



Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет енергетики, робототехніки
та комп'ютерних технологій

Кафедра інтегрованих електротехнологій та
енергетичного машинобудування

ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ ЧАСТИНА І (ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ)

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для здобувачів денної та заочної форм навчання
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
зі спеціальності

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Харків
2023

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет енергетики, робототехніки
та комп'ютерних технологій

Кафедра інтегрованих електротехнологій та енергетичного
машинобудування

ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ ЧАСТИНА І (ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ)

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для здобувачів денної та заочної форм навчання
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
зі спеціальності:

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Затверджено рішенням
Науково-методичної ради
факультету енергетики,
робототехніки та комп'ютерних
технологій
Протокол №_3
від 22 лютого_2023 р.

Харків
2023

УДК
621.32:628.93](072)
Е 50

Схвалено на засіданні кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування
Протокол № 10 від 20 лютого 2023 р.

Рецензенти:

О.П. Лазуренко, кандидат техн. наук, проф. Національного технічного університету «Харківський політехнічний університет»;

М.Л. Лисиченко, доктор техн. наук, проф. Державного біотехнологічного університету.

Е 50 Електричне освітлення та опромінювання: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для здобувачів денної та заочної форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології; Держ. біотехнол. ун-т ; уклад.: В. І. Жила. – Харків : [б. в.], 2023.– 41 с.

Методичні вказівки включають 3 лабораторні роботи та список літератури до них. Матеріал розкриває сутність будови, принципу дії, особливостей застосування джерел електричного освітлення, їх основні параметри, характеристики, переваги та недоліки. Майбутні фахівці мають володіти знаннями щодо застосування, експлуатації та шляхів підвищення ефективності та якості роботи різних джерел і систем електричного освітлення та опромінювання.

Видання призначене здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

УДК 621.32:628.93](072)

Відповідальний за випуск: О. В. Петренко, канд. техн. наук

© Жила В. І., 2023
© ДБТУ, 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	5
1. <i>Лабораторна робота № 1</i> «Дослідження електричних і світлотехнічних параметрів ламп розжарювання».....	6
2. <i>Лабораторна робота № 2</i> «Дослідження електротехнічних і світлотехнічних параметрів люмінесцентних ламп».....	20
3. <i>Лабораторна робота № 3</i> «Вивчення способів компенсації реактивної потужності в світлотехнічних установках та зниження пульсації світлового потоку».....	32
Список рекомендованої літератури.....	40

ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для здобувачів денної та заочної форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт містять структурні елементи для проведення лабораторної роботи, а саме:

- тему заняття, яка має повністю відповідати робочій навчальній програмі;
- мету та програму дослідження для кожної лабораторної роботи, методики її виконання;
- короткий теоретичний коментар за кожною темою, що дозволяє здобувачеві зрозуміти будову, принцип дії, особливості експлуатації, основні переваги і недоліки джерел та систем освітлення і опромінення, суть розрахунків, які виконуються на лабораторному занятті;
- контрольні питання та список рекомендованої літератури.

Лабораторні роботи виконуються здобувачами вищої освіти з метою:

- закріплення, поглиблення та узагальнення знань, одержаних під час вивчення дисципліни «Електротехнології та електроосвітлення», при комплексному вирішенні конкретного фахового завдання;
- розвитку здатностей щодо застосування цих знань;
- формування вмінь та навичок застосування, експлуатації та шляхів підвищення ефективності та якості роботи різних джерел і систем електричного освітлення та опромінювання.
- вивчення методики розрахунку світіння і яскравості джерел випромінювання.

Перед виконанням лабораторної роботи студент має ознайомитися з теоретичними відомостями з рекомендованої довідкової літератури.

Виконувати роботу необхідно у послідовності, яку викладено у методичних рекомендаціях. Розрахунки потрібно виконувати за допомогою комп'ютера або інженерного мікрокалькулятора.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ І СВІЛОТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛАМП РОЗЖАРЮВАННЯ

1.1 МЕТА РОБОТИ

Вивчення законів теплового випромінювання, побудови та принципу роботи ламп розжарювання, визначення їх електричних та світлотехнічних параметрів.

1.2 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕННЯ

- 1.2.1 Вивчити закони теплового випромінювання.
- 1.2.2 Вивчити конструкції ламп розжарювання /ЛР/.
- 1.2.3 Розрахувати залежність основних і світлотехнічних характеристик від напруги живлення.
- 1.2.4 Зняти основні електричні і світлотехнічні характеристики ЛР.
- 1.2.5 Порівняти та провести аналіз результатів теоретичних і експериментальних досліджень, визначити похибку розрахунків і пояснити причину розходження результатів.
- 1.2.6 Визначити значення світлового коефіцієнту корисної дії ЛР залежно від напруги живлення.

1.3 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Лампи розжарювання являють собою тіло розжарювання, розташоване в скляній колбі з вакуумом або із середовищем інертного газу. Нитка розжарювання являє собою вольфрамовий провід, закріплений на кінцях за допомогою гачків.

Кінці нитки приварені до електродів. Електроди введені в колбу через скляну лопаточку, яка щільно обіймає вхід, забезпечує цим самим їх нерухомість та герметичність лампи. Повітря з колби викачують через штангель, а об'єм колби заповнюють інертним газом.

Випромінювання ЛР відбувається при нагріванні нитки розжарювання електричним струмом та підпорядковується загальним законом теплового випромінювання будь-якого тіла, що має температуру вищу абсолютного нуля. Це випромінювання залежить від температури і для людини стає помітним при температурі близько 1000 °К. У цьому випадку в потоці інфрачервоного випромінювання з'являються помітні промені.

Закономірність теплового випромінювання слід розглядати на умовній моделі – абсолютно чорному тілі. Абсолютно чорним тілом

/а.ч.т./ називається тіло, яке поглинає всі падаючі на нього промені. У якості одного із варіантів а.ч.т. може бути замкнута ємкість зі щільною, внутрішні стінки якої поглинають випромінювання /наприклад, куля, циліндр/.

Встановлено, що променевий потік а.ч.т. пропорційний температурі в четвертій степені, при цьому величина максимуму випромінювання є пропорційною температурі в п'ятій степені, відповідно довжина хвилі максимуму випромінювання обернено пропорційна температурі в першій степені. Нижче сформульовані основні закони теплового випромінювання.

Закон Кірхгофа - встановлює зв'язок між здатністю тіла випромінювати і поглинати випромінювання: відношення щільностей випромінювання тіл з однаковою температурою дорівнює відношенню їх коефіцієнтів поглинання.

$$\frac{M_{e_1}}{M_{e_2}} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} , \quad (1.1)$$

де M_e – щільність випромінювання абсолютно чорного тіла, Вт.м⁻²;
 α - коефіцієнт поглинання.

Закон Стефана-Больцмана - встановлює зв'язок між щільністю випромінювання і його температурою: щільність випромінювання тіла залежить тільки від його температури і пропорційна їх четвертій ступені:

$$M_{цв} = \sigma T^4 , \quad (1.2)$$

де M_{em} – щільність випромінювання а.ч.т., Вт.м⁻²,

σ - постійна, що дорівнює $5,672 \cdot 10^{-8}$ Вт.м⁻² град⁻⁴ ;

T – абсолютна температура, °К.

Планк доказав, що добуток максимальної довжини хвилі випромінювань на абсолютну температуру T має конкретне значення.

$$\lambda_{max} \cdot T = 2896 , \quad (1.3)$$

Закон зміщення Віна визначає залежність максимальної довжини випромінювання від температури тіла: при підвищенні температури тіла яке випромінює максимум спектральної інтенсивності щільності випромінювання зміщується у сторону більш коротких довжин хвиль:

$$M_{t_{\max}} = CT^5, \quad (1.4)$$

де C – постійна ($C = 1,041 \cdot 10^{-11} \text{Вт} \cdot \text{м} \cdot \text{мкм}^{-1} \cdot \text{град}^{-5}$).

Закони теплового випромінювання пояснюють, чому при зміні температури тіла відбувається значна змінена кольору. При цьому при температурах у діапазонах від 3750 до 7800 $^{\circ}\text{K}$ максимум випромінювання знаходиться в області видимого випромінювання.

Чим більша частина випромінювання приходить на видиму ділянку спектру, тим вищий коефіцієнт корисної дії /ККД/ джерела випромінювання, так як підвищується його світловий ККД.

$$\eta = \frac{\Phi}{\Phi_e}, \quad (1.5)$$

де η - світовий ККД джерела випромінювання;
 Φ_e - загальний променевий потік джерела, лм;
 Φ - світловий потік джерела, лм.

Таким чином, якщо підвищувати температуру тіла, то спостерігається зростання світлового ККД і при температурі $T=6500 \text{ K}$ він досягає максимуму, відповідає 14% (світловий ККД Сонця). Величина ККД у 15% є межею економічності теплових джерел світла.

У сучасних ЛР нитка розжарювання має температуру близько 3000 K, що відповідає світловому ККД 2-3%. Подальше підвищення температури нитки розжарювання, яка виготовлена з вольфраму, приведе до її плавлення ($T_{\text{пл.}}^w = 3653 \text{ K}$).

Зі сказаного вище слідує, що економічність теплового джерела світла визначається температурою нитки розжарювання. Для оцінки ефективності ламп звичайно використовують світлотехнічний параметр – світлову віддачу, характеризуючи відношення світлового потоку лампи до потужності джерела світла.

$$\eta = \frac{\Phi}{\Phi_e}, \quad (1.6)$$

ККД може бути підвищений за рахунок уведення до лампи спеціального газового складу. Чим вища молекулярна вага газу, що міститься в колбі, тим менші втрати тепла. Звичайно для наповнення ЛР використовують інертні гази: азот і аргон. Уведення до ЛР більше важких газів (криптон, ксенон) дозволяють підвищити її світлову віддачу на 7-8%.

Таблиця 1.1 Значення світлової віддачі ЛР потужністю 60 Вт напругою 110-130 В.

Конструкція ЛР	Світлова віддача, лм/Вт
Вугільна	3
Вольфрамова вакуумна	9
Вольфрамова моновиткова, аргонна	11
Вольфрамова біспіральна, аргонна	12,5
Вольфрамова біспіральна, криптонова	14
Вольфрамова біспіральна, з йодним циклом /100 Вт/	20

ЛР характеризується як електричними, так і світлотехнічними параметрами. До електричних параметрів відносяться: напруга, струм, потужність. До світлотехнічних параметрів відносяться: світловий потік, променевий потік, сила світла, габаритна яскравість, коефіцієнт корисної дії, світлова віддача.

Важливим показником, який характеризує економічність ЛР, є термін служби. Практично більшість ЛР, що використовуються у сільськогосподарських приміщеннях, мають термін служби 1000-1300 годин, однак у ряді випадків, на підприємствах, де якість електроенергії не відповідає нормативним вимогам термін служби ЛР значно зменшується.

У процесі горіння ЛР відбувається розпилення нитки розжарювання. Інтенсивність розпилення залежить від величини тиску і роду газу наповнення. Чим вищий тиск у колбі лампи, тим менше розпилення вольфраму і більший термін служби ЛР. Але той же час збільшення тиску газу наповнення приводить до збільшення втрат енергії через тепловіддачу і конвекцію.

Крім того, при підвищенні тиску ускладнюється виробництво ЛР. Звичайно тиск у колбі ЛР установлюють близько 600 мм ртутного стовпчика. Термін служби ЛР визначається середньою довжиною роботи для партії ламп, так як окремі лампи можуть виходити з

терміну з інших причин. Нормовану кількість годин горіння мають витримати 50% ламп із партії, при цьому їх світловий потік має бути не нижче 90% від нормального.

За масовістю використання ЛР займають перше місце серед усіх джерел ОВ. Це пояснюється насамперед універсальністю застосування ЛР, їх простотою в експлуатації, відносно низькою вартістю.

Головним недоліком освітлювальних ЛР – є низька світлова віддача, яка не перевищує 10...20 лм/Вт при досить короткому терміну служби 1000...1200 годин, світлова віддача галогенних ЛР дещо більша – 26 лм/Вт, при терміну служби – 2000 годин. Низька світлова віддача пояснюється тим, що 70...76% потужності випромінювання вольфрамової спіралі лежить в ІЧ – ділянці спектру, в той час, як на видиму частину приходиться всього 7...13%, тобто ЛР є по суті неefективним джерелом ІЧ – випромінювання. Спроби суттєво підвищити світлову віддачу ЛР не дали практичних результатів, хоч принципово це і можливо.

Так, в інших країнах роботи щодо підвищення світловіддачі ЛР проводились починаючи ще з 1912 року. В 1922 році в США був отриманий патент на ЛР з тепловідбиваючим шаром. Відмічалось, що за рахунок відбивання ІЧ – випромінювання можливо підвищити світловіддачу на 80%. Крім того, майже одночасно були створені ряд інших джерел більш ефективніших, наприклад, газорозрядні лампи. Розвиток цих напрямлень гарантували швидкий успіх і основні електротехнічні фірми вкладали свій капітал саме туди.

В теперішній час, накопичено значний досвід зі створення одношарових та багатошарових селективних екранів, що знову визвало зацікавленість у ЛР з тепловідбиваючим екраном. Роботи щодо створення економічних ЛР ведуться такими фірмами, як “Duro-test”, “General Electric”, “Philips”, “Osram”.

Досить вагомий внесок в розробку тепловідбиваючих екранів (ТВ) зробили співробітники фірми “Duro-test” (США), разом із спеціалістами Масачусетського технологічного інституту. Ними було запропоновано варіант тришарового ТЗЕ $TiO_2-A\delta - TiO_2$, який селективно пропускає видиме та відбиває ІЧ-випромінювання. Використання цього екрану в ЛР за затвердженням фахівців фірми, підвищує світловіддачу в 2...2,5 разів, а термін служби – 20000 годин.

Подальшою метою робіт зі створення ТВЕ стало зниження собівартості, заміни срібла на мідь, у цьому випадку екран більш ефективний, ніж запропонований фірмою “Duro-test”($TiO_2-A\delta - TiO_2$),

має структуру нітрид-метал-нітрид і пропускає у видимій частини спектра 50...80%, відбиває ІЧ-випромінювання 60...92%. Екран стійкий тривалий час до нагрівання при температурі до 570 °К.

Використання розроблених ТВЕ при подальшій конструкторській роботі дозволило підвищити економічність ЛР на 20...40%. Це показує можливість підвищення ККД ЛР за рахунок застосування ТВЕ більш як на 30%.

Як відмічалось вище, важливо забезпечити необхідні параметри напруги живлення. При збільшенні напруги на лампі на 1% її світлотехнічні характеристики змінюються в таких межах:

- світловий потік на 3...5%;
- світлова віддача на 1...8%;
- термін служби на -13%.

ЛР виготовляються на можливі діапазони напруги живлення: 198...215В; 215...225В; 225...235В. Вірно зроблений вибір ЛР з урахуванням значень напруги живлення в освітлювальній мережі дозволяє забезпечити нормативні строки служби і світловий потік ламп.

Лампи з криптоновим наповнювачем мають специфічну форму, дещо відрізняються від звичайних ламп.

Дзеркальні лампи мають спеціально розраховані колби і частина колби, яка прилягає до цоколю, покрита відбиваючим шаром (срібло чи алюміній). Залежно від форми дзеркала ці лампи мають концентрований середній або широкий світлорозподіл.

Будова ЛР з дифузно-відбиваючим шаром така як і у дзеркальних, але в якості відбивача у них використовуються білі покриття.

Прожекторні лампи призначені для використання в прожекторах. Відмінною особливістю прожекторних ЛР є те, що нитка розжарювання концентровано розташовується в одній площині, утворюючи прямокутник, який для розмірів прожектора вважають точковим. Технічні показники прожекторних ламп: світлова віддача – до 17 лм/Вт, термін служби – 400 годин.

Галогенні лампи розжарювання являють собою вищу сходинку в розвитку джерел теплового випромінювання.

Особливістю галогенних ламп розжарювання є наявність вольфрамово-галогенних циклів, під якими розуміють комплекс хімічних реакцій, у результаті яких часточки вольфраму, які випаровуються з нагрітого до високої температури тіла розжарювання (вольфраму), переміщуються за допомогою галогенів у зворотному напрямку з області низьких температур (до нитки розжарювання).

$W + nX =$

низька температура
 висока температура

де: X – галоген, який використано,
 n – кількість часточок (атомів);
 W – вольфрам.

При низьких температурах на стінках колби вольфрам, що випарувався і галоген утворюють хімічне вольфрамово-галогенне з'єднання - галогенід. При визначеній температурі це з'єднання відлітає в напрямку до розпаленого тіла розжарювання. При високій температурі тіла розжарювання галогеніди дисоціюють на початкові складові частини – вольфрам, який осідає на нитці розжарювання і галоген, який у вільному стані рухається в зворотному напрямку до стінок колби для з'єднання з новою порцією вольфраму.

У таблиці 1.2 . приведені основні характеристики ЛР.

1.4 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩО ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Для розрахунку основних залежностей по п.1.2.2 слід використовувати такі вирази:

Параметр	Формула	
Залежність потужності лампи	$P_L = P_H (U / U_n)^{8/5}$	(1.7)
Залежність струму лампи	$I_L = I_H (U / U_n)^{3/5}$	(1.8)
Залежність світлового потоку	$\Phi_L = \Phi_H (U / U_n)^{8/5}$	(1.9)
Залежність світлової віддачі лампи від напруги живлення	$\eta_L = \eta_H (U / U_n)^2$	(1.10)
Залежність температури нитки лампи	$\tau_L = \tau_H (U / U_n)^{1/3}$	(1.11)
Залежність опору лампи	$R_L = P_L / I_L^2$	(1.12)
Залежність світлового потоку лампи від освітленості	$\Phi_L = 4\pi EL^2$	(1.13)
Залежність світлової віддачі лампи від потужності лампи	$\eta_{CB} = \Phi_L / P_L$	(1.14)
Залежність світлового к.к.д. лампи	$\eta_L = \eta_{CB} / 683 = \Phi_L / 683P_H$	(1.15)

Результати розрахунків занести у таблицю 1.4 для вказаних значень напруги живлення. По даним розрахунку

побудувати залежності зміни характеристик від напруги живлення:

$$P_{\text{л}} = f(U); \quad I_{\text{л}} = f(U); \quad \Phi_{\text{л}} = f(U);$$

$$\eta_{\text{л}} = f(U); \quad \tau = f(U); \quad \Theta_{\text{л}} = f(U).$$

Таблиця 1.2. Характеристики ЛР

Тип	Напруга, В	Потуж- ність, Р, Вт	Світло- вий по- тік, лм	Габарити, мм	
				Довжина	Диа- метр
Лампи розжарювання загального використання					
В220-15-1	220	25	95	104	61
В22-25-1	220	25	205	104	61
НБ-220-40	220	40	440	104	61
НБ-220-100-2	220	100	1270	125	66
НБ-127/135-15	127/135	15	110	104	61
НВ 220/235-25	220/235	25	193	87	46
БК 220-40-1	220	40	420	87	46
ВК 220-100-1	220	100	1340	102	61
НБК 127-40-2	127	40	520	87	46
НБК 220-100-2	220	100	1450	102	61
Г 220-500	220	150	1860	170	81
Г 220-500	220	500	7700	232	112
Дзеркальні лампи (світильники)					
ДК 220-40	220	40	180	136	91
ДК 220-60	220	60	300	122	73
Дк 220-150	220	150	1400	127	185
Дк 220-300	220	300	2900	185	127
ДК 220-1000	220	1000	20600	203	267
Лампи у колбах з невідомого скла					
ДК 220-40	220	60	370	136	91
ДКН 220-100	220	110	980	177	87
ДШН 220-60	220	60	110	129	66
ДШН 220-100	220	100	240	129	66

У таблиці 1.3 приведені характеристики найбільш розповсюджених кварцово-галогенних ЛР.

Таблиця 1.3 Характеристики кварцово-галогених ЛР

Тип ламп	Напру-га U, В	Потужність Р, Вт	Світло-вий потік, Ф, лм	Світлова Віддача η , лм/Вт	Габарити діаметр, мм	Габарити довжина, мм	Габарити довжина, мм
Кварцево – галогенні малогабаритні лампи							
ГМ24-150	24	150	4700	-	14	45	-
КГМ27-400	27	400	-	27	25	85	-
КГМ75-630-2	75	630	-	22-25	36	125	-
Галогенні лампи для світильників зовнішнього, внутрішнього освітлення							
КИ220-1500	220	1500	33000	-	1075	256	-
КГД220-600	220	600	-	-	1075	500	2200
КГД220-1000	220	1000	-	-	10,75	500	2800
КГ220-5000	220	5000	110000	20,5	520	-	-

Таблиця 1.4 Залежність основних параметрів ЛР від напруги живлення

Напруга живлення hf U, В	Потужність лампи Рл, Вт	Струм ламп I, А	Світловий потік, Фл, лм	Світлова віддача, η_v , лм/Вт	Термін служби τ_l , год	Температура нитки розжарювання, T_p , °С
50						
100						
150						
180						
198						
205						
210						
215						
220						
225						
230						
235						

При розрахунках використовувати вихідні данні і тип лампи вказані керівником з таблиці 1.5., попередньо розрахувавши значення світлової віддачі за формулою (1.6) і струм I_A по закону Ома.

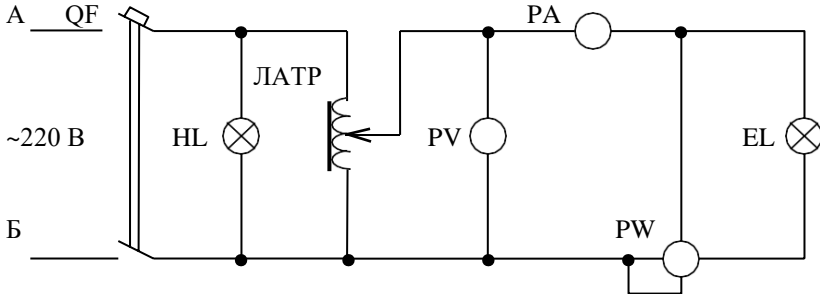


Рис. 1.1 - Принципова електрична схема лабораторної установки

Зібрати схему включення ЛР (рис.1.1)

Світловий потік Φ_L визначити за формулою (1.13), де освітлення E вимірюється за допомогою люкметра.

При вимірюванні освітленості, щоб врахувати вплив фону, слід брати різницю показників люкметра при включеній і виключеній лампі.

Світловий потік приблизно можна визначити

$$\Phi_L = 4\pi EL^2 \quad (1.13)$$

де: E - рівень освітленості, лк;

L - відстань від лампи до фотоелемента люкметра, м.

Світлову віддачу лампи розраховуємо за формулою (1.14)

$$\eta_{св} = \Phi_L / P_L \quad (1.14)$$

Експериментальні данні занести до таблиці 1.6 і провести необхідні розрахунки із використанням даних табл.1.4.

Таблиця 1.5. Характеристики ЛР

Тип лампи	P_H , Вт	U_H , В	Φ_H , лм	I_L , А	η_L , лм/Вт	τ_n , Год.	R_{θ_n}	ϑ_n° , К

Б-220-230-15	15	225	105			1000		3000
Б-215-225-25	25	220	220			1000		3100
БК-215- 225-40	40	220	460			1000		3100
Б-220- 230-40	40	225	415			1000		3000
БК- 220- 230-40	40	225	460			1000		3100
Б-220- 240-40	40	235	410			1000		3000
БК220- 240-40	40	235	450			1000		3000
Б-220- 230-60	60	225	716			1000		3100
БК- 220- 230-60	60	225	790			1000		3100
Б-230- 240-60	60	235	705			1000		3800
БК- 230- 240-60	60	235	775			1000		3200
Б-235- 245-60	60	240	700			1000		2900
Б-220- 230-75	75	225	950			1000		3000
Б-230- 240-75	75	230	935			1000		2900

Б-220-230-100	100	225	1350			1000		3000
<i>Продовження таблиці 1.5</i>								
БК- 220-230-100	100	225	1450					3100
Б-220-240-100	100	235	1335			1000		3500
Г-220-230-150	150	225	2090			1000		3200
Г-230-240-150	150	235	2065					

Таблиця 1.6. Результати експерименту

Напруга U _м ,В	Виміряно				Розраховано			
	I _л ,А	P _л , Вт	U _л ,В	E _л ,В	$\eta_{св,лм}$ /Вт	Ф _л ,лм	R, Ом	η_l
100								
120								
150								
180								
200								
210								
220								
230								
240								

Активний опір лампи визначається по закону Кірхгофа

$$R_L = P_L / I_L^2 \quad (1.12)$$

Світлова віддача

$$\eta_{св} = \Phi_L / P_L \quad (1.14)$$

За даними експерименту визначається світловий к.к.д. ЛР

$$\eta_L = \eta_{св} / 683 = \Phi_L / 683 P_L \quad (1.15)$$

1.7 За результатами експериментальних досліджень побудувати графічні залежності:

$$P_L = f(U_M); \quad I_L = f(U_M); \quad \Phi_L = f(U_M); \quad \eta_{св} = f(U_M); \\ \tau_L = f(U_M); \quad \eta = f(U_M).$$

1.8 На основі проведеного аналізу зробити висновки про вплив напруги живлення на основні електричні і світлотехнічні характеристики ЛР.

1.5 ЗМІСТ ЗВІТУ ПО РОБОТІ

- мета роботи;
- програма дослідження;
- коротка характеристика ЛР (табл.1.2),(табл.1.3.)
- принципова електрична схема лабораторної установки;
- перелік основних технічних характеристик вимірювальних приладів, які використовуються при виконанні роботи;
- перелік основних розрахункових формул;
- заповнені табл. 1,4 , 1.6.;
- комплект графіків побудованих за даними отриманих результатів експериментальних досліджень;

$$P_L = f(U_M); \quad I_L = f(U_M); \quad \Phi_L = f(U_M); \quad \eta_{св} = f(U_M); \\ \tau_L = f(U_M); \quad \eta = f(U_M).$$

- аналіз отриманих результатів;
- загальні висновки по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1.1 Розповісти про конструктивні особливості ЛР.
- 1.2 Як відрізнити газонаповнені лампи від вакуумних?
- 1.3 Який принцип дії галогенних ламп?
- 1.4 Як залежить випромінювання ЛР від температури розжарювання нитки?
- 1.5 Дати визначення законів теплового випромінювання.
- 1.6 Як залежать основні світлотехнічні характеристики ЛР від величини живлення?
- 1.7 Як визначити світловий ККД ЛР ?
- 1.8 Що характеризують світловий ККД і світлова віддача ЛР ?
- 1.9 Які переваги і недоліки ЛР?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ І СВІЛОТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП

2.1 МЕТА РОБОТИ

Вивчення основних законів газопроводу розряду, конструкції, принципу дії люмінесцентних ламп (ЛЛ)

2.2 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕННЯ

- 2.1 Вивчити основні види газопроводу розряду.
- 2.2 Вивчити обладнання і принцип дії розрядних ламп низького тиску на прикладі люмінесцентних ламп (ЛЛ).
- 2.3 Вивчити класифікацію і номенклатуру люмінесцентних ламп.
- 2.4 Знати основні електричні і світлотехнічні параметри ЛЛ.

2.3 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Будова і принцип дії люмінесцентної лампи

ЛЛ уявляє собою герметично закриту скляну циліндричну трубку, внутрішня поверхня її покрита тонким шаром люмінофора. Всередині трубки (на її кінцях) у скляних ніжках впаяні електроди з вольфрамової біспіральної нитки, яка покрита шаром оксиду лужноземельних металів (стронцій, барій, кальцій.) Вони сприяють більш інтенсивному випромінюванню електронів при нагріванні. Електроди приварені до контактних штирів цоколя . З трубки викачане повітря і введено незначну кількість чистого аргону та капля ртуті масою 30...80 мг.

Під час роботи лампи ртуть випаровується і в її парах утворюється інтенсивне невидиме ультрафіолетове випромінювання, яке за допомогою люмінофора перетворюється у видиме світло.

Люмінофор - речовина цілком визначеного хімічного складу, його товщина і структура шару, розмір зерна впливають на ефективність випромінювання. Найбільш поширений варіант : люмінофор наносять на поверхню трубки дозовано 2...3 мг на 1 см².

Після пробою газопроводу міжелектродного проміжку електричний струм проходить між електродами лампи, при цьому відбувається електричний розряд у парах ртуті, який генерує ультрафіолетове

випромінювання, яке викликає свічення люмінофору.

Властивості люмінофор :

- спектр поглинання люмінофору знаходиться в області менших довжин хвилі, ніж спектр його випромінювання ;

- спектр випромінювання люмінофору не залежить від характеру спектру поглинання (лінійчатий чи суцільний) і є суцільним;

- спектр випромінювання люмінофору визначає тільки його хімічний склад та не залежить від спектру поглинаючого випромінювання.

Таким чином, шляхом підбору хімічного складу люмінофора в сучасних умовах можливо здобути практично любий спектр випромінювання ЛЛ.

У сучасних ЛЛ загального призначення використовуються люмінофори, максимум спектральної чутливості яких лежить у діапазоні 185...253,7 нм, тобто поблизу резонансних ліній випромінювання парів ртуті.

Електротехнічна промисловість виготовляє досить широкий набір ЛЛ по кольору та потужності . Прийняті такі позначення стандартної кольоровості ламп :

Д – денні , відповідно кольору випромінювання абсолютно чорного тіла при $T = 6500 \text{ K}$;

Б – біла , $T = 4200 \text{ K}$;

ХБ - холодно-біла , $T = 1800 \text{ K}$

ТБ – тепло-біла, $T = 2800\text{K}$.

Якщо додається позначення “Ц” то це говорить про те, що ця лампа кращої кольоропередачі, наприклад ЛДЦ.

Спеціально для світлової реклами, промисловість на базі типових ЛЛ виготовлює: червоні лампи типу ЛК /Фл=310лм/, зелені - ЛЗ 40 /Фл=2000лм/, голубі – ЛГ40 /Фл=800 лм/, рожеві – ЛР40 /Фл=520 лм/.

Світіння лампи ЛДЦ наближається до природного кольору неба в похмурий день. Ці лампи використовуються у випадках , коли при штучному освітленні треба отримати такі відтінки кольору, як і у денних умовах.

Лампи ЛД не забезпечують такої градації кольору, але їх кольоровість приблизно відповідає природному кольору неба.

Лампи ЛБ приблизно відповідають по кольору сонячного світла, відбитого хмарами. Вони не забезпечують кольорової передачі розсіяного денного світла та застосовуються для умов, що не вимагають точної передачі кольору (службові та виробничі

приміщення).

Крім того, застосовуються лампи типу ЛЕЦ – для житлових і громадських приміщень, ЛТБЦ – для кафе, ресторанів, концертних залів. Вище вказані лампи виготовляються потужністю 15, 18, 20, 30, 36, 40, 63, 80 Вт, із терміном служби 12...15 тис. год. при світловій віддачі на рівні 47...75 лм · Вт⁻¹ та мають цоколь G-13.

Малогабаритні лампи типу ЛБ потужністю 8 та 13 Вт розраховані на термін служби близько 2 тис. год., мають цоколь G-5.

Електротехнічна промисловість освоїла декілька нових типів ламп, наприклад ЛТБЦАО та КЛС потужністю 7, 9, 11, 13, 18, 25 Вт, зі терміном служби 5 тис. год. Це компактні лампи, їх пускорегулююча апаратура вбудована в корпус із різьбовим цоколем типу E27 загального використання. При заміні такими джерелами світла ламп розжарювання потужністю 25, 40, 60, 75 і 100 Вт можливо отримати економію електроенергії до 75%.

Для локального освітлення житлових і громадських приміщень розроблені трубчаті одноцокольні лампи типу ЛТБЦ потужністю 7, 9, 11 Вт із терміном служби до 5 тис. год., вони мають цоколь типу G-23.

Для забезпечення подальшої типізації освітлювачів для громадських приміщень серійно випускаються кільцеві лампи типу ЛТБЦЦК потужністю 22, 32, 40 Вт, які мають термін служби 7,5 тис. годин.

Маючи один зовнішній розсіювач, використання таких ламп для кращого освітлення дозволяє регулювати кількість ламп, розташовуючи їх по декілька штук в освітлювачі. Кільцеві лампи мають покращену кольоровість світла та застосовуються з цоколем G-10д.

З метою підвищення екологічної чистоти (ртуть - отрута) розроблені так звані амальгамні лампи типу ЛБА, де значно знижено кількість ртуті.

Основні характеристики сучасних найбільш поширених ЛЛ наведено у таблиці 2.1.

Принцип роботи ЛЛ розглянемо на прикладі стартерної схеми вмикання.

Електричний розряд між електродами лампи може відбутись при напрузі рівній напрузі пробною газового проміжку, або більшій. Величина напруги запалювання може в кілька разів перевищувати напругу мережі (для ЛЛ загального призначення $U_{пр}=400В$).

З метою кращого запуску ЛЛ і зниження величини напруги за якої можливий пробій газового проміжку при збереженні працездатності електродів, їх попередньо розігрівають електричним

струмом до температури 1100...1200°C, що забезпечує достатню емісію оксидного покриття.

Після запалювання ЛЛ працює в режимі дугового розряду і далі відбувається процес перетворення електричної енергії в ультрафіолетове випромінювання, а потім завдяки люмінофору у видиме світло як це розповідалось вище.

Процес запалювання ЛЛ відбувається в автоматичному режимі за допомогою стартера і дроселя.

Стартер – як правило, мініатюрна лампа, з неоновим-аргоновим наповнювачем і двома металевими електродами. Один з електродів – нерухомий, другий, виготовлений з біметалу, при підвищенні температури у колбі за рахунок розряду газів, може змінювати своє розташування і замикається з нерухомим. У нормальному стані (неробочому) електроди розімкнуті. Деякі конструкції стартерів мають для надійності два рухомих електроди.

Схема стартерного вмикання ЛЛ наведена на рис.2.1., де лампа ЕЛ вмикається послідовно з індуктивним баластом (дроселем LL) . Паралельно лампі підключено газорозрядний стартер і ємність $C_2 = 0,01$ мкф (на схемі не вказано) для зниження радіоперешкод і деякого підвищення величини і довжини імпульсу запалювання, а також зменшення ймовірності утворення дуги між контактами стартера в момент розмикання його електродів. На вході підключають ємність для підвищення коефіцієнта потужності схеми до 0,9 і розрядного опору R . Коефіцієнт потужності такої схеми без компенсуючої ємності не перевищує 0,5 – 0,6.

Процес запалювання ЛЛ відбувається так: у момент вмикання схеми до електродів і стартера прикладається напруга мережі, так як струм через ЛЛ відсутній, падіння напруги на дроселі – нуль. Ця напруга недостатня для запалювання ЛЛ з холодними електродами, але достатня для утворення тліючого розряду в неоновій лампі (НЛ) стартера.

Доки (дросель - перший електрод лампи, стартер – другий електрод лампи - дросель) починає протікати струм тліючого розряду НЛ, якого недостатньо для нагрівання електродів люмінесцентної лампи, але при цьому тепло, що виділяється тліючим розрядом розігріває біметалеві контакти НЛ, які замикаються і у колі ЛЛ починає протікати пусковий струм, що розігріває електроди ЛЛ. Після замкнення контактів стартера – зупиняється розряд і починається поступове охолодження біметалевих контактів і їх розмикання.

У момент розмикання контактів стартера на розігріті електроди ЛЛ подається імпульс підвищеної напруги, який складається з напруги

мережі і ЕРС самоіндукції дроселя, тобто:

$$U_{np} = U_n + U_{epc} \quad (2.1)$$

Імпульс підвищеної напруги викликає в лампі електричний розряд варгоні, а потім у парах ртуті. Лампа запалюється і в газовому середовищі протікає струм горіння, а напруга знижується до робочого значення ($U_p=100\dots 110$ В).

Після запалювання ЛЛ контакти стартера залишаються розімкнутими, тому що напруга на електродах лампи недостатня для утворення в ньому тліючого розряду. Напруга запалювання стартера нижче номінальної напруги мережі і вище робочої напруги на лампі:

$$U_m \geq U_{з.ст.} \geq U_p \quad (2.2)$$

Якщо лампа не запалилась з першого разу, стартер спрацює знову, ітак до запалювання.

Основні функції дроселя:

1. Забезпечення потрібної величини струму попереднього підігріву електродів ЛЛ у пусковому режимі;
2. Утворення імпульсу підвищеної напруги для запалювання ЛЛ;
3. Стабілізація напруги розряду з номінальним струмом при роботі ЛЛ;
4. Забезпечення стійкої роботи ЛЛ при відхиленнях напруги мережі.

У сучасних ЛЛ близько 20% електричної енергії перетворюється у випромінювання видимого діапазону спектру. Світлова віддача в 4...6 разів перевищує відповідний показник ЛР. Середня величина світлового потоку до кінця терміну служби зменшується на 40%. Причому особливо різке та помітне зниження світлового потоку відбувається в перші десятки годин роботи лампи. Номінальним – вважається світловий потік після 100 годин роботи.

Термін служби ЛЛ залежить від кількох факторів:

- *спосіб запалювання - виду баластного опору - кількості вмикань.*

Особливо на термін служби впливає кількість вмикань, тому що при запалюванні втрачається оксидне покриття електродів (особливо інтенсивний процес руйнування покриття відбувається при запалюванні ЛЛ без попереднього розігріву). Номінальним вважається кількість вмикання на добу не більше – 4.

Кількість комутацій стартера значно перевищує кількість вмикань самої лампи, він як правило розрахований на 10^6 разів спрацювання. (Для порівняння сама ЛЛ – 1500 разів).

Фактори, які впливають на світлотехнічні властивості ЛЛ:

- одиночна потужність;
- хімічний склад люмінофора;
- вид баластного опору;

- співвідношення довжини і діаметру трубки лампи.

Таблиця 2.1 Основні характеристики ЛЛ загального призначення

Тип лампи	Напруга живлення, В	Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Середня тривалість роботи, год.
<i>Компактні з цоколем Е 27</i>				
КЛС9/ТБЦ	220	9	425	5000
КЛС13/ТБЦ	220	13	600	5000
КЛС18/ТБЦ	220	18	900	5000
КЛС25/ТБЦ	220	25	1200	5000
<i>Компактні з вбудованим у цоколь стартером</i>				
КЛ7/ТБЦ	45	7	400	5000
КЛ9/ТБЦ	60	9	600	5000
КЛ11/ТБЦ	90	11	900	5000
<i>Кільцеві</i>				
ЛЕЦК22	60	22	800	7500
ЛТБЦЦК22	60	22	750	7500
ЛТБЦЦК32	82	32	1250	7500
ЛТБЦЦК40	107	40	1600	7500
<i>Для локального і загального освітлення</i>				
ЛБ187	60	18	1250	15000
ЛБ207	60	20	1200	15000
ЛБ367	109	36	3050	15000
ЛДЦ187	60	18	850	15000
ЛДЦ367	109	36	2200	15000
<i>Амальгамні</i>				
ЛБА40-1	220	40	3200	13000
ЛДЦВ40	220	40	2200	13000

Крім того, необхідно відмітити, що як підвищення так і зниження напруги мережі скорочує термін служби лампи.

Умови навколишнього середовища значно впливають на експлуатаційні показники роботи ЛЛ. Так, номінальна температура роботи ЛЛ +15...+40⁰С, як при підвищенні, так і при пониженні температури світловий потік ЛЛ знижується, причому при низьких температурах нижче +5 ⁰С стає проблематичним її запалювання.

Вологість навколишнього повітря впливає головним чином на величину імпульсу напруги, яка потрібна для запалювання ЛЛ. Зокрема оптимальна вологість повітря має бути 75...80%.

Взагалі, практичне значення має відношення між світловим потоком і силою світла, так для вітчизняних ламп ця залежність має вигляд:

$$\Phi = 9,25 \cdot I , \quad (2.3)$$

де: Φ – світловий потік,

I - сила світла, кд.

Відношення між світловим потоком і середньою яскравістю лампи в напрямку перпендикулярному її поздовжній осі, має такий вигляд:

$$\Phi = \frac{\Phi}{9,25 \cdot d \cdot l} , \quad (2.4)$$

де: Φ – світловий потік, лм;

d – діаметр лампи, м;

l - довжина лампи, м;

L – середня яскравість лампи, кд.м⁻².

Основні переваги ЛЛ порівняно з ЛР :

- більш висока світлова віддача;
- більш якісний спектральний склад випромінювання;
- значно більший термін служби;
- більш висока енергоефективність.

Основні недоліки ЛЛ у порівнянні з ЛР.

- більш складна схема вмикання в мережу;
- залежність експлуатаційних параметрів ЛЛ від навколишнього середовища;
- наявність пульсації світлового потоку;
- наявність ефекту сутінків;

- значно менша яскравість.

Особливістю ЛЛ є те що, вони являють собою лінійні джерела випромінювання (лінійне джерело може бути і точковим, якщо його лінійні розміри в 5 разів менші відстані до освітлювальної поверхні).

Для лінійного джерела величину світлового потоку розраховують за формулою:

$$\Phi_{л} = \frac{2\pi \cdot h_p \cdot L_c}{\left(\gamma + \frac{\sin 2\gamma}{2}\right) \cdot \cos^2 \alpha} \cdot E_a, \quad (2.5)$$

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

h_p – розрахункова висота підвісу лампи над поверхнею де знаходиться контрольна точка, м;

L_c – довжина частини лампи, що світиться, м;

E_a – освітленість у точці, яка знаходиться проти кінця частини лампи, що світиться, лк;

α, γ – кути, позначені на кресленні (значення кута γ підставляється до формули в радіанах). Рис.2.2.

При будь-якому виді баластного опору зсув по фазі між напругою на лампі та її струмом практично відсутній. Проте потужність лампи не буде дорівнювати добутку діючих значень напруги на лампі і струму. Справа у тому, що криві миттєвих значень цих величин значно відрізняються по формі одне від одного і від синусоїди, отже, для розрахунку істинної величини потужності розряду між електродами треба розкласти криві струму і напруги на гармонічні складові. Істинна потужність буде дорівнювати сумі потужностей для отриманих гармонік струму і напруги.

На практиці використовують поняття коефіцієнта потужності ЛЛ та не пов'язують його з кутом зсуву фаз:

$$K = \frac{P_{л}}{U_{л} \cdot I_{л}}, \quad (2.6)$$

де $P_{л}$ – потужність лампи, Вт;

$U_{л}$ – напруга на лампі, В;

$I_{л}$ – струм лампи, А.

Загальний коефіцієнт потужності освітлювача визначають як:

$$\cos \varphi = \frac{P_{заг}}{U_{м} \cdot I}, \quad (2.7)$$

де $P_{заг}$ - потужність освітлювача, Вт;

U_M - напруга мережі живлення, В;

I - струм освітлювача, А.

Світловіддача лампи дорівнює :

$$\eta_{ce} = \frac{\Phi_l}{P_l}, \quad (2.8)$$

де Φ_l - світловий потік лампи, лм;

P_l - потужність лампи, Вт;

η_{ce} - світлова віддача лампи, лм·Вт⁻¹.

2.4 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.4.1. Для виконання лабораторної роботи використовується стенд, принципова схема якого наведена на рис.2.1.

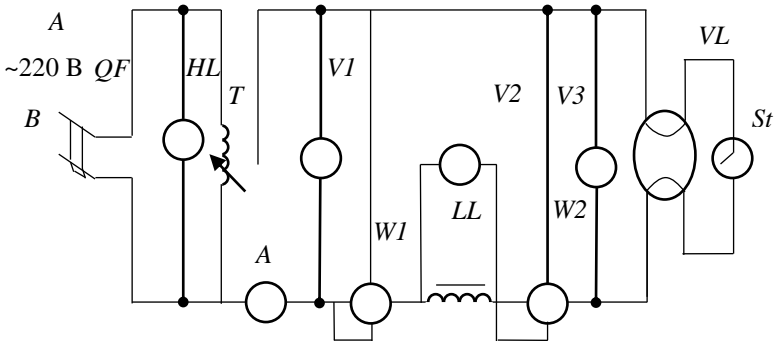


Рисунок 2.1. Принципова схема лабораторної установки (EL – ЛЛІ типу ЛБ 40)

2.4.2. Потрібну величину напруги живлення встановити за допомогою автотрансформатора. Напругу виміряти вольтметрами:

pV_1 - загальна; pV_2 - на дроселі; pV_3 - на лампі.

2.4.3. Струм виміряти амперметром pA .

2.4.4. Потужність ватметрами:

P_{W1} - загальна ;

P_{W2} - лампи.

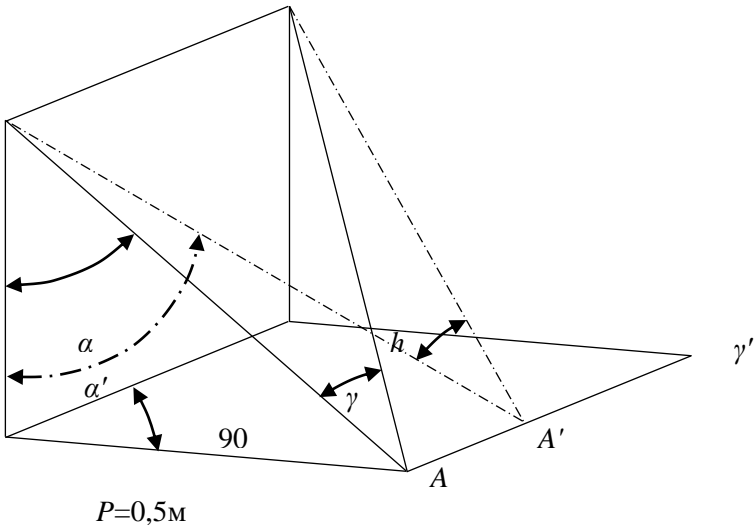


Рисунок 2.2. Схема визначення світлового потоку лампи

2.4.5. Освітленість виміряти люксометром, враховуючи фонове значення освітленості.

2.4.6. Для виконання пунктів 2.2.1. та 2.2.2. роботи вивчити поведеному далі списку літератури і методичним вказівкам до роботи: принцип дії і класифікацію ЛЛ, їх основні характеристики в порівнянні з ЛР.

2.4.7. Зняти основні електричні і світлотехнічні характеристики ЛЛ - для чого, зібравши схему лабораторної установки, записати паспортні дані приладів та обладнання . Увімкнути автоматичний вимикач і плавно підвищувати з допомогою автотрансформатора напругу та визначити :

- напругу запалювання стартера;
- напругу надійного запалювання лампи.

2.4.8. Далі заповнити таблицю 2.2, потім вимкнути напругу живлення і за формулами -/ 2.5 – 2.8 / визначити основні світлотехнічні та електричні параметри й заносять їх у таблицю 2.2. Освітленість E_a виміряти люксометром у точці на поверхні, що вказується викладачем

індивідуально кожній бригаді. Довжина світлової частини лампи $L = 1160$ мм.

Таблиця 2.2 - Результати дослідження електротехнічних характеристик ЛЛ

Експериментальні дані							Розрахункові величини			
Um,В	Il,А	Ul,В	Pl,Вт	Pзаг, Вт	Uдр,В	Ea,лк	Фл,лм	Нл, лм·Вт ⁻¹	Кл	cosφ
170										
180										
190										
200										
210										
220										
230										
240										

2.4.9. За отриманими даними в таблиці 2.2 будуть такі залежності для величини напруги живлення вказаної викладачем:

$$\Phi_L = f(U_V); K_L = f(U_M); U_L = f(U_V); U_{др} = f(U_M); I = f(U_M);$$

$$P_L = f(U_M); P_{заг} = f(U_M); E_A = f(U_M); \cos\phi = f(U_M);$$

$$U_L = f(I_L); \eta_{ев} = f(U_M); \eta_{заг} = f(U_M).$$

2.4.10. Обов'язково зробити детальний аналіз наведених залежностей та провести загальний висновок по роботі.

2.5. ЗМІСТ ЗВІТУ ПО РОБОТІ:

1. Мета роботи.
2. Програма дослідження.
3. Рисунок і пояснення будови, принципу дії і класифікація ЛЛ.
4. Електрична схема лабораторної установки .
5. Перелік приладів і обладнання .
6. Основні розрахункові формули .
7. Таблиці і графіки .
8. Залежності подані в пункті 2.4.9 побудовані на трьох графіках .
9. Аналіз отриманих залежностей .
10. Висновки по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 2.6.1. Порівняти основні електротехнічні характеристики ЛЛ і ЛР.
- 2.6.2. Перерахувати основні недоліки ЛЛ і шляхи їх усунення.
- 2.6.3. Розповісти особливості конструкції ЛЛ, (загального призначення, компактних, амальгамних).
- 2.6.4. Пояснити основні процеси які відбуваються при запалюванні ЛЛ зі стартерною схемою вмикання.
- 2.6.5. Яка номенклатура ЛЛ, які сьогодні серійно виготовляються.
- 2.6.6. Як впливають умови навколишнього середовища на основні показники роботи люмінесцентних ламп (ЛЛ)?
- 2.6.7. Як впливає напруга мережі на основні світлотехнічні характеристики ЛЛ.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ВИВЧЕННЯ СПОСОБІВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СВІЛОТЕХНІЧНИХ УСТАНОВКАХ ТА ЗНИЖЕННЯ ПУЛЬСАЦІЇ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ

МЕТА РОБОТИ : Познайомитись зі схемами вмикання ЛЛ вивчити особливості роботи компенсаційних схем зі штучним зсувом фаз та способів зниження пульсації потоків випромінювання.

3.1 ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1.1. Познайомитись з найбільш розповсюдженими схемами вмикання ЛЛ і привести класифікацію способів компенсації реактивної потужності [1].

3.1.2. Вивчити схеми вмикання ЛЛ з компенсацією $\cos\varphi$ і встановити призначення окремих елементів схеми. Накреслити принципи схеми.

3.1.3. Зібрати дволампову схему з використанням приладів, які дозволяють зробити виміри струму, напруги, потужності і коефіцієнту потужності кожної лампи окремо і схеми в цілому.

3.1.4. Використати роботу індуктивної, індуктивно-ємнісної та компенсаційної схем вмикання ЛЛ.

3.1.5. Розрахувати значення $\cos\varphi$ для схем, що досліджуються.

3.1.6. Провести порівняльний аналіз результатів розрахунку та експериментів по п.3.1.4; 3.1.5.

3.1.7. Побудувати векторні діаграми досліджуваних схем та графіки розподілу потоків випромінювання від кожної лампи і від двох ламп.

3.1.8. Розрахувати величину розрядного опору баластного конденсатора.

3.1.9. Висновки по роботі.

3.2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Як відомо, для вмикання ЛЛ у мережу використовуються два основні типи пускорегулювальних апаратів (ПРА) – з індуктивним та індуктивно-ємнісним характером баластного опору.

ПРА – це електротехнічний пристрій, який забезпечує надійне запалювання лампи, перехідний процес горіння та стабільну роботу ЛЛ. Конструктивно він виконується, як правило окремо, у вигляді

єдиного апарату або групи апаратів.

Основні функції ПРА

- ПРА має забезпечити надійне запалювання газорозрядної лампи в режимі пуску освітлювальної установки (ОУ) або при її повторному запалюванні після короткочасної перерви в живленні;

- ПРА має забезпечити заданий режим запалювання лампи від моменту включення схеми до повної стабілізації електричних і світлотехнічних параметрів;

- ПРА має забезпечити задані параметри лампи в стаціонарному режимі її горіння;

- ПРА має забезпечити регулювання електричних і світлотехнічних параметрів у заданому діапазоні.

Додаткові функції ПРА

Компенсація реактивної потужності.

Компенсація реактивної потужності комплексу “РЛ-ПРА” необхідна для забезпечення раціональної загрузки трансформаторів і освітлювальних розподільних мереж.

Компенсація реактивної потужності комплексу “ГРЛ – індуктивний ПРА” може здійснюватися за допомогою підключення індивідуального конденсатора на вході кожної схеми або для групи ламп на вході ОУ. Найбільш ефективним є спільне вмикання індуктивних і індуктивно-ємнісних комплектів “ГРА-ПРА”, коли одна лампа вмикається з індуктивно-ємнісним баластом (дроселем і ємністю).

Усунення радіоперешкод

Джерелом радіоперешкод є електромагнітні поля які здійснюються ЛЛ і елементами ПРА, а також розподільча мережа, у яку попадають вищі гармонічні складники струму лампи. Для усунення радіоперешкод використовують конденсатори малої ємності (5000...8000 пФ), які встановлюють на вході схеми або вбудовуються в стартер.

Зниження пульсації світлового потоку

Пульсації потоку випромінювання виникають у всіх РЛ, які працюють на промисловій частоті, та зумовлені періодичним перезапалюванням і згасанням розряду в лампі кожного напівперіоду.

Основні засоби боротьби з пульсацією світлового потоку:

А) застосування схеми з розщепленою фазою, де потоки випромінювання ламп зсунуті відносно один одного на 180 градусів;

Б) використання трьохфазних схем вмикання для трьохлампових світильників де потоки випромінювання ламп зсунуті один відносно одного на 120 градусів;

В) використання постійного струму для живлення РЛ;

Г) застосування підвищеної частоти струму для живлення РЛ.

Параметри пускорегулювальних апаратів

Параметри ПРА розподіляють на три основні групи : пускові , робочі та експлуатаційні

Пускові параметри:

- форма, частота і діючі значення напруги холостого ходу ПРА тобто тієї напруги, яку утворює ПРА на незалежній лампі;
- напруга і струм попереднього розігріву електродів лампи;
- форма, частота повторення, тривалість, амплітуда та енергія запалювальних імпульсів напруги;
- пусковий струм, який забезпечує ПРА в режимі запалювання РЛ.

Робочі параметри ПРА:

- потужність ПРА (4-40% від потужності ГРЛ);
- напруга і струми в елементах ПРА;
- коефіцієнт амплітуди струму, який не має бути більшим ніж 1,7.
- температура обмотки індуктивних елементів ПРА;
- коефіцієнт потужності схеми, визначає фазу і форму струму який споживається з мережі при роботі РЛ з ПРА;
- температура обмотки індуктивних елементів ПРА;
- коефіцієнт потужності, що визначає фазу та форму струму, який споживається з мережі при роботі РЛ і ПРА. Коефіцієнт потужності має бути: не менше 0,85 для ПРА, які забезпечують вмикання однієї або декількох послідовно з'єднаних ламп, або 0,92 – для ПРА з розщепленою фазою.

Експлуатаційні параметри ПРА.

- термін служби ПРА – календарна тривалість експлуатації апарату при заданій температурі обмотки до максимальної межі.
- маса, габарити, установчі розміри, коштовність ПРА,
- рівень шуму ПРА;
- конструктивне виконання ПРА: вмонтований, незалежний.

Вимоги до розрядних резисторів і ємностей.

Конденсатори, установлені в освітлювальному приладі мають допускати тривалу роботу схеми. Підвищена напруга на конденсаторі та, яка з'являється при збільшенні світлової напруги на 10%. Термін

служби конденсаторів має бути не менше 10 років.

З метою безпеки обслуговування і ремонту ПРА кожний конденсатор, вмикають до схеми (за виключенням конденсаторів для усунення радіоперешкод), має бути доповнений розрядним резистором.

Виключення резистора зі схеми при ремонті або профілактичному огляді може привести до ураження електричним струмом.

3.3 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

3.3.1. Для знайомства з існуючими схемами включення за п.3.2.1. ЛЛ використовувати підручник [4] і конспект лекцій.

При збиранні вимірювальної схеми п.3.1.3. із заданими електричними параметрами підібрати необхідні прилади та устаткування. Зібрати схему вимірювань електричних параметрів – принципіальну схему лабораторного стенду (Рис.3.1).

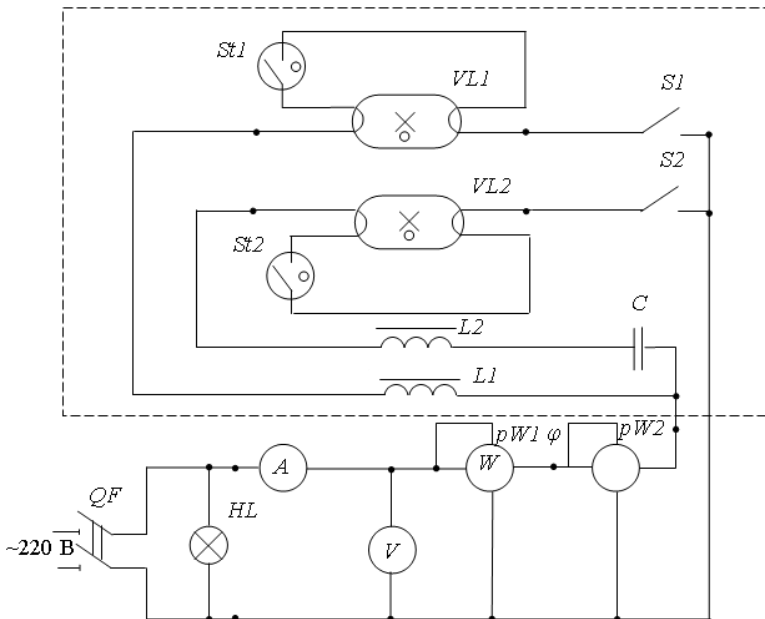


Рисунок 3.1 - Схема лабораторного стенду

3.3.2. Визначити електричні параметри за п. 3.1.4. для режимів роботи компенсаційної схеми:

- із двома працюючими лампами;
- із однією працюючою лампою з індуктивним баластом;
- із однією працюючою лампою з індуктивно-ємністним баластом.

Данні вимірювання занести в таблицю 3.1.

3.3.3. Визначити за п. 3.1.5. розрахунковим шляхом коефіцієнт потужності індуктивної, індуктивно-ємнісної та компенсованої схем за формулами:

- для компенсованої схеми:

$$\cos \varphi_{cx} = \frac{P_{cx}}{U_{cx} \cdot I_{cx}} , \quad (3.1)$$

де P_{cx} - потужність схеми, Вт;

I_{cx} - загальний струм схеми, А ;

U_{cx} - напруга на вході схеми, В.

- для індуктивної схеми :

$$\cos \varphi_{ind} = \frac{P_{cx.ind}}{U_{cx} \cdot I_{л.ind}} \quad (3.2)$$

де

$P_{cx.ind}$ - потужність індуктивної схеми, Вт

$I_{л.ind}$ - робочий струм лампи у індуктивній гілці, А.

- для індуктивно-ємнісної схеми:

$$\cos \varphi_{em} = \frac{P_{cx.em}}{U_{cx} \cdot I_{л.em}} , \quad (3.3)$$

де $P_{cx.em}$ - потужність індуктивно-ємнісної схеми, Вт;

$I_{л.em}$ - робочий струм лампи в індуктивно-ємнісному колі, А.

Результати розрахунків занести до таблиці 3.1. і порівняти з даними вимірювання, провести аналіз результатів вимірювань і розрахунків. Пояснити причину їх розбіжностей.

Таблиця 3.1. Результати досліджень і розрахунків

Ланцюг	P_{cx} , Вт	Iл, А	Uсх., В	$\cos\varphi$	
				Розрахунок	Експеримент
Індуктивна (YL1)					
Ємнісна (YL2)					
Схема в цілому (YL1, YL2)					

3.3.4. Для побудови векторної діаграми за п. 3.1.7. вважати, що вимірювання параметрів компенсованої схеми відповідає амплітуді основної хвилі. Побудувати векторну діаграму із умов:

$$I_{\text{л}} = 0,43 \text{ А}; U_{\text{л}} = 103 \text{ В}; P_{\text{л}} = 40 \text{ Вт.}$$

Для побудови графіка потоку випромінювання за п.3.2.7. прийняти за початок відліку момент часу, коли струм через лампу, включену з індуктивним баластом, проходить через нульове значення, і вважати, що величина постійної світіння люмінофора однакова, для двох ламп, побудувати тимчасову залежність зміни потоку випромінювання:

- лампа в індуктивній схемі;
- лампи в індуктивно-ємнісній схемі ;
- двох ламп (сумарний потік) компенсованої схеми.

При побудові вважати зміну потоку випромінювання ламп синусоїдальним.

3.3.5. Розрахунок та вибір розрядного резистора за п.3.1.8. для конденсаторів проводиться так:

- номінальний опір розрядного резистора визначається за формулою:

$$R = \frac{19,6}{c \cdot \lg(0,34U)} , \quad (3.4)$$

де R – номінальний опір розрядного резистора, мОм;

c - номінальна ємність конденсатора, мкФ;

U - діючі значення напруги, що з'являються на конденсаторі при роботі апарату в робочому або аномальному режимі (задається викладачем по таблиці 3.2.)

Параметри стандартних конденсаторів, які використовуються в

світлотехнічних приладах наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Параметри конденсаторів

Тип конденсатора	Номінальна ємність, мкФ	Номінальна напруга, В
ЛСС-400-1,0	1,0	400
ЛС-400-3,0	3,0	400
ЛС-400-3,8	3,8	400
ЛС-400-7,8	7,8	400
ЛС-250-4,5	4,5	250
ЛС-250-9,0	9,0	250
КГБ-МН-600-1	1,0	600
КГБ-МН-600-2	2,0	600
КГБ-МН-600-4	4,0	600

Номінальна потужність розрядного резистора визначається за формулою:

$$P = \frac{3U^2}{R}, \quad (3.5)$$

де P - номінальна потужність резистора, Вт;

U - діюча максимальна напруга на конденсаторі, В;

R - номінальний опір розрядного резистора, Ом.

3.3.6. У висновку по роботі перерахувати конкретні пристрої, де застосовується компенсована схема з вказівкою її призначення.

3.4. ЗМІСТ ЗВІТУ ПО РОБОТІ

- мета роботи;
- програма дослідження;
- коротка характеристика ЛЛ та особливості роботи компенсаційних схем;
- перелік параметрів ПРА (пускорегулювальних апаратів);
- принципова схема лабораторної установки;
- перелік основних технічних характеристик вимірювальних приладів, які використовуються при виконанні роботи;
- заповнені табл.. 3.1;
- векторні діаграми дослідних схем;

- графіки розподілу потоків випромінювання (лампа у індуктивній схемі, лампа в індуктивно-ємнісній схемі, двох ламп компенсованої схеми);
- обґрунтування вибору розрядного резистора;
- аналіз отримання результатів дослідження та загальні висновки.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що називається ПРА?
2. Які основні функції ПРА ?
3. Які додаткові функції ПРА?
4. Для чого необхідна компенсація реактивної потужності?
5. Намалюйте векторну діаграму індуктивної компенсації реактивної потужності за допомогою конденсатора, підключеного на вхід схеми.
6. Що таке радіоперешкоди і як знизити рівень радіоперешкод.
7. Які існують засоби зниження пульсації світлового потоку?
8. Перерахувати основні параметри ПРА.
9. Назвати пускові параметри ПРА.
10. Назвати робочі параметри ПРА.
11. Назвати експлуатаційні параметри ПРА.
12. Перерахувати установки сільського господарства, де застосовуються розчеплені фази.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Електричне освітлення та опромінення: навчальний посібник для студентів вищ. навч. закл. /Р.В. Кушлик, В.Ф. Яковлев, Ю.М. Куценко, М.Л. Лисиченко, М.П. Кунденко, Ю.М. Федюшко. – Х.: ТОВ: «Планета-принт», 2016. – 332 с.
2. Кунденко М.П. Електротехнології та електроосвітлення. Частина І. Електричне освітлення та опромінення: навчальний посібник для студентів вищ. навч. закл. / М.П. Кунденко, Л.С. Червінський, І.М. Ковальчук, В.І. Жила, О.О. Румянцев. – Х. : ХНТУСГ, Сім, 2015. – 264 с.
3. Суворова К. І. Джерела світла : навч. посібник / К. І. Суворова, Л. Д. Гуракова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 110 с.
4. Жилинский Ю.М. Электрическое освещение и облучение. / Ю.М. Жилинский, В.Д. Кумин - М.: Колос 1982.- 272 с.
5. Козинский В.А. Электрическое освещение и облучение. - М.: Агропромиздат, 1991.-С.
6. Справочная книга по светотехнике /под. ред. Ю.Б.Айзенберга. - М.:Энергоатомиздат: 1983.- с.136-150.

Навчальне видання

ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ
ЧАСТИНА І (ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ)

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт
для здобувачів денної та заочної форм навчання
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
зі спеціальності:

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Укладач:

ЖИЛА Віктор Іванович

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк..

Наклад ___ пр.

Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44