМН12 -20	КГМН12 -35	КГМН12 -50	КГМН12 -75	КГМН12 -100	КГМ220 -75	КГМ220 -100
R _{хол} , Ом	1,1	0,57	0,3	0,22	0,14	0,10	50,2	36,2

Продовження таблиці 2.3

№№	9	10	11	12	13	14	15	16
Тип ЛР	КГМ220 -150	КГМ220 -250	КГК110 -2000	КГМ127 -500	АГК12 -55	КГСМ27 -40	КГМ6.6 -45	АКГ24-70
R _{хол} , Ом	23,8	14,6	0,4	2,2	0,175	1,26	0,072	0,55

Таблиця 2.4

Температура Т, К	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2100	2200	2300*
Питомий опір ρ _т 10 ⁶ , Ом·см	24,93	30,98	37,19	43,55	50,05	56,67	60,06	63,48	66,91
Світлова віддача Н, лм/Вт	0,0007	0,013	0,09	0,399	1,19	2,86	4,12	5,6	7,3*

2400*	2500*	2600*	2700*	2800*	2900*	3000*	3200	3400	3600	3655**
0,39	73,91	77,49	81,04	84,70	88,33	92,04	99,54	107,2	115,0	117,1
9,53*	11,82*	14,4*	17,8*	20,7*	23,9*	27,5*	35,0	43,5	51,2	54,0**

* - температури, при яких працюють більшість ТР ЛР;

** - температура плавлення вольфраму, К.

Температуру ТР визначити з формули

$$T = \frac{R_r - R_{хол}}{\alpha_1 \cdot R_{хол}} + 273 \text{ К}$$

де R_г, R_{хол} - опір ТР в гарячому, при номінальній напрузі мережі живлення, і холодному, при кімнатній температурі, стані, відповідно, Ом;

α₁ - температурний коефіцієнт опору вольфраму;

α_w= 0,0052 1/град.

Б. Виконується в лабораторії

1. Зібрати схему рис.2.5 і зняти вольт-амперні характеристики лампи типу КГМ12-50 та М024-25. Результати вимірів записати в таблиці 2.5.

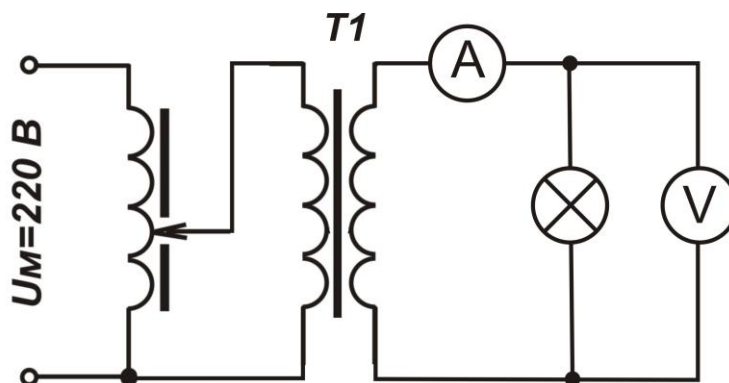


Рис.2.5

Таблиця 2.5

КГМ12-50

ВИМІРЯНО									
$U_{л}, В$	2	4	6	8	10	11	12	13	14
$I_{л}, А$									
$E_{л}, ЛК$									

Таблиця 2.6

М024-25

ВИМІРЯНО									
$U_{л}, В$	2	6	10	14	18	22	25	27	29
$I_{л}, А$									
$E_{л}, ЛК$									

За даними табл.2.5 та табл.2.6 побудувати на одному графіку залежності $T=f(U_{л})$.

Для лампи типу КГМ12-50 визначити з графіку $T=f(U_{л})$ значення напруги, при якій температура T_P дорівнює $1600^{\circ}K$ і зафіксувати його. Зробити висновок, для якої з досліджених ЛР коливання напруги небезпечніше.

2. Почергово, спочатку лампу КГМ12-50, а потім М024-25, схеми рис.2.5 розмістити у вимірювальний ящик, на дні якого знаходиться люксметр і зафіксувати номінальну (при номінальній напрузі на лампі) і мінімальну освітленості. Для лампи типу М024-25 - освітленість, яка відповідає температурі T_P в $1600 K$. Для мінімальних значень освітленості зафіксувати значення напруги ($U_{л.min}$).

КГМ12-50

$U_{л.min} =$ В
 $E_{min} =$ ЛК
 $E_{ном} =$ ЛК

М024-25

$U_{л.min} =$ В
 $E_{min} =$ ЛК
 $E_{ном} =$ ЛК

Зробити висновки щодо кратності регулювання освітленості.

1.Зібрати схему рис.2.6.

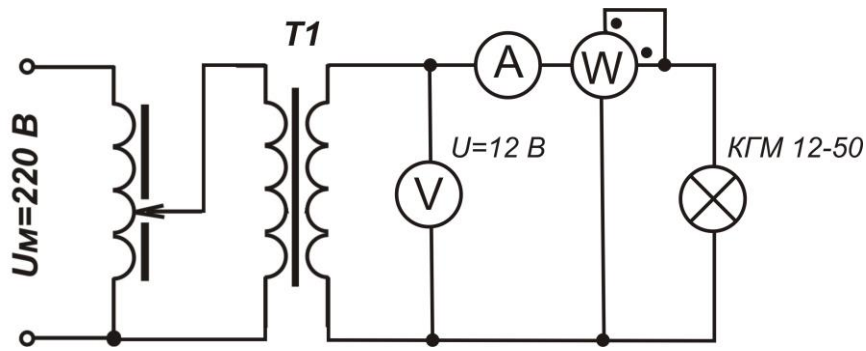


Рис.2.6

Розмістити лампу КГМ12-15 у вимірювальний ящик і при номінальній потужності виміряти освітленість і записати $E_{\text{КГМ}} =$ лк.
Зібрати схему рис.2.7.

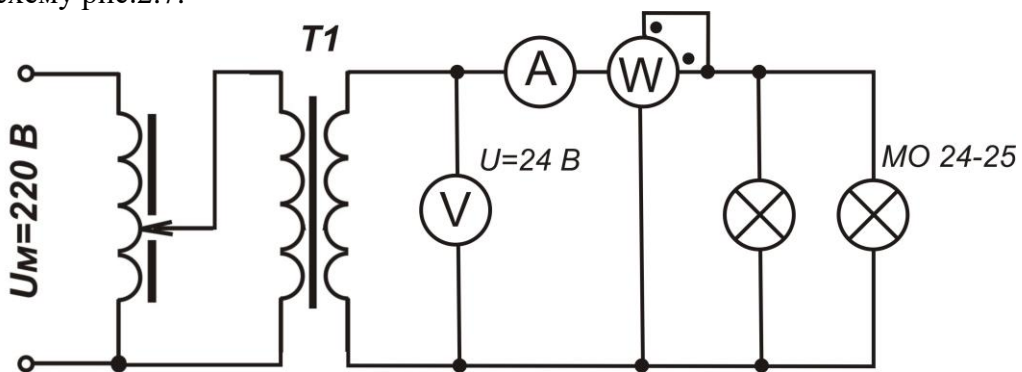


Рис.2.7

Розмістити 2 паралельно з'єднані ЛР М024-25 у вимірювальний ящик і при споживаній потужності 50 Вт виміряти освітленість $E_{2\text{МО}} =$ лк.

Зробити висновок, що вигідніше - одна лампа КГМ12-50 чи дві лампи ЛР М024-25.

4. У вимірювальному ящику виміряти освітленість від однієї ЛР $P=100$ Вт і чотирьох ЛР потужністю 25 Вт $E_{100} =$ лк, $E_{4 \times 25} =$ лк.

Якщо освітленість від однієї ЛР 100 Вт вийде більшою за освітленість чотирьох ЛР по 25 Вт, тоді від однієї ЛР 100 Вт добитися, за рахунок зменшення напруги, такої ж освітленості, як від чотирьох ЛР потужністю 25 Вт, та зафіксувати потужність, яку при цьому споживає ЛР і напругу на ній.

Розрахувати її світлову віддачу і строк служби.

Зробити висновок, що вигідніше - одна ЛР потужністю 100 Вт чи чотири ЛР по 25 Вт, з урахуванням терміну служби.

5. Зібрати схему рис.2.7 і виміряти освітленість при номінальній напрузі від двох однакових ЛР. Зафіксувати $E_{2\text{ЛР}} =$ лк.

Потім підключити до цих двох ЛР паралельно точно такі ж дві ЛР і, зменшуючи ЛАТРом напругу, добитися того, щоб освітленість від чотирьох ЛР була такою ж, як і від двох в попередньому досліді.

Записати значення напруги і споживаної потужності. Зробити висновок, що вигідніше для освітлення, дві ЛР, які горять на повну потужність, чи чотири ЛР, які горять не на повну потужність, але забезпечують таку ж саму освітленість. При цьому врахувати збільшення терміну служби ЛР, які працюють при пониженої напрузі з графіка рис.2.8.



Рис.2.8

1 – тривалість горіння; 2 – світловий потік; 3 – світлова віддача; 4 – споживана потужність; 5 – струм.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Який недолік у вакуумних ЛР? Чому?
2. Як можна протидіяти випаровуванню вольфрамового ТР?
3. Дайте характеристику галогенного циклу.
4. Що послужило поштовхом для створення кварцово-галогенних ЛР?
5. Чому у галогенних ЛР колба виготовляється з кварцового скла?
 6. Чому у звичайних ЛР не може довго існувати галогенний цикл?
 7. Чим обумовлена трубчаста форма колб галогенних ЛР?
 8. Яка історія створення галогенних ЛР?
 9. Чи можна вольфрамово-галогенний цикл назвати чисто регенеративним?
 10. Чи може критична втрата маси ТР в галогенних ЛР служити критерієм строку служби? Чому?
 11. Назвіть галогени, які можна використати в якості переносника вольфраму.
12. Опишіть схематично вольфрамово-галогенний цикл.
13. Яких вимог необхідно дотримуватися для того, щоб йодно-вольфрамовий цикл мав місце на протязі тривалого часу?
14. Які матеріали не можна використовувати при виготовленні кварцово-галогенних ламп? Чому?
15. Розкажіть будову кварцово-галогенних ЛР.
16. Намалюйте криву коефіцієнта спектрального пропускання кварцового скла.
17. Яка структура умовного позначення кварцово-галогенних ЛР?

18. Яка будова кварцово-галогенних ЛР з корегованим спектром?
19. Дайте характеристику галогенним ЛР:
- холодного світла;
 - ІЧ-випромінювання;
 - з кольоровою температурою більше 5000 К;
 - імітаторів Сонця;
 - кольорового випромінювання.
20. Сформулюйте недоліки і переваги кварцово-галогенних ЛР.
21. Яка економічна ефективність від впровадження галогенних низьковольтних ЛР для місцевого освітлення?
22. На скільки світлова віддача КГМН ЛР більша від світлової віддачі звичайних ЛР?
23. Як визначити гарячий опір (R_T) ТР будь-якої ЛР?
24. В діапазоні яких температур працюють ТР сучасних ЛР?
25. Як визначити температуру ТР при відомих його гарячому (R_T) і холодному ($R_{хол}$) опорах?
26. Яка температура плавлення вольфраму?
27. Як визначається термін служби ЛР при коливаннях напруги мережі від номінального значення?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

1. Мета роботи

Вивчення будови, електричних і світлових характеристик люмінесцентних ламп та рекомендації по застосуванню.

2. Короткі теоретичні відомості

Люмінесцентна лампа (ЛЛ) - газорозрядне джерело світла, світловий потік якого визначається в основному світінням люмінофорів під впливом ультрафіолетового випромінювання дугового розряду.

2.1 Конструкція ЛЛ

Люмінесцентна лампа містить:

- циліндричну скляну *трубку* 1, внутрішня поверхня якої покрита тонким рівномірним шаром *люмінофору* 2 (рис 3.1), що до запалювання лампи має білий колір;

- обидва кінці трубки-колби герметично закриті звареними в них скляними *ніжками* 3 з змонтованими на них *електродами* – *катодами* 4. Спай ніжки з трубкою знаходиться під щільно закритим на колбі лампи коротким *цоколем* 5 зі стрижнями. Цоколі можуть виконуватися з *алюмінію* або *сталі* ;

- латунні *стрижні* 6 – порожні циліндри, крізь які просилені виводи електродів ламп, що припаюються до електродів. Для того, щоб електроди були електрично ізольовані один від одного, вони кріпляться в гетінаксових прокладках, які заштамповуються в цоколях.

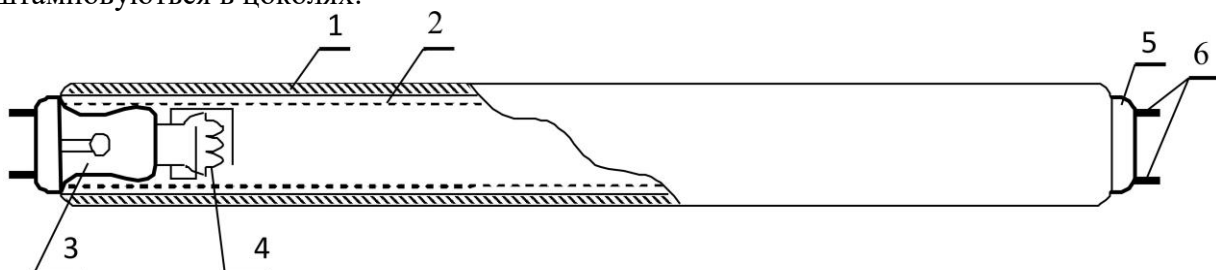


Рис. 3.1 Люмінесцентна лампа

1 – трубка-колба; 2 – люмінофор; 3 – ніжка; 4 – електрод; 5 – цоколь;
6 – стрижні

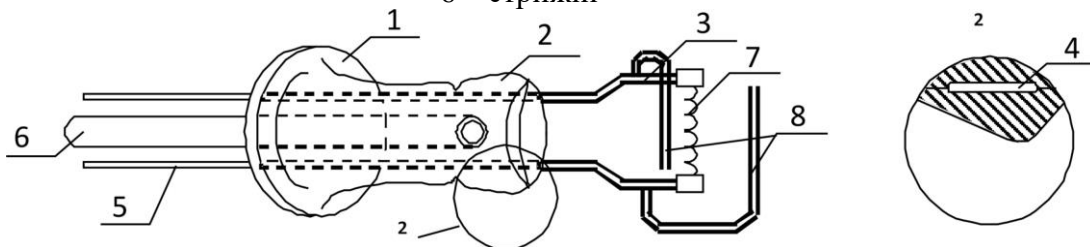


Рис. 3.2 Ніжка люмінесцентної лампи

До складу ніжки входять (рис. 3.2):

- *тарілка* 1, яка зварюється з трубкою-колбою,
- *лопатка* 2, в якій заштамповуються *платинові* ділянки електродів.
- *електрод*, який складається з:

а) нікелевої частини електроду 3 з двох або трьох ланок (дво- або триланкові електроди), яка входить всередину лампи. До неї приєднується спіральний катод лампи;

б) платинові частини електроду 4, яка служить для створення вакуумного ущільнення в лопатці. Лопатка є тонкою сталеву дротиною, яка електролітичним способом покрита тоненьким шаром міді. Сполучення міді і нікелевої сталі дає коефіцієнт теплового лінійного розширення, близький до коефіцієнту розширення скла, завдяки чому створюється можливість отримувати вакуумно щільні спаї платиніту зі склом;

- мідний провідник 5, який у триланкових електродах приварюється до іншого боку платинові частини електроду для забезпечення електричного контакту з цоколем. В дволанкових електродах мідний провідник не приварюється, а його функції переходять до подовженої платинові ділянки;

- штенгель 6 – тоненька скляна трубка, яка впаюється так, щоб її канал мав вихід всередину лампи. Через штенгель відкачують повітря з колби лампи і вводять в лампу ртуть і аргон;

- катод 7 є вольфрамовою біспіраллю. Вона виготовляється з вольфрамового дроту довжиною 400...500 мм, звитого в спіраль. Остання ще раз навивається в другу спіраль – біспіраль. Біспіраль покривається шаром оксиду з суміші трьох карбонатів лужноземельних металів: BaCO_3 , SrCO_3 і CaCO_3 . При обробці лампи карбонати перетворюються в окисли і активуються. Тому катод стає активним емітером, тобто набуває властивість емітувати велику кількість електронів. Це є необхідною умовою створення ламп з малим потенціалом запалювання;

- антенноподібні екрани 8, плоскі або фігурні, які приварюються до нікелевої ділянки електродів багатьох типів ЛЛ. Екрани захищають катоди від перегріву.

2.2 Схеми включення люмінесцентних ламп

Стартерна схема включення ЛЛ показана на рис. 3.3.

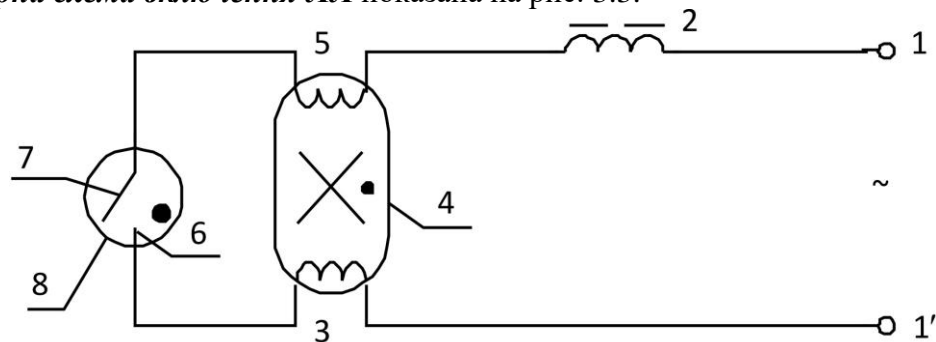


Рис. 3.3 Стартерна схема включення ЛЛ

1 – затискачі мережі живлення; 2 – дросель; 3, 5 – катоди ЛЛ; 4 – лампа; 6, 7 – електроди стартера; 8 – стартер

Дросель 2 – це індуктивна котушка з залізним осердям. Він виступає в якості баласту під час горіння ЛЛ 4 і створює імпульс напруги в момент включення.

Стартер 8 дає можливість при замиканні своїх контактів 6 і 7 підігрівати катоди 3 і 5 і запалювати ЛЛ при розмиканні.

Для запалювання розряду в ЛЛ необхідно прикласти до електродів лампи високу напругу. Для покращення умов запалювання потрібно розігріти катоди до температури 800...900°C (температури термоелектронної емісії), пропускаючи через них електричний струм. Для цього потрібно замкнути контакти стартера 8.

Тліючий розряд легко виникає в стартері, тому що відстань між електродами якого 6 і 7 дорівнює 1...2 мм. Він не розігріє катодів лампи, тому що величина струму дуже мала

(20...50 мА). Однак, цього струму достатньо, щоб розігріти біметалеві пластинки стартера. Розігрівшись, вони вигинаються і замикають коло. Через катоди почне протікати струм. Розряд в стартері тим часом погасне і контакти 6, 7 розімкнуться, виникне імпульс напруги і ЛЛ загориться.

Активна емісія з катоду відбувається з ділянки, яка називається «*катодною плямою*». Катодна пляма пересувається вздовж катоду по мірі витрати оксидного покриття від кінця, який під'єднаний до мережі, до стартерного кінця. Емісія катода зберігається при цьому практично незмінною, тому мало змінюються і параметри лампи.

Вихід лампи з ладу відбувається тоді, коли катодна пляма підходить до стартерного кінця катоду, вичерпавши весь запас оксиду.

Для вітчизняних ламп при прийнятому режимі з чотирма включеннями і виключеннями в добу, катодна пляма пересувається на один виток біспіралі за 1000 год. горіння і більше.

Емітовані катодом електрони під дією прикладеної до лампи напруги рухаються до аноду і зіштовхуються з атомами ртуті. Якщо енергія електрону менша енергії іонізації, то при зіткненні з атомом може відбутися *збудження* атому – перехід його на більш високий енергетичний рівень. В збудженому стані атом може існувати лише дуже короткий час. При поверненні його в попередній стан відбувається випромінювання з довжиною хвилі, яка залежить від роду і тиску наповнюючих розрядну трубку газів або парів металу, а також від рівня енергії, якого досягнув збуджений атом. Випромінювання, яке відбувається при поверненні атому з рівня, найближчого до незбудженого стану, називається *резонансним випромінюванням*.

Ртутний розряд низького тиску – ефективне джерело резонансного випромінювання, яке лежить в ультрафіолетовій зоні спектру. *Тиск насичених парів ртуті* коливається від 10^{-3} до 10^{-2} мм.рт.ст. Найбільш інтенсивними резонансними лініями є 185 і 253.7 нм.

Якщо тиск парів ртуті буде менший від цієї величини, то вихід ультрафіолетового випромінювання зменшиться. Зниження температури оточуючого середовища призводить до зменшення тиску парів ртуті. Саме тому ЛЛ погано працюють при низьких температурах (особливо, нижче за 0°C). Тому ртуть вводиться в лампу з надлишком (у вигляді краплі). Однак, дуже багато ртуті вводити не можна, тому що це негативно відбивається на зовнішньому вигляді лампи, оскільки ртуть осідає чорним нашаруванням (накипом) на стінках колби.

Випромінювання видимих ліній ртуті дуже незначне і світлова віддача розряду складає не більше 5...7 лм/Вт. При наявності шару люмінофору останній поглинає УФ–випромінювання розряду і перетворює його в смугу видимого випромінювання, яке виходить з лампи.

Спектр випромінювання ЛЛ в цілому складається з випромінювання люмінофору, на яке накладається лінійчатий спектр ртутного розряду. Домінуючу частину потоку випромінювання лампи складає випромінювання люмінофору.

Роль розряду зводиться в основному до генерації УФ–випромінювання, яке збуджує люмінофор. Використання різних люмінофорів або їх сумішей дає можливість отримувати випромінювання практично будь–якого спектрального складу.

Діаметр і довжина ЛЛ зв'язані з їх потужністю. Чим більший світловий потік потрібно отримати від ЛЛ, тим більші повинні бути її потужність і поверхня люмінофору. Поверхня лампи безпосередньо пов'язана з її довжиною і діаметром. З міркувань можливості взаємної заміни довжина ламп стандартизована міжнародними угодами в досить жорстких межах (до 3...4 мм).

Найбільш розповсюджені діаметри: 36...40 мм (півторадюймові), далі йдуть 24...26 мм (дюймові) і 16...17 мм (3/4 дюйма).

Світлова віддача – це параметр, за допомогою якого прийнято оцінювати ефективність ЛЛ, а також і всіх інших джерел світла:

$$H_d = \Phi_d / P_d, \text{ лм/Вт,}$$

де $\Phi_{л}$ – світловий потік ЛЛ, лм;

$P_{л}$ – потужність ЛЛ, Вт.

Залежність світлової віддачі від потужності люмінесцентної лампи типу ЛБ приведена на рис. 3.4.

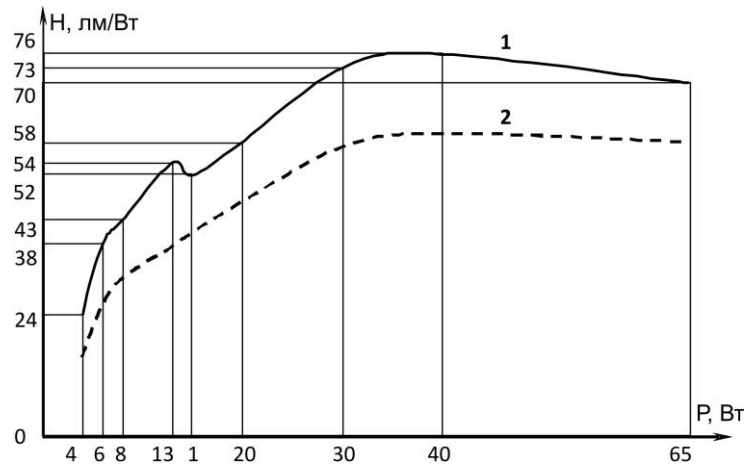


Рис. 3.4 Залежність світлової віддачі ЛЛ типу ЛБ з голофосфатним люмінофором від потужності лампи: 1 – без врахування втрат в приладах включення; 2 – з врахуванням середніх втрат в приладах включення в схемах з розщипленою фазою

З рис. 3.4 видно, що найбільшу світлову віддачу мають ЛЛ потужністю 40 Вт. Подальше збільшення потужності ламп приводить до зменшення світлової віддачі. Це вказує на недоцільність випуску ЛЛ з потужністю, більшою за 65 Вт.

З рис. 3.4 також видно, що необхідність включення струмообмежуючих електромагнітних баластів послідовно з ЛЛ приводить до помітного зменшення світлової віддачі комплексу ЛЛ - електромагнітний баласт, у повній відповідності з величиною втрат в струмообмежуючому баласті (в 1.6 рази для малопотужних (4 Вт) і в 1.27 рази для потужних (40 Вт) люмінесцентних ламп).

Безстартерні схеми включення ЛЛ

Схеми стартерного запалювання люмінесцентних ламп мають ряд недоліків, головним з яких є невисока надійність роботи установок, пов'язана з неполадками стартерів, які часто приводять до виходу з ладу робочих ламп. Наявність стартерів ускладнює обслуговування, затягує процес запалювання й часто приводить до неприємних миготінь окремих ламп, що не запалюються по тим чи іншим причинам. Зважаючи на ці обставини, запропонували й використовують велику кількість різних ПРА безстартерного запалювання.

Залежно від режиму використання запалювання існуючі схеми безстартерного запалювання люмінесцентних ламп дугового розряду діляться на дві групи:

1) схеми швидкого запалювання – з попереднім нагріванням катодів, які повинні забезпечувати «гаряче запалювання»; вони можуть бути застосовані для запалювання ламп, у яких катоди мають по два виводи;

2) схеми миттєвого запалювання – без попереднього розжарення катодів, розраховані на «холодне запалювання». У цих схемах варто використовувати лампи зі спеціальними катодами.

Схеми швидкого запалювання завдяки простоті обслуговування й швидкості запалювання знаходять досить широке застосування в мережах 220 В, незважаючи на те що вони складніші, вага ПРА й втрати потужності в них трохи вищі, ніж в аналогічних стартерних схемах.

З метою створення економічних безстартерних апаратів прагнуть знизити напругу запалювання ламп. При цьому найбільш ефективними шляхами зниження напруги

запалювання є попереднє розжарення катодів і застосування провідних смужок на колбі або поблизу лампи.

Для усунення впливу підвищеної вологості на U_3 понад 65–70%, призводить до помітного підвищення напруги запалювання. зазвичай застосовують провідну смужку, іноді покриття ламп прозорою гідрофобною плівкою з кремнійорганічних з'єднань.

Схеми швидкого запалювання повинні: забезпечувати попереднє розжарення катодів, достатнє для того, щоб лампи працювали в області «гарячого» запалювання, і забезпечувати подачу на лампу напруги, що гарантує «гаряче» запалювання дугового розряду з урахуванням можливого розкиду параметрів ламп, зниженої напруги мережі й інших несприятливих факторів і по можливості виключити «холодні» запалювання.

Для гарантованого запалювання ламп без смужки потрібна ефективна напруга холостого ходу не нижче 250–300 В, тобто трохи вища, ніж напруга мережі. При цьому важливо, щоб напруга холостого ходу не була занадто високою, щоб уникнути холодних запалювань.

Наявність смужок дозволяє в деяких випадках обійтися без додаткового підвищення напруги мережі, що значно спрощує схеми ПРА. Тому останнім часом є тенденція у всіх схемах швидкого запалювання в тому або іншому виді застосовувати смужки, що полегшують запалювання. (З цією метою, наприклад, випускаються спеціальні лампи з нанесеною на поверхню трубки провідною прозорою смужкою).

На сьогоднішній день запропоновано досить велику кількість схем швидкого запалювання, які тим чи іншим шляхом вирішують ці завдання. На рис.8.5 показані деякі схеми, розраховані на роботу зі смужкою.

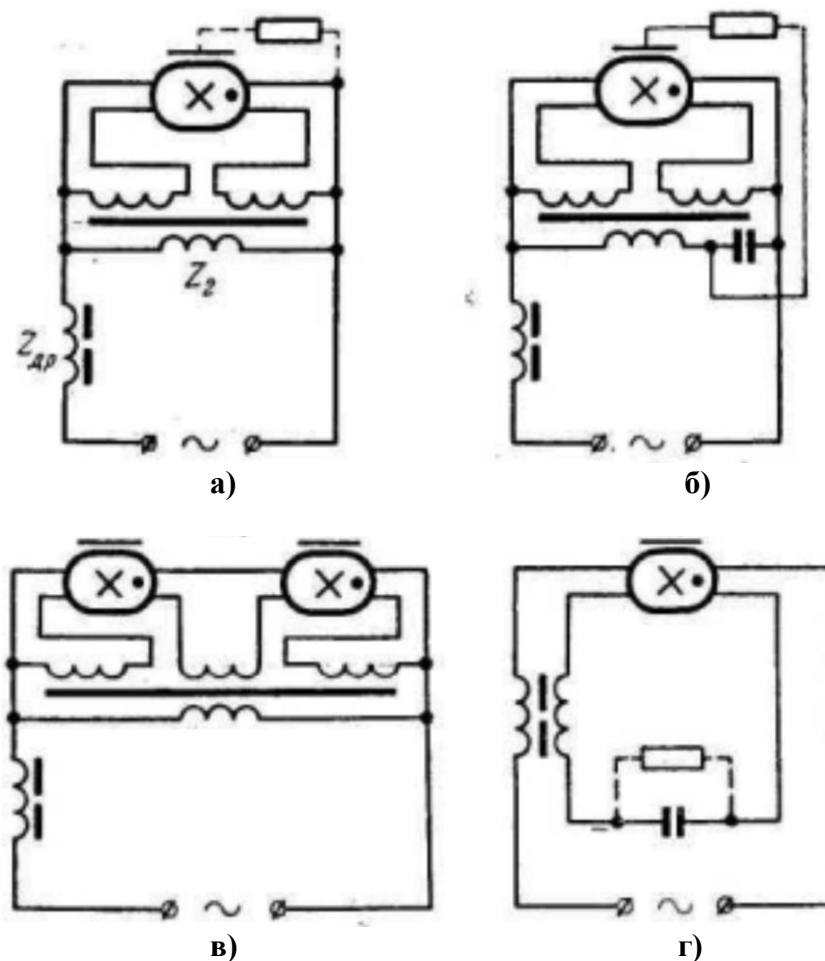


Рис.3.5 Приклади схем швидкого запалювання ЛЛ

В одних схемах попереднє розжарення катодів здійснюється від спеціальних обмоток розжарювання (рис.3.5, а,б,в), в інших – шляхом послідовного ввімкнення електродів у загальний ланцюг (рис.3.5, г).

Схема а. Попередній підігрів катодів здійснюється за допомогою автотрансформатора, первинна обмотка якого ввімкнена паралельно лампі. Z_2 вибирається значно більше $Z_{др}$ так, що при лампі, яка не горить, практично вся напруга мережі падає на Z_2 і в обмотках розжарення виникає е.р.с., достатня для нагрівання катодів. Після запалювання лампи напруга на Z_2 падає до U_n , внаслідок чого автоматично зменшується е. р. с. Обмоток розжарювання і підігрів катодів.

Схема б аналогічна схемі *а*, але для невеликого підвищення напруги холостого ходу послідовно з первинною обмоткою автотрансформатора ввімкнений конденсатор. У схемі зазвичай використовується явище ферорезонансу.

Схем в призначена для послідовного ввімкнення двох ламп і за принципом дії аналогічна схемі *а*.

Схема г. Для підвищення струму попереднього нагрівання катодів і підвищення напруги, прикладеної до лампи, яка не горить, використано неповний резонанс напруг між ємністю й сумарною індуктивністю. Після запалювання лампи резонанс порушується. Наявність конденсатора вносить помітне перекручування у форму кривої струму, і в цьому відношенні схема не є ідеальною.

Основні недоліки таких схеми:

- а) більші витрати матеріалів на виготовлення ПРА,
- б) більші втрати потужності, оскільки по нитці розжарювання після загоряння лампи постійно протікає струм підігріву.

Схеми включення ЛЛ з електронним баластом

Електронний баласт (ЕПРА - електронний пускорегулюючий апарат) (рис. 3.6) живить лампи струмом з напругою не мережевої частоти (50-60 Гц), а високочастотною (25-133 кГц), в результаті чого помітне для очей миготіння ламп виключено.

Залежно від моделі, ЕПРА може використовувати один з двох варіантів запуску ламп:

- *холодний запуск* - при цьому лампа запалюється відразу після включення. Таку схему краще використовувати у випадку, якщо лампа вмикається і вимикається рідко, так як режим холодного пуску більш шкідливий для електродів лампи.

- *гарячий запуск* - з попереднім прогрівом електродів. Лампа запалюється не відразу, а через 0,5-1 сек, зате термін служби збільшується, особливо при частих ввімкненнях і виключеннях

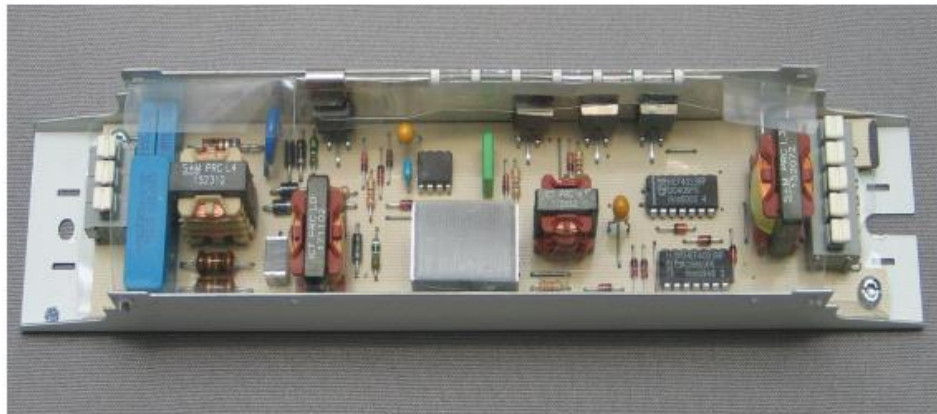


Рис.3.6. Будова електронного пускорегулюючого апарату (ЕПРА)

ККД ЕПРА може перевищувати 90%. Матеріальні витрати (мідь, залізо) на виготовлення та утилізацію менші в кілька разів.

Існують електронні баласты з можливістю димерування (регулювання яскравості).

Для роботи електронного баласту не потрібен окремий спеціальний стартер, оскільки такий баласт може сам сформувати необхідні послідовності напруг для підігріву електродів та запалювання ЛЛ.

Найчастіше електронний баласт підігріває катоди ламп і прикладає до катодів змінну напругу, достатню для запалювання лампи, що має більш високу частоту, ніж мережева (що заодно усуває мерехтіння лампи, характерне для електромагнітних баластів).

Залежно від конструкції, ЕПРА можуть забезпечувати, наприклад, плавний запуск лампи з поступовим наростанням яскравості до повної за кілька секунд або ж миттєве включення лампи.

Часто зустрічаються комбіновані методи запуску, коли лампа запускається не тільки за рахунок факту підігріву катодів лампи, але і за рахунок того, що ланцюг, в яку включена лампа, є коливальним контуром. Параметри коливального контуру підбираються так, що за відсутності розряду в лампі в контурі виникає явище електричного резонансу, що веде до значного підвищення напруги між катодами лампи.

3. Класифікація люмінесцентних ламп

Для освітлювальних ЛЛ загального призначення найбільш розповсюджена класифікація за *потужністю* і *спектральним складом випромінювання*.

До ЛЛ *загального призначення* відносять лампи потужністю від 15 до 65 Вт з кольоровими і спектральними характеристиками, імітуючими природне світло різних відтінків.

Всі інші типи ЛЛ відносять до категорії *спеціальних*, хоча багато з них широко використовуються для освітлення.

В основу класифікації спеціальних ЛЛ покладені різні параметри:

- за *потужністю* їх розділяють на малопотужні ($P_{\text{л}} < 15$ Вт) і потужні ($P_{\text{л}} > 80$ Вт);
- за *типом розряду* – на дугові, тліючого розряду і тліючого свічення;
- за *випромінюванням* – на лампи, які імітують природне світло, лампи з покращеною кольоропередачею, на кольорові лампи, лампи з спеціальними спектрами випромінювання та лампи УФ–випромінювання;
- за *формою колби* – на трубчаті (прямі), фігурні U– або W–подібні, секційно–кільцеві, кільцеві (рис. 3.7), мініатюрні і т.п.

В окремі групи слід виділити ЛЛ з *направленим світлорозподілом* (рефлекторні, щільові, панельні), *безртутні* ЛЛ, *амальгамні* ЛЛ і т.д.

4. Маркування ЛЛ

Не існує єдиної системи маркування ЛЛ. В Україні прийняте наступне маркування.

Перша літера **Л** означає люмінесцентна; маркування компактних ЛЛ починається з літери **К** – компактна.

Наступні літери означають колір випромінювання:

Д – денний, **ХБ** – холодно-білий, **Б** – білий, **ТБ** – тепло-білий, **Е** – природньо-білий, **К, Ж, З, Г, С** – червоний, жовтий, зелений, голубий, синій і т.д., **УФ** – ультрафіолетовий.

У ламп з покращеною кольоропередачею після літер, які означають колір, стоїть літера **Ц**, а при кольоропередачі особливо високої якості – **ЦЦ**.

В кінці ставлять літери, які характеризують конструктивні особливості: **Р** – рефлекторна, **У** – U-подібна, **К** – кільцева, **А** – амальгамна, **Б** – швидкого пуску.

Цифри означають потужність у Вт.

Маркування ламп тліючого свічення починається з літер **ТЛ**.

Наприклад: **ЛТБЦЦ–40** – люмінесцентна, тепло-білого кольору випромінювання, особливо високої якості по кольоропередачі, потужністю 40 Вт.

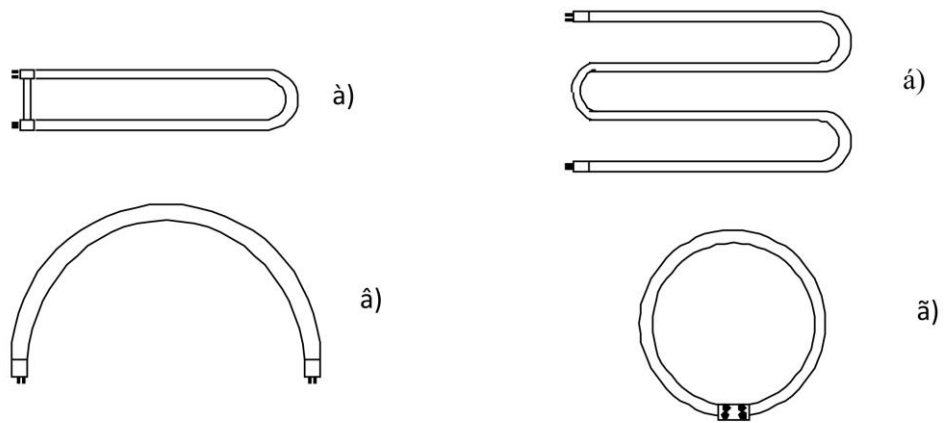


Рис. 3.7 Загальний вигляд фігурних ЛЛ:
 а – U-подібна; б – W-подібна; в – секційно-кільцева; г – кільцева

Кольорові ЛЛ. Використовують для декоративного, рекламного і т.п. освітлення. Випускаються тільки в колбі 40 Вт ЛЛ. Всі кольорові ЛЛ, за винятком зеленої, виготовляють із звичайних ЛЛ шляхом нанесення на зовнішню поверхню готових ламп шару кольорового пігменту, який і визначає колір лампи.

Ультрафіолетові ЛЛ. За спектром ці лампи діляться на два типи: *ерітемні*, які дають випромінювання в області ерітемного ультрафіолету (300...310 нм) і використовуються переважно в медицині, та УФО (УФ-опромінення), які дають випромінювання в області 350...370 нм і використовуються переважно для збудження різних світлосполук.

В конструктивному відношенні ці лампи подібні до звичайних ЛЛ, тільки їх колба виготовляється із спеціального увіолевого скла, прозорого для УФ-випромінювання відповідного люмінофору. Люмінофори в цих лампах використовуються також спеціальні, які дають випромінювання в відповідних областях УФ-спектру.

Ерітемні ЛЛ. По зовнішньому вигляду нічим не відрізняються від звичайних ЛЛ. Використовуються для додаткового опромінення (загару) в умовах крайньої півночі. Випускаються потужністю 15, 30 і 40 Вт. Строк служби 5 тис. годин.

Лампи УФО (ЛУФ). Низьковольтні ЛЛ ЛУФ-4 розраховані на напругу живлення 24...28 В постійного струму. Конструктивно ці лампи відрізняються від розглянутих вище типів ламп.

Колба лампи має форму, зображену на рис. 3.8, а з найбільшим діаметром 38 мм, на внутрішню поверхню якої нанесений шар люмінофору. Катод лампи являє собою вольфрамову триспіраль, покриту шаром оксиду. Анод має форму кільця. Один кінець катода і анод з'єднані біметалевою пластинкою. Лампа наповнена аргоном до тиску 3–5 мм.рт.ст. і невеликою кількістю ртуті.

Для отримання низької робочої напруги на лампі відстань між електродами вибирається з таким розрахунком, щоб анод знаходився в зоні фарадеевого темного простору. В лампі використовується тільки область прикатодного свічення, внаслідок чого ККД випромінювання значно менший, ніж у ламп із стовпом.

Лампа включається в мережу постійного струму напругою 24...28 В через змінний активний опір (рис. 3.7, б). Струм, який проходить через катод, пластинку і анод, зумовлює нагрівання катода і біметалевої пластинки. Остання вигинається і розмикає коло. В момент розмикання виникає дуговий розряд між нагрітим катодом і анодом. З метою виключення можливості неправильного включення цоколі ламп мають різну висоту штифтів. На рис. 3.7, в наведено спектр випромінювання ламп подібного типу.

Основні параметри лампи: $I_{\text{л}} = 0,35 \text{ А}$; $U_{\text{л}} = 10..15 \text{ В}$; $\Phi_{\text{л}} = 10 \text{ лм}$; $\tau_{\text{л}} = 100 \text{ год}$.

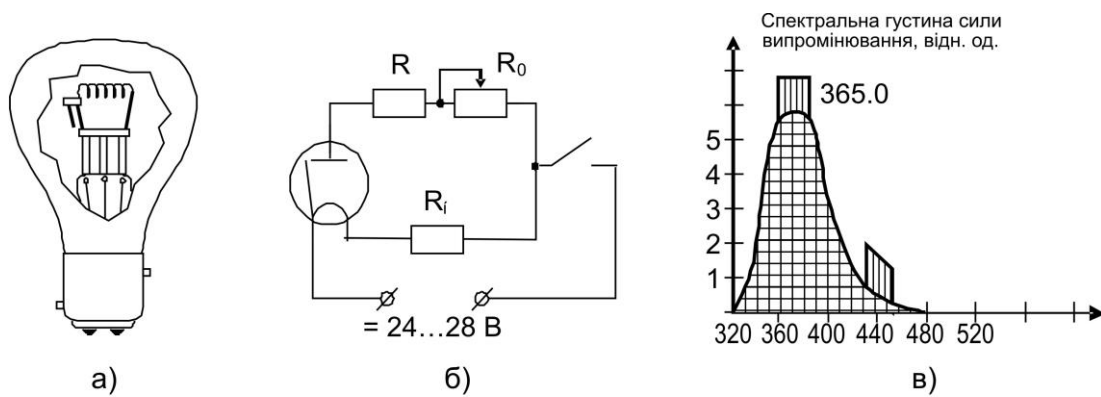


Рис. 3.8 Низьковольтна ЛЛ типу ЛУФ-4
а) загальний вигляд; б) схема включення; в) спектр випромінювання

Енергоекономічні ЛЛ. Призначені для цілей загального освітлення і повністю ідентичні стандартним ЛЛ потужністю 20, 40, 65 Вт. Потужності енергоекономічних ламп на 10% менші від стандартних ЛЛ – 18, 36, 58 Вт відповідно. По зовнішньому вигляду вони відрізняються від стандартних ламп потужністю 20, 40, 65 Вт тільки меншим діаметром – 26 мм замість 38 мм. Забезпечують отримання того ж або дещо більшого світлового потоку при зменшеній на 10% витраті електроенергії. За рахунок зменшення діаметра трубки помітно зменшується витрата основних матеріалів при виробництві ламп (скло, люмінофор, газ, ртуть і т. п.), транспортні витрати і потреба в тарі та складських приміщеннях.

Для енергоекономічних ламп потрібні удосконалені люмінофори на основі ГФК, або спеціальні рідкоземельні люмінофори, ціна яких в 40 раз вища ГФК. Інакше спад світлового потоку з часом буде дуже великим.

Застосування кріптонію і зменшення діаметру трубки підвищує напругу запалювання. Тому енергоекономічні ЛЛ не можна застосовувати в безстартерних схемах. Їх не рекомендується застосовувати і в стартерних схемах з звичайними стартерами при понижених напругах мережі, підвищеній вологості і температурах нижче 10°C. Для цих ламп потрібен уніфікований стартер, який дає більш довготривалий і високий імпульс напруги (900 В замість 400 В).

Компактні ЛЛ (КЛЛ). Частина цих ламп призначалася для безпосередньої заміни ЛР, друга частина призначалася для роботи з виносним ПРА і для них потрібно було розробити спеціальні світильники.

Розробка на початку 80-х років нових типів ЛЛ потужністю від 5 до 25 Вт, так звані компактні ЛЛ (КЛЛ), стала можливою тільки завдяки створенню високостабільних вузькосмугових люмінофорів, активованих рідкоземельними елементами. Такі люмінофори допускають більш високі поверхневі густини опромінення $\approx 0,09$ Вт/см², при яких за 8...10 тис. годин горіння спад світлового потоку не перевищує 20%, в той час як голофосфатні люмінофори (ГФК) втрачають в цих умовах яскравість за декілька сот годин. Це дозволило значно зменшити діаметр розрядної трубки.

Всю різноманітність КЛЛ можна розділити на три основні групи:

1. *Без зовнішньої оболонки*, з розрядною трубкою Н-подібної форми діаметром 12.5 мм, спеціальним двоштирьковим цоколем G23, виносним баластним дроселем і вмонтованим в цоколь стартером (рис. 3.9). За кордоном ці лампи випускаються під маркою **PL**, а у нас під маркою **КЛ(Рл)/ТБЦ**, потужністю $R_l = 7; 9; 11$ Вт. За світловою віддачею КЛЛ потужністю 7 Вт еквівалентна лампі розжарення потужністю 40 Вт, а КЛЛ потужністю 11 Вт – лампі розжарення 60 Вт.



Рис. 3.9 Загальний вигляд КЛЛ типу PL

У зв'язку з підвищеною поверхневою густиною електричної потужності ламп розрядна трубка має температуру в області стовпа близько 60°C при $t_0 = 20^{\circ}\text{C}$. Температура в області електродів ще вища. Укорочені H-подібні лампи встановлені паралельно на невеликій відстані одна від одної на загальному цоколі G23 з вмонтованим в нього стартером. Серія таких ламп фірми PHILIPS (PLC) має потужності 9, 13, 17 і 25 Вт.



Рис. 3.10. Зовнішній вигляд КЛЛ

2. КЛЛ з скляною або пластмасовою зовнішньою оболонкою і стандартним різьбовим цоколем E27 (рис. 3.11).

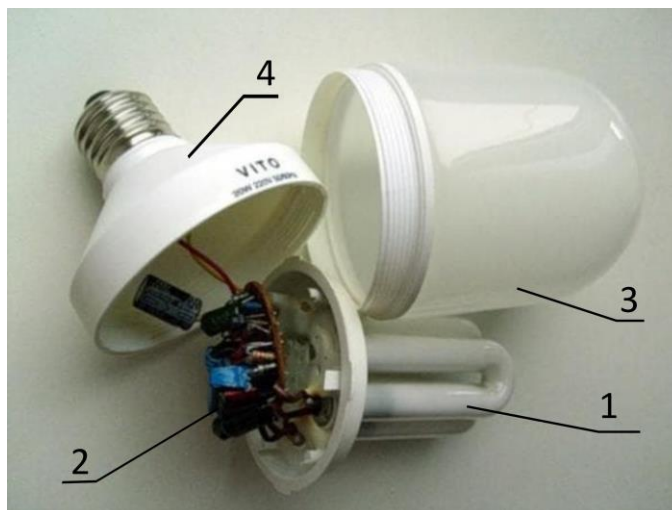


Рис. 3.11. Загальний вигляд КЛЛ типу SL

1 – розрядна трубка; 2 – ЕПРА; 3 – зовнішня колба; 4 – корпус з цоколем, в якому змонтований ЕПРА

Всередині оболонки змонтований електромагнітний баластний дросель, як правило, електронний ПРА (ЕПРА), дві U-подібно зігнуті розрядні трубки. В зв'язку з тим, що

розрядні трубки в цьому типі ламп працюють в закритій зовнішній оболонці при температурах, які помітно перевищують оптимальну, і немає можливості штучно створити холодну зону, розрядні трубки наповнюються *амальгамою ртуті*.

Недоліком цих ламп є: а) наявність часу розгорання; б) більші габарити і маса в порівнянні з лампами розжарення; в) нерозбірність конструкції, тому після виходу з ладу розрядної трубки необхідно замінювати повністю всю лампу або ПРА.

3. *Кільцева КЛЛ* типу **CIRCOLUX** з різьбовим цоколем і вмонтованим активно-емнісним баластом в пластмасовий корпус, який розташований по діаметру кільцеподібної розрядної трубки (рис. 3.12).



Рис. 3.12. Загальний вигляд кільцевої КЛЛ типу CIRCOLUX

Кільцева КЛЛ потужністю 32 Вт еквівалентна лампі розжарювання потужністю 150 Вт. І все ж світлові віддачі цих ламп навіть з напівпровідниковим ПРА поступаються світловим віддачам Н-подібних КЛЛ відповідних потужностей.

Основний недолік - велика вага ламп другої і третьої груп з стандартним різьбовим цоколем і вмонтованим електромагнітним баластним дроселем (0,4...0,6 кг) утруднює або виключає можливість їх використання в освітлювальних приладах з шарнірними і гнучкими стійками і в горизонтально розташованих патронах.

Безелектродні КЛЛ. В цих лампах, як і в інших ЛЛ, для збудження свічення люмінофорів використовується розряд в парах ртуті низького тиску в суміші з інертними газами (Ar, Kr). Підтримання розряду здійснюється за рахунок електромагнітного поля, яке створюється в безпосередній близькості від розрядного об'єму.

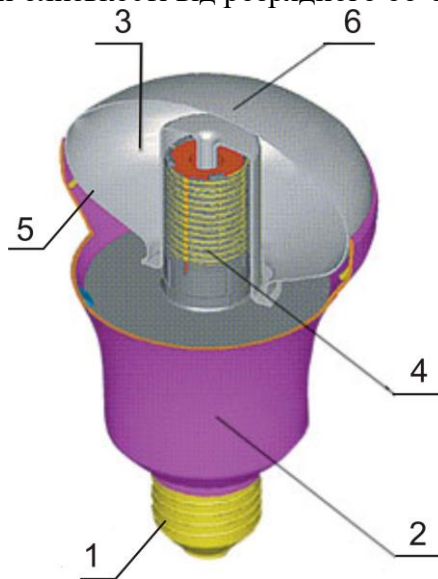


Рис. 3.13. Загальний вигляд безелектродної КЛЛ з соленоїдним індуктором:
1 – цоколь Е-27; 2 – блок автогенератора; 3 – наповнення, ртуть і інертний газ; 4 – соленоїдний індуктор; 5 – люмінофор; 6 – скляна колба

Всі можливі типи безелектродних КЛЛ складаються з трьох основних вузлів: малогабаритного джерела високочастотної енергії; пристрою для ефективної передачі високочастотної енергії в розряд (індуктора); розрядного об'єму. Конструкція подібної лампи зображена на рис. 8.12. Вона складається з стандартного різьбового цоколя 1 (E27), прикріпленого до перехідної порожнини циліндричної форми, в якій змонтований блок автогенератора 2.

Цей блок закінчується виступаючим індуктором 4. Зверху на індуктор одягається скляна колба 7 з спеціальним місцем для індуктора. З зовнішнього боку колба має грушеподібну форму, подібну до форми колб ЛР. Внутрішня поверхня колби вкрита шаром люмінофору 5. Колба після відкачки і знегажування наповнюється ртуттю і інертним газом 3 до тиску близько 1...2 мм.рт.ст.

Дослідні взірці безелектродних КЛЛ з соленоїдним індуктором (на $f \approx 18$ МГц) потужністю близько 30 Вт на напругу мережі 220 В, 50 Гц з діаметром зовнішньої колби 75...85 мм мають світлову віддачу 30...40 лм/Вт.

В теперішній час в жодній країні немає промислового виробництва таких ламп. Ціна таких ламп досить висока, високочастотне випромінювання шкідливе і створює радіозавади.

5. Основні розрахункові формули для ЛЛ

Залежність характеристик ЛЛ від величини напруги живлення (від 0,9 до 1,1 U_n):

струм лампи $\Delta I_l / I_{лн} = 2,2 (U/U_n)$,

потужність ламп $\Delta P / P_n = 2 (U/U_n)$,

світловий потік $\Delta \Phi / \Phi_n = 1,5 (U/U_n)$,

де ΔI_l , ΔP , $\Delta \Phi$ – відхилення значень параметрів від номінальних.

Потужність ЛЛ

$$P \approx 0,9 \cdot U_l \cdot I_l, \text{ Вт,}$$

де U_l – напруга на ЛЛ.

Світловий потік ЛЛ

$$\Phi \approx 9,25 \cdot I_{\perp}, \text{ лм,}$$

де I_{\perp} – сила світла ЛЛ в напрямку, перпендикулярному до її осі, Кд.

Поздовжня крива сили світла ЛЛ

$$I_{\alpha} = I_{\perp} \cdot \sin \alpha,$$

де α – кут, який відраховується від поздовжньої осі лампи, град.

Середня яскравість ЛЛ

$$B = \Phi \cdot 10^4 / (9,25 \cdot k \cdot d \cdot l), \text{ кд/м}^2,$$

де k – коефіцієнт, який враховує нерівномірний розподіл яскравості по довжині лампи (для ЛЛ потужністю 15 Вт включно $k = 0,87$, для ламп більшої потужності $k = 0,92$); d і l – внутрішній діаметр і довжина тієї частини колби ЛЛ, яка світиться (см).

6. Опис дослідної панелі лабораторної установки

Загальний вигляд дослідної панелі зображений на рис. 8.11. Схему живити через ЛАТР. Для вимірювання напруг мережі U_m , напруги на ЛЛУ $_l$ і струму лампи I_l використати прилади, встановлені на столі лабораторного стенда. Всі з'єднання проводити мідними ізольованими провідниками з наконечниками.

Завдання

А. Виконується при підготовці до роботи

За даними табл. 3.1 кожній з бригад розрахувати середню поверхневу густину світлового потоку та силу світла в напрямку, перпендикулярному осі лампи, і яскравість її випромінюючої поверхні.

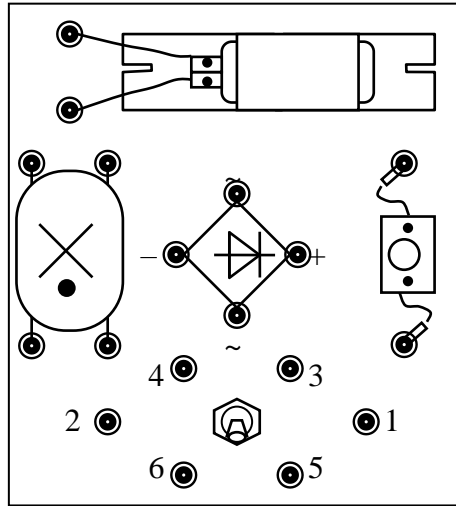


Рис. 3.14

Таблиця 3.1.

№ бригади	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
тип ЛЛ	ЛБ-4	ЛБ-6	ЛБ-8	ЛБ-13	ЛБ-15	ЛБ-20	ЛБ-30	ЛБ-40	ЛБ-65	ЛБ-80	L18W	L36W	L58W	ЛБА-30	ЛБА-40
d, см	1,6	1,6	1,6	1,6	2,7	4,0	2,7	4,0	4,0	4,0	2,6	2,6	2,6	4,0	4,0
l, см	11,0	18,5	26,0	49,0	42,0	57,0	87,0	117	147	147	57	117	147	87	117
Φ, лм	100	225	350	700	780	1150	2180	3100	4600	5400	1300	3250	5200	2000	3000

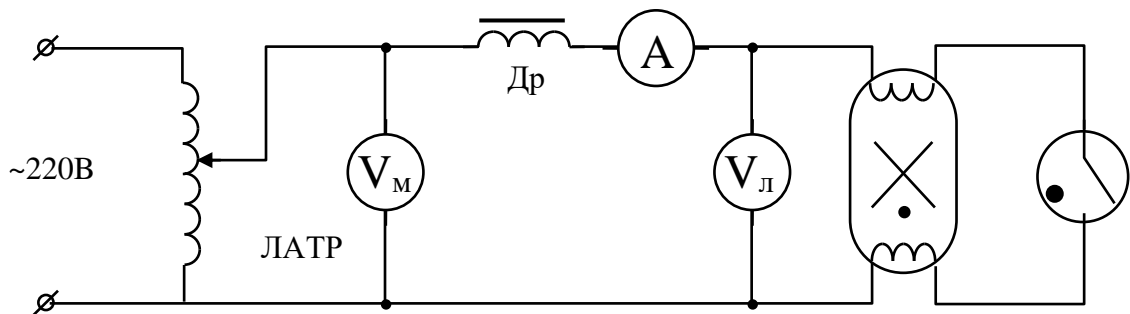


Рис. 3.15

Б. Виконується в лабораторії

1. Зібрати схему рис. 3.15. Подати напругу 240...250 В і зачекати, коли ЛЛ загориться.

Повільно зменшуючи напругу мережі за допомогою ЛАТРу аж до моменту погасання ЛЛ зняти вольт-амперну характеристику лампи $U_{л\sim} = f(I_{л\sim})$. Дані вимірів занести в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

$U_M, В$	250	220	200	180	170	165	160	155	150
$U_{л\sim}, В$									
$I_{л\sim}, МА$									
$U_{л\sim}, В$									
$I_{л\sim}, МА$									
$U_{л.к.}, В$									
$I_{л.к.}, МА$									

2. Зібрати схему рис. 3.16. По методиці, викладеній в п. 1, зняти вольт-амперну характеристику ЛЛ на постійному струмі. $U_{\text{л}} = \varphi(I_{\text{л}})$. Дані вимірів занести в табл. 3.2.

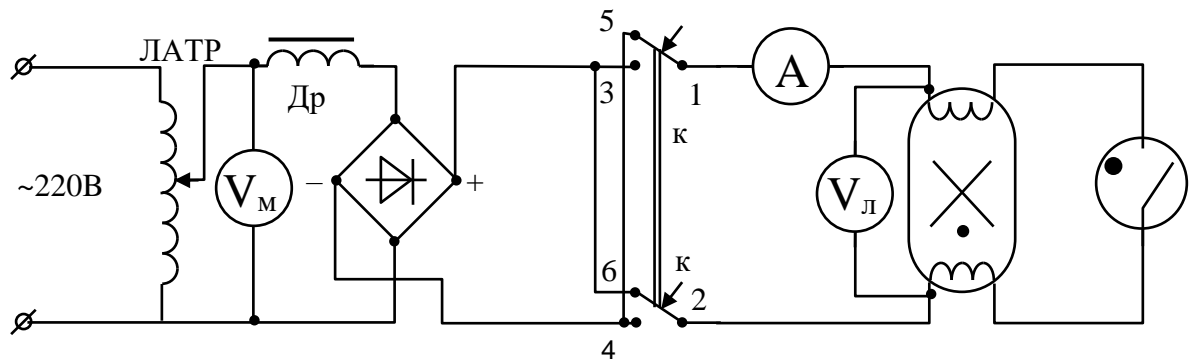


Рис. 3.16

Перемикачем К змінити полярність напруги на ЛЛ в схемі рис. 3.16. При цьому спостерігайте за переміщенням стовпа розряду. Зафіксуйте, до якого (по полярності) з електродів притягується стовп розряду, як змінюється яскравість горіння ЛЛ, особливо біля електродів.

3. Включити в схему рис. 3.15 ЛЛ, яка пропрацювала в колі постійного струму не менше 18 годин без зміни полярності прикладеної напруги. Описати картину розподілення яскравості горіння ЛЛ по довжині і дати свої пояснення цьому явищу, яке називається катафорез. Перемикачем К змінити полярність прикладеної напруги і зафіксувати, чи зміниться картина розподілення яскравості по довжині.

По методиці, викладеній в п. 1, зняти вольтамперну характеристику ЛЛ, яка має явно виражений катафорез. $U_{\text{л.к}} = \psi(I_{\text{л.к}})$. Дані вимірів занести в табл. 3.2.

4. За даними дослідів, проведених в п. 1, 2, 3, побудувати вольтамперні характеристики. Зробити висновки.

5. Досліди по п. 1, 2, 3 повторити в повному обсязі для енергоекономічних ЛЛ відповідної потужності. Дані вимірів занести в табл. 3.3, яка повністю ідентична табл. 3.2. За даними табл. 3.3 побудувати вольтамперні характеристики. Порівнявши графіки п. 1, 2, 3 з подібними графіками для енергоекономічних ламп, та явища, які спостерігаються. Зробити висновки.

3. Опис дослідної панелі лабораторної установки

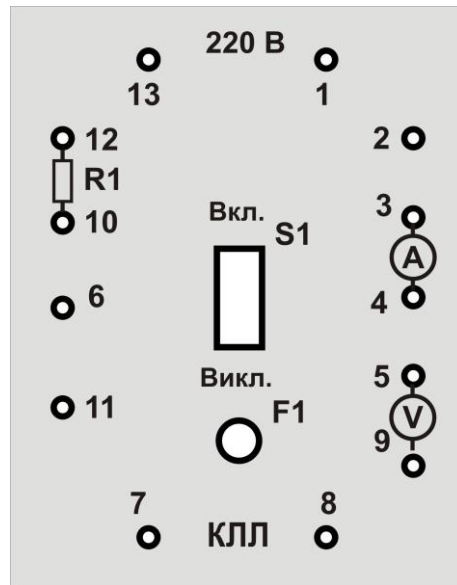
Загальний вигляд дослідної панелі зображений на рис. 8.17 а, а схема ввімкнення – на рис. 3.17 б і в. Схема живиться через ЛАТР. Для вимірювання діючого значення напруг мережі $U_{\text{м}}$, напруги на ЛЛ $U_{\text{л}}$ і струму лампи $I_{\text{л}}$ використати прилади, встановлені на столі лабораторного стенду. Всі з'єднання проводити мідними ізольованими провідниками з наконечниками. Для вимірювання амплітудних значень напруги та струму (напругу на опорі 1 Ом, яка відповідає значенням струму в амперах) використовувати двопробний осцилограф. Зсув фаз між наругою та струмом також вимірювати за допомогою осцилографа.

Для запобігання виходу з ладу вимірювального стенду корпус осцилографа рекомендується не заземляти.

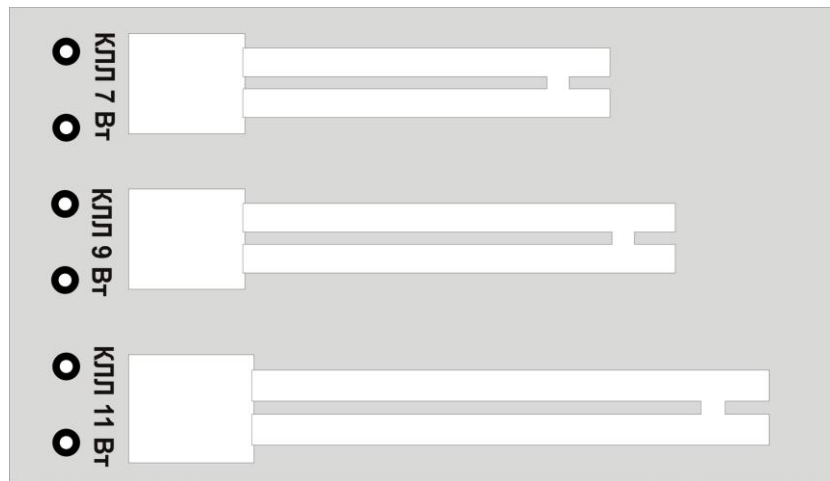
Завдання

А. Виконується при підготовці до роботи

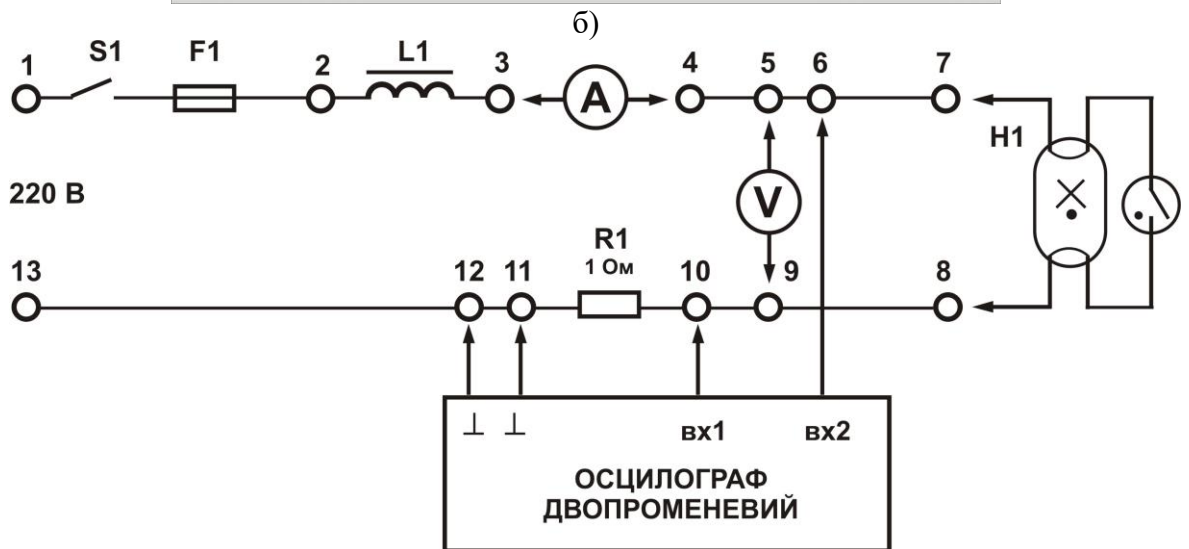
За даними табл. 3.3 кожній з бригад розрахувати середню поверхневу густину світлового потоку та силу світла в напрямку, перпендикулярному осі лампи, і яскравість її випромінюючої поверхні.



а)



б)



в)

Рис. 3.17. Схема дослідної установки: а) загальний вигляд, а) стенд з КЛЛ (PL) різної потужності, б) схема з'єднань

Таблиця 3.3.

№ бригади	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
тип ЛЛ	ЛБ-4	ЛБ-6	ЛБ-8	ЛБ-13	ЛБ-15	ЛБ-20	ЛБ-30	ЛБ-40	ЛБ-65	ЛБ-80	L18W	L36W	L58W	ЛБА-30	ЛБА-40
d, см	1,6	1,6	1,6	1,6	2,7	4,0	2,7	4,0	4,0	4,0	2,6	2,6	2,6	4,0	4,0
l, см	11,0	18,5	26,0	49,0	42,0	57,0	87,0	117	147	147	57	117	147	87	117
Φ, лм	100	225	350	700	780	1150	2180	3100	4600	5400	1300	3250	5200	2000	3000

Б. Виконується в лабораторії

1. Зібрати схему рис. 3.15. Подати напругу 240...250 В і зачекати, коли ЛЛ загориться. Плавно зменшуючи напругу мережі за допомогою ЛАТРу аж до моменту погасання КЛЛ зняти вольт-амперну характеристику лампи $U_{л\sim} = f(I_{л\sim})$. Дані вимірів занести в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

$U_m, В$	250	220	200	180	170	165	160	155	150
$U_{л\sim}, В$									
$I_{л\sim}, МА$									

2. Зібрати схему рис. 3.16. По методиці, викладеній в п. 1, зняти вольт-амперну характеристику ЛЛ на постійному струмі. $U_{л} = f(I_{л})$. Дані вимірів занести в табл. 3.4.

3. За даними дослідів, проведених в п. 1, 2, 3, побудувати вольт-амперні характеристики. Зробити висновки.

7. Контрольні питання

1. Намалюйте і поясніть будову ЛЛ.
2. Намалюйте і поясніть будову ніжки ЛЛ.
3. З якого матеріалу і чому виконується впай в скло ніжки ЛЛ?
4. Чим і для чого активують електроди ЛЛ?
5. Намалюйте стартерну схему включення ЛЛ.
6. Для чого потрібні дросель та стартер?
7. Опишіть послідовність процесів, які протікають в колі стартерної схеми після подачі напруги живлення.
8. Як працює стартер тліючого розряду?
9. Що називають катодною плямою, де вона утворюється і яка її поведінка?
10. Які катоди називають саморозжарюваними?
11. Які процеси відбуваються в розряді ЛЛ і як випромінює ЛЛ?
12. Яке випромінювання називається резонансним?
13. Чим наповнена ЛЛ? Як проводиться дозування ртуті?
14. Чому ЛЛ погано працює при низьких температурах оточуючого середовища?
15. Назвіть найрозповсюдженіші діаметри ЛЛ.
16. Яким параметром оцінюють ефективність ЛЛ?
17. Намалюйте графік залежності світлової віддачі від потужності ЛЛ.
18. Яка найрозповсюдженіша класифікація ЛЛ?
19. Які ЛЛ відносять до ламп загального, а які до спеціального призначення?
20. Які за формою бувають ЛЛ?
21. Як проводиться маркування ЛЛ?
22. Як виготовляють різнокольорові ЛЛ?
23. Дайте характеристику ультрафіолетовим розрядним лампам низького тиску.
24. Намалюйте і поясніть будову і принцип дії лампи ЛУФ-4.
25. Для чого були створені і чим відрізняються енергоекономічні ЛЛ від звичайних?

26. Які ви знаєте КЛЛ?
27. Намалюйте і повністю опишіть КЛЛ типу PL.
28. Опишіть будову і принцип дії КЛЛ типу SL.
29. Опишіть будову і принцип дії КЛЛ типу CIRCOLUX.
30. Опишіть будову і принцип дії безелектродних КЛЛ.
31. Який з типів КЛЛ отримав найбільше розповсюдження?
32. На які особливості треба звертати увагу при застосуванні енергоекономічних ЛЛ?
33. Чому КЛЛ типу SL виготовляють амальгамними?
34. Напишіть основні розрахункові формули для ЛЛ.
35. Назвіть основні одиниці вимірювання світлотехнічних величин: сили світла, світлової віддачі, світлового потоку, освітленості, яскравості.
36. Поясніть будову і принцип роботи безстартерних схем запалювання ЛЛ.
37. В чому полягає відмінність між безстартерними схемами «гарячого» і «холодного» запалювання ЛЛ?
38. В чому полягають переваги живлення ЛЛ від ЕПРА?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Дослідження світлових та електричних характеристик напівпровідникових джерел світла

1. Мета роботи

Метою цієї роботи є дослідження електричних і світлових параметрів, коефіцієнта амплітуди споживаного струму, коефіцієнта гармонік та $\cos\phi$ світлодіодних джерел випромінювання.

2. Короткі теоретичні відомості

В попередні роки в освітлювальних пристроях використовувались люмінесцентні лампи (ЛЛ) (в основному, потужністю 4...36 Вт), для запалювання та стабілізації струму яких застосовували як електромагнітні, так і електронні баласты. Однак, їх використання, попри видиму енергоощадність в порівнянні з лампами розжарювання має і ряд недоліків:

- невеликий термін служби джерел світла в умовах довкілля (висока вологість, низькі температури), що зменшувало термін використання ламп до 1...1,5 років,
- тривалий час розгоряння люмінесцентної лампи,
- неможливість реалізації на основі люмінесцентних джерел світла динамічного освітлен-

ня, при якому яскравість джерела світла може змінюватись в широких межах.

Що ж до існуючих галогенних прожекторів, то слід відзначити невисокий термін експлуатації галогенних ламп через їх значну залежність від стабільності напруги джерела живлення та температури середовища.

З появою світлодіодних джерел світла ряд вказаних вище недоліків вдалося усунути.

Світлодіод (або LED - light emitting diodes) – це твердотільний напівпровідниковий прилад, який є джерелом випромінювання. Містить електронно-дірковий p-n перехід або контакт метал-напів-провідник, який, при протіканні через нього електричного струму, генерує оптичне (видиме, ультрафіолетове чи інфрачервоне) випромінювання.

Електронно-дірковий перехід світло діоду в процесі легування, матеріал n-типу збагачується негативними носіями заряду, а матеріал p-типу - позитивними носіями заряду. Атоми в матеріалі n-типу набувають додаткові електрони, а атоми в матеріалі p-типу набувають дірки.

При прикладенні до діода електричного поля електрони і дірки в матеріалах p- і n-типу

рухаються до p-n-переходу. Коли носії заряду підходять до p-n-переходу, електрони інжектуються в матеріал p-типу. При подачі негативної напруги з боку матеріалу n-типу через діод протікає електричний струм в напрямку від матеріалу n-типу в матеріал p-типу.

Це

називається прямим зміщенням.

Коли надлишкові електрони переходять з матеріалу n-типу в матеріал p-типу і рекомбінують з дірками, відбувається виділення енергії у вигляді фотонів, елементарних частинок (квантів) електромагнітного випромінювання. Всі діоди випускають фотони, але не

всі діоди випускають видиме світло.

Матеріал, з якого виготовляється світлодіод, вибирається таким чином, щоб довжина хвилі випромінюючих фотонів перебувала в межах видимої області спектра випромінювання. Різні матеріали випускають фотони з різними довжинами хвиль, що відповідає різним кольорам випромінюючого світла.

Видиме світло, що випускається світлодіодом, є холодним, але так як в світлодіодах є втрати, то на p-n-переході генерується тепло, іноді досить велике, тому обмеження температури p-n-переходу за допомогою правильно сконструйованого тепловідведення та інших методів контролю температури є дуже важливим для забезпечення

нормальної роботи світлодіода, оптимізації його світлового потоку і підвищення терміну служби.

Типи світлодіодів

Світлодіоди діляться на дві групи:

- індикаторні та
- освітлювальні.

Індикаторні світлодіоди, як правило, недорогі джерела світла малої потужності, які використовуються в якості світлових індикаторів в приладах та для підсвічування дисплеїв, приладових панелей.

Освітлювальні світлодіоди, в свою чергу, поділяються на

- світлодіоди поверхневого монтажу (SMD),
- високої яскравості (HV) та
- високої потужності (HP).

Це більш потужні пристрої, що забезпечують необхідний рівень освітленості і світлового потоку.

На рис. 5.1 представлена конструкція освітлювальних світлодіодів.

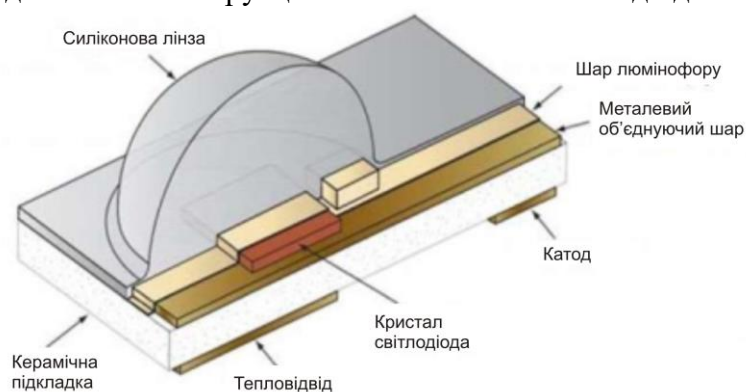


Рис. 4.1. Конструкція освітлювального світлодіода

Основними елементами світлодіода є:

- напівпровідниковий кристал,
- підкладка, на яку він встановлюється,
- контакти для електричного підключення,
- з'єднувальні провідники для під'єднання контактів до кристалу,
- тепловідвід,
- лінза і
- корпус.

Для забезпечення відводу тепла, корпус освітлювальних світлодіодів безпосередньо припаюється до поверхні. Тепловідвід необхідний для нормального температурного режиму і роботи світлодіода.

Отримання білого світла за допомогою світлодіодів

Існує два способи отримання білого світла за допомогою світлодіодів:

- Згідно колірної моделі RGB (Red, Green, Blue), білий колір отримують за допомогою пропорційного змішування червоного, зеленого і синього кольорів від червоного, зеленого і синього світлодіодів.

- Люмінофорна технологія отримання білого світла передбачає використання одного світлодіода короткохвильового випромінювання, наприклад, синього або ультрафіолетового, в комбінації з жовтим люмінофорним покриттям. Фотони синього або ультрафіолетового випромінювання, що генеруються світлодіодом, або проходять через

шар люмінофора без зміни, або перетворюються в ньому на фотони жовтого світла. Комбінація фотонів синього і жовтого кольору створює біле світло.

Метод RGB дає можливість створювати біле світло точного відтінку, який має здатність підкреслювати освітлювані кольори. Однак для створення білого кольору RGB потрібно порівняно складне обладнання, так як в одному джерелі необхідно використовувати відразу три світлодіоди. При цьому отримуване світло неприродньо передає пастельні тони, що є основним наслідком низького індексу передачі кольору білого світла, отриманого за допомогою даного методу.

Люмінофорні світлодіоди забезпечують кращу передачу кольору, ніж білі RGB-світлодіоди, порівняно з люмінесцентними джерелами світла та світлодіодними білими RGB-джерелами світла. Саме висока енергоефективність і хороша передача кольору роблять люмінофорні технології кращим способом отримання білого світла

Параметри та конструкції світлодіодних джерел світла

Використання таких освітлювальних пристроїв, як світлодіодні цокольні лампи, світлодіодні лінійні лампи та світлодіодні прожектори, незважаючи на порівняно більшу вартість, дозволило підвищити якісні та кількісні світлотехнічні показники ламп.

Світлодіодні або, як їх ще називають LED-лампи, в порівнянні з люмінесцентними лампами мають наступні переваги:

- висока світлова віддача (до 230 лм/Вт);
- висока механічна міцність, вібростійкість (відсутність нитки розжарювання та інших чутливих складових);
- тривалий термін служби (50 000...100 000 годин);
- покращений, в порівнянні з люмінесцентними лампами спектр випромінювання;
- простота формування спрямованого випромінювання;
- низька напруга (не більше 4В), необхідна для роботи;
- нечутливість до низьких температур;
- відсутність небезпечних для людини речовин, у першу чергу ртуті.

Недоліками світлодіодних ламп є:

- висока ціна;
- необхідність використання драйвера;
- малий кут випромінювання (для формування розсіяного світла потрібні спеціальні лінзи).

Поява *лінійних світлодіодних ламп* в скляній колбі з цоколем T8 (рис. 4.2) дозволила збільшити термін роботи освітлювального пристрою, забезпечити його надійну роботу в умовах низьких температур.



Рис. 4.2 Лінійна світлодіодна лампа з цоколем T8

Так, наприклад, лампа типу T8-120 Pure White Color (240*0,06W LED), яка має приєднучі розміри такі ж, як і люмінесцентна лампа потужністю 36 Вт, не потребує баласту, споживає потужність 16 Вт і має світловий потік, що дорівнює 1350 лм, причому

останній досягає свого номінального значення через доли секунди після під'єднання лампи до мережі. Крім того, такі лампи є екологічно безпечними, тому що не містять парів ртуті чи інших токсичних речовин.

Характеристики ламп Т8-60 та Т6-120 подано в табл. 4.1.

Випускаються також світлодіодні лампи в колбах розміром 90 см (потужність 12 Вт, світловий потік 1080 лм), 150 см (потужністю 24 Вт, світловий потік 1800 лм), 180 см (потужність 28 Вт, світловий потік 2100 лм) та 240 см (потужність 36 Вт, світловий потік 2880 лм).


Таблиця 4.1

Світлодіодні лінійні лампи с цоколем Т8, 220 В. Туби				
Тип	Світловий потік, лм	Кут освітлення, град	Потужність, Вт	Розмір, мм
T8-60 Pure White Color	700	120	8	538
T8-60 Warm White Color	700	120	8	538
T8-120 Pure White Color (240*0,06W LED)	1350	120	16	1198
T8-120 Warm White Color (240*0,06W LED)	1350	120	16	1198

Світлодіодні прожектори мають високий термін експлуатації та значну економію споживаної електроенергії при збереженні достатнього рівня освітленості, що розширює межі їх застосування.

Деякі характеристики світлодіодних матричних прожекторів подані в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Світлодіодні матричні прожектори				
Тип прожектора	Фото	Характеристики	Світловий потік, лм	
			Тепло-білі (2700К-3900К)	Холодно-білі (6000К-7000К)
FL-F-10W-01 – FL-F-70W-01		1. Вхідна напруга: АС 85-265 В 2. Потужність прожектора: від 10 Вт до 70 Вт 3. ІР-клас: ІР66 4. Кут випромінювання: 120 °С	від 855 лм до 5955 лм	від 930 лм до 6515 лм

Філаментні світлодіодні лампи (рис. 4.3) – світлодіодні лампи, які дизайном нагадують лампи розжарювання. Слово «філамент» у перекладі з англійської (filament) означає нитку розжарення. З технічної точки зору словосполучення «філаментна світлодіодна» некоректне, оскільки у цих лампах немає тіла розжарювання, але саме це словосполучення означає конкретний тип світлодіодних ламп.



Рис. 4.3 Загальний вигляд філаментної світлодіодної лампи та будова філаментної нитки

До складу лампи входять мініатюрні світлодіоди, що монтуються на спеціальній основі, у якості якої здебільшого застосовується спеціальне скло. Кожен світловипромінювальний елемент (філамент) - це стрижень, що має в діаметрі близько 1,5 мм, а його довжина не перевищує 3 см.

Прозорість основи дозволяє забезпечити рівномірне світіння, спрямоване на всі боки, аналогічно нитці розжарювання. Світлодіоди розміщують на основі та з'єднують послідовно.

Як правило, на кожному філаменті встановлюється 28 світлодіодів, що випромінюють синє світло. Для додання теплого відтінку випромінювання лампи інколи встановлюють кілька червоних діодів, але загальна їх кількість все одно дорівнює 28.

Потужність одного філамента не перевищує 1,3 Вт. Але при цьому технологія дозволяє набрати необхідну кількість елементів, щоб підвищити потужність лампи.

У колбі може міститися до 16 філаментів. Незважаючи на невелику потужність, кожен філамент досить ефективний завдяки люмінофорному покриттю на силіконовій основі.

Для відведення тепла від світлодіодів колбу наповнюють спеціальним газом, що має високу теплопровідність.

Важливою перевагою філамента в порівнянні з традиційними світлодіодними матрицями є те, що для рівномірного розподілу світла в усі сторони не потрібно використовувати складну оптичну систему. Це забезпечує високу світлову ефективність лампи.

Потужність, що підводиться до філаменту, в 1,5 рази вища, ніж до традиційної світлодіодної матриці при однаковому значенні світлового потоку.

На сьогоднішній день максимальні значення параметрів серійних зразків філаментних ламп зі звичайною колбою типорозміру А60, з колірною температурою 2700 К є наступними:

- світловий потік – 980 лм (відповідає лампі розжарювання потужністю 85 Вт);
- світловіддача всієї лампи – 116 лм/Вт (деякі виробники заявляють про значення до 150 лм/Вт);
- термін служби – 30 000 годин;
- можливість роботи із стандартними світлорегуляторами (димерами).

Випускаються також філаментні лампи зі сферичною колбою діаметром 95 мм, що має більшу площу поверхні, ніж колба А60. Це забезпечує краще тепловідведення, що дозволяє досягти світлового потоку 1500 лм.

До одного філаменту підводиться напруга близько 100 В, тому всі лампи розраховані на живлення від промислової мережі. Низьковольтні моделі (наприклад, на 12 В) не виробляються.

Філаментні лампи випускаються із патронами E27 і E14, а також байонетного типу.

Переваги філаментних ламп:

- повна сумісність за конструкцією та світловими характеристиками із світильниками, розрахованими на лампи розжарювання;
- висока світловіддача, обумовлена відсутністю оптичної системи для рівномірного розподілу світла в різні боки;
- можливість зниження собівартості виробництва за рахунок використання вже наявних потужностей з виробництва ламп розжарювання;
- зменшення рівня психологічного бар'єру при використанні світлодіодного освітлення в побуті.

Недоліки даних ламп:

- мале місце під драйвер, внаслідок чого використовуються або драйвери спрощеної конструкції з високим коефіцієнтом пульсації, або драйвери з високим ступенем мініатюризації без пульсації, які коштують дорого;
- ще немає достовірної статистики про реальну надійність цих ламп через короткий термін їх використання (використовуються з 2013 року);
- для даних ламп є принциповим використання скляної колби, що призводить до зменшення механічної міцності – філаменту лампу можна розбити, внаслідок чого вона вийде з ладу.

Схеми живлення світлодіодних джерел світла

Параметри світлодіодних джерел світла, в першу чергу, залежать від схеми їх ввімкнення до джерела живлення.

Для живлення світлодіодів світлодіодних пристроїв випромінювання використовуються драйвери.

Драйвер - електронна схема, яка перетворює енергію зовнішнього джерела живлення (наприклад, 220 В, 50 Гц) у енергію, придатну для живлення світлодіодів (наприклад, стабілізований постійний струм). Драйвер визначає як світлотехнічні, так і електричні параметри світлового приладу (рівень пульсацій, яскравість, тривалість безвідмовної роботи та вартість світильника).

Драйвери бувають лінійні і імпульсні.

Лінійні відрізняються низькою ціною, але меншою ефективністю через значні втрати потужності.

Крім того, світлодіодні світильники з лінійними драйверами дуже чутливі до зміни параметрів напруги живлення. Найпростіший приклад лінійного драйвера - струмообмежувальний резистор, ввімкнений послідовно з світлодіодом.

Імпульсні драйвери дорожчі за лінійні, однак, вони захищають світлодіоди від електрозавад і коливань напруги в мережі живлення. Ефективність сучасних імпульсних драйверів досягає 98%, вони не вимагають додаткових засобів охолодження. Саме імпульсні драйвери дозволяють скористатися всіма перевагами енергозбереження, які надають світлодіодні технології.

Більшість світлодіодних ламп мають просту конструкцію драйвера: струмообмежувальний конденсатор, випрямляч, і ряд послідовно ввімкнених випромінювальних діодів. При такому варіанті підключення світлодіодні лампи характеризуються значною пульсацією світлового потоку через малу інерційність світлодіодів.

Поява світлодіодів та світлодіодних модулів потужністю 50 Вт і, навіть, 100 Вт призвела до необхідності розробки спеціалізованих блоків живлення для їх ефективної

роботи. Наприклад, застосування лінійних стабілізаторів струму для живлення світлодіодних ламп виявилось прийнятним тільки для струмів до 1А.

Окремі світлодіоди і модулі мають вбудовані інтегральні стабілізатори, але застосовуються такі модулі, в основному, при живленні від акумуляторних батарей.

Шляхом ускладнення цих пристроїв, були отримані LED-драйвери, у яких передбачена можливість ефективно усувати мережеві перешкоди. Сьогодні такі драйвери випускаються багатьма фірмами.

Прикладом LED-драйверів можуть служити мікросхеми серії «LM» з широтно-імпульсною модуляцією, що випускаються компанією National Semiconductor [3].

Все ж, у більшості випадків, для світлодіодних ламп, що живляться від промислової мережі 220 В, поки що використовуються драйвери, виконані на дискретних елементах.

Основним недоліком подібних пристроїв є їх порівняно висока вартість, а також кидки струму по входу і пульсація вихідного струму, що знижує терміни роботи світлодіодів.

Складність конструкції драйвера безпосередньо залежить від потужності світлодіодного світильника, його додаткових функцій та вимог до габаритних розмірів.

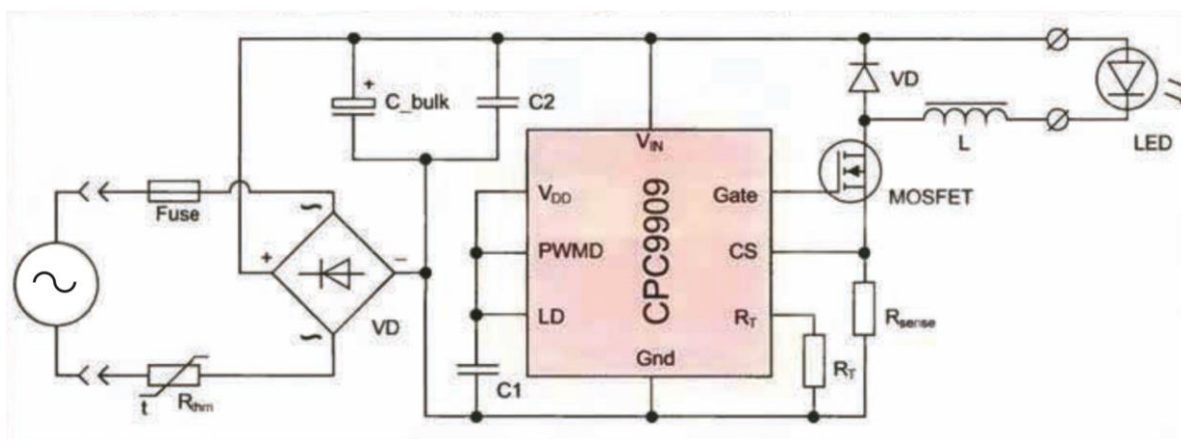


Рис. 4.4 Драйвер світлодіодної лампи на основі мікросхеми CPC9909 з живленням змінною напругою

Компанія Clare, що входить до складу корпорації IXYS, пропонує рішення для побудови недорогого ефективного імпульсного світлодіодного драйвера, оснований на мікросхемі Clare CPC9909, що є контролером імпульсного перетворювача, виконаного в компактному корпусі (рис. 4.4).

Мікросхема допускає живлення безпосередньо від напруги промислової мережі (напруга живлення драйвера 8...550 В), що є можливим за рахунок вбудованого стабілізатора напруги. Це спрощує і здешевлює схему драйвера, а також робить його більш компактним.

Мікросхема CPC9909 працює за схемою частотно-імпульсної модуляції (PFM) з постійним контролем пікового струму та зберігає працездатність в діапазоні температур - 55 ... +85 ° С.

Драйвер на CPC9909 стабілізує струм в світлодіодах, порівнюючи з опорною напругою падіння на струмовому шунті - резистивному датчику струму, під'єднаному до входу CS мікросхеми. Джерелом опорної напруги служить вбудоване в CPC9909 джерело каліброваної напруги на 250 мВ.

Характеристики світлодіодних джерел світла

До основних характеристик джерел світла, в тому числі і світлодіодних, відносять:

- електричні,
- світлові,
- експлуатаційні.

Електричними характеристиками світлодіодних ламп є:

- потужність (Вт),
- напруга на лампі (В),
- струм лампи (А).

До світлових характеристик відносять:

- світловий потік (лм),
- колірна температура (К),
- світлова віддача, визначає ефективність лампи (лм/Вт),
- яскравість (кд).

До експлуатаційних

- термін використання,
- ударна та вібраційна витривалість,
- стійкість до температури середовища,
- пожежна безпека та ін.

Світловий потік – фізична величина, яка характеризує кількість світлової енергії, що переноситься випромінюванням через деяку поверхню за одиницю часу, в системі СІ вимірюється в люменах (лм).

Приблизне співвідношення світлових потоків і споживаної потужності різних типів ламп представлено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Світловий потік	Лампа розжарювання	Лампа люмінесцентна	Лампа світлодіодна
250 лм	20 Вт	5-7 Вт	2-3 Вт
400 лм	40 Вт	10-13 Вт	4-5 Вт
700 лм	60 Вт	15-16 Вт	6-9 Вт
900 лм	75 Вт	18-20 Вт	10-12 Вт
1200 лм	100 Вт	20-30 Вт	12-15 Вт
1800 лм	150 Вт	40-50 Вт	18-20 Вт
2500 лм	200 Вт	60-80 Вт	25-30 Вт

В таблиці наведені середні співвідношення величин, насправді потік світла світлодіодних ламп залежить ще й від таких характеристик, як:

- світлової віддачі,
- потужності лампи,
- хімічного складу джерела,
- особливостей лінзи.

Залежно від якості, виробника і напруги джерела живлення світловий потік в світлодіодах може змінюватися в межах від 80 до 150 лм з 1 Вт. Це обумовлюється відмінностями вольт-амперних характеристик світлодіодів, систем охолодження та режиму роботи напівпровідникового кристалу.

Протягом терміну експлуатації світловий потік у світлодіодах зменшується. Втрата спостерігається при проходженні світла через лінзу і становить до 5%.

Порівняльні характеристики ламп розжарювання, компактних люмінесцентних ламп та світлодіодних ламп подані в таблиці 4.

Світлова віддача – це відношення світлового потоку, що випромінюється джерелом світла, до спожитої потужності. У Міжнародній системі СІ вимірюється в люменах на ват (лм/Вт).

Повертаючись до характеристик, що порівнюються у різних типів ламп (таблиця 4.2), бачимо, що при практично однаковому значенні світлового потоку, кількість

спожитої електроенергії відрізняється в рази для різних типів ламп. І з цієї точки зору, явним лідером по енергоефективності (економічності) є світлодіодна лампа.


Традиційні лампи розжарювання при виконанні своїх функцій по освітленню втрачають на продукування теплової енергії до 95% електроенергії, і тільки 5% – перетворюється в корисну світлову енергію. При експлуатації LED-ламп 40 – 50% електричної енергії перетворюється в світлову енергію.

Таким чином, ККД світлодіодних ламп в 5-10 разів вище, ніж у ламп розжарювання.

Ще один показник джерел світла – колірна температура, вимірюється в кельвінах (К). Чим вона вища, тим холоднішим здається світло візуально.

Найбільш поширені світлодіодні лампи з колірною температурою 3000 К (приємне тепле світло) і 4100 К (нейтральне світло, нагадує денне).

Таблиця 4.4

Базові характеристики	Лампа розжарювання	Лампа люмінесцентна	Лампа світлодіодна
			
Потужність	75 Вт	15 Вт	10 Вт
Світловий потік	700 лм	700 лм	800 лм
Світлова віддача	0,12 лм/Вт	46,7 лм/Вт	80 лм/Вт
Термін служби	~ 1 000 год	~ 8 000 год	~ 50 000 год
Інфрачервоне випромінювання	Дуже високе	Мінімальне	Немає
Ультрафіолетове випромінювання	Прийнятне	Високе	Немає
Тепловиділення	Високе	Середнє	Низьке
Вплив функції вмикання-вимикання	Скорочує термін служби	Скорочує термін служби	Не впливає
Ударостійкість	Низька (скло)	Низька (скло)	Висока (пластик)
Екологічність	Так	Ні	Так
ККД	Низький	Середній	Високий
Стробоскопічний ефект	Мінімальний	Високий	Немає
Інерційність	Низька	Висока	Низька
Стійкість до перепадів	Ні	Ні	Так

температури			
Стійкість роботи при низьких температурах	Середня	Низька	Висока
Стійкість до вібрації	Ні	Ні	Так
Навантаження на мережу	При пуску	При пуску	Немає
Вартість	Низька	Середня	Висока

На особливу увагу заслуговує стійкість до зовнішніх впливів і розширений діапазон робочих температур навколишнього середовища. Довговічність світлодіодних ламп, яка не залежить від кількості вмикань/вимикань приладу, також є величезною перевагою. Поряд з низькою інерційністю, ця характеристика дозволяє використовувати їх в імпульсному режимі, для світлової сигналізації.

Простота утилізації пристроїв, що відпрацювали свій ресурс, з причини відсутності в конструктивних елементах токсичних матеріалів, так само є одним з найважливіших позитивних моментів при експлуатації світлодіодів.

Найбільший недолік LED-ламп – це їх вартість. Однак, з огляду на анонсований термін служби і постійне вдосконалення технологій, цей показник стає незначним, якщо врахувати той факт, що використання LED-приладів дозволяє економити до 70% електроенергії.

Особливо вражаючою стає ця економія на тлі постійно зростаючої потреби в електроенергії. Постійне нарощування енергетичних потужностей, у відповідь на зростаючі потреби, в більшості випадків призводить до забруднення навколишнього середовища та інших негативних наслідків.

2. Виконання роботи

Опис дослідної панелі лабораторної установки

Загальний вигляд дослідної панелі зображений на рис. 4.5. Схему живити через ЛАТР. Для вимірювання напруг мережі U_m , напруги на ЛЛУ_л і струму лампи I_l використати прилади, встановлені на столі лабораторного стенда. Всі з'єднання проводити мідними ізольованими провідниками з наконечниками.

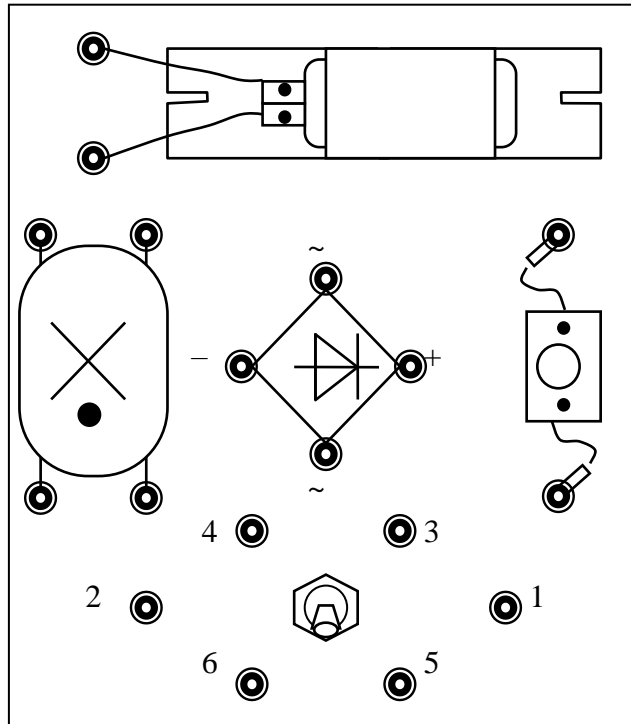


Рис. 4.5. Загальний вигляд дослідної панелі

Завдання

А. Виконується при підготовці до роботи

За даними табл. 4.5 кожній з бригад розрахувати середню поверхневу густину світлового потоку, силу світла в напрямку, перпендикулярному осі лампи і яскравість її випромінюючої поверхні.

Таблиця 4.5

№ бригади	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
тип ЛЛ	ЛБ-4	ЛБ-6	ЛБ-8	ЛБ-13	ЛБ-15	ЛБ-20	ЛБ-30	ЛБ-40	ЛБ-65	ЛБ-80	L18W	L36W	L58W	ЛБА-30	ЛБА-40
d, см	1,6	1,6	1,6	1,6	2,7	4,0	2,7	4,0	4,0	4,0	2,6	2,6	2,6	4,0	4,0
l, см	11,0	18,5	26,0	49,0	42,0	57,0	87,0	117	147	147	57	117	147	87	117
Ф, лм	100	225	350	700	780	1150	2180	3100	4600	5400	1300	3250	5200	2000	3000

Б. Виконується в лабораторії

1. Зібрати схему рис. 4.6. Подати напругу 240...250 В. Плавно зменшуючи напругу мережі за допомогою ЛАТРу зняти вольтамперну характеристику світлодіодного приладу $U_{л\sim} = f(I_{л\sim})$. Дані вимірів занести в табл.4.6.

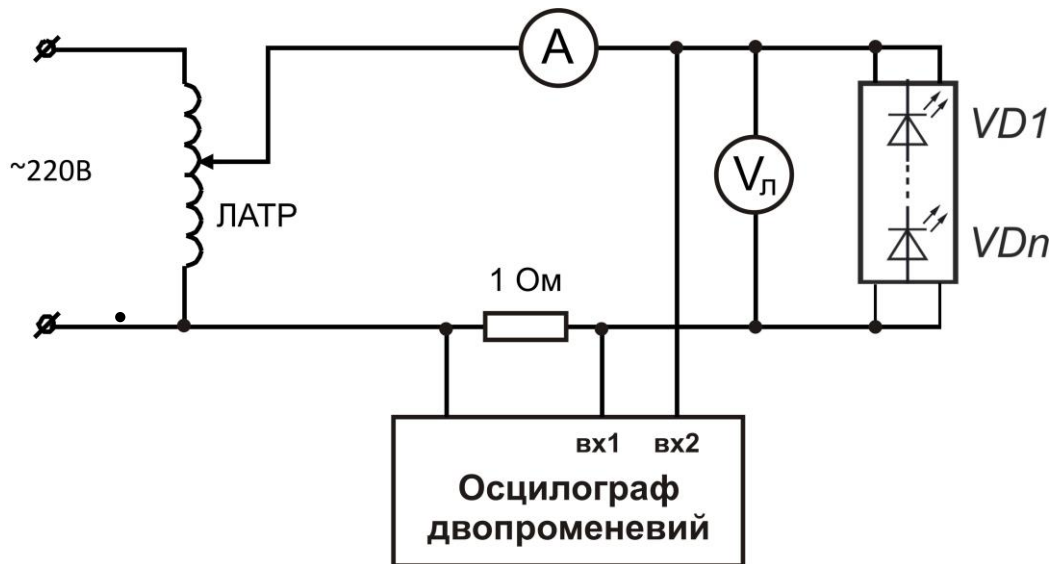


Рис. 4.6.

Таблиця 4.6

U_M, B	250	220	200	180	170	165	160	155	150
$U_{л\sim}, B$									
$I_{л\sim}, mA$									
$\cos\varphi$									
k_a									

Контрольні питання

39. Намалюйте і поясніть будову лінійної світлодіодної лампи з цоколем T8.
40. Поясніть принцип дії різних типів драйверів для світлодіодних приладів.
41. Для чого потрібні драйвери світлодіодних приладів?
42. Як працює лінійний драйвер?
43. Що називають імпульсним драйвером?
44. В чому відмінність між різними типами драйверів?
45. Чи наповнюються газом колби світлодіодних ламп?
46. Який час розгоряння світлодіодних приладів?
47. При яких температурах можуть працювати світлодіодні прилади?
48. В чому полягають особливості конструкції філаментних світлодіодних ламп?
49. Яким параметром оцінюють ефективність ламп будь-якого типу?
50. Як виготовляють різнокольорові світлодіодні прилади?
51. Назвіть основні одиниці вимірювання світлотехнічних величин: сили світла, світлової віддачі, світлового потоку, освітленості, яскравості.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Дослідження дугових ртутних ламп високого тиску з люмінофором (типу ДРЛ)

МЕТА РОБОТИ: Вивчити будову, особливості електричних і світлових параметрів, а також рекомендації по застосуванню ламп типу ДРЛ.

СТИСЛІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Лампи типу ДРЛ (дугові, ртутні, люмінофорні) завдяки високій світловій віддачі (45..60 лм/вт), великому строку служби (15..20 тис. год.), задовільній кольоропередачі ($R_a=42\%$), пристосованості для роботи в стандартних електричних мережах напругою 220 В та можливості виробництва ламп на потужності від 50 Вт до 2 кВт отримали широке застосування для промислового і зовнішнього освітлення.

Основним недоліком чисто ртутного розряду високого тиску (ВТ) є недостача випромінювання в червоній області спектру, що приводить до неприємного спотворення кольоропередачі, особливо кольору людської шкіри.

Лампи являють собою ртутно-кварцевий пальник трубчастої форми (1) (рис.5.1), який змонтований всередині колби (2) з тугоплавкого скла, внутрішня поверхня якої покривається тонким шаром люмінофора (3), який поглинає УФ-випромінювання ртутного розряду і перетворює його в видиме випромінювання. Підкреслимо, що основну частину світлового потоку в лампах ДРЛ складає випромінювання ртутного розряду, до якого додається випромінювання люмінофору.

Використання кварцового скла і розробка спеціальних марок люмінофорів для розряду ВТ привело до того, що ультрафіолетове випромінювання, яке складає біля 40% від всього потоку випромінювання, перетворюється за допомогою люмінофорів в недостаюче випромінювання у червоній частині спектру. Завдяки цьому вдалося покращити якість кольоропередачі в червоній частині спектру, особливо кольору людської шкіри, настільки, що лампи стали використовувати для зовнішнього та промислового освітлення.

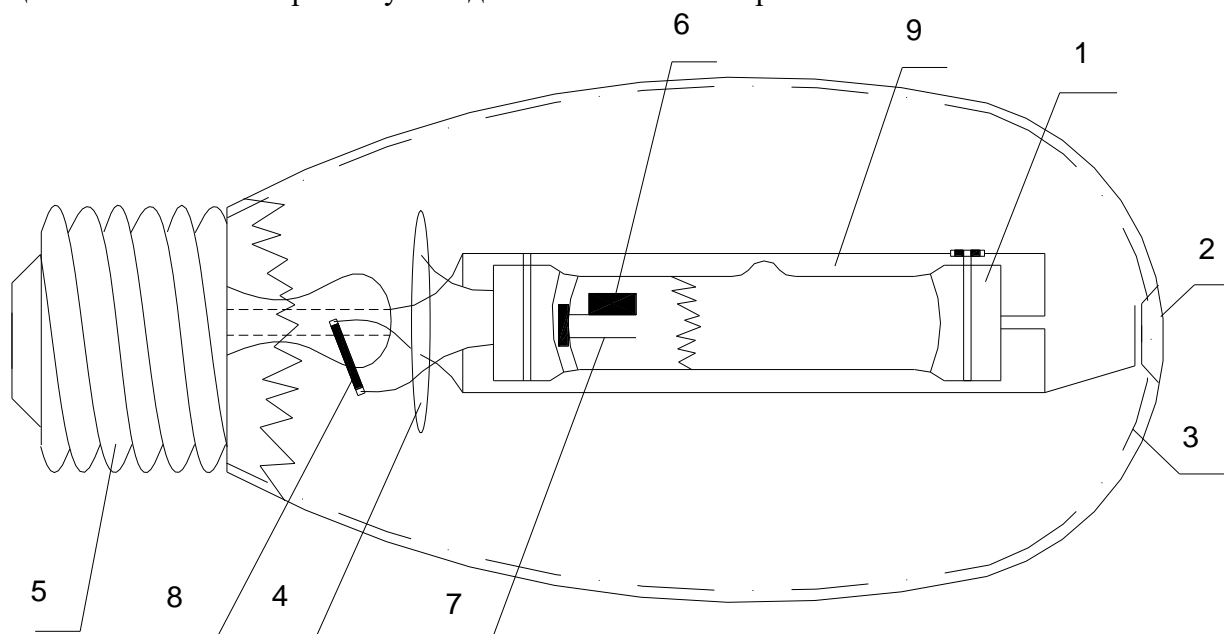


Рис.5.1 – Загальний вигляд лампи типу ДРЛ.

1-пальник; 2-зовнішня скляна колба; 3-шар люмінофору; 4-екран; 5-цоколь; 6-робочий електрод; 7-запалюючий електрод; 8-захисні резистори; 9-розрядна трубка із прозорого кварцового скла.

Принципова конструкція пальника ламп типу ДРЛ показана на рис.5.2. Пальник складається з:

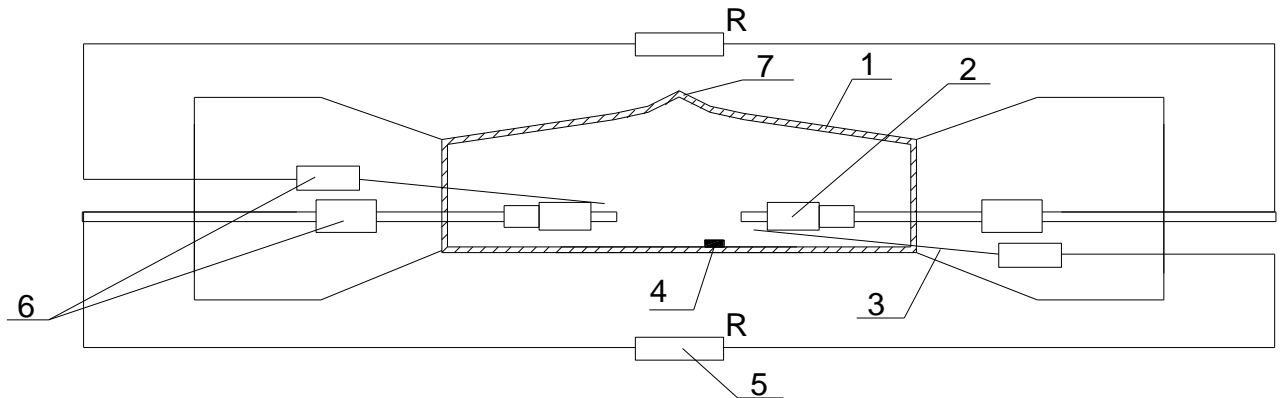


Рис.5.2 – Конструкція пальника лампи типу ДРЛ.

1-колба пальника; 2-основний електрод; 3-запальюючий електрод; 4-ртуть;
5-струмообмежуючі опори; 6-молібденові впаї; 7-відпайка штенгеля.

- **колби (1)**, виготовленої з кварцевого скла, яке добре працює при високих робочих температурах, може витримувати великі механічні навантаження і значні перепади температур, має високий коефіцієнт пропускання в усьому діапазоні спектра випромінювання ртутного розряду **ВТ**. З числа багатьох факторів, які визначають строк служби пальника, в першу чергу слід назвати його робочу температуру. Залежність строку служби кварцевої колби від робочої температури приведена в табл.5.1.

Таблиця 5.1

ДОПУСТИМА РОБОЧА ТЕМПЕРАТУРА, °С	Строк служби (орієнтовно), годин
950	200...500
900	1000
не вище 800	5000...10000

- **основних електродів (2)**, конструкція яких (схематично) показана на рис.5.3.

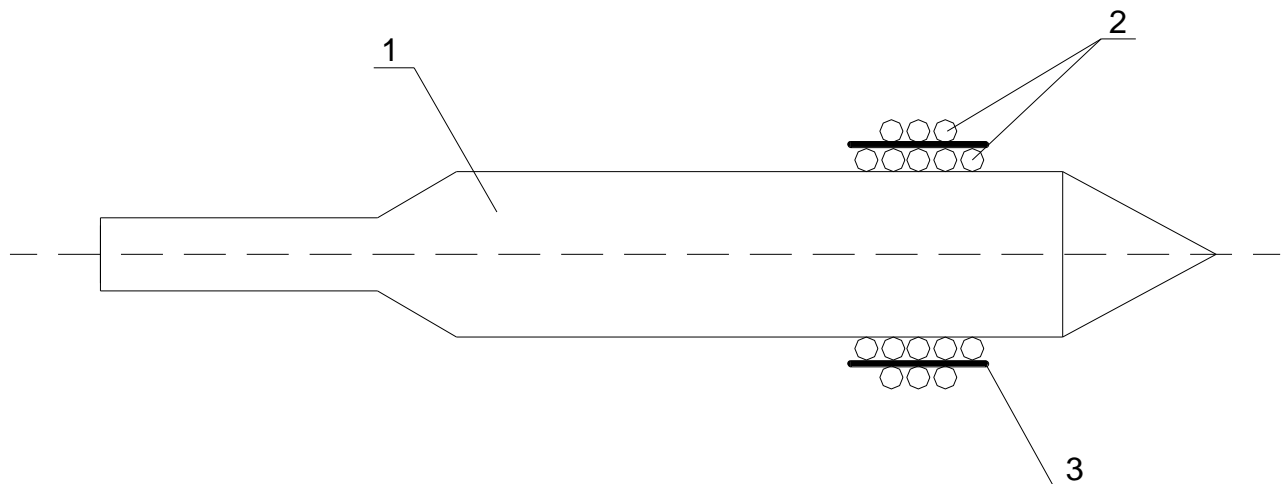


Рис.5.3 – Конструкція основних електродів

1-кern з вольфраму з присадкою торію-ВТ; 2-вольфрамова двохшарова спіраль;
3- покриття з окислу торію (барію).

Кожний електрод по черзі кожні півперіода виконує роль катода і анода. Тому роль електродів полягає в тому, щоб в катодний півперіод забезпечити потік електронів, необхідний для підтримання розряду, а в анодний півперіод приймати електронний струм з розрядного проміжку. Від якості електродів залежать основні характеристики лампи: стабільність світлового потоку, напруга запалювання і строк служби лампи.

Роботу електродів ламп ДРЛ можна розділити на два періоди, в кожному з яких режими та умови роботи суттєво розрізняються. В момент запалювання лампи тиск парів ртуті малий; електроди холодні і працюють в атмосфері інертного газу низького тиску, в режимі тліючого розряду. Струм, який відбирається від електродів в катодний півперіод, в цьому випадку малий, однак високе катодне падіння – порядку **100В** – і низький тиск наповнюючого газу створюють умови для інтенсивного іонного бомбардування електродів. До цього ж періоду відноситься перехідний режим, зв'язаний з створенням на електроді умов, необхідних для забезпечення проходження великого розрядного струму. Другий, основний за часом, період роботи електродів протікає в атмосфері ртутного пару високого тиску. Електроди працюють в режимі дугового розряду і нагріваються до температури **1500...1700°C**.

Перераховані умови роботи електродів дозволяють сформулювати вимоги до них:

- 1) електроди повинні бути стійкими до дії іонного бомбардування в період розгорання розряду;
- 2) конструкція електродів повинна бути такою, щоб період роботи в умовах тліючого розряду був однаковим для даної пари електродів і мінімальним;
- 3) матеріал електродів повинен бути придатним для стійкої і тривалої (порядку 10000 год.) роботи в нагрітому до високої температури стані;
- 4) електроди повинні мати високі емісійні властивості і забезпечувати необхідний розрядний струм при низькій величині прикатодних втрат.

Активована спіраль (2) (рис.9.3.) електрода працює в період розгорання

Розряду. Призначення активуючого складу (3) – зменшення роботи виходу електронів, при цьому відповідно знижується катодне падіння потенціалу і зменшується швидкість іонів, які бомбардують електрод. Сумарний результат виражається в зменшенні розпилення електродів у пусковий період.

Після того, як спіраль з запасом активної речовини вже нагріта до температури, при якій забезпечується емісія електронів достатня для підтримання струму розряду через основний проміжок, в лампі встановлюється режим дугового розряду і тиск парів ртуті починає зростати. Після виникнення дугового розряду відбувається **швидко (за 5-20 сек.)** нагрівання керна електрода.

В усталеному режимі розряд сповзає на вступаючу частину електрода (1). Градієнт потенціалу в ртутній дузі високого тиску **складає десятки вольт на сантиметр** і переміщення розряду зі спіралі на кінець електрода зменшує падіння напруги на лампі на **10...20В**. При цьому відбувається додаткове зменшення напруги горіння розряду за рахунок того, що зменшується катодне падіння потенціалу. Після формування *катодної плями* на торцевій частині електрода, настає стаціонарний режим роботи.

- **запалюючих електродів (3)**, які повинні забезпечувати мінімальну напругу виникнення допоміжного розряду і його легкий перехід на основні електроди. Для цього необхідно, щоб вони були розташовані близько до основних електродів, а струм в колі запалюючих електродів (**ЗЕ**) перевищував деяку мінімальну величину $I_{зе} \geq I_{крит}$ (рис.5.4).

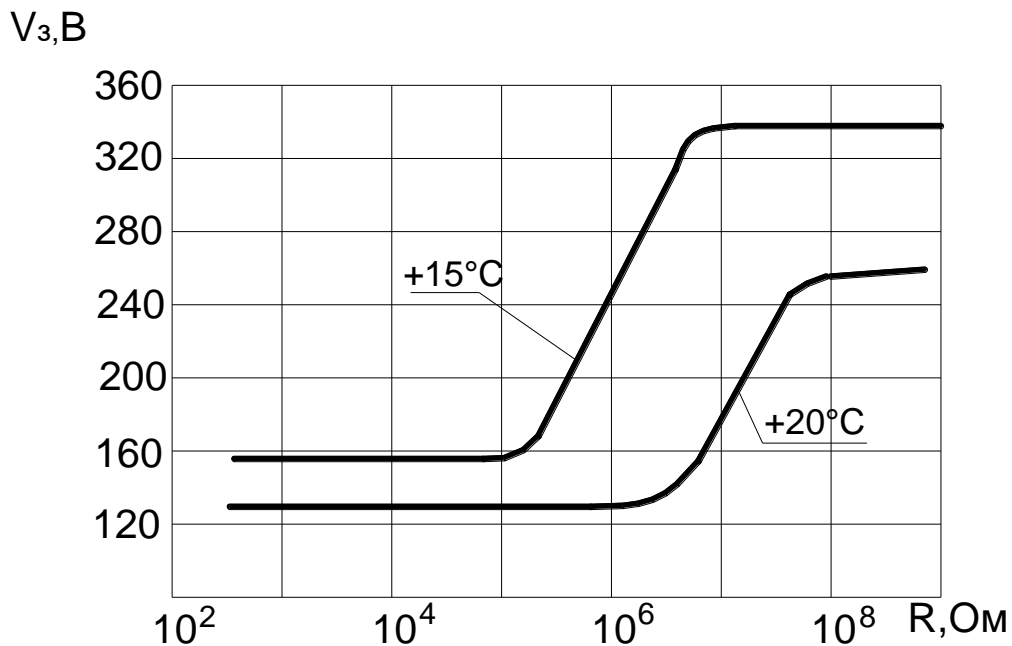


Рис.5.4 – Залежність напруги запалювання ламп типу ДРЛ від значення струмообмежуючого опору при двох значеннях температури оточуючого середовища

Цим визначається максимальна величина струмообмежуючого опору (**5**) $R < R_{\text{крит}} \approx U_{\text{л}} / I_{\text{крит}}$. В той же час необхідно прагнути до зменшення струму в колі запалюючого електрода, тому що з його збільшенням зменшується світлова віддача. Як правило, **R** вибирають в межах **14...40 кОм**. Резистор повинен працювати на протязі багатьох тисяч годин при температурі **300...400°C** і не погіршувати склад газового середовища, його температурний коефіцієнт повинен бути додатнім при цьому він повинен бути малогабаритним. Цим вимогам задовільняють резистори з титану магнія.

Внаслідок великої різниці в швидкості електронів і іонів струм в колі **ЗЕ** несиметричний: в від'ємний півперіод він значно менший, чим в додатній. Відповідно менше падіння напруги на резисторі і більша різниця потенціалів між основним і запалюючим електродами. Ця різниця потенціалів постійного знаку може привести до електролізу домішок лужних металів в кварцевому склі і руйнуванню впаю. Для усунення цього явища необхідно щоб ЗЕ добре збирав іонний струм. Для цього його слід розташовувати так, щоб він був краще занурений в плазму розряду і мав достатню поверхню.

- **крапля ртуті (4)**, величина якої повинна бути такою, щоб в робочому режимі вся вона була в пароподібному стані. Тобто, ртуть в пальник вводиться з нестачею і в робочому стані дуговий розряд протікає в ненасичених парах ртуті. В цьому випадку тиск парів ртуті в лампі змінюється тільки пропорційно ефективній температурі, тобто дуже слабо. Наприклад, якщо зміна напруги мережі приводить до коливань електричного режиму, який супроводжується змінами температури в межах **від 600 до 700°C**, то :

а) в тому випадку, коли в пальнику відсутня рідка ртуть, тиск ртутного пару змінюється не більше чим на 10%;

б) в тому випадку, коли в пальнику є рідка ртуть, тиск ртутного пару змінюється в 2,6 раза (на 260%).

Для того, щоб вся ртуть в працюючій лампі знаходилась в пароподібному стані, необхідно, щоб ртуть вводилась в пальник в рідкому вигляді в строго дозованій кількості. Необхідна кількість ртуті для створення в лампі тиску **p** може бути розрахована за формулою:

$$m = 2.8 \cdot p \cdot r_1^2 \cdot l (1 + 2 \cdot \Delta l / l), \text{ мг}$$

де **p** – тиск парів ртуті, ат;

r_1 – внутрішній радіус пальника лампи, см;

l – відстань між електродами, см;

Δl – ефективна довжина заелектроїдної області, см.

Інертний газ вводиться в пальник в невеликих кількостях (**від 10 до 50 мм.рт.ст.**) і тому слабо впливає на світлові та електричні характеристики ламп в стаціонарному режимі. Незважаючи на це, вибір роду і тиску газу відіграє важливу роль в процесах запалювання і розгорання ламп і є одним з факторів, який визначає довговічність лампи та стабільність її характеристик. Найчастіше пальник наповнюють Ar тому, що він технічно доступний і дешевий. Нижня межа тиску Ar визначається швидкістю розпилення електродів, а верхня межа – максимально допустимою величиною напруги запалювання.

- **молібденових впаїв (6)**. Кварцове скло має дуже малий температурний коефіцієнт лінійного розширення $(6...8) \cdot 10^{-7}$ 1/град. Тому з числа відомих металів з високою електропровідністю неможливо вибрати матеріал, який би мав такий низький коефіцієнт розширення в широкому діапазоні температур (до **900°C**). В зв'язку з цим для створення вакуумщільних впаїв у кварц використовуються фольгові вводи. Ввод представляє собою смужку з молібденової фольги, профіль перерізу якої подібний профілю перерізу двояковипуклої лінзи. Товщина фольги в центральній частині складає 20...30 мкм. Краї фольги стравлюються електролітичним способом. Ширина фольги залежить від величини струму, який проходить через ввод, і для плоскої фольги лежить в межах від 1 до 5 мм.

Вакуумщільне з'єднання при фольговому впаї забезпечується за рахунок того, що сили зчеплення молібденової фольги з кварцем, які виникають при змочуванні металу кварцем вище тих сил, які відривають метал від кварцу внаслідок різниці в температурних коефіцієнтах розширення. Це співвідношення сил зберігається лише при малій товщині фольги, поки абсолютна величина розширення металу мала. При збільшенні ширини фольги вище деякої межі відриваючі сили стають переважаючими і герметичність впаю при остиганні його після нагрівання порушується.

Допустима густина струму через молібденовий впаї приблизно дорівнює 150 А/мм².

Зовнішня колба лампи типу ДРЛ виготовляється з **неорганічного силікатного скла** і виконує декілька функцій, а саме:

а) утворює пальник, що обумовлює підвищення тиску ртутного пару, а значить і світлової віддачі лампи;

б) визначає розташування окремих елементів лампи;

в) створює необхідну механічну міцність;

г) служить для нанесення на внутрішню поверхню люмінофору.

Форма і розміри зовнішньої колби і розташування пальника в ній вибираються з таким розрахунком, щоб все випромінювання ртутно-кварцевого пальника падало на шар люмінофору, і щоб під час роботи лампи шар мав всюди температуру, оптимальну для даного люмінофора, тобто складав 250...350°C. В зв'язку зі сказаним в центральній частині форма колби повинна бути близькою до еліпсоїда обертання.

Внутрішній об'єм зовнішньої колби наповнюється сумішшю 85% Ar+15% N₂. Аргон забезпечує інертне середовище і досить малі теплові втрати. Крім того, Ar достатньо дешевий в порівнянні з Kr або Xe. Азот же вводиться для підвищення напруги пробою між металічними деталями в зовнішній колбі.

На внутрішню поверхню зовнішньої колби наноситься люмінофор **(3)** (див. рис.5.1). В теперішній час найбільш широко використовується *фосфат-ванадат іттрію активований європієм, та фосфатні люмінофори*.

Фосфат-ванадат іттрію активований європієм має спектр випромінювання, який складається з чотирьох достатньо вузьких смуг з максимумами при 535, 590, 618 та 650 нм. Спектр його випромінювання в оранжево-червоній області максимально близький до максимальної чутливості ока, а поглинання видимого випромінювання в фіолетово-синій частині спектра мінімальне.

Фосфатні люмінофори дають смугу випромінювання з максимумом в області 590...605 нм. Їх недоліком є те, що вони погано збуджуються випромінюванням з довжиною хвилі 315 та 365 нм, яке найбільш інтенсивне в цих лампах. Використання цих люмінофорів доцільне тільки в поєднанні з фосфат-ванадатом іттрію тому, що вони коштують значно дешевше, дають можливість підвищити світлову віддачу ламп і забезпечити необхідний рівень “*червоного відношення*”. Дослідження показують, що для отримання “*червоного відношення*” $\gamma_{\text{чр}}=6...8\%$ достатньо брати фосфат-ванадат іттрію в кількості 20...30% при товщині шару 2...3 мг/см².

“*Червоним відношенням*” називають відношення світлового потоку, виміряного в області від 610 до 780 нм, до всього світлового потоку лампи. Цей параметр був запропонований міжнародною комісією з освітлення (МКО) для оцінки якості кольоропередачі.

Промислові типи ламп ДРЛ та їх характеристики. Лампи випускаються на стандартні потужності 80, 125, 250, 400, 700, 1000 Вт (є також лампи на 50 і 2000 Вт) для роботи в мережі змінного струму напругою 220В. Лампи виконуються в колбах еліпсоїдної форми, повністю покритих шаром люмінофору, та в колбах-рефлекторах (ДРЛР), які забезпечують перерозподіл світлового потоку в нижню напівсферу.

Маркування ламп: ДРЛ, потім цифри – потужність в ватах, далі в дужках “*червоне відношення*” у % і через тире – номер розробки.

Лампи випускаються в основному трьох модифікацій: з $\gamma_{\text{чр}}=6,10$ і 12...15%.

На рис.5.5 показаний характерний спектр випромінювання ламп ДРЛ з сумішшю люмінофорів: фосфатного з фосфат-ванадатом іттрію.

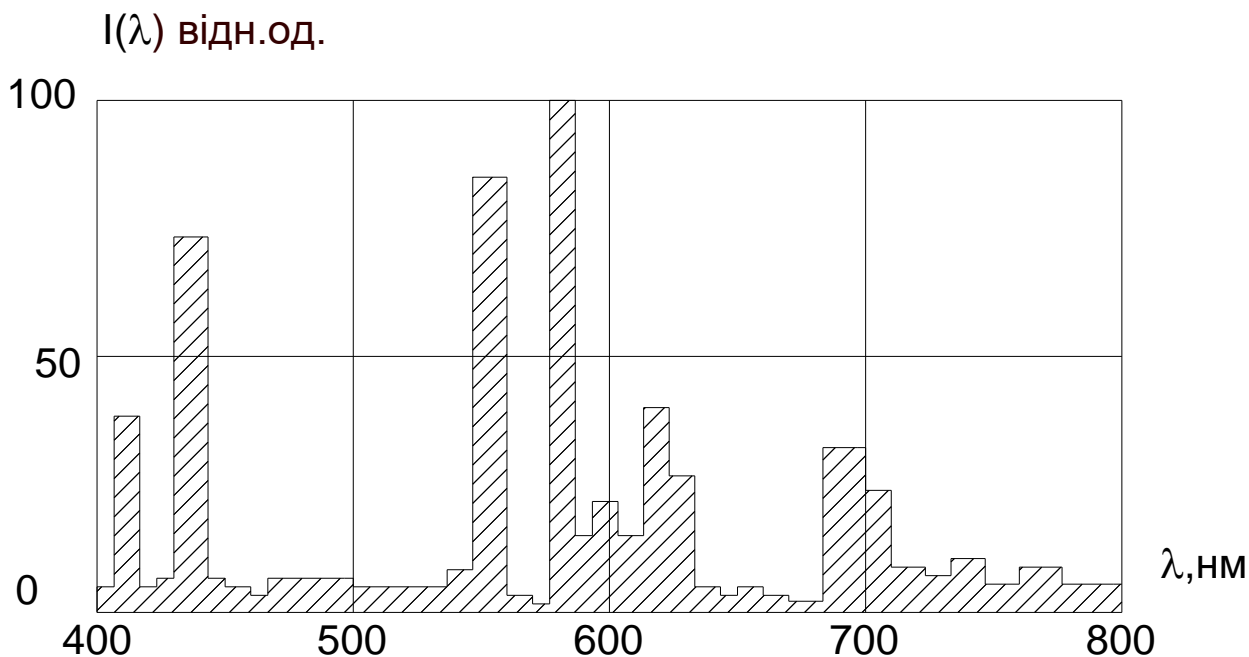


Рис.5.5

Положення горіння допускається любе, але при горизонтальному положенні спостерігається перегрів кварца і строк служби скорочується. Номінальне значення строку служби лежить в межах 6...20 тис.год.

Лампи включаються в мережу через дросель. Імпульсний запалюючий пристрій не потрібен.

Завдяки наявності зовнішньої колби електричні та світлові характеристики при зміні температури оточуючого середовища майже не змінюються. Коefіцієнт пульсації світлового потоку при роботі в схемі з дроселем складає **63...74 %**, **R_a ≈ 42 %**, **T_{кол} ≈ 3800**

К.

В процесі горіння лампи відбувається падіння світлового потоку та “червоного відношення” за експоненціальним законом, особливо швидко в перші сотні годин. Швидкість спаду залежить від потужності ламп, їх якості й умов експлуатації, зокрема вона зростає при збільшенні числа включень. Згідно з ДБН В 2.5-28:2018 світловий потік кожної лампи після 30% середньої тривалості горіння повинен бути не менше 72%, а після 70% - не менше 70% номінального. Напряга на лампі в процесі горіння збільшується на 5...6%, особливо швидко в перші сотні годин.

Графіки залежності діючого значення напруги на лампі та світлової віддачі в усталеному режимі від потужності лампи зображено на рис.5.6.

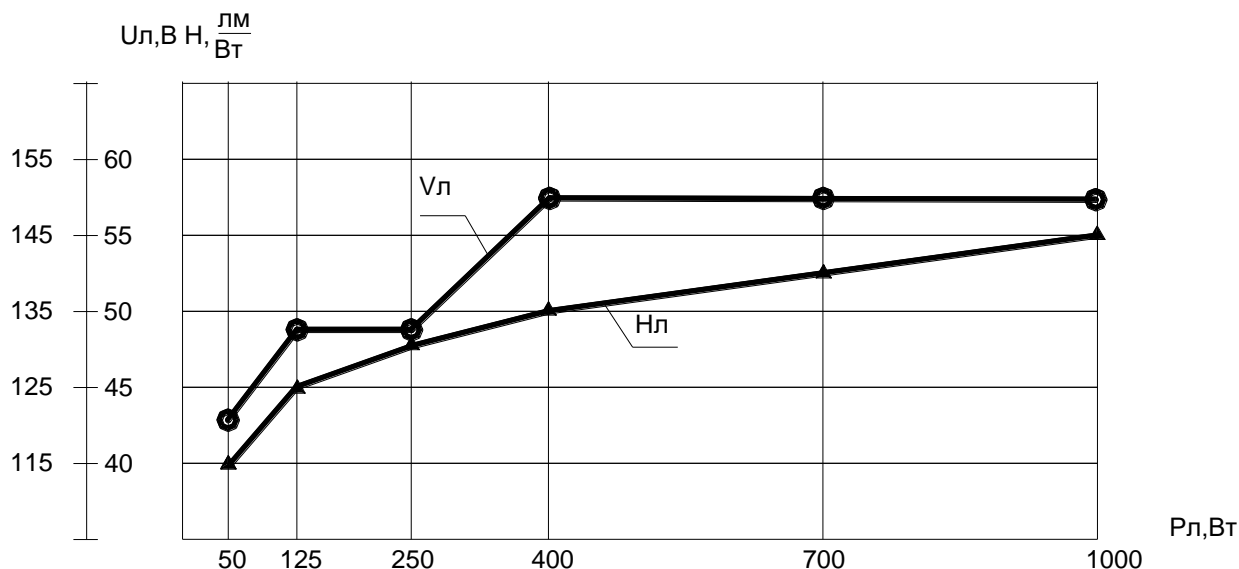


Рис.5.6

ОПИС ДОСЛІДНОЇ ПАНЕЛІ ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ.

Всі необхідні для виконання лабораторної роботи прилади (амперметр; два вольтметра, один з яких електростатичної системи. ЛАТР; лампа ДРЛ з патроном. люксметр, та запалюючий пристрій) знаходяться на столі лабораторного стенда. Загальний вигляд дослідної панелі лабораторної роботи показаний на рис.5.7.

З'єднання схем проводити за допомогою мідних провідників з наконечниками.

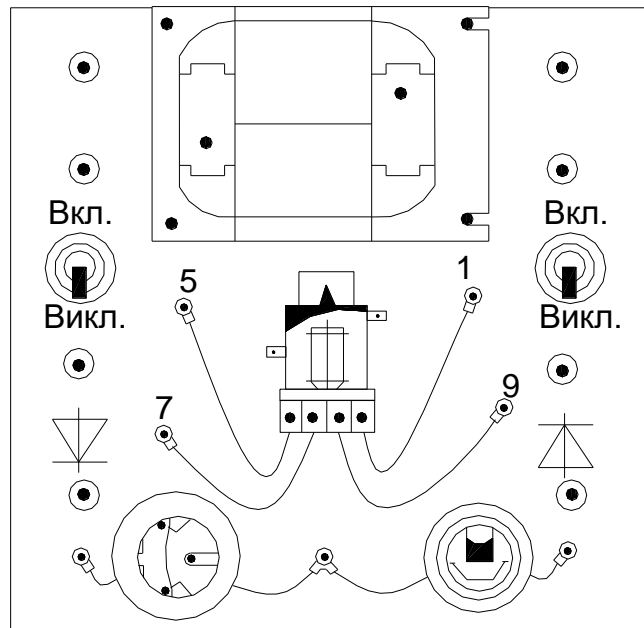


Рис.5.7

ЗАВДАННЯ

А. Виконується при підготовці до роботи.

Кожній бригаді, спираючись на дані таблиці 5.2, розрахувати кількість ртуті, яку потрібно ввести в пальник лампи ДРЛ.

Таблиця 5.2

№ бригади	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
р, атм	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	8	7	6	5
r_1 , см	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	1.3	0.7	0.9	1.1	1.4	1.5	1.2	1.4	1.6	1.0
l , см	2	3	5	7	10	12	7	5	3	2	10	11	12	14	16
Δl , см	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9

Плавно підвищуючи напругу за допомогою ЛАТРу зафіксувати напругу мережі ($U_{мз}$), напругу на лампі ДРЛ ($V_{л}$) і струм лампи ($I_{л}$) в момент виникнення розряду в лампі. Записати ці значення в табл.9.3. Підняти напругу до номінального значення 220В і через кожну хвилину знімати і записувати в табл.5.2 $V_{л}$, $I_{л}$, $E_{л}$. Виміри припинити тільки після того, як $V_{л}$ і $I_{л}$ досягнуть усталених значень.

Освітленість $E_{л}$ вимірювати люксметром в точці, яка лежить на перпендикулярі до осі лампи, проведеному через її центр. Відстань точки від лампи повинна бути 1м. Освітленість визначають як різницю показів люксметра при включеній і виключеній лампі.

Б. Виконується в лабораторії.

1. Зібрати схему рис. 5.8.

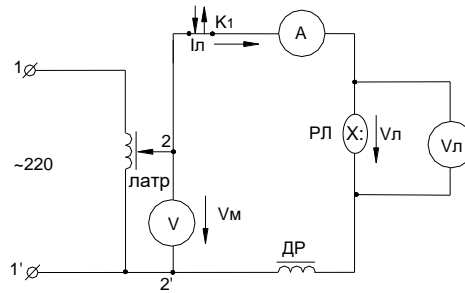


Рис.5.8 –

$U_{м.з.} = \text{В}$

Таблиця 5.3

В И М І Р Я Н О									
t, сек	0	30	60	90	120	150	180	210	240
$I_{л}, \text{А}$									
$V_{л}, \text{В}$									
$E_{л}, \text{лк}$									
Р О З Р А Х О В А Н О									
$F_{л}, \text{лм}$									
$I_{л}, \text{А}$									
$V_{л}, \text{В}$									
$\bar{F}_{л}, \text{лм}$									

Значення світлового потоку лампи ($F_{л}$) визначати з співвідношення:

$$F_{л} = (E_{л} / E_{л.у.}) \cdot F_{л.ном}, \text{ лм}$$

де $E_{л}$ – біжуче значення вимірної освітленості, лк;

$E_{л.у.}$ – усталене значення вимірної освітленості при напрузі мережі 220В, лк;

$F_{л.ном.}$ – номінальний світловий потік для даної потужності лампи ДРЛ, лм.

Приведені значення $\bar{I}_{л}$, $\bar{V}_{л}$, $\bar{F}_{л}$ визначити з формул

$$\bar{I}_{л} = I_{л} / I_{л.у.}; \quad \bar{V}_{л} = V_{л} / V_{л.у.}; \quad \bar{F}_{л} = F_{л} / F_{л.у.}$$

де $I_{л.у.}$, $V_{л.у.}$, $F_{л.у.}$ – значення струму, напруги і світлового потоку в усталеному режимі при напрузі мережі 220В.

2. В усталеному режимі роботи лампи ДРЛ при напрузі мережі 220В в схемі рис.5.8 за допомогою ключа К1 короткочасно (на доли сек.) розірвати електричне коло. Зафіксувати час, після якого при номінальній напрузі мережі лампа ДРЛ знову загориться. Після загорання зафіксувати час розгорання до усталеного режиму.

3. Для усталених режимів зняти вольтамперну характеристику лампи ДРЛ та характер зміни світлового потоку (по значенням освітленості $E_{лк.}$). Дані для кожного значення $V_{м}$ заносити в табл.9.4 тільки після того, як $I_{л}$ ($V_{л}$) досягне свого усталеного значення.

Таблиця 5.4

В И М І Р Я Н О									
$V_M, В$	250	240	230	220	210	200	190	180	170
$V_L, В$									
$I_L, А$									
$E_L, ЛК$									
Р О З Р А Х О В А Н О									
$F_L, ЛМ$									
V_L									
I_L									

При замкнутому ключі К1 і розімкнутому К2 подати на затискачі 2-2' схеми напругу 220В. Дочекатися коли електричний режим в лампі ДРЛ досягне усталеного значення. Після цього замкнути ключ К2 і розімкнути К1 (одночасно). Зафіксувати характер розряду в лампі ДРЛ. Зробити висновки відносно можливості роботи ламп ДРЛ в схемі однопівперіодного випрямлення.

4. За даними табл.5.3 на одному графіку побудувати в відносних величинах залежності $\bar{F}_L=f(t)$, $\bar{I}_L=\varphi(t)$, $\bar{V}_L=\psi(t)$. Зробити висновки відносно зміни параметрів ламп ДРЛ в процесі розгорання.

За даними табл.5.4 побудувати в відносних одиницях вольтамперну характеристику лампи ДРЛ $\bar{V}_L=f(\bar{I}_L)$, а також залежність світлового потоку від напруги мережі $\bar{F}_L=\psi(V_M)$. З останнього графіку визначити як змінюється світловий потік при повільній зміні напруги мережі $\Delta F_L/F_L=f(\Delta V_M/V_M)$. Зробити висновки відносно ходу вольтамперної характеристики та впливу коливань напруги на світловий потік.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Назвіть основні параметри ламп ДРЛ.
2. Який основний недолік чисто ртутного розряду високого тиску і які його наслідки?
3. Розкажіть будову лампи типу ДРЛ.
4. Яке співвідношення між світловими потоками чисто ртутного розряду і світловим потоком який дає люмінофор в лампах ДРЛ?
5. Намалюйте й розкажіть про конструкцію пальника лампи ДРЛ.
6. З якого матеріалу виготовляють пальник лампи ДРЛ? Чому? Як залежить строк служби лампи ДРЛ від допустимої робочої температури пальника?
7. Намалюйте і розкажіть про конструкцію основних електродів лампи ДРЛ.
8. Розкажіть про роботу основних електродів лампи ДРЛ в момент запалювання і після розгорання лампи.
9. Сформулюйте головні вимоги до основних електродів лампи ДРЛ.
10. Яку роль виконує активуючий шар на основному електроді?
11. Які значення має градієнт потенціалу в ртутній дузі високого тиску?
12. Яку роль виконують запалюючі електроди в лампі ДРЛ? Як вони повинні бути розташовані?

13. Намалюйте залежність напруги запалювання лампи ДРЛ від значення струмообмежуючого опору. В яких межах повинно лежати значення цього опору?
14. Скільки ртуті вводять в пальник лампи ДРЛ? Чому?
15. Як розрахувати кількість ртуті для створення в пальнику лампи ДРЛ тиску p ?
16. Який газ вводиться в пальник лампи ДРЛ? Для чого? В якій кількості?
17. З якого матеріалу і якої форми виконується вакуумно щільний впай в кварцове скло? Яка допустима густина струму через нього?
18. З якого матеріалу виготовляється зовнішня колба лампи ДРЛ? Які функції вона виконує?
19. Чим наповнений внутрішній об'єм зовнішньої колби?
20. На яку поверхню наноситься люмінофор? Чому? Які функції виконує?
21. Які люмінофори використовуються в теперішній час в лампах ДРЛ? Дайте їм характеристику.
22. Що називається "червоним відношенням"?
23. Які ви знаєте промислові типи лампи ДРЛ? Яка їх характеристика?
24. Як маркують лампи ДРЛ?
25. Намалюйте характерний спектр випромінювання лампи ДРЛ.
26. Намалюйте схему включення ламп ДРЛ в мережу змінного струму.
27. Як змінюються основні характеристики лампи ДРЛ в процесі експлуатації?
28. Намалюйте графік залежності діючого значення напруги на лампі ДРЛ та світлової віддачі від потужності.
29. Оцініть можливість регулювання світлового потоку лампи ДРЛ.
30. Поясніть характер зміни параметрів лампи ДРЛ при розгоранні.
31. Який вигляд мають статичні вольтамперні характеристики лампи ДРЛ?
32. Чи зразу запалюється лампа ДРЛ після погасання?
33. Чи може працювати лампа ДРЛ в схемі однопівперіодного випрямлення?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

Тема: Дослідження характеристик дугових натрієвих ламп високого тиску типу ДНаТ.

Мета роботи: Вивчити будову, особливості електричних і світлових характеристик, а також рекомендації по застосуванню ламп типу ДНаТ.

Стислі теоретичні відомості

Натрієвим лампам притаманні досить високі світлові віддачі, які досягають 70...220лм/Вт. Однак вони випромінюють монохроматичне жовте світло. Ця обставина обмежує області застосування таких ламп. Їх використовують для зовнішнього, архітектурного і декоративного освітлення.

В натрієвих лампах використовується резонансне випромінювання парів натрію і в цьому відношенні вони подібні за принципом дії ртутним лампам низького тиску. Крива залежності світлової віддачі натрієвого розряду від тиску має два максимуму (див. Рис. 6.1).

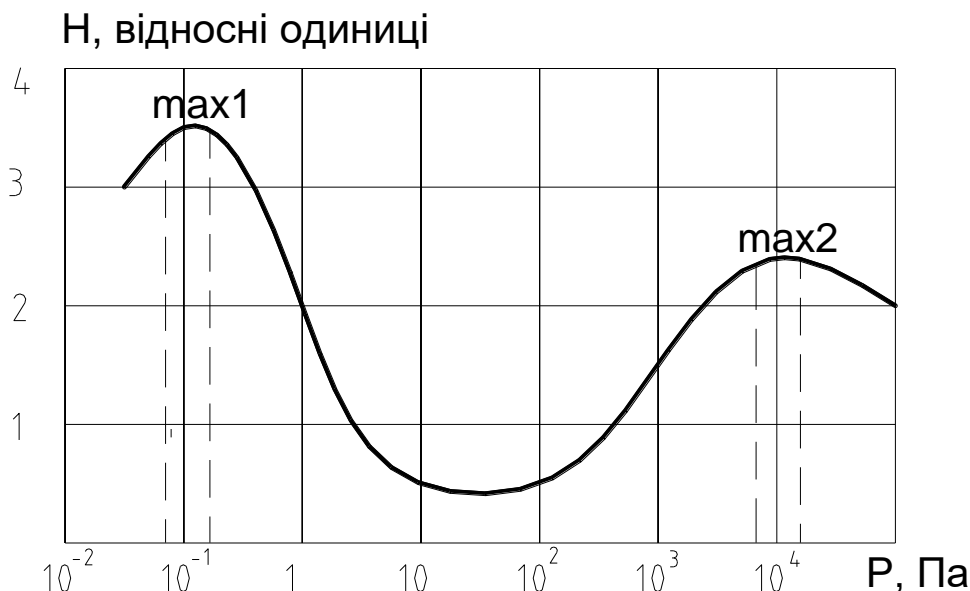


Рис.6.1. Залежність світлової віддачі натрієвого розряду від тиску парів натрію.

Область першого максимуму відповідає тиску 0,2 Па і має місце при температурі рідкої фази 270...290°C. При таких тисках парів натрію працюють так звані натрієві лампи низького тиску. Крім низького тиску для цих ламп характерні і низькі густини струму $j=0,1...0,5$ А/см².

Другий максимум має місце при тисках біля 10кПа. Це тиск насичених парів натрію при температурі 650...750°C. При таких тисках і температурах працюють так звані натрієві лампи високого тиску, розрядна труба яких виконана з спеціального матеріалу – прозорої кераміки.

Створення на початку 60^{тих} років натрієвих ламп високого тиску з розрядними трубками з прозорої корундової кераміки – одна з найбільш значних подій в розвитку джерел світла. Саме вона поклала початок створенню нової групи розрядних джерел світла оптичного випромінювання, які використовують розряд високого тиску в парах агресивних металів і з'єднань.

Точне визначення терміну “*прозора кераміка*” відсутнє. Японські вчені цим терміном визначають матеріал, отриманий спіканням із неорганічних порошків, з такою прозорістю, коли через неполіровану пластину товщиною 1мм, яка лежить на листі паперу

з текстом, можна читати текст, що відповідає світлопроникності більше 40%. Основними факторами, які суттєво впливають на прозорість кераміки, є кристалічна багатофазність (гетерогенність), характер структури, взаємне розташування кристалів, їх розмір, наявність скловидної і газової фаз.

Найкращою кристалічною структурою є та, у якій різниця коефіцієнтів заломлення по оптичним осям дорівнює нулю, тобто відсутня анізотропія. Орієнтація кристалів підвищує світлопропускання кераміки, хаотичне їх розташування приводить до зниження прозорості оскільки відбувається розсіювання світла, а не направлене його проходження. Суттєвий вплив на розсіювання світла має розмір кристалів.

Максимальне розсіювання має місце в тому випадку, коли довжина хвилі падаючого світла відповідає розміру кристалу. В зв'язку з цим для керамічного матеріалу, який пропускає світло у видимій області спектру з довжинами хвиль від 0,40 до 0,80 мкм, необхідно уникати наявності кристалів з розмірами 0,4 до 0,8 мкм. Присутність склоподібної фази в керамічному матеріалі з коефіцієнтом заломлення, який відрізняється від коефіцієнта заломлення кристалічної фази, знижує прозорість. Особливо негативно впливають на світлопропускання газової фази(пари). Обумовлено це тим, що показник заломлення кристалічних фаз.

Будова натрієвої лампи високого тиску зображена на рис. 6.2. Лампа складається з наступних деталей і вузлів:

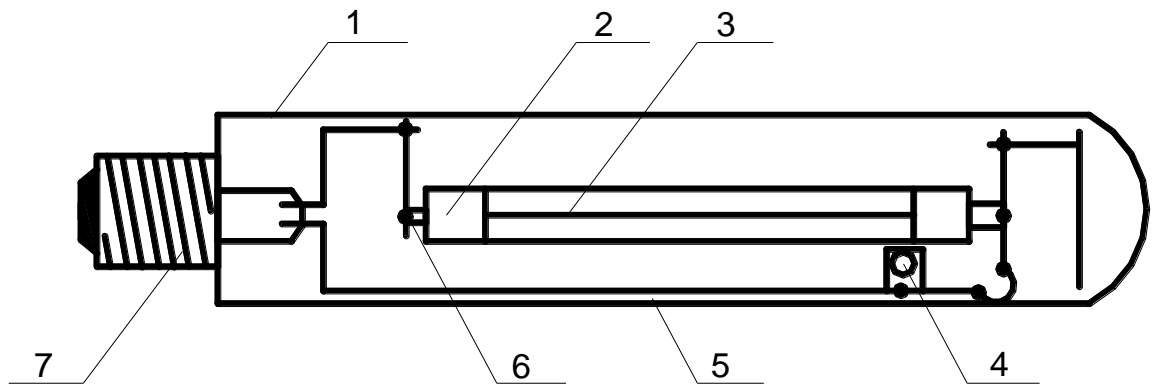


Рис.6.2. Будова натрієвої лампи високого тиску.

- а) зовнішньої колби 1, виготовленої зі скла вольфрамової групи, яке має високу температуру розм'ягчення;
- б) розрядної трубки (пальника) 2, будова якої зображена на рис. 6.3.

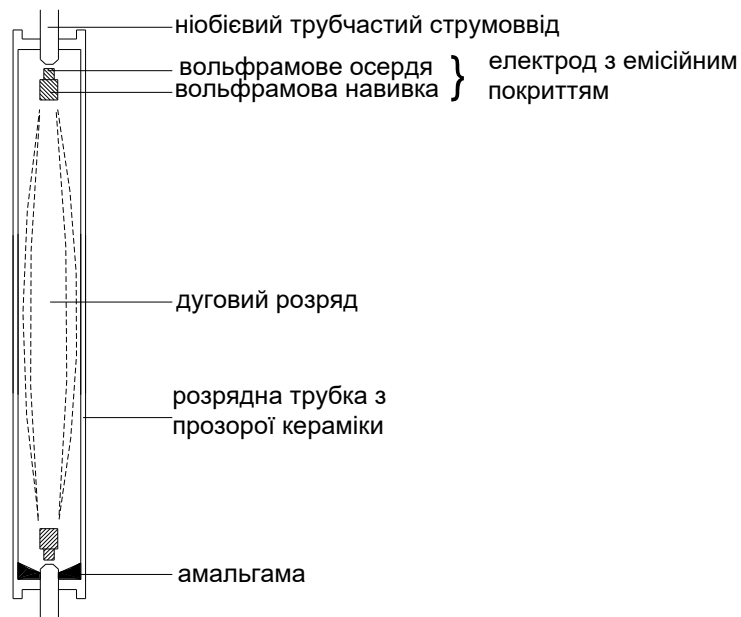


Рис.6.3. Будова розрядної трубки натрієвої лампи високого тиску.

Як видно з рис. 6.3 ввід виготовляється з ніобію – тугоплавкого і хімічно стійкого металу і представляє собою спай – кераміка – метал. Використання трубчастих струмовводів в розрядну трубку, замість стержньових, робить можливим вільне термічне розширення трубки. Це пояснюється тим, що трубки краще компенсують механічні навантаження, ніж стержні.

Розрядна труба виготовляється з прозорої кераміки діаметром від 5 до 12 мм і товщиною стінки 0,5...1,0 мм, в залежності від потужності лампи.

Наповнюється розрядна трубка не чистим натрієм, а амальгамою натрію – з ртуттю, з атомним вмістом натрію 65...75%. Введення ртуті обумовлює підвищення градієнту потенціалу розряду, що дозволяє зменшити довжину розрядної трубки. Для полегшення запалювання розряду в розрядну трубку добавляють ксенон ($p_{Xe}=20$ мм.рт.ст.), так як амальгама натрію знаходиться в самій трубці, а не в зовнішньому резервуарі (як це було у ламп старої конструкції) її температура не залежить від температури оточуючого середовища. Це, разом з використанням симетричної розрядної трубки, дозволяє експлуатувати лампу в будь-якому положенні горіння незалежно від типу світильника;

в) антени **3**, для полегшення запалювання розряду;

г) гетера **4**, який підтримує на протязі всього строку служби тиск у внутрішній порожнині **5** зовнішньої колби **1** на рівні **0,01Па**. Це забезпечує добру теплоізоляцію розрядної трубки і підвищує ККД лампи;

д) спаїв **6**;

е) цоколя **7**;

Для вмикання натрієвих ламп в мережу необхідні баластний дросель, який включається з лампою послідовно, і імпульсний запалюючий пристрій. Слід пам'ятати, що для цих ламп баластні дроселі повинні виготовлятися спеціально. **Використовувати баластні дроселі від інших типів розрядних ламп (ДРЛ, ДРІ) такої ж потужності не можна.** Це обумовлено тим, що напруга горіння на абсолютно нових натрієвих лампах на **25-30 %** менше ніж на інших типах розрядних ламп високого тиску такої ж потужності. Виготовлення натрієвих ламп з нижчими на 25-30 % напругами горіння, обумовлено тим, що при експлуатації постійно відбувається зменшення кількості натрію в розряді (він поглинається електродами і стінками розрядної трубки) в результаті чого напруга на лампі зростає на **1-5 В** через **кожну тисячу годин** експлуатації. Визначити величину напруги на лампі через τ годин горіння за формулою:

$$U_{л\tau} = U_{л.поч.} \cdot (1 + 0,01 \cdot \tau), \text{ В} \quad (6.1)$$

де τ - тривалість горіння, тис.год;

$U_{л.поч.}$ – початкова напруга горіння нової лампи, В.

В світовій практиці існують **три основних модифікації** ламп такого типу:

1) в циліндричній або еліпсоїдній прозорій зовнішній колбі типу **ДНаТ**;

2) в зовнішній колбі від лампи типу **ДРЛ** з внутрішнім світлорозсіючим покриттям;

3) в кварцовій трубчастій зовнішній колбі, софїтного типу з двома цоколями типу **ДНаТСф**. Ці лампи призначені для прожекторів заливаючого світла замість трубчастих галогенних ламп розжарення.

Строк служби натрієвих ламп високого тиску обмежується головним чином поступовим зростанням напруги на лампі (на 1...5 В за кожен 1000 годин горіння), що обумовлено головним чином малою кількістю натрію в розрядній трубці і його поглинання поверхнею пальника і деталями лампи, а також утепленням розрядної трубки за рахунок почорніння приелектродних кінців. Для ламп характерна висока стабільність світлового потоку на протязі строку служби, спад не перевищує 15...20 % за 10 тис. годин горіння.

Такі лампи використовуються **потужністю 50...1000Вт**. Умовне позначення; перший елемент літера **Д** – дугова; другий елемент літери **На** – натрієва; третій елемент літера **Т** – трубчаста; четвертий елемент через дефіс цифри – потужність лампи Вт.

Умовне позначення ламп такого типу, які випускаються фірмою PHILIPS, **SON** – звичайні лампи; **SON PLUS** – лампи з підвищеною світловою віддачею до **150 лм/Вт**; **SON Comfort** – створюють приємну атмосферу в жилих приміщеннях. торгових зонах з світловою віддачею до 95 лм/Вт.

Напруга мережі досить сильно впливає на світлові і електричні характеристики натрієвих ламп високого тиску див. рис.6.4. Після виникнення розряду в пальнику час розгорання складає 4-6 хвилин (див. рис.6.5).

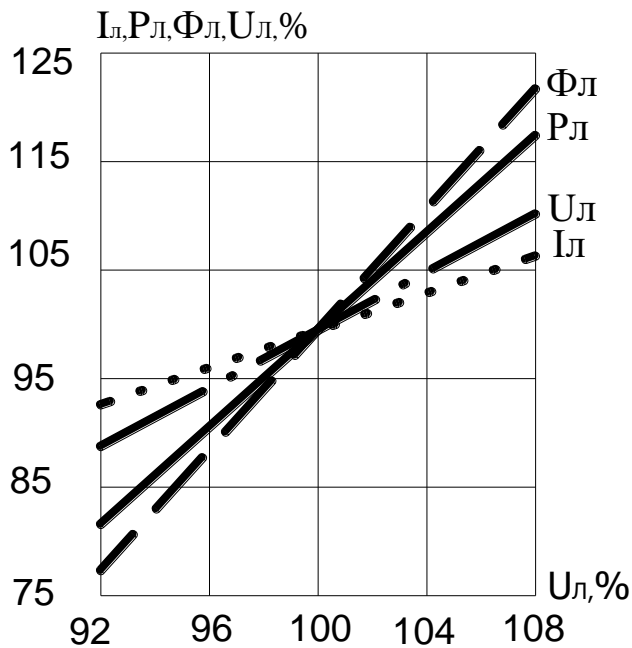


Рис. 6.4 – Вплив зміни напруги на основні параметри лампи

- струм лампи($I_{л}$);
- потужність лампи($P_{л}$);
- - - - - світловий потік лампи($\Phi_{л}$);
- · - · - напруга на лампі($U_{л}$);

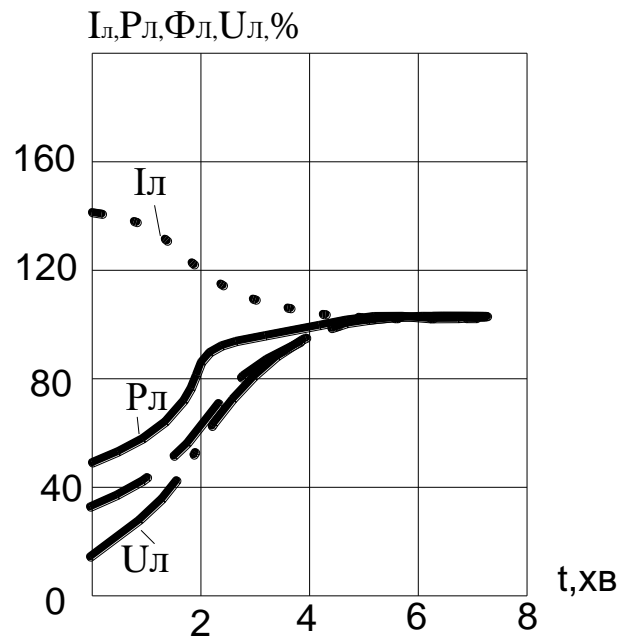


Рис. 6.5 – Характеристики розгорання лампи

- струм лампи($I_{л}$);
- потужність лампи($P_{л}$);
- - - - - світловий потік лампи($\Phi_{л}$);
- · - · - напруга на лампі($U_{л}$);

Робота натрієвої лампи в мережі змінного струму частотою 50 Гц супроводжується значними пульсаціями світлового потоку (до 70 %). Спектр випромінювання знаходиться в межах 570...620 нм, кольорова температура - 1950 К...2150 К, індекс кольоропередачі не перевищує $R_a = 60$. Строк служби 15...25 тис. годин.

Області застосування:

- суспільні місця і міські території;
- промислове і комерційне освітлення;
- освітлення автострад;
- декоративне зовнішнє освітлення;
- опромінення рослин з метою стимулювання їх розвитку: збільшення об'єму і кількості листя, покращення цвітіння і вегетативного розвитку.

Опис дослідної панелі лабораторної установки

Всі необхідні для виконання лабораторної роботи прилади (амперметр, два вольтметри, один з яких електростатичної системи, ЛАТР, ватметр, вакуумний запалюючий пристрій та люксметр) знаходяться на столі лабораторного стенда.

Загальний вигляд дослідної панелі зображений на рис. 6.6.

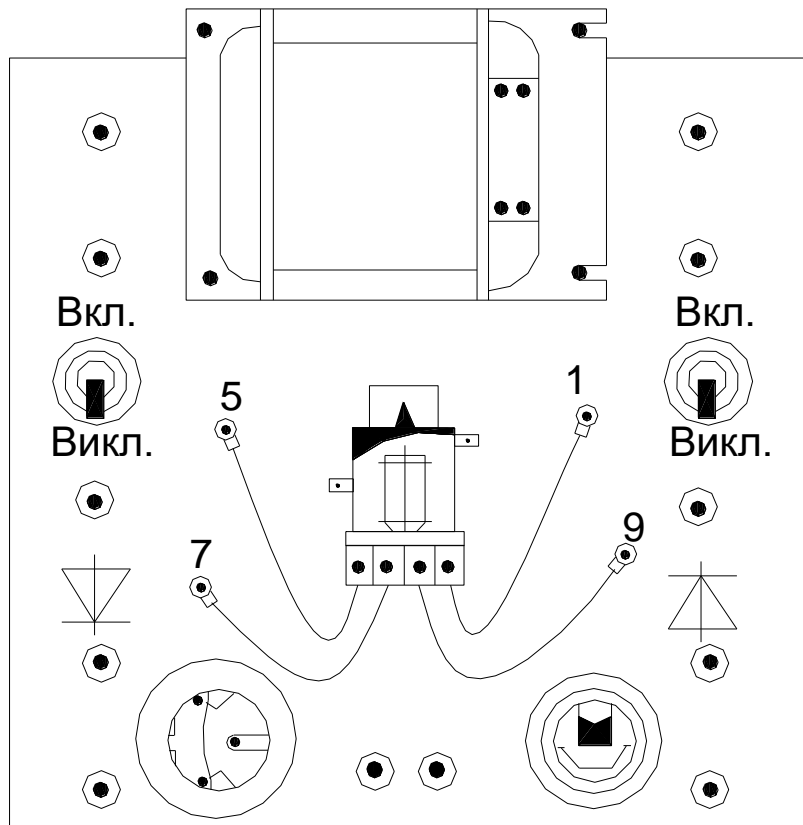


Рис.6.6

З'єднання схем проводити за допомогою мідних провідників з наконечниками.

ЗАВДАННЯ

Б. Виконується в лабораторії.

І. Зібрати схему рис.6.7

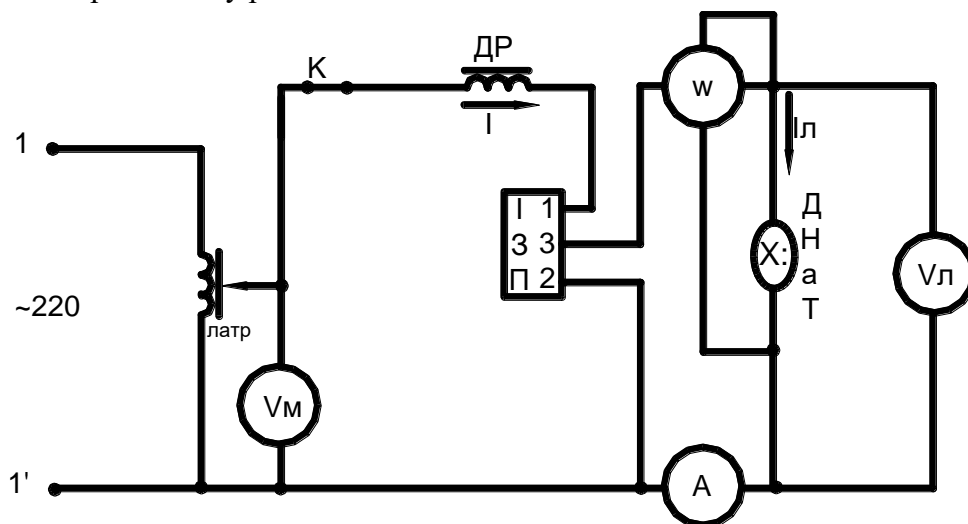


Рис. 6.7

При замкненому ключі **К** подати на затискачі 1-1' напругу 220 В. Плавно підвищуючи за допомогою ЛАТРу напругу мережі, почавши з 0 В, зафіксувати напругу мережі (**U_м**), напругу на лампі ДНаТ (**U_л**), струму (**I_л**) і потужність (**P_л**) лампи в момент

виникнення розряду в лампі. Записати ці значення в табл.6.2. Підняти напругу до номінального значення 220 В і через кожну хвилину знімати і записувати значення U_l , I_l , E_l та колір випромінювання. Виміри припинити тільки після того, як U_l , I_l , P_l досягнуть усталених значень.

Таблиця 6.1

Виміряно									
t, хв	0	1	2	5	4	5	6	8	10
I_l, A									
U_l, B									
P_l, Bt									
$E_l, лк$									
Розраховано									
$F_m, лм$									

Освітленість E_l вимірювати люксометром в точці, яка лежить на перпендикулярі до осі лампи, проведеному через її центр. Відстань точки від лампи повинна бути 1 м. Освітленість визначати як різницю показів люксометра при включеній і виключеній лампі.

Значення світлового потоку лампи Φ_l визначати із співвідношення:

$$\Phi_l = E_l \times \Phi_{l,ном} / E_{l,у.}, лм$$

де E_l - біжуче значення освітленості, виміряної люксометром; лк;

$E_{l,у.}$ - усталене значення освітленості, виміряної люксометром при напрузі мережі 220 В, лк;

$\Phi_{l,ном}$ - номінальний світловий потік досліджуваної лампи типу ДНаТ, лм.

2. В усталеному режимі роботи лампи ДНаТ при напрузі мережі 220 В (затискачі 2-2') в схемі рис.10.7 за допомогою ключа **К** короткочасно (на долі секунди) розірвати електричне коло. Зафіксувати час, після якого при номінальній напрузі мережі лампа ДНаТ знову загориться. В момент загорання зафіксувати напругу і струм лампи. Після загорання зафіксувати час розгорання до усталеного режиму.

3. В усталеному режимі роботи лампи ДНаТ при напрузі мережі 220 В в схемі рис.10.7 за допомогою ключа **К** розірвати коло на 90 сек. Після того, як 90 сек. часу пройде, коло за допомогою ключа **К** замкнути і зафіксувати час, після якого при номінальній напрузі мережі лампа ДНаТ знову загориться. В момент загорання зафіксувати напругу і струм лампи. Після загорання зафіксувати час розгорання до усталеного режиму. Отримані дані порівняти з даними п.п.1 і 2. Зробити висновки.

4. Для усталених режимів зняти вольтамперну характеристику лампи ДНаТ та характер зміни світлового потоку (за значеннями освітленості E_l). Дані для кожного значення U_m заносити в табл.6.2 тільки після того, як $I_l(U_l)$ досягне свого усталеного значення. Зафіксувати напругу U_m , при якій відбувається погасання лампи ДНаТ.

Таблиця 6.2

Виміряно									
U_m, B	250	240	230	220	210	200	190	180	17
I_l, A									
U_l, B									
$E_l, лк$									
Розраховано									
$F_m, лм$									

5.Зібрати схему рис.6.8.

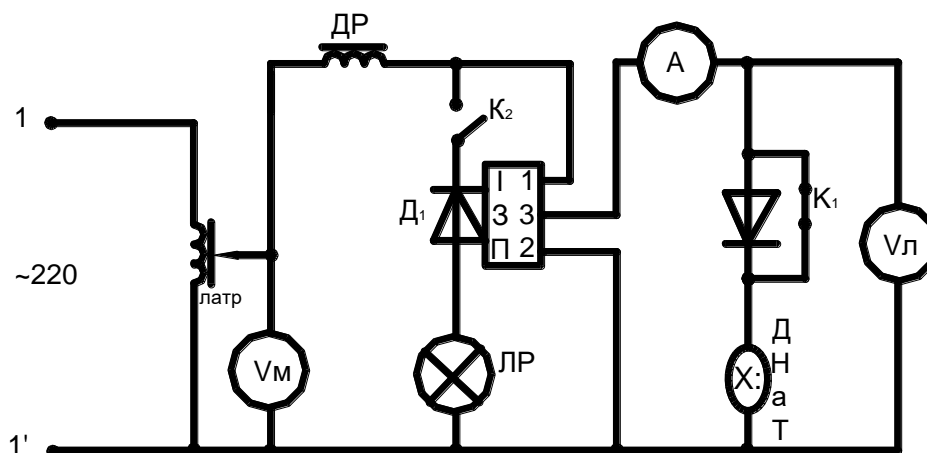


Рис.6.8

При замкнутому ключі **K1** розімкнутому **K2** подати на затискачі напругу 220 В. Через 5 сек після загорання лампи замкнути ключ **K2** і розімкнути ключ **K1** (одночасно). Зафіксувати характер розряду в лампі. Даний дослід повторити для інтервалів часу (після загорання) в 15, 30, 120 сек. Зробити висновки відносно можливості роботи ламп ДНаТ в схемі однопівперіодного випрямлення.

ПРИМІТКА. Лампу в кожному з дослідів запалювати тільки після повного її остигання, тобто не раніше чим через 5 хв після погасання розряду в ній.

6. За даними табл.6.2 побудувати залежності $I_{л} = f(t)$, $U_{л} = \varphi(t)$, $F_{л} = \psi(t)$, $R_{л} = \gamma(t)$. Зробити висновки відносно зміни характеристик ламп ДНаТ в процесі розгорання.

За даними табл.6.2 побудувати вольтамперну характеристику лампи ДНаТ $U_{л} = \phi(I_{л})$, а також залежність світлового потоку від напруги мережі $U_{л} = \psi(U_{м})$. З останнього графіку визначити як змінюється світловий потік при повільній зміні напруги мережі $\Delta F_{л}/F_{л} = f(\Delta U_{м}/U_{м})$. Зробити висновки відносно ходу вольтамперної характеристики та впливу коливань напруги мережі на світловий потік.

Контрольні питання

1. Розкажіть будову натрієвої лампи високого тиску.
2. Розкажіть будову розрядної трубки лампи типу ДНаТ.
3. Чи потрібен дросель та запалюючий пристрій для роботи лампи ДНаТ?
4. Яка світлова віддача, строк служби, кольоропередача і коефіцієнт пульсації лампи ДНаТ?
5. Навіщо в пальник лампи ДНаТ вводять ртуть?
6. В насичених чи ненасичених парах натрію і ртуті відбувається розряд в лампах ДНаТ?
7. Запишіть формулу за якою можна визначити напругу на лампі після τ годин горіння.
8. У яких лампах однакової потужності сила струму більша: ДНаТ чи ДРЛ? Чому?
9. Чи можна використати дросель, який призначений для стабілізації розряду в лампах ДРЛ, для стабілізації порядку в лампах ДНаТ? Пояснити.
10. Назвіть і охарактеризуйте основні типи натрієвих ламп високого тиску.
11. Чи впливає положення горіння ламп ДНаТ на їх характеристики?
12. Яка напруга запалювання та час розгорання у ламп типу ДНаТ?
13. Намалюйте схему включення ламп ДНаТ в мережу.
14. Назвіть основні області використання ламп типу ДНаТ.
15. Нарисуйте вольтамперну характеристику лампи типу ДНаТ.

16. Намалюйте характеристику розгорання лампи ДНаТ. $I_{\pi}=f(t)$; $V_{\pi}= f(t)$; $P_{\pi}=f(t)$.
17. Намалюйте залежність світлової віддачі натрієвого розряду від тиску парів натрію.
18. Дайте визначення терміну “прозора кераміка”.
19. Які фактори впливають на прозорість кераміки?
20. Нарисуйте залежність впливу змін напруги мережі на основі параметра лампи ДНаТ.
21. Яке умовне позначення натрієвих ламп високого тиску вітчизняного і закордонного виробництва?

Лабораторна робота №7

Тема: Дослідження характеристик дугових ртутних ламп високого тиску з йодідами типу ДРІ

Мета роботи: Вивчити будову, особливості електричних і світлових характеристик, а також рекомендації по застосуванню ламп типу ДРІ.

Стислі теоретичні відомості

Будова і принцип дії металогалогенних ламп (МГЛ) основана на тому, що галогеніди багатьох металів випаровуються легше, чим самі метали, і не руйнують кварцове скло. Тому в пальник ламп крім аргону і ртуті додатково вводять різні хімічні елементи, у виді їх галоїдних з'єднань. (тобто з'єднань з йодом, хлором, бромом). Після запалювання розряду, коли робоча температура пальника досягає робочих значень, галогеніди металів частково переходять в пароподібний стан. Попадаючи в центральну зону розряду з температурою в декілька тисяч градусів, молекули галогенідів розпадаються на галоген і метал. Атоми металу збуджуються і випромінюють характерні для них спектри. Дифундуючи за мужі розрядного каналу і попадаючи в зону з більш низькою температурою поблизу стінок колби, вони знову з'єднуються в галогеніди, які знову випаровуються. Цей замкнутий цикл забезпечує: **1)** в розряді створюється достатня концентрація атомів металів, які дають необхідний спектр випромінювання. Це обумовлено тим, що при робочій температурі кварцового пальника **800..900 °C** тиск парів галогенідів багатьох металів значно вище, ніж самих металів, таких як талій, індій, скандій, лантан, диспрозій і т.п.; **2)** можливість вводити в розряд лужні метали (натрій, літій, цезій) та інші агресивні метали (кадмій, цинк), які у чистому вигляді визивають швидке руйнування кварцового скла при температурах вище 100 °C, а у вигляді галогенідів не визивають ніякого руйнування.

Незважаючи на відносно малу концентрацію металів, які додаються в розряд, значна частина випромінювання створюється висвічуванням атомів домішок, що обумовлено більш низькими потенціалами збудження цих атомів. Ртутний пар грає роль буфера, який забезпечує високу температуру в розряді, високий градієнт потенціала, малі теплові втрати і т.д.

Деякі метали дають випромінювання, яке складається з окремих спектральних ліній, як наприклад натрій (589 нм), талій (535 нм), індій (435 і 410 нм). Інші метали дають спектри, які складаються з великого числа густо розташованих ліній. В видимій області спектру, як наприклад скандій, титан, диспрозій. Галогеніди олова дають безперервні молекулярні спектри.

Для загального освітлення найбільш широке розповсюдження отримали з наступними складами металогалогенних домішок (крім ртуті і запалюючого газу): **1) йодиди натрію, талію і індію; 2) йодиди натрію, скандію і торію.** Для таких ламп характерна світлова віддача близько **80 лм/Вт** з індексом кольоропередачі **Ra = 55-60**.

Лампи з йодідами диспрозійу і інших рідкоземельних металів мають спектр настільки густо заповнений лініями диспрозійу, що він виглядає як безперервний у всій видимій області спектру. Завдяки цьому індекс кольоропередачі **Ra >= 80**, а світлова віддача **H = 70..80 лм/Вт**.

Для того, щоб забезпечити необхідну температуру, розрядні колби МГЛ виготовляють меншого розміру в порівнянні з колбами ртутних ламп тієї ж самої потужності і напруги. Як правило зменшується відстань між електродами і підвищується тиск парів ртуті для збереження таких самих електричних параметрів. Температура розрядної колби приблизно на 100 °C вище, чим у ламп ДРЛ.

В лампах типу ДРІ особливо важливе значення має рівномірність температури розрядної колби. Колби виготовляють спеціальної форми, використовуючи різноманітні

способи утеплення. Однак із-за конвенції вирівняти температуру по поверхні колби можна тільки для визначеного положення горіння. Тому часто випускають лампи різних модифікацій, кожна з яких розрахована на визначене положення горіння.

Внаслідок більш високої робочої температури колби і протікання різних хімічних реакцій з участю галогенів строк служби МГЛ менше, а спад світлового потоку більше чим у ламп ДРЛ. Строк служби МГЛ дорівнює 10-12 тис. годин, кольорова температура 4300...4700 К, час розгоряння $t \approx 3-7$ хв, індекс кольоропередачі $R_a \geq 69$.

Загальний вигляд лампи ДРІ приведений на рис. 7.1.

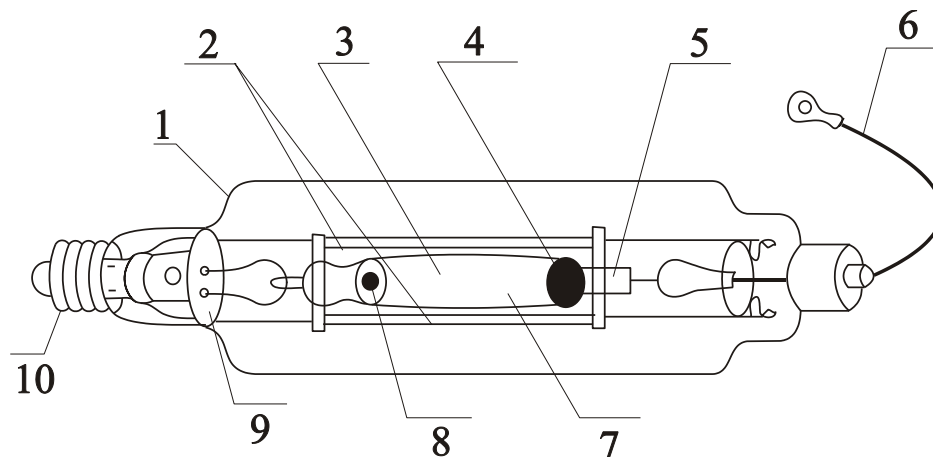


Рис 7.1 – Загальний вигляд лінійної металогалогенної лампи для кольорового телебачення з виводом для миттєвого перезапалювання;

Лампа складається з: а) зовнішньої скляної колби 1, виготовленої з тугоплавкого скла; б) траверс 2, виготовлених з ізоляційного матеріалу; в) розрядної колби 3 (пальника), виготовленої з кварцового скла; г) утеплювачів 4, (білого або зеленого кольору), призначених для вирівнювання температури по поверхні колби; д) впаїв 5 з молібденової фольги; е) електрода 6, виведеного через зовнішню колбу та електрода 10, виведеного на різьбовий цоколь. Таке розведення електродів в протилежні сторони потрібне для того, щоб виключити можливість пробоя в цоколі або в зовнішній колбі при подачі на них перезапалюючих високовольтних імпульсів (близько 60 кВ), необхідних для миттєвого перезапалювання гарячої лампи; ж) наповнення 7 кварцевої колби сумішшю ртуті, рідкоземельних металів. (диспрозій, галмій, тулій, талій, натрій, цезій) та запалюючого газу (аргона); з) електродів 8, виготовлених з торованого вольфраму. Оксидовані електроди (катоди) в лампах типу ДРІ використовувати не можна тому, що вони швидко отруюються галогенідами і виходять з ладу. По цій же причині не можна використовувати і запалюючі електроди як це роблять в пальниках ламп типу ДРЛ; і) захисного екрану 9, виготовленого з алюмінію. Зовнішня колба лампи наповнена аргоном особливої чистоти.

Положення горіння помітно впливає на параметри ламп ДРІ, особливо з домішками йодидів Na, Tl, In. Це пояснюється тим, що домішки йодиду натрію виводяться з надлишком, тому при зміні положення горіння змінюється положення і температура холодної зони, а разом з нею і парів йодиду натрію. Як правило світловий потік в горизонтальному положенні на 15% нижче, чим у вертикальному; кольорова температура навпаки підвищується. Лампи потужністю більше 1 кВт із-за важкого теплового режиму розраховані на одне визначене положення горіння.

Напруга мережі впливає на характеристики ламп ДРІ більш суттєвіше чим на лампи ДРЛ. При повільних змінах напруги в мережі в межах $\pm (10 - 15) \%$ світловий потік МГЛ змінюється у відношенні $\Delta \Phi / \Phi \approx 2,5 \times \Delta U_m / U_m$; а потужність $\Delta P_l / P_l \approx 2,2 \times \Delta U_m / U_m$. З ростом U_m кольорова температура падає.

Пульсації світлового потоку в лампах ДРІ помітно нижчі чим в лампах ДРЛ і складають біля **30%**.

Строк служби лампи ДРІ як правило нижче (від 1000 до 10000 год), а **спад світлового потоку** більше, чим в лампах ДРЛ. Існує певна закономірність – лампи ДРІ в еліпсоїдній зовнішній колбі мають більший строк служби чим в циліндричній. *З ростом індексу кольоропередачі R_a , строк служби падає.*

Структура умовного позначення. Перший елемент літера **Д** – дугова, другий елемент літера **Р** – ртутна, третій елемент російське **И** – з випромінюючими домішками, четвертий елемент одна з літер **З** – дзеркальна, або **Ш** – шарова, п'ятий елемент число – номінальна потужність у ватах, цифри після дефіса – номер розробки або модифікації. Лампи типу ДРІ, які випускаються фірмою **PHILIPS** позначаються як **НРІ-Т** – в прозорій колбі, і в колбі з люмінофором як **НРІ/НРІ Plus**. Шарові позначення як **МНД**.

Області застосування. Звичайні лампи типу ДРІ (НРІ-Т) використовуються для спортивного освітлення стадіонів, прожекторного освітлення будинків і пам'ятників, освітлення теплиць. Лампи типу ДРІШ (МНД) використовуються для кольорового телебачення і кіно.

Потужність ламп лежить в межах **від 125 Вт до 3700 Вт**, а ламп ДРІШ – від **400 до 7000 Вт**. Колба ламп ДРІШ виготовляється з кварцевого скла, зовнішня колба відсутня. Тому установку таких ламп необхідно проводити в бавовняних рукавичках і після установки протирати чистою тканиною змоченою спиртом. Кольорова температура ламп ДРІШ дорівнює **6000 К**, індекс кольоропередачі **$R_a = 80$** , глибина пульсації світлового потоку на частоті 50 Гц складає близько **75%**. Строк служби **400 год**.

Опис дослідної панелі лабораторної установки

Всі необхідні для виконання лабораторної роботи прилади (амперметр, два вольтметра, один з яких електростатичної системи, ЛАТР, лампа ДРІ, лампа розжарювання, імпульсний запалюючий пристрій та люксометр) знаходяться на столі лабораторного стенду. Загальний вигляд дослідної панелі зображений на рис. 7.2

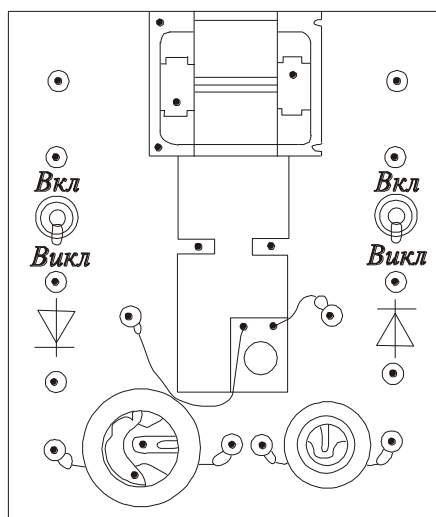


Рис 7.2

З'єднання схем проводити за допомогою мідних провідників з наконечниками.

ЗАВДАННЯ

Б. Виконується в лабораторії.

1. Зібрати схему на рис. 7.3

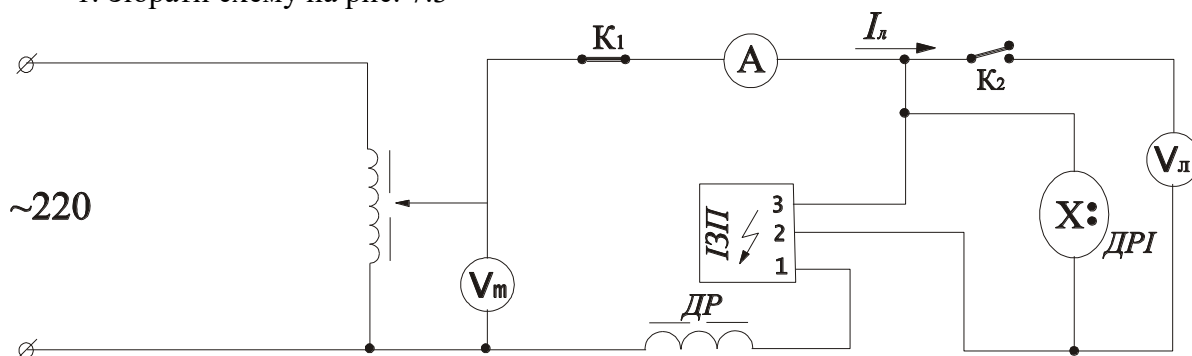


Рис. 7.3

При розімкненому ключі К2, замкнутому К1 і вертикальному положенні лампи ДРЛ почати плавно підвищувати напругу за допомогою ЛАТРу. В момент виникнення розряду в лампі типу ДРЛ замкнути ключ К2 і зафіксувати величину напруги мережі (U_m), напругу на лампі (I_l) і струм лампи (I_l). Записати ці значення в табл.7.1. Підняти напругу до номінального значення 220В і через кожну хвилину заносити в табл.7.1 значення U_l , I_l , E_l . Виміри припинити тільки після того, як U_l і I_l досягнуть усталених значень.

Таблиця 7.1

$U_{m.з} = \quad \text{В}$

Виміряно										
Т, хв	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10
Іл, А										
Uл, в										
Ел, лк										
Розраховано										
Fl, лм										

Освітленість E_l вимірювати люксометром в точці, яка лежить на перпендикулярі до осі лампи, проведеному через її центр і визначають, як різницю показів люксометра при включеній і виключеній лампі.

. Відстань точки від лампи повинна бути 1м.

Значення світлового потоку лампи (F_l) визначати з співвідношення

$$F_l = \frac{E_l}{E_{л.у.}} \cdot F_{л.ном, лм.} \quad (7.1)$$

де E_l - біжуче значення виміряної освітленості, лк ;

$E_{л.у.}$ - усталене значення виміряної освітленості при напрузі мережі 220В, лк ;

Фл.ном. - номінальний світловий потік для даної потужності лампи ДРІ, лм.

2. Повторити всі досліди п.1. даної лабораторної роботи для випадку горизонтального положення лампи ДРІ. Порівняти дані в п.1 і п.2. Зробити висновки.

3. В усталеному режимі роботи лампи ДРІ при номінальній напрузі мережі 220 В в схемі рис. 7.4 за допомогою ключа К1 короткочасно (на долі секунди) розірвати електричне коло. Ключ К2 також розімкнути. Зафіксувати час, після якого при номінальній напрузі мережі, лампа ДРІ знову загориться. Звернути увагу на те, як при цьому працює ІЗП. Після загорання лампи зафіксувати час розгорання до усталеного режиму.

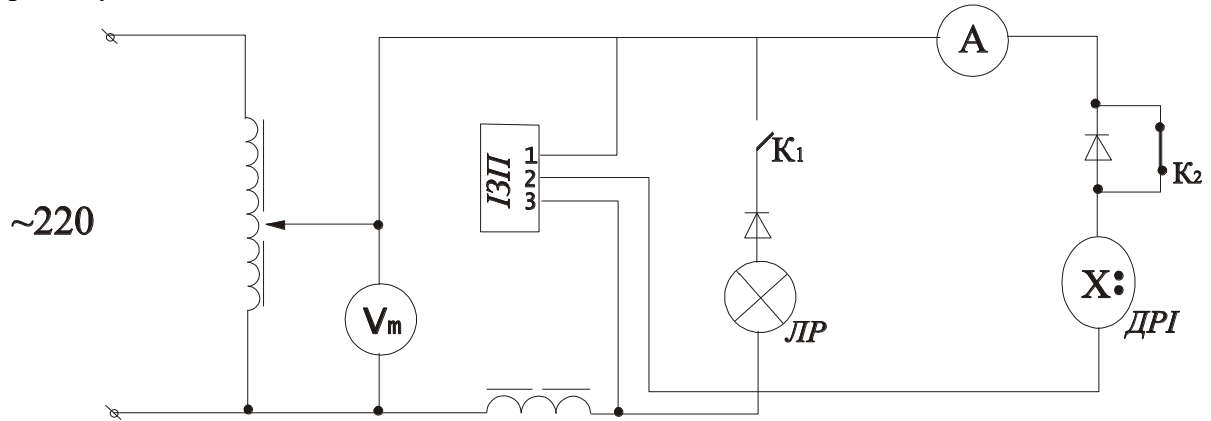


Рис. 7.4

4. Для усталених режимів зняти вольтамперну характеристику лампи ДРІ та характер зміни світлового потоку. Дані для кожного значення I_m заносити в табл. 7.2 тільки після того, як $I_l(U_l)$ досягне свого усталеного значення.

Таблиця 7.2 –

Виміряно									
U _m , В	250	240	230	220	210	200	190	180	170
I _л , А									
U _л , В									
E _л , лк									
Розраховано									
Фл, лм									

При замкненому ключі К1 і розімкненому К2 запалити лампу ДРІ при номінальній напрузі мережі (U_m). Після цього замкнути ключ К2 і розімкнути К1 (одночасно). Спостерігати за характером розгорання лампи. Дані спостережень занести в табл.7.3

Таблиця 7.3

Виміряно									
t, хв	0	1	2	4	6	8	10	12	14
Iл, А									
Ел, лк									

Зробити висновки відносно роботи лампи ДРІ в схемі однопівперіодного випрямлення.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Розкажіть будову металогенної лампи типу ДРІ
2. Який принцип дії ламп типу ДРІ.
3. Перерахуйте умови ефективної і довготривалої роботи ламп з замкнутими циклами в парах хімічних з'єднань (як у ламп типу ДРІ) ?
4. Які елементи використовують для введення в пальник ламп типу ДРІ?
5. Що використовують в якості буфера в лампах типу ДРІ? Чому?
6. Чому в металогалогенних лампах не використовують катоди активовані оксидами?
7. Назвіть основні причини підвищення напруги запалювання в середовищі металогалогенних домішок.
8. Чому в лампах типу ДРІ не використовують запалюючі електроди, як це має місце в лампах типу ДРЛ?
9. Чи можна запалити лампу типу ДРІ зразу ж після її погасання? Чому?
10. Як по загальному вигляду можна відрізнити лампу типу ДРІ від всіх інших ламп високого тиску?
11. Назвіть основні типи металогалогенних ламп?
12. Як зв'язана висока кольоропередача ламп типу ДРІ з строком служби?
13. Чи впливає положення горіння на характеристики ламп типу ДРІ? Чому?
14. Яка величина світлової віддачі та загального індексу кольоропередачі у ламп типу ДРІ?
15. Чим відрізняються лінійні металогалогенні лампи типу ДРІ для кольорового телебачення від звичайних ламп типу ДРІ? Яка у них кольорова температура?
16. Намалюйте характеристики розгорання ламп типу ДРІ.
17. Чи є в пальнику ламп типу ДРІ ртуть?
18. Навіщо в лампах типу ДРІ використовують утеплюючі покриття?
19. Чим відрізняються кульові (компактні) металогалогенні лампи типу ДРІ Ш від звичайних ламп ДРІ?
20. Як впливає температура оточуючого середовища і умови охолодження на характеристики ламп типу ДРІ Ш?
21. Намалюйте схему включення в мережу ламп типу ДРІ.
22. Яка напруга потрібна для перезапалювання ламп типу ДРІ .в гарячому стані?
23. Чи може лампа ДРІ працювати в режимі однопівперіодного випрямлення?

ЛІТЕРАТУРА

1. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закладів/ Р.В. Кушлик, В.Ф. Яковлев, Ю.М. Куценко, М.Л. Лисиченко, М.П. Кунденко, Ю.М. Федюшко – Х.: ТОВ «Планета-прінт», 2016.-332 с.
2. Світлодіодна освітлювальна панель/Магістерська дисертація зі спеціальності 171– Електроніка спеціалізації «Електронні прилади та пристрої». Дем'яненко С. І. НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Факультет електроніки, кафедра електронних приладів та пристроїв. Група ДЕ-71мп: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2018. – 79 с., 42 іл., табл.14.
3. Сервей Р., Джуетт Дж. Фізика для науки і техніки. Том 2.7-й Ред. Cengage Learning. — 2008.
4. К. І. Суворова, Л. Д. Гуракова. Джерела світла. Навчальний посібник./ — Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова –2021. — 110 с.
5. Назаренко Л. А. Фізичні основи джерел світла : навч. посібник / Л. А. Назаренко ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2009. – 206 с.
6. Назаренко Л. А. Фізика і техніка світлодіодів : навч. посібник / Л. А. Назаренко, А. І. Колесник ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 232 с.
7. Світлодіоди: фізика, технологія виготовлення, застосування : навч. посібник / В. І. Карась, Л. А. Назаренко, І. В. Карась ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 323 с.