

О. С. САДОВИЙ

ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ

КУРС ЛЕКЦІЙ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

О. С. САДОВИЙ

ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ

КУРС ЛЕКЦІЙ

Миколаїв

2015

УДК 628.92/. 97
ББК 31.294
Е50

Автор: О. С. Садовий

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Миколаївського національного аграрного університету від 28.05.2015 р., протокол № 9.

Рецензенти:

І.С. Білюк – канд. техн. наук, доцент кафедри автоматички, НУК ім. адм Макарова.

О.О. Плахтир – канд. техн. наук, доцент кафедри енергетики аграрного виробництва Миколаївського національного аграрного університету

Е50 **Садовий О. С.**
Електричне освітлення та електротехнології : курс лекцій / О. С.
Садовий. – Миколаїв : МНАУ, 2015. – 91с

У курсі викладено теоретичний матеріал з дисципліни електричне освітлення та електротехнології. надано конкретні приклади проектування та розрахунку електричного освітлення.

Конспект лекцій для студентів денної форма навчання напряму підготовки 6.10010101 "Енергетика та електротехнічні системи в агропромисловому комплексі".

УДК 628.92/. 97
ББК 31.294

© Миколаївського національного аграрного
університету, 2015
© Садовий О.С., 2015

ПЕРЕДМОВА

Розвиток сільськогосподарського виробництва все більше базується на сучасних технологіях, які використовують електричну енергію. Відомі її переваги (проста передача, розподілення, відсутність негативного впливу на зовнішню середу) роблять електроенергію найбільш зручною для використання людиною. Разом з традиційним її використанням для механічного приводу робочих машин, все більш розповсюджуються процеси, в яких електроенергія переходить в інші види. Це може проходити в спеціальному приладі (перетворювачі) чи в самому технологічному об'єкті (воді, землі та ін.).

Методи електротехнології характеризуються високою ефективністю, універсальністю, їх можна використовувати для впливу на рослини, тварин та їх середу життя, елементи живлення (добрива, корму, вода) і сільськогосподарську продукцію. При цьому підвищуються якість оброблених матеріалів. Таке, насіння рослин, які пройшли обробку в електричному полі, мають більшу енергію проростання, кращу всхожість, забезпечують високий врожай.

Електричний розряд дозволяє економно і з більшою міцністю з'єднувати металеві деталі, дробити в порошок кам'яні глиби, перетворювати безплідні землі в врожайні, давати стимул для росту рослин та знищувати сорняки.

За допомогою перемінних елетромагнітних і електричних полів різної частоти можливо вибірково нагрівати магнітні та діамагнітні матеріали, закаляти поверхні сталей, сушити сільськогосподарські продукти і пастеризувати їх.

Ефективне виконання електротехнічних процесів, а також їх вдосконалення невідлучно зв'язано з автоматизацією, успішне використання яких засновано на глибокому розумінні внутрішніх фізичних процесів, які проходять в установках.

Без штучного освітлення сьогодні не може обійтись не одна промисловість. В сільському господарстві світло електричних ламп впливає не тільки на продуктивність тварин чи птахів, але і змінює сам технологічний процес, сприяє його переходу на автоматичний режим. Наприклад, при виробництві яєць курей розм'ящують в без віконних приміщеннях при штучному освітленні, що дозволяє в будь яку пору року автоматично змінювати тривалість доби таким чином, щоби підтримувати найбільшу продуктивність птиці.

Ще більш значної зміни внесло випромінювання електричних ламп в рослинництві. В більшості регіонах нашої держави завдяки штучному оптичному випромінюванню можна отримати насіння овочевих у зиму і в кінці її отримати свіжі огірки, а у ранню весну – помідори. Електричні випромінювальні установки на селекційних станціях дозволяють в декілька разів прискорити виведення нових сортів високопродуктивних рослин.

Автоматизовані системи штучного освітлення і випромінювання в сільськогосподарському виробництві значно підвищують продуктивність праці, продуктивність тварин, птахів та рослин.

Раціональне використання електротехнічних, освітлювальних та випромінювальних установок вимагає знання їх будови і методів розрахунку.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

КСВ – крива розподілення сили випромінювання;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
ЕРС – електрорушійна сила;

ТЕМА 1.

§1. ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

§1.1. Природа оптичного випромінювання. Основні поняття і визначення. Отримання та перетворення оптичного випромінювання.

Всі тіла в природі, температура яких вище абсолютного нуля, випромінюють в навколишнє середовище енергію.

Випромінювання це одна з форм матерії, що має масу спокою, що дорівнює нулю та рухається у вакуумі зі швидкістю $C=2,988 \cdot 10^8 \text{ мс}^{-1}$. Воно характеризується хвильовими та квантовими властивостями.

Випромінювання розповсюджується в просторі у вигляді електромагнітної хвилі, що представляє собою періодичне коливання напруженостей електричного та магнітного полів. Розповсюдження електромагнітних хвиль у просторі супроводжується переносом енергії по напрямку руху хвиль; тобто енергія випромінювання переноситься в просторі електромагнітними хвилями.

Випромінювання характеризуються довжиною хвилі (λ), швидкістю (C) та частотою (ν), які взаємозв'язані;

$$\nu = \frac{C}{\lambda}$$

де λ – довжина хвилі [мкм, мм, м] ($1\text{ м} = 10^6 \text{ мкм} = 10^9 \text{ нм}$);

C – швидкість розповсюдження [$\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$];

... ν – частота [с^{-1}].

Енергія випромінюється тілами безперервно, якимись порціями (дисперсно). Мінімальну порцію енергії випромінювання називають квантом енергії. Квант енергії випромінювання Q_e дорівнює добутку сталої величини h на частоту випромінювання ν :

$$Q_e = h\nu,$$

де h – постійна Планка, дорівнює $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$.

Згідно фотонної теорії, випромінювання розглядається як потік частинок випромінювання, які були названі фотонами. Таким чином, фотоматеріальна частинка масою

$$m_{cp} = \frac{Q_e}{c^2}$$

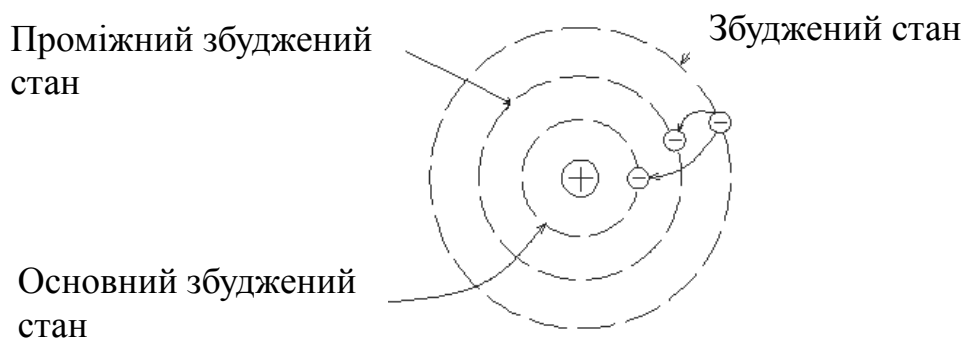
Для оптичної частини спектру $m=10^{-30} \dots 10^{-35} \text{ г}$.

Електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі від 1 нм до 1 мм, що лежить в області між рентгенівськими променями та радіовипромінювання називають оптичним випромінюванням.

	1 нм			Оптичне випромінювання						1 мм		
Рентгенівські випромінювання	Ультрафіолетове випромінювання			Видиме випромінюванн я	Інфрачервоне випромінювання			Радіохвилі				
	200 280 315				1400 3000							
	Зона С Зона В Зона А				Зона А Зона В Зона С							

Спектр електромагнітних випромінювань

Оптичне випромінювання виникає в результаті переходу електрону на більш низький енергетичний рівень (меншу орбіту обертання навколо ядра атома)



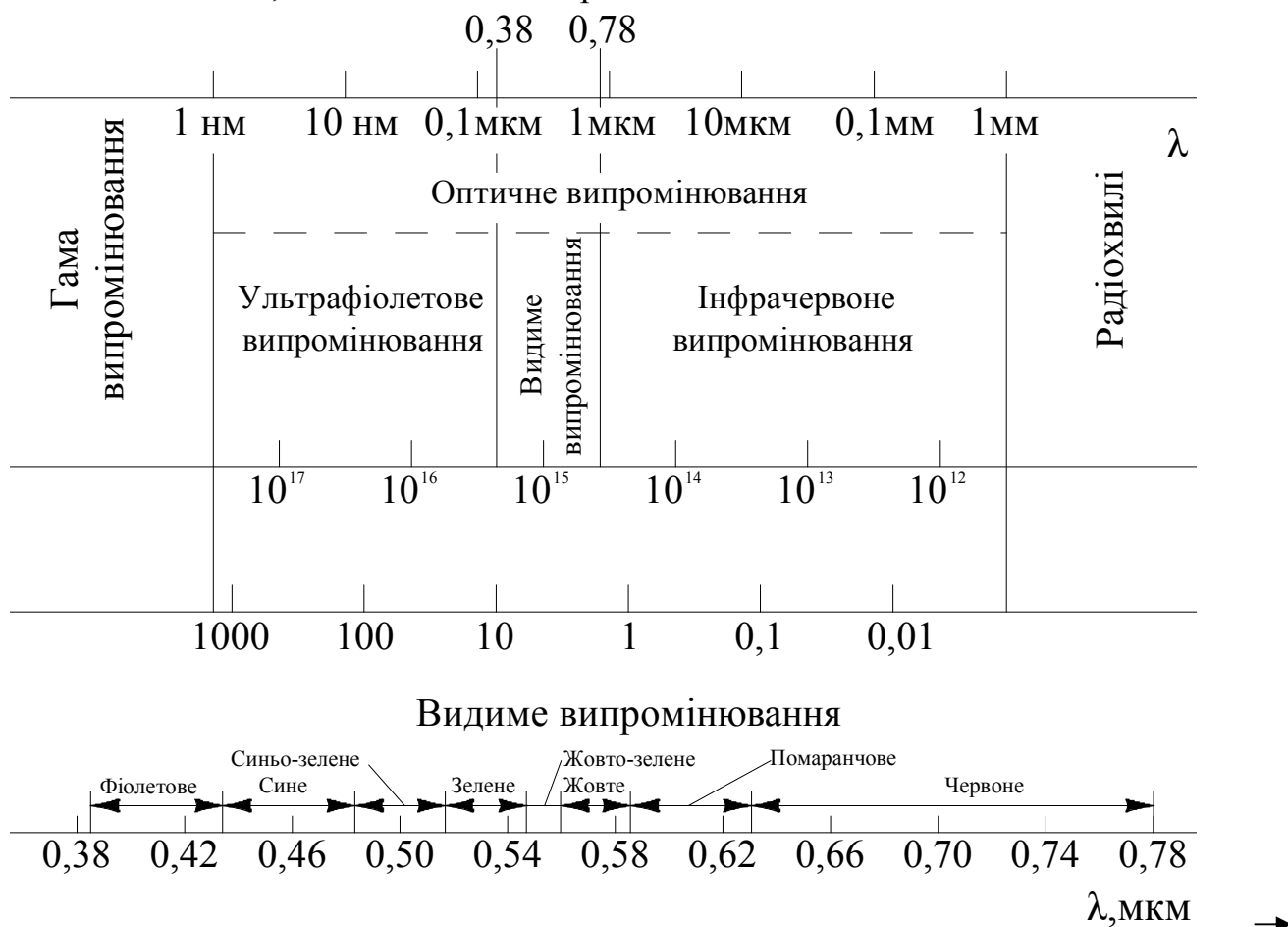
В початковий момент елементарні частинки речовини знаходяться в стані енергетичної рівноваги. Позитивний заряд ядра атома врівноважується від'ємними зарядами електронів, що обертаються навколо ядра. При підведенні ззовні (з навколишнього середовища) до нейтральних атомів визначеної енергії, запас її в частинці (атомі) збільшується. При досягненні якогось значення енергії, що залишилася в атомі, його електрони збуджуються, тобто частина електронів (в основному верхнього рівня) переходять на іншу більш високу орбіту. Електрон не в змозі знаходитись довгий час в збудженому стані та повертається на свою стійку орбіту. При переході з більш високої на низьку орбіту, електрон віддає надлишкову енергію у вигляді випромінювання. Випромінювання енергії відбувається порцією, квантом. Величина кванту енергії залежить від будови атома, його структури, кількості енергетичних рівнів, на які може піднятися електрон. Енергія кванта визначається різницею енергії енергетичних рівнів електрона. Відрізняють резонансне та нерезонансне випромінювання.

Нерезонансне випромінювання – випромінювання що виникає в результаті переходу електронів з одного збудженого стану в інше з меншою енергією, але не на основне не збуджене.

Резонансне випромінювання — випромінювання, що виникло в результаті переходу електронів зі збудженого стану в не збуджене.

§1.2. Спектр оптичного випромінювання, його характеристики та використання окремих ділянок

Сукупність випромінювань, розміщених в ряд в порядку зміни довжини хвилі або частоти коливань, називаються спектром.



Спектральне розподілення електромагнітного випромінювання

(Діапазон зміни довжини хвилі випромінювання λ великий — від долей міліметра до кілометрів.)

Спектр умовно ділять на три ділянки. Випромінювання з λ від 1 мм до сотень кілометрів називають радіохвилями, йому належать дуже малі частоти.

(Джерелами радіохвиль є промислові установки, радіопередатчики)

Короткохвильові випромінювання з λ від 1 нм та менше називаються рентгенівськими та гама-променями.

(Ці випромінювання виникають при розпаданні радіоактивних елементів, наприклад, урану, при гальмуванні потоків електронів в рентгенівській трубі.)

Частота таких коливань дуже висока.

Випромінювання з λ від 1 нм до 1 мм називають оптичним. Спектр оптичних випромінювань ділять по три ділянки:

- інфрачервоне випромінювання – λ від 1 мм до 780 нм;
- видиме випромінювання – λ від 780 нм до 380 нм;
- ультрафіолетові випромінювання - λ від 380 до 10 нм.

Розподілення потоку випромінювання по спектру це якісна характеристика

випромінювання. Випромінювання ділять на прості та складні. До простих відносяться однохвильові випромінювання, тобто випромінювання якої-небудь довжини хвилі або частоти вони називаються монохромними. Інтенсивність монохромного випромінювання визначається добутком енергії кванту на число фотонів h_{λ} , що проходить крізь замкнутий контур простору W_{λ} за час, та називається потоком монохроматичного випромінювання Φ_{λ} з довжиною хвилі λ .

$$\Phi_{\lambda} = W_{\lambda} \frac{h_{\lambda}}{\tau}.$$

Більшість випромінювачей має складний склад променів, розподілений уздовж шкали довжин хвиль, що називається спектром випромінювання. Складаний спектр випромінювання можна представити як суму монохроматичних потоків;

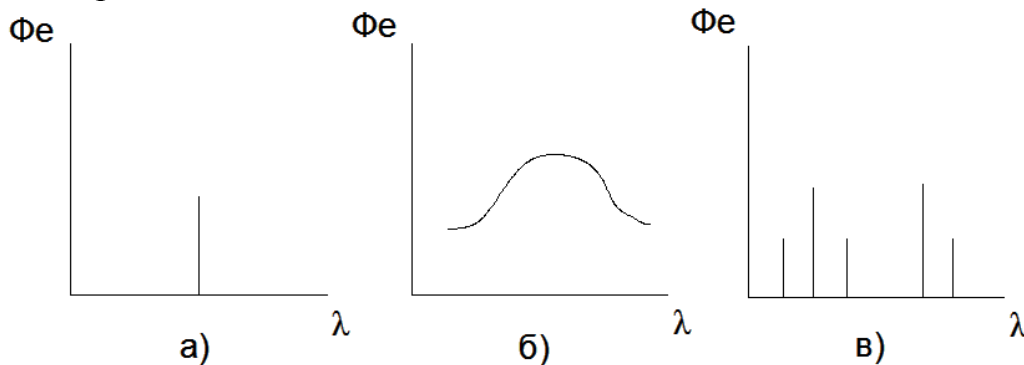
$$\Phi = \sum_{\lambda_n}^{\lambda_k} \Phi_{\lambda},$$

де λ_k та λ_n - відповідно кінець та початок діапазону довжин хвиль електромагнітних коливань.

Складні випромінювання по виду спектрів бувають лінійчасті, полосаті та суцільні.

Лінійні спектри — система світлих ліній, розділених темними проміжками. Їх випромінюють речовини, що знаходяться в газоподібному стані.

Джерела теплового випромінювання та газорозрядні мають суцільні та лінійчасті спектри.



Спектри оптичного випромінювання; а) просте; б) складне суцільне; в) складне лінійчасте

ТЕМА 2

§2. ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ СВІЛОТЕХНІКИ

§2.1. Енергія та потік випромінювання

Енергію, яка переноситься випромінюванням оптичної області спектру, називають енергією випромінювання Q_e .

Потужність (кількість енергії в одиницю часу) випромінювання оптичного діапазону спектру називається потоком випромінювання Φ_e .

Для заміру потоку випромінювання використовується загальноприйнята одиниця потужності — ВАТТ: $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж} \cdot \text{с}^{-1} = 6,25 \cdot 10^{18}$

Потік випромінювання за кінцевий інтервал часу t визначається по формулі;

$$\Phi_e = \frac{dQ_e}{dt}; [\text{Вт}] = [\text{Дж/с}],$$

де Q_e - енергія випромінювання джерела за інтервал t .

Для опису розподілення потоку випромінювання по спектру (в залежності від довжини випромінювання) користуються поняттям спектральної щільності потоку випромінювання $\varphi_{e\lambda}$:

$$\varphi_{e\lambda} = \frac{\Delta\Phi_\lambda}{\Delta\lambda};$$

де $\Delta\Phi_\lambda$ - однорідний потік на ширині полоси $\Delta\lambda$, де вимірний однорідний потік.

Якщо відома спектральна щільність потоку випромінювання $\varphi_{e\lambda}$, то;

$$\Phi_e = \int_{\lambda=1\text{мм}}^{\lambda=1\text{мм}} \varphi_e(\lambda) d\lambda.$$

При лінійному спектрі:

$$\Phi_e = \int_{i=1}^n \varphi_{e\lambda i},$$

де $\varphi_{e\lambda i}$ – потік випромінювання з довжиною хвилі λi .

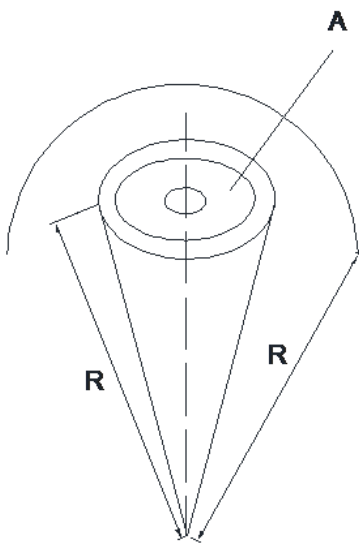
Розподілення потоку по спектру характеризується спектральною щільністю випромінювання

$$\varphi_{e\lambda} = \frac{d\Phi_{e\lambda}}{d\lambda}, [\text{Вт} \cdot \text{м}^{-1}]$$

Розподілення потоку в просторі (просторова щільність потоку випромінювання) сила випромінювання I_e . Представляє собою відношення потоку випромінювання до тілесного кута ω з вершиною в точці розміщення джерела в межах якого цей потік розповсюджується та рівномірно розподіляється.

Тілесний кут — це конічний кут, вершиною якого є центр сфери будь-якого радіусу, а основою його є частина поверхні цієї сфери, на яку опирається конус.

Тілесний кут в один стерадіан відповідає куту конусу з вершиною в центрі сфери, відсікаемому в сфері, радіусом r , площу поверхні $S = r^2$;



$$\omega = \frac{S}{r^2} [\text{стеродіан}],$$

$$\omega = \frac{A}{R^2}.$$

Найбільший тілесний кут:

$$4\pi = 4 \cdot 3,14 = 12,56 \text{ стерадіанів.}$$

Поверхнева плотність випромінювання це відношення потоку випромінювання Φ до площі поверхні A_B , яка його випромінює;

$$M = \frac{\Phi_e}{A_B} \left[\frac{\text{Лм}}{\text{м}^2} \right] = [\text{Лк} - \text{люкс}].$$

Опроміненість — відношення потоку випромінювання Φ до площі A , на яку він падає:

$$E = \frac{d\Phi_e}{dA_g} [\text{Лк}].$$

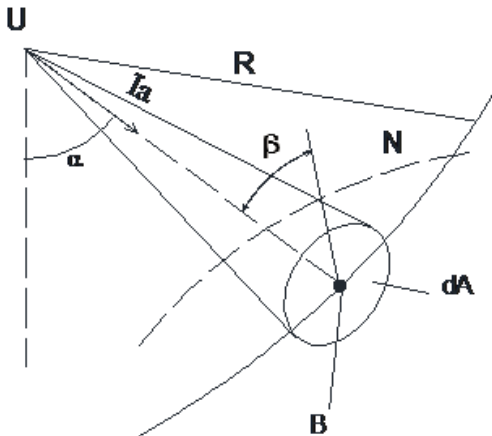
Якщо потік випромінювання світловий, то опроміненість називається освітленістю.

За наведеною формулою визначається середня опроміненість.

Опроміненість точки на поверхні можна собі уявити, якщо площу навколо неї скоротити до безкінечно малої величини:

$$E_e = \frac{d\Phi}{dA}.$$

Виділимо на приймачі елементарну площину з точкою В.



Для побудування елементарного тілесного кута, основа його повинна бути перпендикулярною до радіусу сфери R . Для цього елементарну площину dA спростуємо на площину, нормальну радіусу.

$d\omega$ – тілесний кут.

$$d\omega = dA \cdot \cos \beta / R^2$$

Потік в елементарному куті $d\Phi = Id \cdot d\omega$

Визначимо освітленість:

$$E_B = I_\alpha \cos \beta / R^2 \text{ – основний закон світлотехніки.}$$

Освітленість від точкового джерела в точці В, розміщеній на площині, пропорційна силі випромінювання (силі світла) від цього джерела в напрямлені до точки косинусу кута падіння проміння на площину та обернено-пропорційна квадрату відстані між джерелом та точкою.

Кількість випромінювання, отриманого за якийсь час, називають дозою випромінювання енергетичною експозицією H_e :

$$H_e = \int_{t_1}^{t_2} E_e dt, [Bm \cdot m^{-2} \cdot c] = [Дж \cdot m^{-2}].$$

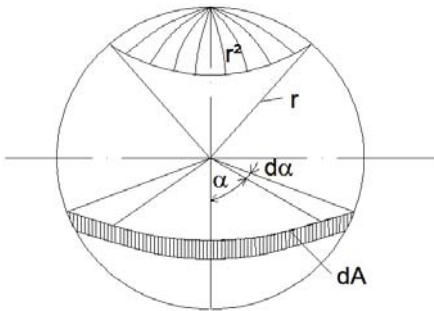
Таким чином, енергетичні характеристики оптичного випромінювання наступні:

Енергетичні характеристики оптичного випромінювання

Енергія випромінювання	Потік випромінювання $\Phi_e, \text{Вт}$	Сила випромінювання $I_e, \text{Вт/ср}$	Опроміненість (щільність опромінювання)	Енергетична світлімість (щільність випромінювання)	Енергетична експозиція (доза опромінювання) $\text{Нс} \cdot \text{Дж/м}^2$
------------------------	---	--	---	--	--

§2.2. Крива сили випромінювання та розрахунок по ній потоку випромінювання

Тілесний кут ω вимірюється відношенням площини S , яку він вирізає на поверхні сфери, що описана з її обертання, до квадрату радіусу r цієї сфери.



На практиці частіше користуються зональним тілесним кутом, який створюється двома конічними поверхнями та представляють собою різницю двох тілесних кутів. Елементарний зональний тілесний кут $d\omega$ обмежений двома співвісними конічними поверхнями, твірні яких зміщені на кут $d\alpha$;

$$d\omega = \frac{dA}{r^2},$$

де dA — площа поверхні сферичного поясу, яку вирізають дві конічні поверхні

$$dA = 2\pi r \cdot \sin \alpha \, da = 2\pi r^2 \sin \alpha \, da,$$

де α - кут розкриття конусу.

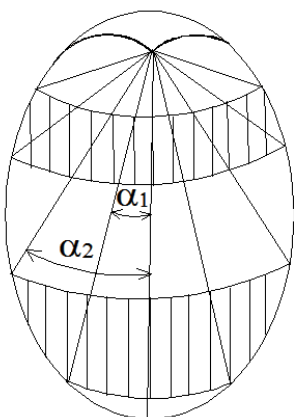
Тоді

$$d\omega = 2\pi \sin \alpha \, da.$$

Відомо, що сила випромінювання (просторова щільність світлового потоку випромінювання) визначається відношенням потоку випромінювання $d\Phi_e$ до тілесного кута $d\omega$ з вершиною в точці розміщення джерела, в межах якого рівномірно розподілений цей потік

$$I_e = \frac{d\Phi_e}{d\omega}$$

Розподілення сили випромінювання джерел в різних напрямках простору частіше представляється у вигляді графіків, таблиць чи математичних виразів. Якщо зобразити значення сили випромінювання джерела в різних напрямках радіус векторами, довжина яких буде визначатися в прийнятому напрямку простору, то частина простору, обмежена замкнутою поверхнею, що представляє собою геометричне місце кінців радіус – векторів сили випромінювання, називають фотометричним тілом випромінювання.

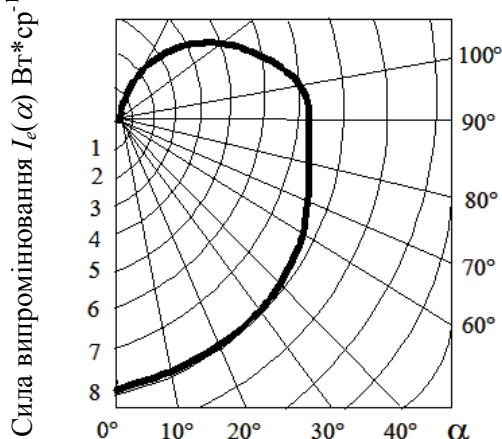


Фотометричне тіло випромінювання симетричне

відносно осі джерела та може бути прийняте за тіло обертання. Для симетричних випромінювачей розподілення випромінювання світла може бути представлено повздовжньою кривою розподілення сили випромінювання (КСВ), отриманій як результат перерізу фотометричного тіла будь якою площиною, що проходить крізь вісь випромінювання.

КСВ будують в полярних координатах.

Фотометричне тіло випромінювання



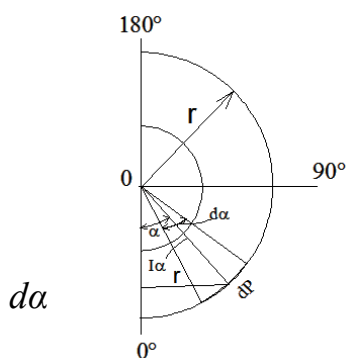
Крива сили випромінювання

Інколи виникає необхідність розрахувати світловий потік випромінювання по заданому розподіленню сили світла.

Нехай симетричне відносно осі випромінювача розподілення сили світла задано повздовжньою кривою.

Для малих кутів $d\omega$ маємо $d\alpha \approx \text{tg} \alpha d\alpha$. Тоді можна записати $dl \approx r d\alpha$;

$$d\omega = \frac{S}{r^2} = \frac{2\pi r dl}{r^2} = \frac{2\pi r \cdot \sin \alpha \cdot r d\alpha}{r^2} = 2\pi \sin \alpha d\alpha.$$



Вважаючи, що сила світла в межах елементарного кута постійна та рівна I_α , ми можемо написати, що світловий потік випромінювання:

$$d\Phi = I_\alpha d\omega = 2\pi I_\alpha \sin \alpha d\alpha,$$

Або

$$\Phi = 2\pi \int_0^\pi I_\alpha \sin \alpha d\alpha.$$

Розбиваючи простір на ряд конічних тілесних кутів, що заключені між кутами відкриття $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$, можна визначити потік випромінювання, що розповсюджується в межах кожної зони.

$$\Phi_{\alpha_1-\alpha_2} = 2\pi(I_\alpha)_{cp} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin \alpha d\alpha = 2\pi(I_\alpha)_{cp} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) = I_{\alpha_{cp}} \Delta \omega_{\alpha_1-\alpha_2},$$

де $\Delta_{\omega_{\alpha_1-\alpha_2}}$ – зональний тілесний кут, що розглядається.

§2.3. Опроміненість від точкового джерела горизонтальної поверхні, сфери, циліндру

У відповідності з визначенням опроміненості маємо, що опроміненість

$$E = \frac{d\Phi_e}{dS},$$

де $d\Phi_e$ - потік, що приходить на одиницю опроміненості поверхні dS ,

З іншого боку, $d\Phi_e = I_\alpha d\omega$. З визначення тілесного кута

$$d\omega = \frac{dS \cos \beta}{l^2},$$

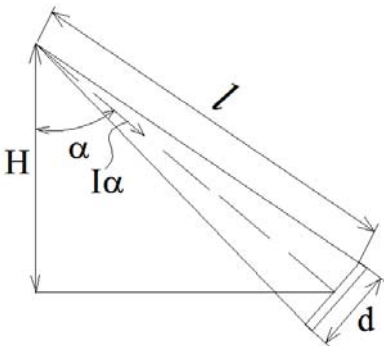
Опроміненість поверхні від точкового джерела.

$$\text{Тоді } d\Phi_e = \frac{I_{e\alpha} dS \cdot \cos \beta}{l^2}$$

$$\text{або } E_e = \frac{I_{e\alpha} \cos \beta}{l^2}$$

При проектуванні опромінювальних установок важливо знати середню опроміненість тіл різної форми.

1) Тіло у вигляді диску діаметром $d \leq 0,5\ell$:



Площа опромінювання:

$$S_o = \frac{\pi d^2}{4}.$$

Тілесний кут:

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4\ell^2}.$$

Потік в тілесному куту:

$$\Phi = I_{e\alpha} \cdot \omega = \frac{I_{e\alpha} \pi d^2}{4\ell^2}.$$

Опромінюваність диску

Середня опромінюваність:

$$E = \frac{\Phi}{S_o} = \frac{I_{e\alpha} \pi d^2 \cdot 4}{4\ell^2 \pi d^2} = \frac{I_{e\alpha}}{\ell^2} = \frac{I_a \cdot \cos \alpha}{H^2},$$

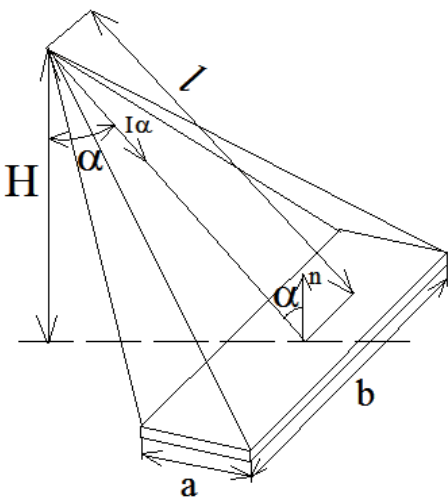
де $H = l \cdot \cos \alpha$ - висота підвісу опромінювача.

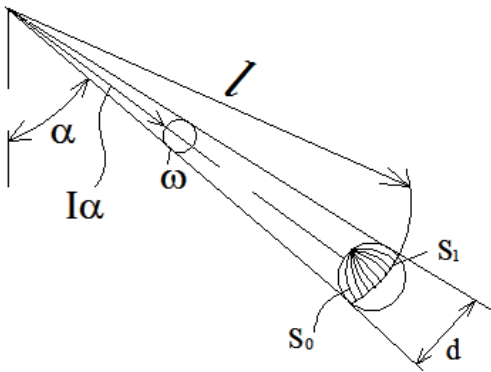
2) Опромінюване тіло – горизонтальна прямокутна пластина розміром a, b :

Площа опромінення:

$$S_o = a \cdot b.$$

Тілесний кут:





$$\varpi = \frac{a \cdot b \cdot \cos \varepsilon}{l^2}.$$

Тоді опромінюваність:

$$E_r = \frac{I_{e\alpha} a \cdot b \cdot \cos \alpha}{l^2 a \cdot b} = \frac{I_{e\alpha} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \alpha^2 \alpha}{H^2}.$$

Опромінюваність пластини

3) Опромінюване тіло сфера діаметром d :

Площа опромінювання:

$$S_0 = \frac{\pi d^2}{2}.$$

Площа перерізу сфери:

$$S_1 = \frac{\pi d^2}{4}.$$

Тілесний кут:

$$\omega = \frac{S_1}{l^2} = \frac{\pi d^2}{4l^2}.$$

Потік, що падає на сферу:

$$\Phi = I_{e\alpha} \cdot \omega.$$

Тоді опромінюваність:

$$E_{cp} = \frac{\Phi}{S_0} = \frac{I_{e\alpha} \pi d^2 2}{\pi d^2 4l^2} = 0,5 I_{e\alpha} \frac{\cos \alpha}{H^2}$$

4) Опромінюємо тіло – циліндр діаметром d та висотою h :

Площа опромінювання:

$$S_0 = \frac{\pi d h}{2}.$$

Площа перерізу циліндру:

$$S_1 = d h.$$

Тілесний кут:

$$\omega = \frac{d h}{l^2}.$$

Тоді опроміненість:

$$E_u = \frac{\Phi}{S_0} = \frac{I_{e\alpha} d h 2}{l^2 \pi d h} = \frac{2 I_{e\alpha} \cos^2 \alpha}{\pi H^2} = 0,64 \frac{I_{e\alpha} \cos^2 \alpha}{H^2}.$$

Якщо проаналізувати отримані формули опромінюваності різних тіл, то можна ввести єдину формулу.

$$E = k_{\Phi} \frac{I_{e\alpha} \cos^2 \alpha}{H^2},$$

де k_{Φ} – коефіцієнт форми поверхні тіла.

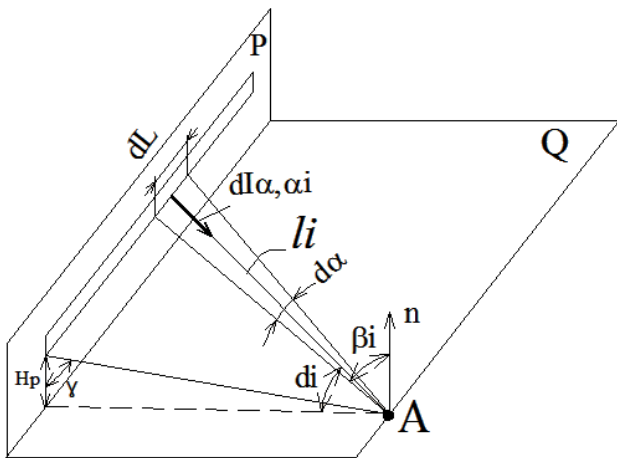
	Значення коеф. k_{Φ}
--	---------------------------

Форма поверхні тіла	
Плоска:	
Нормальна	1
Горизонтальна	$\cos\alpha$
Сферична	0,5
Циліндрична	
Нормальна	0,64
Повздожня	$0,64 \cos\alpha$

§2.4. Опромінюваність горизонтальної поверхні від лінійного випромінювача

Розглянемо випадок, коли лінія, що світиться, паралельна розрахунковій площині.

Положення розрахункової точки вибираємо так, щоб її проекція на площину P співпадала з проекцією кінця лінії, що світиться на розрахункову площину Q . Виділимо на розрахунковій лінії, що світиться, безкінечно малий елемент dL , положення якого відносно розрахункової точки A визначається висотою розміщення H_p та кутами γ та α_i .



Освітленість в точці A від елемента лінії, що освітиться dL :

$$dE_A = \frac{dI_{\gamma\alpha_i} \cdot \cos \beta_i}{l_i k_3},$$

де $dI_{\gamma\alpha_i}$ - сила випромінювання елемента лінії, що світиться по напрямку до точки A ; β - кут між вектором сили випромінювання $dI_{\gamma\alpha_i}$ та нормаллю до опромінювальної поверхні в контрольній точці; l_i - відстань від елемента лінії, що світиться dL до розрахункової точки; k_3 коефіцієнт запасу.

Ввівши поняття сили випромінювання з одиниці довжини лінії що світиться I_γ та вважаючи, що в площині осі лінії що світиться (повздожня площини) розподілення сили випромінювання згідно з закону косинуса, що справедливо для більшості люмінесцентних світильників, буде мати вид:

$$dI_{\gamma,\alpha_i} = I_\gamma dL \cos \alpha_i$$

або:

$$\left. \begin{aligned} \cos \beta_i &= \frac{H_p}{l_i} \\ l_i &= \frac{H_p}{\cos \gamma \cdot \cos \alpha_i} \end{aligned} \right\}$$

$$dL \cos \alpha_i = l_i d\alpha_i$$

Отримаємо:

$$dE_A = \frac{I_\gamma}{H_p k_3} \cos^2 \gamma \cos^2 \alpha_i d\alpha_i \quad (*)$$

Опромінюваність в точці А від всієї лінії що світиться, визначається інтегруванням * по довжині лінії L;

$$E_A = \int_L dE_A = \frac{I_\gamma}{H_p k_3} \cos^2 \gamma \int_0^{\alpha_k} \cos^2 \alpha_i d\alpha_i.$$

Підставивши $\cos^2 \alpha_i = \frac{1 + \cos^2 \alpha_i}{2}$ та проінтегрувавши отримаємо:

$$E_A = \frac{I_\gamma}{2H_p k_3} \cos^2 \gamma \left(\alpha_k + \frac{\sin^2 \alpha_k}{2} \right),$$

де I_γ – сила світла на одиницю довжини лінії що світиться, в площині: перпендикулярній до осі лінії $\gamma = \arctg \frac{P}{H_p}$; d – кут, під яким видно лінії що світяться з точки розрахунку; H_p – висота розміщення лінії що світиться під освітлювальною поверхнею.

Силу опромінювання на одиницю довжини лінії в площині, перпендикулярній до її осі з деяким наближенням можливо визначити за формулою;

$$I_\gamma = \frac{\Phi}{\pi^2 L},$$

де Φ – потік лінії що світиться.

§2.5. Приймачі променевої енергії та їх характеристики.

Тіла в природі, в яких відбувається поглинання та перетворення оптичного випромінювання називають приймачами оптичного випромінювання.

Поглинаюче приймачем випромінювання як один з видів енергії переходить в інші види енергії: хімічну або теплову енергію або в комбінацію цих енергій.

Створений вид енергії називається енергією фотопродукту $W_{\text{фп}}$. Відношення всіх видів енергії, накопиченій у фотопродукті до енергії потоку випромінювання, що упало на цей приймач є коефіцієнтом поглинання або поглинання приймача g_s ;

$$g_s = \frac{d\Phi_{\text{фп}}}{\Phi d\tau} = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi} = \alpha$$

По закону збереження енергії $Q_e = Q_{e\Phi} + \Delta Q_n$ поглинання енергії повинна рівнятися сумі перетворених енергій;

$$\alpha = g_{st} + g_{sx} + g_{s\lambda} + \rho_{SA} + \dots$$

де g_{st} – ККД перетворення випромінювання в тіло, типлова чутливість;

g_{sx} – чутливість хімічних та біохімічних зв'язків в $g_{s\lambda}$ - енергетична чутливість;

g_{st} – фоточутливість (люмінесценція).

Формула залишається справедливою і для монохроматичного випромінювання:

$$\alpha_\lambda = g_{\lambda l} + g_{\lambda x} + \rho_{\lambda e} + \dots$$

Визначення g_λ в багатьох випадках є складним або неможливим. Тому в розрахунках користуються поняттям відносної спектральної чутливості.

Розділяють інтегральну чутливість та спектральну чутливість.

Інтегральна чутливість оцінює чутливість до складного випромінювання та характеризується відношенням поглинаючої та ефективно перетвореної енергії до всієї падаючої на приймач;

$$g = C \frac{Q_{ea}}{Q_e},$$

де C – коефіцієнт, що визначає вибір одиниць вимірювання величини;

Q_{ea} – енергія поглинена та ефективно перетворена в приймачі в інший вид енергії;

Q_e – вся енергія випромінювання, що падає на приймач.

Однак більшість приймачів володіє вибірковою чутливістю до випромінювання різних довжин хвиль. Залежність, що визначає чутливість до монохроматичного випромінювання різної довжини хвилі називають спектральною чутливістю приймача

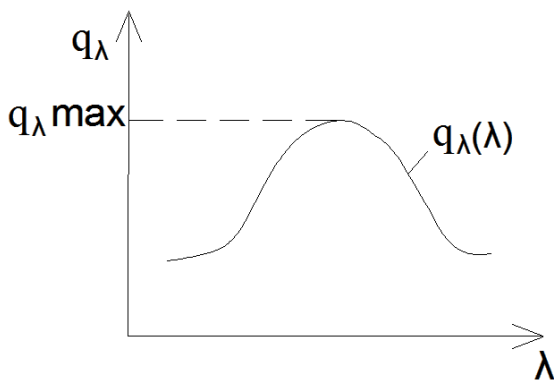
$$q_\lambda = C \frac{d\Phi_{ea\lambda}}{d\Phi_{e\lambda}}$$

де $\Phi_{ea\lambda}$ – поглинений та ефективно перетворений в приймачі потік монохроматичного (однорідного) випромінювання;

Φ_λ – повний потік монохроматичного (однорідного) випромінювання, що падаючий на приймач

В більшості приймачів спектральна чутливість залежить від довжини хвилі, падаючого на нього однорідного випромінювання. Такі приймачі називають вибілковими (селективними).

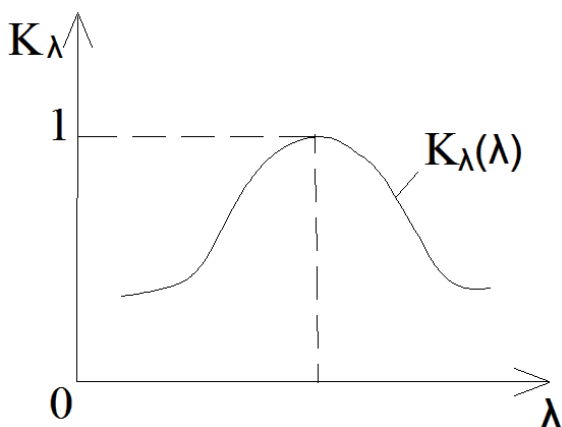
Графічно це виглядає так: $q_\lambda = f(\lambda) = q_\lambda(\lambda)$



В окремій частині спектру спектральна чутливість має максимум q_{\max} .

Якщо всі інші значення $q_{\lambda(\lambda)}$ розділити на $q_{\lambda \max}$, то отримаємо відносну спектральну чутливість;

$$K_{\lambda(\lambda)} = \frac{q_{\lambda(\lambda)}}{q_{\lambda \max}}$$

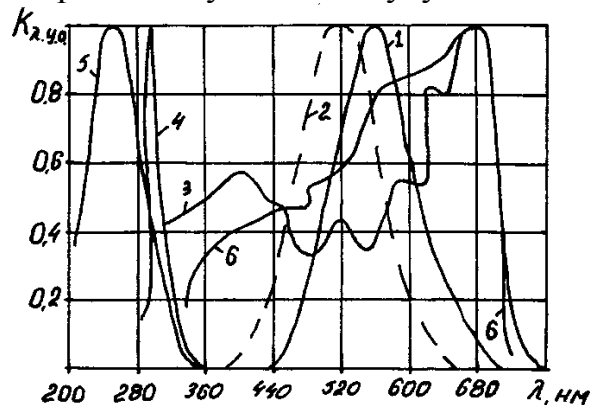


q_λ – максимальна спектральна чутливість приймача до постійного по величині та спектральній інтенсивності випромінювання.

Відносна спектральна чутливість – величина безрозмірна. Нею зручніше користуватися для оцінки спектральної чутливості різних приймачів. Вона також може

бути виражена графічно.

Функції відносної спектральної чутливості будуються в координатах K та λ .



Відносні спектральні характеристики деяких приймачів, що використовуються для розрахунків освітлювальних та опромінювальних приладів в с/г:

1 – очі людини вдень; 2 – очі людини вночі; 3 – зеленого листа; 4 – шкіра тварини; 5 – бактерій; 6 – фотосинтезу.

З кривих видно, що всі розглянуті приймачі випромінювання селективні. Приймачі випромінювання різних груп значно відрізняються спектральними характеристиками.

Око людини та зелений лист сприймає випромінювання в майже однаковому спектральному інтервалі. Однак ті монохроматичні випромінювання, які око сприймає краще за все (550... 560 нм), для зеленої рослини найменш ефективні. Це означає, що одиниці та величина однієї системи не можуть бути використані взамін одиниць та величин іншої, якщо невідомі співвідношення між ними. Ці співвідношення залежать від спектрального складу випромінювання.

ТЕМА 3.

§3. СВІТЛОВА ДІЯ ДЖЕРЕЛ ВИПРОМІНЮВАННЯ.

§3.1. Взаємодія оптичного випромінювання з приймачами та поняття ефективного потоку.

Енергія, що попала на приймач викликає позитивну, а у випадку сильного опромінення негативну дію і називається ефективною енергією.

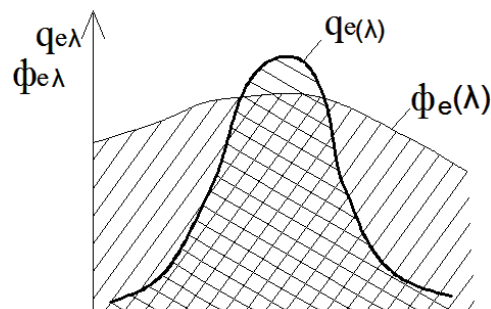
Ефективну енергію за час її дії можна розглядати як ефективний потік.

Ефективний потік – це потужність випромінювання, поглинання приймачем, що визиває в ньому якусь корисну (ефективну) дію та іншими словами ефективний потік це потужність випромінювання, що оцінюється по рівню реакції на нього приймача енергії випромінювання (наприклад, реакція ока на світло).

Якщо відома спектральна густина потоку випромінювання $\varphi_{e\lambda}$, то площа фігури під кривою спектральної густини представляє собою потік випромінювання джерела. Якщо на цьому ж графіку побудувати графік спектральної чутливості $q_{e\lambda}$,

то ефективний потік визначається площею фігури, що заштрихована двічі. Таким чином ефективний потік:

$$\Phi_{ef} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} g_{e\lambda}(\lambda) \cdot \Phi_{e\lambda}(\lambda) d\lambda,$$



Визначення ефективного λ потоку.

Якщо використовувати поняття відносної спектральної чутливості:

$$K_{\lambda}(\lambda) = \frac{q_e(\lambda)}{q_e(\lambda)_{\max}},$$

тоді

$$\Phi_{e\Phi} = q_e(\lambda)_{\max} \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} K_{e\lambda}(\lambda) \cdot \Phi_{e\lambda}(\lambda) d\lambda.$$

§3.2. Системи світлових величин та одиниці їх вимірювання.

Всі приймачі оптичного випромінювання поділяються на 4 групи. Для кожної з цих груп прийнята своя система ефективних величин та одиниць вимірювання.

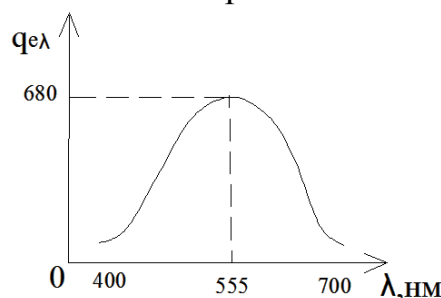
Світлова система ефективних величин. Еталонний приймач око людини.

В цій системі оцінюється світлова, фотоперіодична та терапевтична дія видимого випромінювання.

Основною ефективною величиною в цій системі величин являється світловий потік Φ . Одиницею світлового потоку являється люмен (Лм). 1 Лм дорівнює потоку випромінювання абсолютно чорним тілом за площею $0,5305 \text{ мм}^2$ при температурі затвердівання платини (2042°K).

Однорідне випромінювання потужністю 1 Вт при $\lambda = 0,555 \text{ мкм}$ складає 680 Лм світлового потоку. Число 680 – світловий еквівалент потужності випромінювання.

Максимальне значення спектральної чутливості середнього ока людини дорівнює 680 Лм/Вт при довжині хвилі випромінювання $\lambda = 0,555 \text{ мкм}$.



Спектральна чутливість ока людини

Тому, якщо необхідно в загальному потоку випромінювання визначити світловий потік, то використовується формула;

$$\Phi = 680 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi_{e\lambda}(\lambda) \cdot K_{e\lambda}(\lambda) d\lambda,$$

для монохромного випромінювання:

$$\Phi = 680 \sum_{i=1}^n K_e(\lambda_i) \Phi_{e\lambda_i},$$

де $K_e(\lambda_i)$ – відносна спектральна чутливість приймача:

$$K_e(\lambda_i) = \frac{q(\lambda_i)}{q(\lambda)_{\max}};$$

де $q(\lambda_i)$, $q(\lambda)_{\max}$ – спектральна світлова чутливість приймача до випромінювання відповідно з довжиною хвилі λ_i та до випромінювання з довжиною хвилі λ_{\max} (при якому чутливість максимальна).

Далі аналогічно як для системи енергетичних величин, будемо мати;

Сили світла – просторова щільність світлового потоку:

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \left[\frac{\text{лм}}{\text{ср}} \right] = [\text{кандела}] = [\text{кд}];$$

Сила світла є одна основних величин системи СИ.

Освітленість – відношення світлового потоку до площі, на яку він розповсюджується:

$$E = \frac{d\Phi}{dS}; [\text{люкс}] = [\text{лк}];$$

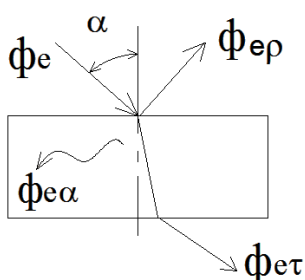
Одиниця освітленості – люкс (лк) має розмірність люмен на квадратний метр. Освітленість поверхні не залежить від її властивостей та від напрямлення, в якому поверхня розглядається.

світимість $M = \frac{d\Phi}{dS}; [\text{лк}];$

експозиція $H = \int_{\tau_1}^{\tau_2} E(\lambda) d\tau; [\text{лк} \cdot \text{с}].$

§3.3. Світлові властивості тіл.

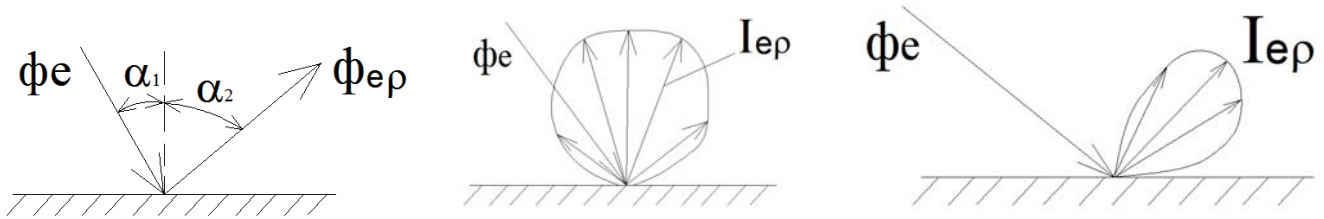
Вплив оптичного випромінювання на приймачі залежить від їх оптичних властивостей. Основні оптичні властивості приймачів характеризуються: відбиванням, поглинанням та пропусканням.



Відбиванням називають повернення випромінювання об'єктом без зміни довжини хвиль його складових монохроматичних випромінювань.

Взаємодія оптичного випромінювання з приймачем

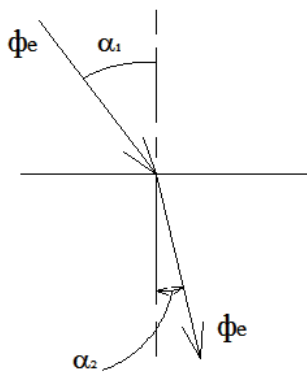
Відрізняють три види відбивання;



а) направлення (дзеркальне) б) дифузне (розсіяне) в) направлено-розсіяне

При проходженні потоку випромінювання крізь прозоре тіло може бути заломлення випромінювання або його пропускання.

Заломленням випромінювання називається зміна його напрямку при переході з одного прозорого середовища в інше. Промінь падаючий та промінь заломлений лежить в одній площині з перпендикуляром до поверхні розділу в точці падіння променя.



Показник заломлення:

$$n = \frac{U_2}{U_1} = \frac{C}{U}$$

де C – швидкість світла в вакуумі.

Абож:

$$n = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2}$$

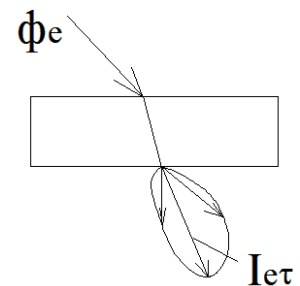
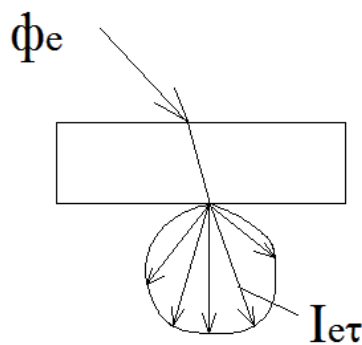
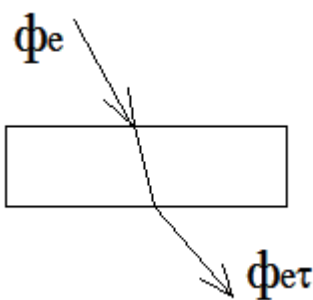
α_1, α_2 – відповідно, кут падіння та відбивання променя.

Пропусканням називається проходження випромінювання крізь середовище без зміни довжин хвиль відповідно його монохроматичних випромінювань.

направлене

дифузне (розсіяне)

направлено-розсіяне



Для кількісної оцінки оптичних властивостей тіл вводять інтегральні коефіцієнти:

поглинання $\alpha = \frac{\Phi_{e\alpha}}{\Phi_e};$

відбивання $\rho = \frac{\Phi_{e\rho}}{\Phi_e};$

пропускання $\tau = \frac{\Phi_{e\tau}}{\Phi_e};$

очевидно, що $\alpha + \rho + \tau = 1,$

де Φ_e – падаючий потік,

де $\Phi_{e\alpha}, \Phi_{e\rho}, \Phi_{e\tau}$ – потік поглинальний, відбиваючий, пропускаючий.

Для характеристики тіл, здатних поглинати, відбивати та пропускати випромінювання визначеної довжини, хвилі випромінювання, тобто монохроматичного випромінювання, вводять поняття спектральних коефіцієнтів поглинання α_λ , відбивання ρ_λ та пропускання τ_λ ;

$$\alpha_\lambda = \frac{\Phi_{e\lambda d}}{\Phi_{e\lambda}}; \quad \rho_\lambda = \frac{\Phi_{e\lambda\rho}}{\Phi_{e\lambda}}; \quad \tau_\lambda = \frac{\Phi_{e\lambda\tau}}{\Phi_{e\lambda}};$$

Інтегральні коефіцієнти пов'язані зі спектральними коефіцієнтами з наступними відношеннями:

$$\rho = \frac{\int_{1_{\text{мм}}}^{1_{\text{мм}}} \varphi_\lambda(\lambda) \rho_\lambda(\lambda) d\lambda}{\int_{1_{\text{нм}}}^{1_{\text{мм}}} \varphi_\lambda(\lambda) d\lambda}; \quad \alpha = \frac{\int_{1_{\text{мм}}}^{1_{\text{мм}}} \varphi_\lambda(\lambda) \alpha_\lambda(\lambda) d\lambda}{\int_{1_{\text{нм}}}^{1_{\text{мм}}} \varphi_\lambda(\lambda) d\lambda}; \quad \tau = \frac{\int_{1_{\text{мм}}}^{1_{\text{мм}}} \varphi_\lambda(\lambda) \tau_\lambda(\lambda) d\lambda}{\int_{1_{\text{нм}}}^{1_{\text{мм}}} \varphi_\lambda(\lambda) d\lambda};$$

Де в чисельнику приведений потік складного випромінювання відповідно відбивання, поглинання та пропускання, а в знаменнику падаючий потік випромінювання.

§3.4. Поняття яскравості та кольоровості випромінювання.

Відомо, що рівень відчущання світла залежить від освітленості (густина світлового потоку) на сітчатці ока, яка може бути визначена у вигляді

$$E = \tau \frac{d\Phi_{зр}}{dS_2}, *$$

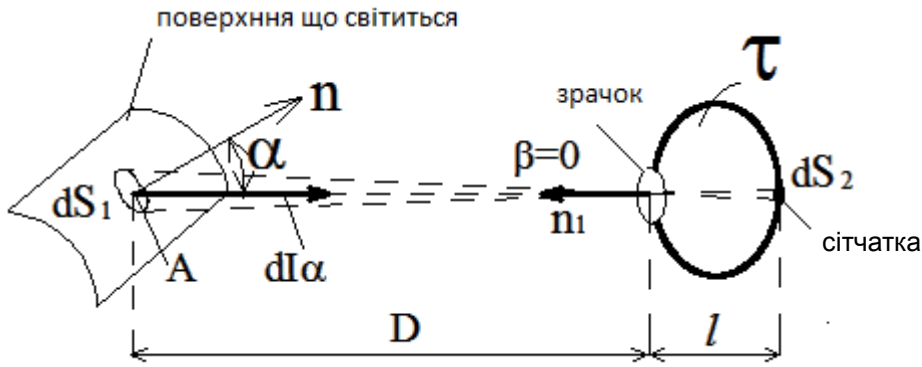
де τ – коефіцієнт пропускання світлового потоку в оковому середовищі; $d\Phi_{зр}$ – світловий потік елементу поверхні що світиться, падаючий на зрачок ока; dS_2 – площа зображення елементу поверхні dS_1 на сітчатій області ока.

З іншого боку, світловий потік, падаючий на зрачок від елементу поверхні dS_1 може бути виражений:

$$d\Phi_{зр} = dE_{зр} \cdot S_{зр},$$

де $dE_{зр}$ – елементарна освітленість на зрачку;

$S_{зр}$ – площа зрачка.



В свою чергу, освітленість на зрачку:

$$E_{zp} = \frac{dE_{zp} \cdot \cos \beta}{D^2} = \frac{dI\alpha}{D^2}, **$$

Тоді

$$d\Phi_{zp} = \frac{dI\alpha S_{zp}}{D^2} ***$$

Підставивши ** в * отримаємо:

$$E_c = \tau \frac{dI\alpha S_{zp}}{D^2 dS_2}$$

Використовуючи формулу закону квадратів будемо мати:

$$\frac{dS_1 \cos \alpha}{dS_2} = \frac{D^2}{l^2}$$

Звідки $D^2 = \frac{dS_1 \cos \alpha \cdot l^2}{dS_2}$.

Підставляючи це в *** будемо мати:

$$E_c = \frac{\tau S_{zp}}{l^2} \cdot \frac{dI\alpha}{dS_1 \cos \alpha} = C \frac{dI\alpha}{dS_1 \cos \alpha},$$

де $C = \frac{\tau S_{zp}}{l^2} = const$ для даного ока.

Таким чином, освітленість на сітчатці, що визначає рівень відчуття світла, пропорційна величині:

$$L_{я} = \frac{dI\alpha}{dS_1 \cos \alpha} = const$$

де $L_{я}$ – яркість поверхні в точці A площі S_1 .

Яскравість - відношення сили світла $dI\alpha$, що випромінюється елементом поверхні dS_1 в даному напрямку, до площі проекції цієї поверхні на плоскість, перпендикулярну до того ж напрямку $dS_1 \cos \alpha$.

Оптичне випромінювання видимого діапазону, попадаючи на сітчатку ока, оможе визвати різноманітні кольорові відчуття.

Якщо світловий потік, що створює відчуття білого кольору, розкласти за допомогою призми на монохроматичні потоки, то кожен з них, як було доказано Ньютоном, буде викликати відчуття того чи іншого кольору. Кольорове відчуття, що виникає при впливі на око монохроматичного світлового потоку, залежить від довжини хвилі випромінювання. Відомо, що око здатне відрізняти більше 150

відтінків кольору. Ці кольорові відтінки плавно переходять один з одного, створюючи сім умовних ділянок, відповідаючи найбільш характерним кольорам: червоному, помаранчевому, жовтому, синьому, блакитному, фіолетовому.

Кольори, що виникають в нашій свідомості в результаті впливу на око монохроматичних світлових потоків різних довжин хвиль називають спектральними кольорами. Довжину хвилі випромінювання, що відповідає даному кольору називають кольоровим тоном. Однак, будь-який зі спектральних кольорів, будучи розбавленим білим кольором, створює безліч відтінків цього кольору в залежності від співвідношення білого та спектрального чистого кольору. Звідси витікає, що кольоровий тон ще не характеризує колір. Тому вводять поняття чистоти кольору P , яка визначається долею монохроматичного світлового потоку в світловому потоці даної суміші (визначається у %).

Кольоровий тон та чистота кольору є якісними характеристиками кольору або як характеристика кольоровості.

Повна характеристика кольору повинна включати в себе на ряду з якісними показниками і кількісний показник яскравості оцінюємого випромінювання (при малих яскравості випромінювання синього кольору буде сприйматися блакитним, жовтий–коричневим).

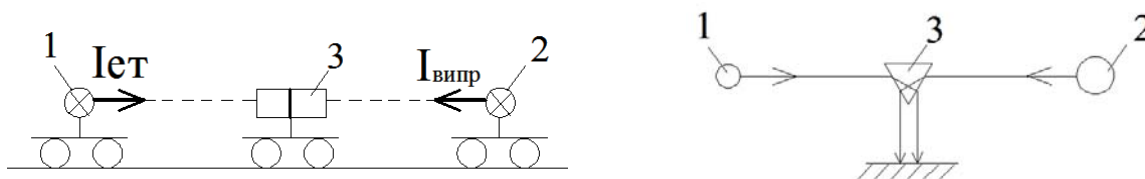
ТЕМА №4

§4. СВІТЛОВІ ВИМІРЮВАННЯ

§4.1. Методи вимірювання оптичного випромінювання

Вимірювання оптичних характеристик джерел випромінювання та випромінювачей можуть здійснюватися візуальними та фізичними методами.

Візуальні вимірювання ґрунтуються на урівнюванні яскравостей двох суміжних полів порівняння.



Візуальне вимірювання оптичного випромінювання:

1 – еталонне джерело; 2 – джерело, що визначається 3 – призма (фотометрична голівка)

Індикатором є око людини. Якщо в якості індикатора використовуються фізичні прилади: фотоелементи, фотоелектронні помножувачі, балометри та ін. Тоді метод вимірювання є фізичним.

Основні переваги фізичної фотометрії:

1. Здатність фізичних приймачів променевої енергії до безпосередньої кількісної оцінки вимірюючих величин;
2. Здатність фізичних приймачів здійснювати вимірювання не тільки в видимій області, а і в інфрачервоному та ультрафіолетовому.

§4.2. Вимірювальні приймачі оптичного випромінювання, їх класифікація та характеристика.

Вимірювання оптичного випромінювання засновано на перетворенні енергії цього випромінювання в електричну (теплову, хімічну енергію випромінювання).

Прилади фізичного вимірювання оптичного випромінювання складаються з:

- приймача випромінювання;
- джерела живлення;
- панелі спостереження, проградуєваної в тих чи інших одиницях ефективних величин. (мікрометр, мілівольтметр).

Для вимірювання оптичного випромінювання найбільш розповсюджені приймачі, що ґрунтуються на тепловій та фотоелектричній дії оптичного випромінювання.

Фотоелектричні приймачі енергії випромінювання, в яких безпосередньо перетворюється в електричну енергію.

По механізму виникнення фотоелектричного ефекту приймачі діляться на:

- 1) фотоелементи із зовнішнім фотоелектричним ефектом;
- 2) фотоелементи із внутрішнім фотоелектричним ефектом;
- 3) фотоелементи в запираючому шарі (вентильні фотоелементи).

Фотоелементи із зовнішнім фотоелектричним ефектом іспускають електрони в навколишнє середовище під дією поглинаючого ними випромінювання.

Катод світло чутливий, напилений (калієвий, сурменоцезієвий) шар.

Анод кільце з тонкої нікелевої проволочки.

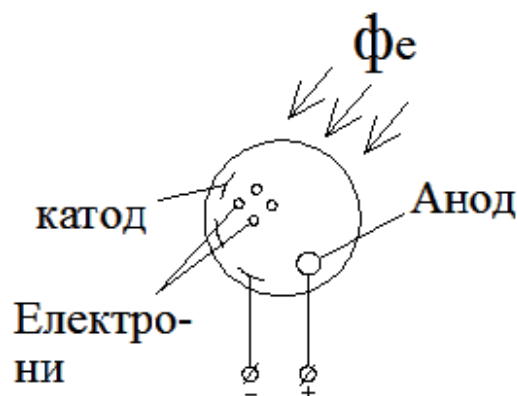


Схема будови фотоелементу із зовнішнім фотоелектричним ефектом.

Фотоелементи можуть бути вакуумні та газонаповнені. В газонаповнених приймачах фотострум збільшується за рахунок іонізації інертних газів в колбі.

Чутливість $80 \div 120 \text{ мкА} \cdot \text{мкА} \cdot \text{лм}^{-1}$

Різновидом фотоелементів з зовнішнім фотоелектричним ефектом є фотоелектронні помножувачі (коефіцієнт підсилення досягає 10^7)

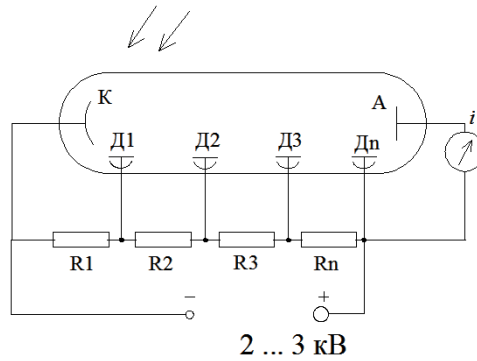


Схема будови фотоелектронного помножувача.

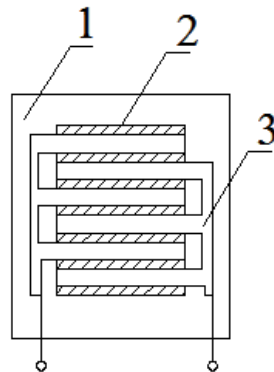


Схема будови фотоелементу із внутрішнім фотоелементом:
1 – ізоляція; 2 – фоточутливий шар; 3 – контактна сітка.

Фотоелемент із внутрішнім фотоелементом, внутрішній фотоелемент проявляється в зміні провідності матеріалів під дією оптичного випромінювання напівпровідниковий опір під впливом поглиненої енергії випромінювання вивільняє електрони з кристалічної решітки. Найбільш розповсюджені селенові фотоелементи (германієві, селен-телуруні та ін.). Чутливість – $300 - 750 \text{ мкА} \cdot \text{лм}^{-1}$

Фотоелемент із запираючим шаром.

Дія заснована на явищі виникнення ЕРС на електродах приладах при впливі на нього оптичного випромінювання. На границі напівпровідника та електрода виникає запираючий шар. При опроміненні електрони переходять крізь запираючий шар та накопичуються на пластині, а зворотній їх перехід не можливий, в результаті виникає ЕРС. Ці фотоелементи не потребують додаткових джерел живлення.

Щоб вибрати приймач випромінювання, необхідно знати його характеристики. Основними характеристиками приймача випромінювання є: інтегральна чутливість; спектральна чутливість; вольт амперна характеристика; фотоелектричні характеристики ($I = f(\Phi)$; $I = f(E)$); границя чутливості; постійна часу; опір та ін.

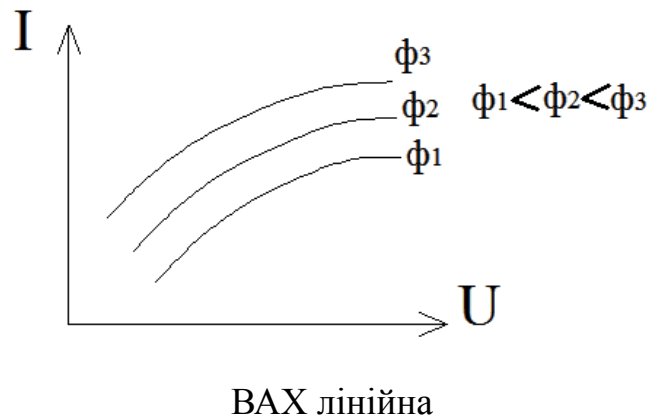
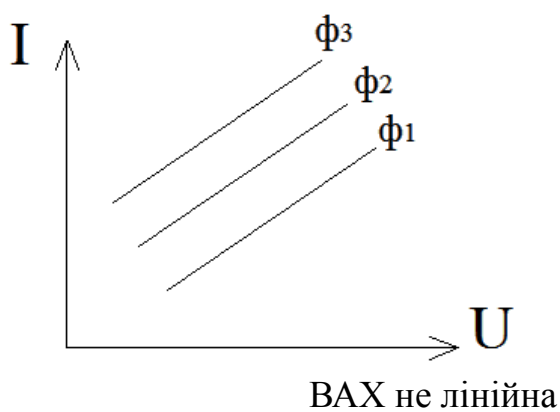
Інтегральна чутливість $q = \Delta i / \Delta \Phi [A \cdot \text{лм}^{-1}]$

Спектральна чутливість $q_{\lambda} = \Delta i / \Delta \Phi_{\lambda}$

Відносна спектральна чутливість

$$K_{(\lambda)} = \frac{q_{\lambda_i}}{q_{\lambda_{\max}}}$$

Вольт–амперна характеристика;



Фотоелектричні характеристики $I = f(\Phi)$

Приймачі випромінювання вибирають за їх характеристикою. При цьому необхідно щоб:

1. інтегральна чутливість приймача охоплювала весь діапазон довжин хвиль вимірювального оптичного випромінювання.
2. спектральна чутливість приймача випромінювання приладу вимірювання оптичного випромінювання повинна відповідати спектральній чутливості сталого приймача.

§4.3. Вимірювання освітленості, сили світла, світлового потоку.

Для вимірювання освітленості застосовують фотометричні прилади, (люксметри).

Вимірювання світлового потоку здійснюється в кульових фотометрах, що представляють собою порожнисту кулю, зафарбовану всередині білою дифузно відбиваючою фарбою. Ця куля може бути діаметром від 0,5 до 2,5м. Випробувальне джерело, розміщене всередині фотометру, посилає в усі боки світловий потік $\Phi_{дж}$, який при попаданні на внутрішню поверхню, віддзеркалюється від неї; $\rho\Phi_{дж}$, де ρ - коефіцієнт віддзеркалення. Після першого віддзеркалення цей потік повторно потрапить на стінки та також віддзеркалиться $\rho^2\Phi_{дж}$ та ін. В результаті багаторазових віддзеркалень на внутрішній поверхні фотометру встановиться деякий світловий потік Φ , величина цього потоку визначається із закону збереження енергії, згідно якого величина світлового потоку джерела повинна дорівнювати потоку, поглиненому в середині кульового фотометра в процесі багаторазових віддзеркалень.

$$\Phi_{дж} = \Phi(1 - \rho)$$

або

$$\Phi = \Phi_{дж} + \frac{\Phi_{дж}\rho}{1 - \rho} = \Phi_{дж} + \Phi_0,$$

де $\Phi_{дж}$ – складова прямого потоку джерела

$$\Phi_0 = \frac{\Phi_{дж}\rho}{1 - \rho} - \text{складова потоку багаторазових віддзеркалень.}$$

Світловий потік Φ_0 рівномірно розподілений на внутрішній поверхні шарового фотометра, та створює однакову освітленість всіх її ділянок:

$$E_{зн} = \frac{\Phi_0}{S_{зн}} = \frac{\rho\Phi_{дж}}{(1-\rho) \cdot 4\pi \cdot r^2},$$

де r – радіус шару.

З цього виразу видно, що освітленість внутрішньої поверхні шарового діаметру пропорційна світловому потоку випробовуючого джерела світла.

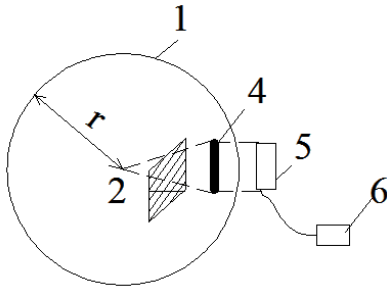


Схема вимірювання світлового потоку за допомогою шарового фотометра:

1 - шаровий фотометр; 2 - джерело світла;
3 - непрозорий білий екран; 4 - молочне скло;
5 - селеновий фотоелемент; 6 – люкметр.

Світимість зовнішньої поверхні:

$$M = E_{зв} \tau,$$

де τ – коефіцієнт пропускання світла молочним склом,

$$E_{зв} = \frac{M}{\tau},$$

$$\Phi_{дж} = \frac{M(1-\rho)4\pi \cdot r^2}{\rho\tau} = CM,$$

де $C = \frac{M(1-\rho)4\pi \cdot r^2}{\rho\tau}$ – const шарового фотометру.

При вимірюванні світлового потоку в шаровому фотометрі користуються методом заміщення. При цьому на початку в фотометрі встановлюють джерело з відомим потоком (еталонний) та вимірюють освітленість E_{ET} , а потім вимірюють освітленість $E_{дж}$ випробовуємого джерела. Шуканий світловий потік визначається з відношення

$$\Phi_{дж} = \Phi_{ET} \frac{E_{дж}}{E_{ET}}$$

Таким чином, можливо визначити потік вимірюємого джерела при відомих параметрах еталонного джерела (потік Φ_{ET} та освітленість E_{ET}) та освітленість від вимірюємого джерела.

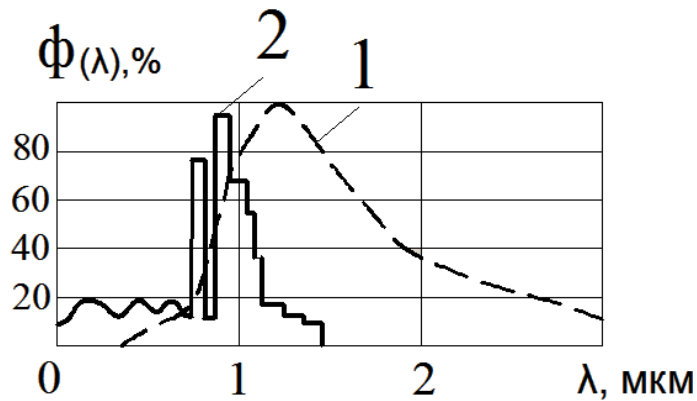
Електричні джерела оптичного випромінювання. Світлові прилади та опромінювані:

Основні характеристики електричних джерел випромінювання

Штучними джерелами оптичного випромінювання називають пристрій, що призначений для перетворення якого-небудь виду енергії в оптичне випромінювання.

Найчастіше в електричних джерелах оптичного випромінювання електрична енергія перетворюється в основному двома способами; через нагрів тіла електричним струмом; крізь електричний розряд в газах та парах металів.

Розглянемо спектр випромінювання нагрітого твердого тіла та електричного розряду в газі. Спектр випромінювання нагрітого тіла завжди спробний (крива 1).



Спектр випромінення електричних джерел:

1 – при нагріві тіла електричним струмом;

2 – при електричному розряді в ксеноні

Для електричного розряду в газі або парах металів характерний або полосатий спектр (крива 2), або ж лінійчастий, що складається з окремих монохроматичних випромінень.

У відповідності з принципом перетворення електричної енергії джерела випромінення поділяються на теплові та розрядні.

Для характеристики електричних джерел оптичного випромінення використовують наступні основні показники.

1. Енергетичні:

- Енергетичний коефіцієнт корисної дії лампи

$$\eta_{e.l} = \Phi_{e.l} / P_l$$

де $\Phi_{e.l}$ - повний потік випромінення лампи, Вт;

P_l – потужність лампи, Вт.

- Ефективний КПД лампи

$$\eta_{ef.l} = \Phi_{ef.l} / P_l = \int_0^{бескон} \Phi_{(\lambda)} k_{(\lambda)} d_{(\lambda)} / P_l$$

де $\Phi_{ef.l}$ - ефективний потік випромінення лампи, Вт.

- Ефективний ККД потоку випромінення лампи

$$\eta_{ef.l} = \Phi_{ef.l} / \Phi_{e.l}$$

Усі енергетичні показники джерела випромінення взаємопов'язані

$$\eta_{ef.l} = \eta_{e.l} \cdot \eta_{ef.n}$$

2. Світлотехнічні;

- спектральний склад випромінення лампи $\Phi_{(\lambda)}$, Вт/нм;

- ефективний потік випромінення лампи $\Phi_{ef.l}$ (світловий – лм,

фотосинтезний – фт, вітальний – віт, бактерицидний – бк);

- ефективна віддача лампи (лм/Вт, фт/Вт, віт/Вт, бк/Вт)

$$q_{max} \cdot \eta_{ef.l} = q_{max} \int_0^{бесконечн} \Phi_{(\lambda)} k_{(\lambda)} d_{(\lambda)} / P_l$$

3. Електротехнічні:

- номінальна потужність лампи P_l , Вт;

- номінальна напруга лампи $U_{лн}$, В

- номінальна напруга мережі $U_{с-н}$, на яку розрахована лампа.

4. Експлуатаційні;

- корисний термін $\tau_{л}$ служби лампи, Г., середня тривалість роботи до моменту зміни одного з її параметрів більше межі, встановлений стандартом (корисний термін служби – технічно та економічно доцільний час горіння лампи, повний термін служби – час роботи лампи до виходу її з ладу).

До експлуатаційних показників відносять залежності основних параметрів лампи від відхилень напруги мережі; $\Phi_{еф.л}(U_c)$, $Rл(U_{с-н})$, $\tau_{л}(U_c)$ та інші.

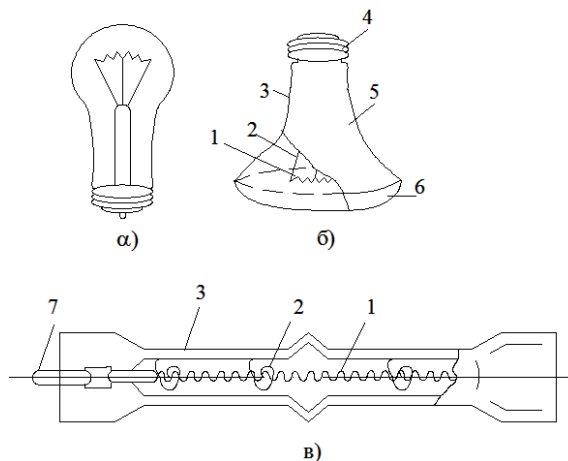
Будова ламп розжарювання

Основна частина електричної лампи розжарювання – тіло розжарювання, що виконане з вольфрамової проволочки круглого перерізу. Тіло розжарювання розміщене в скляній колбі для захисту від окислювальної дії кисню повітря, зафіксовано за допомогою утримувачем.

Форми колб ламп накалювання можуть бути різноманітними від кулеподібної до циліндричної. Для включення лампи в електричне коло на колбі знаходиться цоколь. Який в залежності від умов експлуатації може бути різьбовим, штифтовим, циліндричним, та ін.

Крім прозорих колб використовують матові, молочні, призначені для зменшення сліпучої яскравості тіла накалу.

В лампах деяких типів передбачені відбивачі, що виконані у вигляді дзеркального або дефузійного напилення на внутрішній поверхні колби.



Конструкція ламп:

а - Розжарювання загального призначення;

б - інфрочервана дзеркальна

в - лінійна галогена.

1 – тіло розжарення; 2 – тримачі натиск, 3 – колба, 4 – цоколь, 5 – внутрішній дзеркальний відбивач; 6 – зона нанесення плівки світло фільтру; 7 – контактний вивід.

Світлотехнічні характеристики ламп розжарювання тісно пов'язані з

температурою тіла розжарювання, робоча температура якого обмежування, робоча температура якого обмежується не тільки температурою плавлення вольфраму, а і його інтенсивним розпиленням. В результаті випаровування зменшується переріз вольфрамової проволочки, а вольфрам що випарувався осідає на колбі лампи, знижуючи її прозорість. Для зменшення розпилення вольфраму передбачена спеціальна конструкція тіла розжарювання. Крім того колби наповнюють інертними газами (аргоном, криптоном).

При виготовленні нитки розжарювання у вигляді спіралі знижується розпилення вольфраму. Тому лампи роблять зі спіральним, біспіральним та три спіральним тілом накаливання.

Для зниження негативного впливу розпилення вольфраму на показники роботи ламп, всередину колби вводять дозовану кількість іоду. Такі лампи називають галогенними. При температурі 300... 1200⁰С пари іоду з'єднуються біля стінки колби з відірваними від спіралі частинами вольфраму та утворюють іодид вольфраму WI₂, концентрація якого біля стінок колби підвищується. Під дією дифузії WI₂ переміщується до центру колби.

Біля тіла розжарювання при температурі 1400... 1600⁰С молекули іодиду вольфраму розпадаються та атоми вольфраму осідають на тілі накалу. Вивільнившись іод знову задіюється в оборотному циклі та перешкоджає осіданню вольфраму що випарувався на колбі.

Зовнішні конструктивні відмінності галогенних ламп – кварцева циліндрична колба малого об'єму, що має два виводи на кінцях. Вольфрамова спіраль закріплена на тримачах, витягнута по осі трубки. Довге спіральне тіло розжарювання потребує особливих умов експлуатації: лінійні галогенні лампи можуть працювати тільки в горизонтальному положенні.

Основні конструктивні признаки ламп розжарювання позначені в їх маркуванні, яка починається з букв.

Наприклад:

БКМТ 215-225-100 – лампа розжарювання, біспіральна, криптонова в матованій колбі, напруга мережі 220 В, потужність 100 Вт.

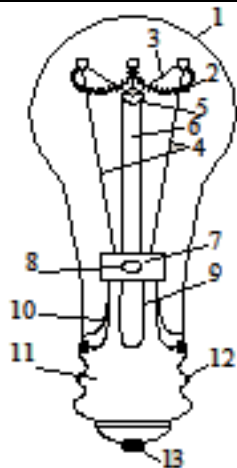
Лінійні галогенні лампи розжарювання позначаються буквами КГ (кварцева галогенна), інфрачервоні галогенні лампи – буквами КГТ.

Інфрачервоні негалогенні лампи виконують з внутрішнім дзеркальним відображенням. Колба може бути прозорою або ж виготовленою з кольорового скла.

Наприклад:

ЦКЗС 215-225-250-1 – інфрачервона (ИК), дзеркальна (З), колба синя (С), напруга мережі 220 В, потужність 250 Вт, номер розроблення 1.

Лампи накаливання загального призначення



Складається зі скляної колби 1; тіла накалу 2, що виконаний з вольфрамової проволочки; молибденових крючків 3, що надають визначену форму тілу накалу та перешкоджають його провисанню; електродів з нікелю 4, що призначені для подачі напруги на тіло накалу; скляного стрижня (штабка) 6, в верхній частині якого є стовщення (лінзочка) 5, куди в паяні крючки; пологого циліндру 10, з опресованою верхньою частиною (лопаткою) 7, в якій з'єднані штабик, електроди та відкачка трубка 9 з отвором 8; цоколі, що складається з металевих стакану з різьбою 12, до якого припаяний один з електродів та контактної шайби 13 з припаяним другим електродом, контактна шайба кріпиться до стакану скломасою 11, цоколь з'єднаний з колбою спеціальною мастикою.

Головною частиною лампи накалу є тіло накалу, яке може представляти собою нитку, спіраль, біспіраль, три спіраль, має різноманітні розміри та форми. Тіло накалу виконують з вольфраму температура плавлення якого 3650 К. Для забезпечення нормальної роботи розкального вольфрамового тіла накалу необхідно ізолювати його від кисню. Для цього тіло накалу розміщують або в безкисневому середовищі (вакуумні лампи), або в середовищі інертних газів або їх сумішей не реагуючих з матеріалом тіла накалу.

Основні характеристики ламп розжарювання

Згідно з законом теплового випромінювання показники роботи ламп розжарювання повністю залежать від температури тіла розжарювання.

Маючи високий енергетичний ККД ($\eta_{e.l} = 70\ldots 90\%$), світловий ККД не перевищує 3,5%. У видимій частині спектру в ламп розжарювання переважають помаранчево-червоні випромінювання з довжиною хвилі $\lambda = 600\ldots 780\text{ нм}$. Блакитних випромінень з довжиною хвилі $\lambda = 380\ldots 450\text{ нм}$ в 10 разів менше. Такий спектральний склад не забезпечує необхідної кольоропередачі.

Галогенові лампи розжарювання в порівнянні з лампами загального призначення мають велику світлову віддачу. В інфрачервоних ламп температура тіла розжарювання менше ніж в звичайних освітлювальних. Це дозволяє в 6...10 разів збільшити термін їх роботи при інфрачервоному ККД біля 80%.

Світлова віддача ламп розжарювання залежить також від конструктивного виконання тіла розжарювання та від наповнення колби. При рівних потужності та

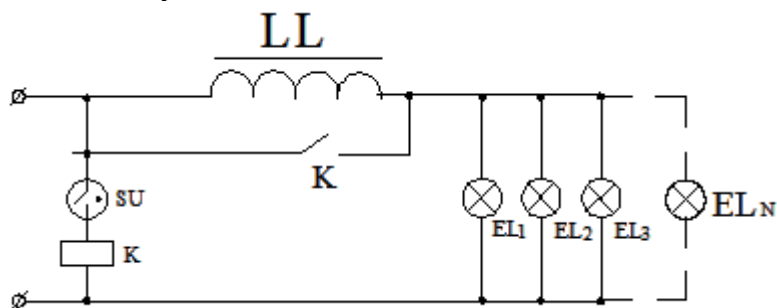
номінальній потужності світлова віддача криптонових ламп вище, ніж аргонових.

Експлуатаційні показники ламп розжарювання, як і світлотехнічні, багаточому визначаються режимом роботи тіла розжарювання. Корисний термін роботи ламп розжарювання загального призначення 1000 год. Гарантійний термін 700 год. Корисний термін роботи галогенних ламп в 2 рази вище 2000 год. Термін роботи ірфрочервоної лампи 6000... 10000 год.

Необхідно відзначити що питомий опір вольфраму, як і усіх чистих металів, збільшується з температурою та при температурах 1400÷1800⁰С відрізняється від значень при кімнатній температурі 12-20 разів. Це спричиняє різкі кидки струму при вмиканні, який перевищує встановлене значення в 12-20 разів. Як наслідок цього вихід з ладу відбувається в момент включення.

Термін роботи ламп можливо значно підвищити, попередньо розігрівши спіраль поступово підвищуючи напругу або ж початковим вмиканням на низьку (10%) напругу.

Перший спосіб реалізується в тиристорних обмежувачах напруги. Другий спосіб використовується в наступній схемі.



SU – стартер від розрядної лампи що використовується в якості реле часу. Індуктивність визначається в залежності від потужності підключеної групи ламп $\sum P_{л}$

$$X_L \approx \frac{0,8U_H^2}{\sum P_{л}}; L = \frac{X_L}{\omega}$$

На протязі терміну роботи ЛР світловий потік постійно знижується із-за розпилення спіралі. Зниження потоку може спричинятися також забрудненом ламп та світильників, тому необхідно регулярна чистка не рідше 1 разу на 6 місяців, а в установках з підвищеним виділенням пилу не рідше 1 разу в 3місяці. При перегоранні спіралі лампи можливе виникнення електричної дуги, що приводить до спіканню спіралі в кільцо або ж відгортання кінця електроду, що може призвести до руйнування скла колби та виникненню пожежі. Тому в особливо небезпечних в пожежному відношенні приміщеннях колба лампи повинна мати додатковий захист, наприклад ковпак світильника.

Розрядні джерела випромінення

Низька економічність ламп розжарювання є причиною створення більш економічних джерел світла, що основані на електричному розряді в газах та парах металів.

Люмінесценція

Порушити рівно вісний стан молекули або атома можливо не тільки при нагріванні. Іонізація матеріалу це нерівно вісний стан, що супроводжується де

іонізацією. В останньому випадку вивільнення енергії супроводжується випроміненням фотонів. Такі явища можливі в газах, парах металів та твердих матеріалах, що називаються люмінесценцією.

Люмінісцирують ті речовини, кристалічна структура яких дозволяє концентрувати енергію у визначених вузлах. Такою речовиною є фосфор та деякі інші мінерали. Ці речовини називаються люмінофорами.

В залежності від способу введення енергії відрізняються наступні види люмінесценції.

1) Хемілюмінесценція – свічіння суміші речовин при хімічній реакції між ними;

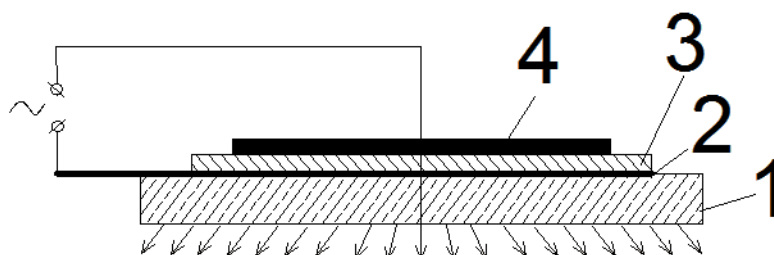
2) Біолюмінесценція – свічіння біологічних об'єктів (світлячки, деякі морські організми)

3) Катодолюмінесценція – свічіння люмінофору під непружними ударами електронів (використовуються в кінескопах TV та ЕЛТ осцилографів та інших пристроях індикації)

4) Електролюмінесценція – свічіння люмінофору під дією змінного або пульсуючого електричного поля.

Люмінофор, одночасно служить ізолятором, розміщується між двома електродами, один з яких прозорий.

Електролюмінісцентна панель

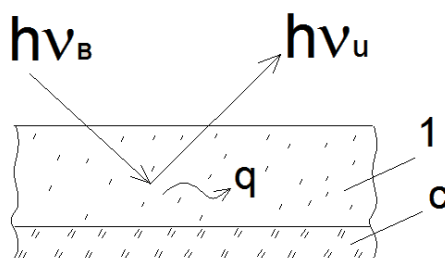


- 1) Скло
- 2) Прозорий провідник;
- 3) Електролюмінофор;
- 4) Електрод.

ККД 2%. Термін служби 3000 год. Застосовуються для сигнальних та індикаторних пристроїв.

Електричний струм перетворюється у випромінення в світло діодах, роль люмінофору в яких виконує р-n – перехід. ККД год. Застосовуються для сигналізації, індикації та як випромінюючий елемент в оптронах.

5) Фотолюмінісценція – свічіння люмінофору під дією фотонів оптичного випромінення.



- $h\nu$ - квант збудження;
 $h\nu_4$ - квант випромінення;

- l - люмінофор;
- q - втрати перетворення;
- c – скло;

Схема перетворення випромінення.

По закону збереження енергії $h\nu_B = h\nu_U + q$;

$$h\nu_B > h\nu_U, \nu_B > \nu_U, \text{ Т.ЯК. } \nu = c/\lambda$$

Довжина хвилі збудження коротше довжини хвилі випромінення люмінофору, тобто ультрафіолетове випромінення в люмінофорі повинно перетворитися в більш довгохвильове, наприклад в видиме.

Це явище використовується в люмінесцентних лампах.

Світіння люмінофору також викликають рентгенівські промені, радіоактивні випромінення, високочастотні електромагнітні коливання (радіохвилі), тертя та інше. По довго тривалості пістя свічіння люмінісцентція ділиться на флуорісценцію (швидко потування) та фосфоресценцію (довготривале після свічіння).

Розряд в газах та парах металів

Носіями електрики є електрони та іони. Під дією космічних променів та радіоактивних випромінень Землі в будь якому газовому середовищі та в атмосфері Землі створюється деяка кількість іонів, але їх існування не довготривале, вони рекомбінуються. Можливо штучно, наприклад, електромагнітним полем високої частоти, створити іони в газовому проміжку та отримати струм, тобто розряд в газі. Такий розряд називається несаможітний. Якщо в ізольованому просторі зменшити тиск в газі нижче 10Па, то ймовірність рекомбінацій різко зменшується, іони зберігаються біль довгий час. Якщо ввести в цей простір два електроди та прикласти до из різницю потніалів, то виникне поле в якому іони починають рухатися до відповідних електродам.

При малому тисаку легше іонізуючи гази (неону) та відносно високій напрузі, прикладеній до електродів виникає тліючий розряд (протікає струм) що супроводжується світінням (частина іонів рекомбінуються з виділенням фотонів).

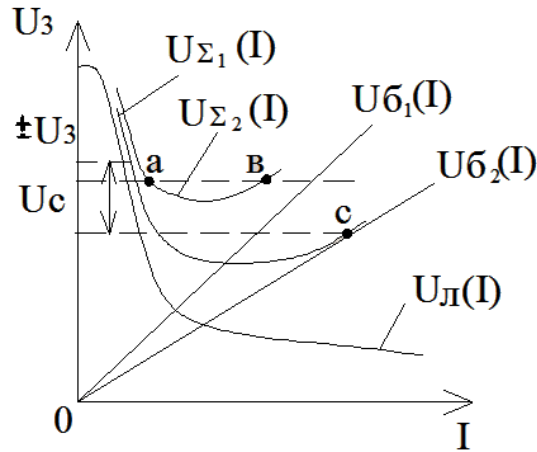
Інтенсивність випромінення тліючого розряду мало, тому для освітлення це область газового розряду не використовується.

Підвищений тиск ускладнює запалювання розряду, але при цьому можливо отримати великі щільності струмів, тобто більше носіїв електрики та високу інтенсивність свічіння.

При у цьому опір між електродного проміжку швидко падає до нуля. Такий розряд називається дуговим та використовується в розрядних лампах.

Запалювання та стабілізація дугового розряду в лампах

При досягненні на розрядному проміжку напруги, що дорівнює напрузі запалювання дугового розряду, процес утворення заряджених частинок в між електродному проміжку розвивається лавино образно (падаюча вольт амперна характеристика - $U_d(I)$, за період часу $10^{-5} \dots 10^{-7}$ с струм може збільшуватися в 100 та білше разів, та нечим не обмежений може призвести до руйнування лампи.

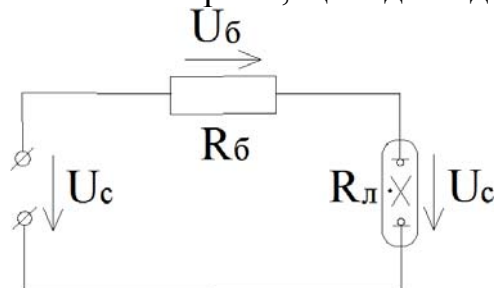


Стабілізація дугового розряду в лампі при активному баластному опорі.

Струм обмежують за допомогою опору, що вникається послідовно з лампою і називається баластним. Вид вольт-амперної характеристики ртутних та натрієвих ламп-падаючий, тому для їх роботи необхідно обов'язково використовувати баластний опір.

Напруга запалювання дугового розряду перевищує напругу джерела живлення. Тому в схемах включення розрядних ламп застосовують імпульс підвищеної напруги або напругу запалювання дугового розряду знижують до значення напруги живлення. Це досягається шляхом іонізації розрядного проміжку за рахунок попереднього підігріву електронів лампи або введення в розрядний проміжок додаткового підпалюючого електрода.

Після запалення дугового розряду необхідно за допомогою баластного опору обмежити (стабілізувати) струм в лампі на рівні, що відповідає її потужності.



Принципова схема включення розрядних ламп з падаючою ВАХ

Розглянемо умови стабілізації дугового розряду при живленні лампи від мережі постійного струму. Стійкий режим роботи дугового розряду буде забезпечений при наступних умовах:

$$U_c = U_l + U_b \quad *$$

$$R_b = R_l > 0, \quad **$$

де U_c - напруга мережі, В; U_l, U_b - напруга на лампі та на баласті, В; R_b, R_l - опір баласту та лампи, Ом.

Опір лампи-величина змінна та від'ємна. В будь який момент часу

$$R_a = -dU_a / dI_a$$

де U_a та I_a - напруга В, на лампі та силі струму, А. в ній.

У відповідності з умовою **розряд можна стабілізувати лише не зростаючій гілці вольт амперної характеристики (ВАХ). Таку сумарну ВАХ системи в цьому може створити баластний опір.

Фотометричні параметри випромінювання

Енергетичні параметри			Світлові параметри			Формула
Параметр	Позначення	Одиниця вимірювання	Параметр	Позначення	Одиниця вимірювання	
Потік випромінювання	Φ_e	Вт	Світловий потік	Φ_v	лм	$\Phi = dW/dt$ де W - енергія випромінювання
Сила випромінювання	I_e	Вт/ср	Сила світла	I_v	кд	$I = d\Phi/d\Omega$ де Ω – тілесний кут
Енергетична світимість	M_e	Вт/м ²	Світимість	M_v	лм/м ²	$M = d\Phi/dS$
Енергетична яскравість	L_e	Вт/(ср·м ²)	Яскравість	L_v	кд/м ²	$L = \frac{dI}{dS \cos \varphi}$
Енергетична освітленість (опроміненість)	E_e	Вт/м ²	Освітленість	E_v	лк-лм/м ²	$M = d\Phi/dS$

Баластний опір з ВАХ $U_{b1}(I)$ забезпечує сумарну ВАХ схеми $U \sum 1\{I\}$, яка пересікає лінію напруги мережі U_c в точках а та б.

В точці а, що знаходиться на подаючій гілці сумарної ВАХ, дотримується лише одне з двох умов стабілізації розряду. Тому розряд буде розвиватися до точки б, що знаходиться на зростаючій гілці сумарних ВАХ. Для точки б, виконуються дві умови **. Відповідно, стабілізація розряду можливо лише в точці б.

Окрім стабілізації розряду баластний опір повинно забезпечувати стійку, без гасіння, робота лампи при відхиленні напруги мережі.

Баластний опір з ВАХ $U_{v1}(I)$ цієї стійкості не забезпечує.

При відхиленні напруги мережі на ΔU_c немає точки перетину сумарної ВАХ $U \sum 1(I)$ та лінії напруги мережі ($U_c - \Delta U_c$). Це означає зупинення розряду та гасіння лампи.

Щоб забезпечити стійкість розряду в прийнятних умовах відхилення напруги, необхідно баластний опір меншого значення з ВАХ $U_{b2}(I)$.

В цьому випадку сумарна ВАХ лампи та баласту $U_{z2}(I)$ забезпечить стабілізацію розряду в точці С.

Розрядні лампи (РЛ) класифікуються:

- по тиску в робочому стоні-низького тиску (0,1 ... 104 Па), високого (3*104...106Па) та надвисокого (більше 106 Па) тиску.
- по наповнювачу (атмосфера розряду) – ртутня, натрієва, кадмієва, ксеонова та ртутне гапогенними домішками.
- по формі колби – трубласті, шарові кільцеві, U-образні
- по призначенню – освітлювальні, еритемні (вітальні) бактерицидні, фітоламп для рослин

- по числу електродів або фаз-двох-трьох-чотирьох електрод, одно та трифазні.

Тиск впливає на спектр випромінювання ртуті. При низьких тисках спектр наближується до монохроматичному (80% випромінювання приходить на довжину хвилі 254мм) В лампах високого тиску спектр випромінювання лінійчастий, в лампах СВД наближається до сплошного .

По принципу генерування оптичного випромінювання джерела ділять на : електролюмінісцентні , фотолюмінісцентні.

Електролюмінісценція – випромінювання, що спускається атомами, молекулами, іонами речовини в результаті збудження їх електричною енергією.

Фотолюмінісценція – випромінювання речовини під впливом енергії поглиненого ним оптичного випромінювання (при цьому довжина хвилі випромінювання завжди більше довжини поглиненого оптичного випромінювання .)

По виду електричного розряду джерела бувають:

- дугового розряду (щільність розряду струму $I_p=10^{-2}\dots 10^{-4}$ А/см²
- тліючого розряду (щільність розряду струму $I_p=10^{-2}\dots 10^{-4}$ А/см²)
- імпульсного розряду

Принципи дії електролюмінісцентного джерела оптичного випромінювання.

Під час напруги, що прикладене до електродів, між ними протікає електричний струм (електрони, іони) В початковий момент запалювання лампи електричний струм протікає тільки в середовищі аргону. Збільшенням температури випаровується ртуть та струм переходить на пари ртуті.

Будова газорозрядних джерел оптичного випромінювання

- a) електролюмінісцентний b) фотолюмінісцентний

Електрична енергія витрачається на нагрів, збудження, та іонізацію атомів та молекул аргону та ртуті (на нагрів.лампи)

Спектр випромінювання залежать від тиску в лампі (низький тиск $\lambda=254$ мм, високий $\lambda=248,254,265,277,302,564$

Іонізація атомів та молекул збільшує електричний струм в трубці.

Принцип дії фотолюмінесценції

Під дією напруги що прикладена до електронів між ними протікає електричний струм. Електрони та іони співударяючись с атомами ртуті та аргону, збуджують їх. Аргон та ртуть існують оптичне випромінювання яке поглинається люміноформ та перетворює в більш довгохвильове оптичне випромінювання, тобто у видиме.

Пристрій та робота розрядних ламп низького тиску

Розрядна лампа низького тиску (тиск ртуті $\leq 1,5$ Па) представляє собою циліндричну скляну колоду з нанесенням на внутрішню поверхню шару люмінофору 1) З ввареними по кінцях скляними ніжками 2) На ніжці змонтований вольфрамовий електрод 3) Виконаний у вигляді бісліралі, кінці якої виведені до цоколя 4) з контактними штирками 5) Колба

Електроди покриті оксидом – окислами щолочно-земельних металів, що забезпечують високу термоелектронну емісію.

Всередину колби після відкачування повітря вводять аргон та невелику

кількість ртуті. Завдяки облизується розчинення вольфрамової спіралі. Інше її призначення – в суміші з парами ртуті полегшати запалювання лампи.

Електрична енергія в енергію оптичного випромінювання перетворюється при електричному розряді в парах ртуті. Енергетичний ККД цього процесу може перевищувати 65% однак видиме випромінювання складає не більш 2% від підведеної енергії. Основна доля випромінювання зосереджене в ультрафіолетовій області спектру у вигляді монохроматичних потоків.

Електричний розряд в парах ртуті при низькому тиску що потужне джерело бактерицидного випромінювання.

Колба бактерицидної лампи (ДБ – дугова бактерицидна) низького тиску виконана зі спеціального увіолевого скла з високим коефіцієнтом пропускання УФ випромінювання в області С

Для отримання від розрядної лампи низького тиску випромінювання з більшою довжиною хвилі, ніж дає розряд в парах ртуті, використовують люмінофор, який наносять таким шаром на внутрішню поверхню колби. Такі лампи називаються люмініцентами.

Стартерна схема включення люмінесцентної лампи це стандартна схема, що забезпечує імпульсне запалювання лампи та стабілізацію в ній дугового розряду.

Для надійного запалювання люмінесцентної лампи її електроди попередньо нагрівають електричним струмом до температури біля 1000К. При цьому іонізується між електродний проміжок за рахунок термоелектронної емісії оксидного покриття електродів, а напруга запалювання знижується.

Підігрів електродів та запалювання дугового розряду в лампі здійснюються за допомогою стартера та дроселя. Стартер представляє собою мініатюрну газорозрядну лампу тліючого розряду. Один з електродів стартера біметалевим та при нагріванні міняє своє положення відносно іншого не рухомого електроду до короткого замикання з ним. Існують також напівпровідникові стартери.

Люмінесцентна лампа ЕЛ включення послідовно з індуктивним баластним опором LL, що представляє собою дросель з металевим осердям. Паралельно схемі підключений компенсуючий конденсатор С1, що підвищує коефіцієнт потужності установки з 0,5 ... 0,6 до 0,92 ... 0,95. Опір R, включений паралельно конденсатору, перед назначений паралельно конденсатору, перед назначений для розряду емності після включення схеми від мережі, так як провідність непрацюючої люмінесцентної лампи близьке до нуля.

Конденсатор С2 знижує радіоперешкоди, що утворюються дуговим розрядом. Збільшує довготривалість імпульсу високої напруги, виникає в дроселі та зменшує іскрінне контактів стартера в моменті їх розмикання.

Після включення схеми напруга мережі знаходиться приложенням до лампи. Висока напруга запалювання лампи не дозволяє їй загоратися ($U_{зл} > U_c$). В цей час в старторі виникає тліючий розряд внаслідок того, що виділяється в тліючому розряді, достатньо для підвищення температури біметалевого електрода. В результаті він починає вигинатися в сторону нерухомого електроду.

Після замкнення контактів стартера утворюються послідовна мережа з біспіралей електродів лампи та дросепід. По ланцюгу потече струм, що перевищує номінальний струм лампи приблизно в 1,5 рази та сприяє швидкому розігріву електродів. Процес розігріву триває 1...3 с, поки біметалічний електрод стартера не

оохолоне та не розімкне ланцюг. За цей час електроди лампи встигають нагрітисся та створити необхідну іонізацію розрядного проміжку. В кінці процесу розігріву контакти стартера розмикаються.

При розмиканні ланцюга струм, що протікає по обмотці дроселя, різко зменшується і в ньому виникає ЕРС само продукції, сумарне значення ЕРС та напруги мережі достатньо для пробною розрядного проміжку в лампі та виникнення дугового розряду. Лампа починає працювати (встановлюється напруга горіння, що дорівнює приблизно напрузі мережі.).

Після запалювання лампи електроди стартера лишаються розімкнутими та тліючий розряд в ньому не виникає так як напруга $U_{т.а}$ горіння лампи, що прикладена до стартера, менше напруги $U_{з.ст}$ його запалювання. Для надійної автоматичної роботи витримують наступні умови:

$$U_c \geq U_{з.ст} \geq U_{г.л}$$

Конструкція стартера

Служить для автономного включення та виключення попереднього накалу електродів та представляє собою теплове реле, розміщене в скляно подібному балоні, що неповний інертним газом (неоном)

Реле має два електроди один з яких біметалевий, а інший металевий. Між електродами є зазор величиною 2-3мм. При напрузі запомованне стартера $U_{з.ст}$ між його електродами виникає тліючий розряд. Вигибаючись біметалеві електрод замикає контакти неонові лампи. Розряд гасне, а електроди охолоджуюсь розмикаються. Щоб дугу при розмиканні електродів паралельно їм вмикаються конденсатор.

Дросель – Представляє собою обмотку, що намотана на осердя з листів електротехнічної сталі. Він полегшує запалювання лампи, а також обмежує струм та забезпечує стійку роботу лампи.

Фізична основа роботи люмінесцентної лампи

Газаргон, що знаходиться в трубці, є гарним ізолятором, оскільки атоми та молекули газу в звичайних умовах представляють собою нейтральні незаряджені частинки.

Для проходження електричного струму крізь газ необхідно створити в ньому штучну електричну провідність, яка досягається іонізацією. При включені лампи в електричну мережу процес іонізації газу відбувається за рахунок вільних електронів, що іспускаються електродами, нагрітими до 800°C (термоелектричне емісія). Для збільшення виходу електронів з електродів вольфрамові спіралі покриваються тонким шаром окиснів (щелолужбіоземельних металів) барія, стронція, кальція).

Електрони , вилитаючи з електродів, при своєму русі бомбардують нейтральні атоми газу та перетворюють їх в частинки, що володіють електричним зарядом. Процес іонізації газу неприливна збільшується а відносно , збільшується його електрична провідність. Тоді відбувається електричний розряд в лампі спочатку в атмосфері розрядженого аргону, а потім в парах ртуті, визиваючи сильне ультрафіолетове випромінення. Подаючи но поршньоподібний світло накопичувальний люмінофору, ультрафіолетове випромінювання перетворюється у видиме світлове випромінювання .

Запалювання лампи

З початку на схему подається напруга мережі. Цієї напруги не достатньо для запалювання розряду в лампі $U_3 > U_c$, але достатньо для запалювання стартера $U_{3st} < U_m$. Електроди стартера замикаються, струм в ланцюзі схеми декілька важче номінального : $I_3 \approx 1,2 I_n$ $U_a = U_{ct} = 0$; $U_b \approx U_u$. Електроди лампи розігріваються, викидаючи потоки вільних електронів з оксидного шару. Протікаючий по індуктивному баласту струм створює магнітне поле. В цей час електроди стартеру охолоджуються та розмикаються. Струм в схемі $I \approx 0$. Напруга на лампі $U_a = U_m + E / E - EDC$ самоіндукції баласту, яка може бути різною по знаку та амплітуді. Якщо $U_u + E \geq U_3$, тоді лампа запалюється, якщо менше, то процес запалювання повториться.

В якості баласту також може бути використано активний опір.

Схема включення РЛ з активним баластом

Попередній розігрів електродів лампи забезпечується розжарювальним трансформатором ТУ. В якості активного баласту використовується (ЛР) лампа розжарювальна з опором R. Для зниження U_3 застосовується металева полоска МП, прикріплена до зовнішньої сторони колби та заземлена. При її використанні підвищується напруженість поля в лампі, що дозволяє знизити U_3 .

Недоліки схеми: значні втрати потужності на активному опорі баласту. Дана схема застосовується на постійному струмі, де індуктивний баласт не може застосовуватись. Для розігріву електроду лампи розжарювальний трансформатор залишається спеціальними схемами тиску стартерної.

Схеми включення РЛНТ

Двох лампова схема включення РЛНТ з розщепленого фазою

Це по суті дві розглянуті схеми, зібрані в одному світильнику. Струм в першому плені встає від напруги приблизно на 60° , в другому плечі випереджує по величині, мало відрізняється від струму в кожному з плечем схеми, відстає від напруги на менший кут. Схема має високий $\cos \phi$, Струм в плечах схеми зміщених один відносно іншого на 120° . На стільки зміщені пульсуючі потоки випромінювання двох ламп. В результаті сумарний потік має значно меншу пульсацію.

Недолік стартерних схем включення – ненадійна робота стартера.

Для усунення цього недоліку, особливо в несприятливих атмосферних умовах застосовуються безстартерні схеми.

Резонансна схема

Ланцюг що складається з дроселя LL, розжарювальним трансформатором ТУ там ємності С, створює коливальний контур з власною частотою, близько до промислової.

При подачі напруги на схему напруга на конденсаторі перевищує напругу мережі в 2...2,5 разів.

Декілька зменшене обмоткою ТУ цієї напруги достатньо для запалювання лампи. Після запалювання ланцюга ємність – первинна обмотка трансформатора шунтується опором лампи, виводячи контур з резонансу.

Автотрансформаторна схема

В автотрансформаторном запуску підвищена напруга створюється гумованою напругою на обмотках W1, W2 та W3. Після запуску лампи обмотка W2 працює як додатковий індуктивний баласт, а обмотка W1 в виду її більшого оперу практично з роботи схеми виключається.

Розряди лампи високого тиску (РЛВТ)

Конструктивно РЛВТ відрізняється від РЛНТ меншими розмірами та відсутністю нагрівальних електродів.

Електрод представляє собою стрижень, на якому намотана вольфрамова спіраль з оксидним шаром. Відсутність попереднього розігрітого електроду потребує високої напруги запалювання. Його можливо досягти за допомогою резонансу, або значною велечиною ЕРС самоіндукції баластного дроселя. Остання можливо отримати індукуванням ємністю, індуктивністю або замиканням дроселя на мережу.

Конденсатор С2, що під'єднується короткочасно в послідовній ланцюг з дроселем LL, утворює з ним резонансний контур. В результаті резонансу напруга на дроселі та конденсаторі С2 підвищується приблизно в 2 рази порівняно з напругою розряду. Токопровідна полоса підключена до одного з електропровідними крізь конденсатор С3 нашої ємності. Конденсатор С1 призначений для підвищення коефіцієнту потужності схеми до 0,92...0,95.

Ємність С2 може бути замінена індуктивністю. Процес можливо автоматизувати ввівши в схему реле струму. При цьому ємність резонансного контуру після пуску може бути використана для компенсації реактивної потужності.

Для наповнення колб РЛВТ застосовуються ртуть в аргоні. Робочий тиск 105Па. Плазма розряду має високу температуру, тому лампа виготовляється з кварцового скла. В складі електроламп бактерицидне, еритемне та видиме випромінювання. Щоб отримати від лампи тільки спектр видимого випромінювання, її занурюють в додаткову колбу, покриту з зовні люмінофором. Для його збереження між двома колбами закачують вуглекислий газ. Це лампи типу – ДРЛ (Дугова Ртутна Люминсцентна)

Для спрощення схем включення лампи ДРЛ вони випускаються чотирьох електродними. Два додаткових електрода підключенні крізь терморезистори РК до протилежних електродів. Мала відстань між основним та додатковим електродом забезпечує високу надійність електричного поля та початок розряду. Цей розряд – джерело іонів всередині колби, та при їх достатній кількості виникає розряд між основними електродами. Опір цього розряду значно менше РК, тем більше що при нагріві величина останнього збільшиться. Розряд між основним та додатковим електродом гасне.

Лампа ДРЛ

- 1 – Зовнішня скляна колба
- 2 – шар люніморфу
- 3 – розрядна крубка з кварцового скла
- 4 – робочий електрод
- 5 – запалюючий електрод
- 6 – обмежувальні резистори РК в колі підпалюючих електродів

Покращити склад електроду РЛВТ можливо підвищенням електродів в деяких металів. Це металотопочені лампи (МГЛ) тиску ДРЛ. Склад домішок дозволяє отримати спектри випромінювання, сприятливі для ока людини та для рослин при високих ККД.

Схема включення лампи ДРЛ. Склад включення лампи ДРЛ відрізняється

наявністю імпульсного запускою чого пристрою (ІЗП)

Схеми включення РЛ

В загальному випадку РЛ з'єднується з необхідними елементами обмеження струму та пристроїв запуску. Варіантів схем включення РЛ з цими елементами безліч. Більшість з них по своїм показникам перевищують розглянуті, а інші відповідають конкретним умовам експлуатації.

Резонансний запуск ламп частіше використовуються для запалення ламп РАВТ. При точному виборі ємності для резонансного запуску лампи по формулі $C = 10b/102L \approx 0,01/L$

Можливо отримати на ємності що підключена до паралельної лампи напругу в 5...10 разів вище ніж в мережі. При використанні цього методу необхідно висока електрична міцність як конденсатора змінного струму, так і ізоляції дроселя.

Застосування такого методу для запуску РЛНТ дозволяє запалювати лампи без попереднього розігріву спіралі, використовувати лампи з обігрівальними спіралями електродів

При цьому штирі лампи з обіграними спіралями лампи с кожними сторін замикаються. Холодний запуск значно скорочує строк служби РЛНТ., тому данна схема рекомендується для пошкоджених ламп та установок, в яких лампи працюють декілька діб без виключення .

Групова схема включення чотирьох електродних РЛВТ LL

Застосовується для вуличного освітлення. Груповий баласт LL, можливо встановити в щиту трансформаторної підстанції. Реактивна потужність ємкостей схеми забезпечує підвищену напругу в живлячій лінії стійку роботу лампи. Розрахунок виконується х наступних умов.

$$U_u^2 = (U_e - U_l)^2 + U_l^2 \quad U_e = 2U_l$$

U_u – напруга мережі

U_e – напруга ємкості

U_l – напруга індуктивності

U_a - напруга на лампі

Π та U_l – відомі з паспортних даних

Визн U_e та X_m , U_l

Індуктивність на фазу $L = \frac{U_l}{w \sum I}$

Напівпровідниковий баласт все частіше застосовується. Головна мета баласту – обмежити струм. З найменшими втратами це можна зробити за допомогою схем на напівпровідникових приладах. В схеми в трині збільшується кількість перезапалювань лампи, це покращує ККД лампи. Дослідно встановлено , що зі збільшенням частоти живлення напруги збільшується ККД ламп.

Системи та види освітлення

Систем освітлення дві – (загальна/рівномірна та локалізована) та комбінована, що містить як загальне так и місцеве освітлення.

При локалізовану освітленні норма освітлення витримується тільки в зоні найбільш відповідальної роботи та може відрізнятися від середньої освітленості на 25%. Мінімальна освітленість в цьому приміщенні може, в свою чергу, відрізнятися віж середньої освітленості також на 25%.

При системі загального рівномірного освітлення мінімальна освітленість повинна бути не менш 0,9Ен

При комбінованій системі освітлення нормується освітленість вище ніж при загальному освітленні. Але висока освітленість створюється світильником місцевого освітлення. Від настольної лампи потужністю 60Вт можливо отримати на робочому місці освітленість 300 лк. А в підвісний світильник для отримання тієї ж освітленості в кімнаті 15м² необхідно встановити дві лампи потужністю по 300Вт. Одне тільки місцеве освітлення дуже втомне для зору. Необхідно крім місцевого освітлення мати загальне/освітлення віо якого 10%)

Під видом освітлення розуміють призначення освітлення : робоче, евакуаційне, аварійне, чергове, охоронне, архітектурне, рекламне та ін.

Робоче освітлення повинно забезпечувати нормовану освітленість в усіх точках робочої поверхні з відхиленням не більше – 10 + 20% мати якість в межах норм. Це основне освітлення.

Чергове освітлення – встановлюється в приміщенні та на відкритих площадках там, де необхідний контроль по закінченню робочої зміни. В середині приміщення для чергового освітлення вибираються 10% освітленості (ламп) робочого освітлення, але освітленість в проходах та в тамбурах повинна бути не менше 0,5 лк, а на відкритих територіях – не менше 0,2лк.

Аварійне освітлення забезпечує продовження робіт у випадку відключення робочого освітлення, якщо можлива пожежа, отруєння людей, порушення технологічного процесу, порушення важливих робіт. Аварійне освітлення повинно встановлюватися в будь яких місцях можливого травмування. Освітленість приймається 5% нормованого робочого освітлення, але не менше 2лк в середині приміщення та 1лк для зовнішніх площадок.

Евакуаційне освітлення встановлюється в місцях, небезпечних для проходу людей, а також в основних проходах та на сходах, що призначені для евакуації людей з виробничих та громадських споруд не менше 0,5 лк в приміщеннях та 0,2 лк – на відкритих територіях.

Освітлюванні прилади Поділяються на світильники та прожектори.

Світильники містять лампи або декілька ламп, арматуру для кріплення лампи та зміни напрямку освітлювального потоку, а також елементи підключення та пуско-регулюючої апаратури (Для ДРЛ), Світильник призначених для перерозподілу світлового потоку в просторі захисту очей від спільної дії лампи, джерела та навколишнього середовища, а також навколишнього середовища від джерела.

Лампи випромінюють світло практично в усіх напрямках. Це економічна частина всього нераціональною Для зміни напрямку потоку в світильнику встановлюється відбиває та світло пропускнуою елемент. Випромінювання тіло, відбиває та світлопропускаючий елемент складають оптичну систему світильника.

- 1- Лампа
- 2- Відбивач
- 3- Світлопропускаючий
- 4- Захисна сітка

Прожектори світлові приборі, що призначенні для дистанційного (віддаленого) освітлення поверхонь або об'єктів

Лекція 5 Вибір світильників

При виборі світильників необхідно враховувати наступні вимоги:

- світлотехнічні;
- Економічні;
- Естетичні;

Дотримання умов, пов'язаних з навколишнім середовищем. При проектуванні освітлення в принципі ці вимоги можуть ігноруватися крім останнього. Конструкція світильників повинна відповідати умовам навколишнього середовища. Так у вибухонебезпечних приміщеннях світильники повинні вибиратися в пожежонебезпечному і вибухонебезпечному виконаннях і т.д.

Всі конструкції світильників, ламп і їх характеристики наведені в [1,2], але так як їх сортамент постійно змінюється, можливо, не весь їх перелік включено в ці довідники.

5.1. Розташування і установка світильників

Основна вимога при виборі розташування світильників і їх кількості - доступність їх для обслуговування і рівномірне освітлення поверхонь.

Розміщення світильників в плані і в розрізі приміщення визначаються наступними розмірами: H - висота приміщення; h_c - відстань світильників від о переkritтя; h_p - висота світильників над підлогою; h_r - висота розрахункової поверхні над підлогою; h - розрахункова висота; L - відстані між сусідніми світильниками або рядами люмінесцентних ламп; l - відстань від крайніх світильників до стін.

Обслуговування з приставних драбин або драбин дозволяється при висоті h_p - 5,0 м.

При $h_p \leq 5,0$ м можливі способи доступу для обслуговування:

- а) 3 мостових кранів;
- б) зі спеціальних світлотехнічних містків;
- в) з різних самохідних або несамохідних пристроїв, що несуть кошик для монтера.

У виробничих приміщеннях, обладнаних кранами, які беруть участь в безперервному процесі, а також в безкранових прольотах, в яких доступ до світильників утруднений, встановлення та обслуговування світильників проводиться на спеціальних стаціонарних містках з негорючих матеріалів. Ширина містків повинна бути не менше 0,6 м, огороження висотою не менше 1 м.

Для підвісних світильників загального освітлення рекомендується мати звиси довжиною не більше 1,5 м. При більшій довжині звису повинні прийматися заходи

по обмеженню їх розгойдування під дією потоків повітря.

У вибухонебезпечних зонах всі стаціонарні освітлювальні прилади повинні бути жорстко закріплені для виключення розкачування.

Пристосування для підвішування світильників повинні витримувати протягом 10 хв без пошкодження та залишкових деформацій прикладену до них навантаження, рівне п'ятикратної масі світильника.

Штепсельні розетки повинні встановлюватися:

-в виробничих приміщеннях на висоті 0,8 - 1 м, якщо дроти підводяться зверху то на висоті 1,5 м;

-в адміністративних, житлових та інших приміщеннях на висоті зручній для приєднання до них електричних приладів, але не вище 1 м;

-в школах і дитячих установах на висоті 1,8 м.

Розподіл освітленості по площі поля істотно залежить від типу світильника і відносини $\lambda = L / h$ (табл.3.1). При зменшенні λ до нуля світильники зливаються в суцільну освітлену стелю і освітленість абсолютно рівномірна.

Зближення світильників веде до подорожчання пристрою та обслуговування, а надмірне видалення - до різкої нерівномірності освітленості.

Таблиця 5.1

Рекомендовані значення за вибором λ

Типова крива світильника	λ
Концентрована	0,6
Глибока	1,0
Косинусна	1,6
Рівномірна	2,6
Напівширока	1,8

Розмір l приймається в межах $0,3 \div 0,5L$ залежно від наявності поблизу стін робочих місць. Світильники з «точковими джерелами світла розташовуються по вершинах квадратних, прямокутних або трикутних полів

При прямокутних полях рекомендується $L_a/L_b \leq 1,5$.

5.2. Види освітлення

Пристрій освітлення поділяються на два види робоче та аварійне. У свою чергу, аварійне освітлення підрозділяється на аварійне освітлення для продовження роботи і на аварійне освітлення для евакуації людей.

Аварійне освітлення для продовження роботи необхідно, якщо припинення нормальної роботи через відсутність освітлення може викликати наступне:

-Вибух, пожежа, отруєння людей;

-тривалість порушення технологічного процесу

-порушення роботи життєвих центрів підприємства: зв'язок, електро- і водопостачання і т. д.

Це освітлення повинно створювати на поверхнях, які потребують обслуговування, освітленість не нижче 5% від нормованої для загального освітлення. При відсутності особливих вимог освітленість повинна знаходитися в межах від 2 до 30 лк в будівлях і від 1 до 5 лк - поза ними.

Аварійне освітлення для евакуації людей необхідно:

- в місцях, небезпечних для проходу людей;
- по шляхів евакуації людей з виробничих і громадських будівель, де перебуває більше 50-ти осіб;
- у всіх виробничих приміщеннях з числом працюючих більше 50-ти осіб;
- в виробничих приміщеннях, вихід з яких у темряві небезпечний через що продовжує роботи обладнання;
- на сходах житлових будинків висотою 6 поверхів і більше.

Це освітлення повинно створювати в проходах освітленість 0,5 лк у приміщеннях і 0,2 лк - поза ними.

Для аварійного освітлення можуть застосовуватися тільки лампи розжарювання або люмінесцентні.

Дугові лампи не застосовуються через тривалого часу загоряння

Якщо світильники аварійного освітлення не відрізняються від робочих типом або розміром, то вони повинні бути відзначені спеціальними знаками.

Аварійне освітлення може бути включено разом з робітником, доповнювати його, або включатися після відключення робітника.

5.3.Норми освітленості

Норми встановлюють найменшу освітленість, маючи на увазі, що вона повинна мати місце в «найгірших» точках освітлюваної поверхні.

Норми освітленості стандартизовані і повинні вибиратися відповідно до шкали освітленості:0,2-0,3-0,5-1-2-3-5-10-20-30-50-75-100-150-200-300-400-500-600-750-1000-1250-1500-2000-2500-3000-4000-5000-6000-7500 лк.

Основні норми для виробничих і громадських приміщень наведені в табл.4-1,4-4 [1].

Лекція 6

6.1.Світлотехнічний розрахунок

Світлотехнічна частина розрахунку в головній мірі визначає техніко-економічну ефективність проекту. Головним завданням розрахунку є досягнення нормованих кількісних і якісних показників освітленості за рахунок правильного розташування і установки світильників і вибору методу розрахунку.

6.1.1. Вибір методу розрахунку освітленості

В основному при проектуванні застосовуються два методи розрахунку: метод коефіцієнта використання і точковий метод.

Метод коефіцієнта використання призначений для розрахунку загального

рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь при відсутності великих затінюють об'єктів. Тому цей метод знаходить більш широке застосування.

Точковий метод служить для розрахунку освітлення як завгодно розташованих поверхонь при будь-якому розподілі освітленості і будь затінюванні. Цей метод застосовується в найбільш відповідальних випадках, при локальному освітленні.

6.1.2. Метод коефіцієнта використання

Цей метод передбачає, що попередньо зроблений вибір типу світильників їх кількість і розташування.

При розрахунку в основному визначається необхідний світловий потік ламп в кожному світильнику за формулою

$$\Phi = \frac{EkSz}{N\eta}, \quad (6.1)$$

де E – задана мінімальна освітленість лк ; z – відношення $E_{cp}/E_{мин}$; N - число світильників; η - коефіцієнт використання

За обраному світловому потоку вибирається найближча стандартна лампа, потік якої не повинен відрізнятись від розрахункового більше, ніж на -10%+ 20%. При неможливості вибору коригується кількість світильників N .

При розрахунку люмінесцентного освітлення найчастіше спочатку намічається число рядів світильників, яке підставляється в формулу замість N , тоді під Φ мається на увазі потік ламп одного ряду.10÷+20%. При расчете люминесцентного освещения чаще всего первоначально намечается число рядов светильников, которое подставляется в формулу вместо N , тогда под Φ подразумевается поток ламп одного ряда.

Ця формула використовується і тоді, коли обрано тип ламп заздалегідь, особливо при люмінесцентному освітленні. У цьому випадку визначається кількість ламп N .

Вхідний до (6.1) коефіцієнт z , що характеризує нерівномірність освітлення, є функцією багатьох змінних і особливо залежить від ставлення відстані між світильниками до розрахункової висоті (L / h). При L / h , що не перевищують рекомендованих значень, можна приймати $z = 1,15$ для ламп розжарювання і ДРЛ і $z = 1,1$ - для люмінесцентних ламп при розташуванні світильників у вигляді світять ліній.

Для визначення коефіцієнта використання η знаходиться індекс приміщення i , і визначаються імовірно коефіцієнти відображення поверхонь приміщення: стелі - $\rho_{п}$, стін - $\rho_{с}$, розрахункової поверхні або підлоги - $\rho_{р}$ по табл. 6.2.

Індекс приміщення знаходиться за формулою

$$i = \frac{AB}{h(A+B)}, \quad (6.2)$$

де A – довжина приміщення; B – його ширина; h – розрахункова висота.

Коефіцієнт використання з урахуванням коефіцієнтів відбиття, індексу приміщення і типу світильника визначається за табл. 5.3 - 5.18 [1].

6.1.3. Розрахунок освітленості з точкового методу

Освітленість визначається для будь-якої точки поверхні з урахуванням ближніх і дальніх світильників.

Спочатку приймається, що світловий потік лампи або ламп в одному світильнику дорівнює 1000 люмен. Створювана в цьому випадку освітленість називається умовною і позначається e .

Створюваний потік ламп в кожному світильнику, для забезпечення заданої освітленості в точці визначається за формулою

$$\Phi = \frac{1000Ek}{\mu \Sigma e}, \quad (6.3)$$

де E - задана освітленість в контрольній точці; k - коефіцієнт запасу; μ - коефіцієнт враховує дію далеких світильників; Σe - сумарна умовна освітленість найближчих до контрольної точки світильників.

Для визначення e кожного світильника служать просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості (рис. 6.1 - 6.33 [1]).

6.1.4. Якісні показники освітлення

Коефіцієнт пульсації

Світловий потік газорозрядних ламп, що живляться від мережі змінного струму 50 Гц, пульсує з частотою 100 Гц, створюючи шкідливі пульсації світлового потоку, а відповідно, і освітленості.

За рахунок пульсації світлового потоку створюється стробоскопічний ефект коли обертові вироби сприймаються як нерухомі або обертаються з малою швидкістю або у зворотний бік. Це може призвести до травм та іншим непередбачуваним наслідком.

Глибина пульсацій потоку і освітленості визначається так

$$K_{п.и} = \frac{\Phi_{\max} - \Phi_{\min}}{2\Phi_{\text{ср}}}; \quad K_{\pi} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}}, \quad (6.4)$$

Коефіцієнт пульсації можна зменшити за рахунок наступного:

включення ламп за схемами, що забезпечують харчування частини ламп в світильнику напругою, зрушеним по фазі щодо основного;

почергового приєднання світильників в ряду до різних фаз, або чергуванням

фаз для сусідніх рядів світильників;

харчування різних ламп в багатолампових люмінесцентних світильниках від різних фаз.

Коефіцієнти пульсації для різних світильників нормуються і наведені в [1], [2]. Для звичайних приміщень допускається

$$K_p = 10 \div 30\%.$$

Показник осліпленості

Засліплений називають неприємне вплив на очі людини світяться або відбивають світло поверхонь, що порушують нормальний зір.

Рівень осліпленості виражається коефіцієнтом осліпленості S , який визначається відношенням

$$S = V_1 / V_2, \quad (6.5)$$

де V_1 - видимість об'єкта при екранування його від світяться поверхонь; V_2 - видимість об'єкта за наявності сліпучої дії.

У практиці користуються поняттям показника осліпленості P :

$$P = (S - 1) 10^3, \quad (6.6)$$

Показники осліпленості та норми наведені в [1],[2].

Показник дискомфорту

Якщо показник осліпленості характеризує властивості світяться поверхонь, то показник дискомфорту оцінює сліпуче дію від світильників. Він визначається яскравістю світильників, тілесним кутом, під яким видно світильник, положенням світильника по відношенню до ока спостерігача. Показник дискомфорту в загальному оцінює, наскільки видно очам тіло напруження ламп.

Видимість тіла напруження обмежується світловим вікном світильника і глибиною розташування джерела світла у світильнику.

Нормовані показники дискомфорту для найбільш поширених світильників для певних умов наведені в таблиці 8-6 [1].

Для розрахунку показника дискомфорту M розроблений табличний інженерний метод, за яким фактичне значення показника дискомфорту розраховується за формулою

$$M = M_T K_M, \quad (6.7)$$

де M_T – табличне значення показника дискомфорту; K_M - поправочний коефіцієнт.

$$K_M = 0,5 \sqrt{\Phi_0 / \sigma}, \quad (6.8)$$

де Φ_0 - реальний світловий потік світильника в нижню полусферу; σ - площа вихідного вікна або отвору світильника .

Для освітлювальних установок, виконаних за допомогою найбільш поширених світильників перевірка відповідності їх нормам щодо обмеження

сліпучої дії по дискомфорту проводиться по табл. 9.10 [2], де вказані граничні значення індексу приміщення і.

Лекція 7.

Електричний розрахунок

7.1.Проектування електричної мережі

Вибір напруги і джерел живлення

Для освітлювальних установок, як правило, має застосовуватися напруга змінного струму при заземленої нейтралі не вище 380/220 В, для постійного струму і змінного з ізольованою нейтраллю - не вище 220 В.

Напруга 12 і 36 В застосовується переважно для місцевого і переносного освітлення.

Для забезпечення надійної роботи газорозрядних ламп напруга на них не повинно бути нижче 90% номінальної.

Напруга у всіх ламп не повинно бути більше 105% номінального.

При напрузі силових приймачів 380 В живлення освітлення, як правило, повинно здійснюватися від трансформаторів 380/220 В, спільних для силової та освітлювальної мережі.

Установка самостійних освітлювальних трансформаторів необхідна коли напруга 380 В не може бути допущено за умовами електробезпеки (спеціальні електроустановки) або коли силове навантаження викликає неприпустимі коливання напруги.

7.1.1.Характерні схеми живлення освітлювальних установок

Основні визначення

ВВІДНИЙ ПРИСТРІЙ (ВП) - сукупність конструкцій, апаратів і приладів, встановлених на ввіді лінії живлення в будинок або його відокремлену частину.

ВВІДНИЙ РОЗПОДІЛЬЧИЙ ПРИСТРІЙ(ВРП) - ВУ включає в себе апарати й прилади ліній, що відходять.

ГОЛОВНИЙ РОЗПОДІЛЬНИЙ ЩИТ (ГРЩ) - розподільний щит, через який забезпечується електроенергією всю будівлю або його відособлена частина.

РОЗПОДІЛЬНИЙ ПУНКТ (РП) - пристрій, в якому встановлені апарати захисту і комутаційні апарати для окремих електроприймачів або їх груп.

ГРУПОВИЙ ЩИТОК - пристрій, в якому встановлені апарати захисту і комутаційні апарати для окремих груп світильників, штепсельних розеток і стаціонарних електроприймачів.

КВАРТИРНИЙ ЩИТОК - груповий щиток, установлений у квартирі і призначений для приєднання мережі, яка живить світильники, розетки та стаціонарні електроприймачі.

ПОВЕРХОВИЙ РОЗПОДІЛЬНИЙ ЩИТОК - щиток, установлений на поверхах житлових будинків для живлення квартир або квартирних щитків.

ЕЛЕКТРОЩИТОВЕ ПРИМІЩЕННЯ - приміщення, доступне тільки для обслуговуючого персоналу в якому встановлюються ВП, ВРП, ГРЩ, та інші распреустройства.

Живильна освітлювальна мережа - мережа від розподільного пристрою підстанції або відгалуження від повітряних ліній електропередачі до ВП, ВРП, ГРЩ.

Розподільна мережа - мережа від ВП, ВРП, ГРЩ до розподільних пунктів, щитків і пунктів живлення зовнішнього освітлення.

Групова мережа - мережа від щитків до світильників, штепсельних розеток та інших електроприймачів.

Пункт живлення зовнішнього освітлення - електричне розподільчий пристрій для приєднання групової мережі зовнішнього освітлення до джерела живлення.

Фаза нічного режиму - фаза живильної або розподільної мережі зовнішнього освітлення, не відключається в нічні години.

Провід зарядки світильників - проводи, які прокладаються всередині світильника.

По надійності електропостачання освітлювальна навантаження, як і силова, ділиться на три категорії.

Живлення навантажень III категорії може проводитися від однієї однострансформаторної підстанції. Аварійне і робоче освітлення повинні при цьому мати самостійне харчування, починаючи від розподільного щита підстанції або від вводу в будинок (рис.4.1)

Живлення навантажень II категорії при дотриманні ряду умов (наявність централізованого резерву трансформаторів, харчування трансформатора не менше, ніж двома кабелями і т.д.) формально допустимо від однієї однострансформаторної підстанції, але насправді для даної категорії бажано мати більш надійну схему харчування. Так, при двохтрансформаторної підстанції харчування здійснюється за схемою (рис.4.1, б), при однострансформаторної підстанції живлення аварійного освітлення здійснюється від іншої підстанції (рис.4.1, а).

Харчування навантажень I категорії повинно здійснюватися не менше ніж від двох незалежних джерел. Якщо в двохтрансформаторної підстанції (див. Рис.4.1, б) харчування трансформаторів здійснюється від двох незалежних джерел, то така схема вже забезпечує харчування освітлювальних навантажень I категорії.

Поєднання силових і освітлювальних ліній живлення можливо для громадських і житлових будівель, а також для виробничих будівель допоміжного характеру. У цих випадках живлення освітлювальних ліній треба здійснювати таким чином, щоб ймовірність збереження в них напруги була максимальною при відключенні силових навантажень.

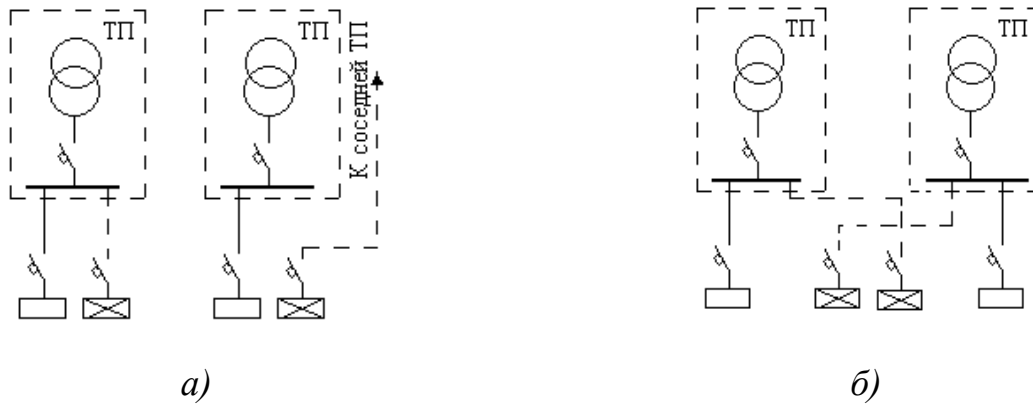


Рис 4.1. Схемы питания освещения: а) от одной одното трансформаторной подстанции; б) от двух одното трансформаторных подстанций.

В живлять мережах освітлення застосовуються як магістральні, так і радіальні схеми в залежності від потужності і розташування освітлювальних щитків (рис.4.2, а, б)



Р и с.4.2. Схемы живлення освітлення: а) -радіальна.; б) -магістральна

7.2. Розрахунок електричної освітлювальної мережі

7.2.1. Расчетная навантаження

Розрахункове навантаження P_p - це навантаження по якій проводиться розрахунок електричної мережі, вибір перерізу провідників, визначаються рівні напруги у джерел світла.

Якщо для силових споживачів розрахункове навантаження різко відрізняється від встановленої P_y (сума номінальних потужностей всіх споживачів), то для освітлювальних установок розрахункове навантаження приблизно дорівнює встановленої потужності:

$$P_p = P_y k_c, \quad (7.1)$$

де - k_c коефіцієнт спросу.

При відсутності даних по k_c його значення слід приймати рівним: 1-для дрібних виробничих будівель і торгових приміщень, зовнішнього освітлення; 0,95- для виробничих будівель, що складаються з окремих великих прольотів; 0,9- для бібліотек, адміністративних будівель; 0,8- для виробничих будівель, що складаються з великого числа окремих приміщень; 0,6- для складських приміщень і електростанцій, що складаються з великого числа окремих приміщень.

При розрахунку групової мережі і всіх ланок аварійного освітлення кс приймається рівним 1

Розрахункове навантаження застосовується в основному для вибору комутуючого апарату і проводів або кабелю, що живлять магістральний освітлювальний щиток.

7.2.2.Вимоги , пропонувані до освітлювальних мереж

До розрахунку освітлювальних мереж ставляться такі вимоги.

1.Вибір перерізу проводів повинні забезпечувати необхідні напруги джерел світла. Зниження напруги по відношенню до номінального не повинно у найбільш віддалених ламп перевищувати наступних значень:

2,5% - у ламп робочого освітлення промислових і громадських будівель, прожекторного освітлення зовнішніх установок;

5% - у ламп робочого освітлення житлових будівель, зовнішнього освітлення, виконаного світильниками, і аварійного освітлення;

10% - у ламп 12-36 В.

2. Струмові навантаження на окремі дроти не повинні перевищувати допустимі значення, для вибраного перерізу і матеріалу.

3. Вибрані перерізу проводів повинні забезпечити механічну міцність при їх монтажі та експлуатації.

У будинках слід застосовувати кабелі та проводи з мідними жилами. До 2001 р допускалися алюмінієві дроти.

У житлових будинках перетин мідних провідників повинні відповідати розрахунковим значенням але не менше:

-лінії групових мереж 1,5 мм²;

-лінії від поверхових до квартирних щитків 2,5 мм²;

-лінії розподільної мережі (стояки) 4 мм².

Забороняється прокладання від поверхового щитка в загальній трубі, коробі або каналі проводів та кабелів, що живлять різні квартири.

Не допускається об'єднання нульових робочих і захисних провідників різних груп.

У всіх будівлях лінії групової мережі, що прокладаються від поверхових і квартирних щитків до світильників загального освітлення, штепсельних розеток і стаціонарних електродоприймачів, повинні виконуватися трипровідними (фазний -L, нульовий робочий -N, і нульовий захисний PE).

Живильні і розподільні мережі, як правило, виконуються проводами і кабелями з алюмінієвими жилами, якщо їх переріз дорівнює 16 мм² і більше

Групова мережа.

Лінії групової мережі внутрішнього освітлення повинні бути захищені запобіжниками чи автоматичними вимикачами.

Кожна групова лінія, як правило, повинна містити на фазу не більше 20 ламп розжарювання, ДРЛ, ДРІ і т. Д., В це число включаються і розетки. У виробничих, громадських будівлях на однофазні групи освітлення сходів, горищ, коридорів допускається приєднувати до 60 ламп розжарювання потужністю до 60 Вт.

У групових лініях, які живлять лампи потужністю 10 кВт і більше, кожна лампа повинна мати самостійний апарат захисту.

На початку кожної групової лінії, в тому числі живиться про шинопроводів,

повинні бути встановлені апарати захисту на всіх фазних проводах. Установка апаратів захисту в нульових захисних провідниках забороняється.

Робочі нульові провідники групових ліній повинні прокладатися при застосуванні металевих труб спільно з фазними провідниками в одній трубі, а при прокладанні кабелями або багатожильними проводами повинні бути укладені в загальну оболонку з фазними проводами.

Спільне прокладання проводів і кабелів групових ліній робочого освітлення з груповими лініями освітлення безпеки і евакуаційного освітлення не рекомендується.

Лекція 8

8.1. Розрахунок освітлювальної мережі по втраті напруги

Розрахунок мережі на втрату напруги є основним.

Допустима величина втрат напруги в мережі визначається з виразу

$$\Delta U_{\text{д}} = U_{\text{х.х}} - \Delta U_{\text{т}} - U_{\text{мин}}, \quad (8.2)$$

де - $\Delta U_{\text{д}}$ допустима величина втрат в мережі; $U_{\text{х.х}}$ номінальна напруга холостого ходу трансформатора; $\Delta U_{\text{т}}$ - втрати напруги в трансформаторі під навантаженням; $U_{\text{мин}}$ - допускається мінімальна напруга у віддалених ламп, все значення вказані в%.

Втрата напруги в трансформаторі залежить від його потужності, завантаження і характеру навантаження:

$$\Delta U_{\text{т}} = \beta(U_{\text{а.т}} \cos\varphi + U_{\text{р.т}} \sin\varphi), \quad (8.3)$$

де - β - коефіцієнт завантаження трансформатора; $U_{\text{а.т}}$ і $U_{\text{р.т}}$ - активна і реактивна складові напруги короткого замикання трансформатора; $\cos\varphi$ - коефіцієнт потужності трансформатора.

Значення $U_{\text{а.т}}$ і $U_{\text{р.т}}$ визначаються наступними виразами :

$$U_{\text{а.т}} = 100 P_{\text{к}} / P_{\text{н}}; U_{\text{р.т}} = \sqrt{U_{\text{к}}^2 - U_{\text{а.т}}^2}, \quad (8.4)$$

де $P_{\text{к}}$ -Втрати короткого замикання; $P_{\text{н}}$ -номінальна потужність трансформатора; $U_{\text{к}}$ - напруга короткого замикання,%, значення $U_{\text{к}}$ і $P_{\text{н}}$ наводяться в паспортних даних трансформатора.

Напруга холостого ходу силових трансформаторів, як правило, завищується, але не більше 5%. Це обмеження накладають джерела світла напруга на яких не повинна перевищувати 5% від номінального.

Для визначення втрат напруги освітлювальна мережа розбивається на ділянки, розраховуються втрати напруги на них, які потім сумуються.

У загальному вигляді втрати напруги в мережі визначаються за формулою

$$\Delta U = I(R \cos\varphi + X \sin\varphi), \quad (8.5)$$

де I - розрахунковий струм лінії; R , X - активний і індуктивний опір лінії
Активний опір визначається так:

$$R = \frac{\rho L}{s \cdot 10^6} \text{ або } R = \frac{L}{\gamma s \cdot 10^6}, \quad (8.6)$$

де ρ - питомий опір провідника, Ом·м; γ - питома провідність провідника ($1/\rho$), См/м; s –переріз провідника; L – довжина лінії, для алюмінієвих провідників $\rho = 33 \cdot 10^{-9}$ Ом·м; $\gamma = 30,5 \cdot 10^6$ См/м; для мідних провідників $\rho = 20 \cdot 10^{-9}$ Ом·м, $\gamma = 50 \cdot 10^6$ См/м.

Якщо виразити ΔU у відсотках від номінальної напруги, а струм навантаження через потужність в кВт, то для двухпровідної мережі

$$\Delta U = \frac{2 \cdot 10^{11}}{\gamma s U_n^2} M, \quad (8.7)$$

Для трьохфазної с нулем і без нуля

$$\Delta U = \frac{10^{11}}{\gamma s U_n^2} M, \quad (8.8)$$

де M - момент нарузки, дорівнює добутку навантаження P , кВт, на довжину лінії L , м.

При заданому номінальному напрузі, системі мережі і матеріалі провідників формули спрощуються і приймають вид

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot s}, \quad (8.9)$$

де C - коефіцієнт, значення якого приведено в табл. 4.1

Таблиця 8.1

Значення коефіцієнта C

Система мережі	Значення C для провідників	
	Мідних	Алюмінієвих
Трьохфазна с нулем	72	44
Трьохфазна без нуля	72	44
Двухфазна с нулем	32	19,6
Однофазна	12	7,4
Двухфазна без нуля	36	22

У практичних розрахунках слід користуватися таблицями моментів (табл. 4.2, 4.3, 4.4), що дозволяють відразу знаходити перетин проводів ділянки лінії для заданого моменту і ΔU . При цьому попередньо мережу розбивається на ділянки, і для кожної ділянки призначається втрата напруги ΔU з таким розрахунком, щоб сума падінь напруги не перевищувала допустиму для всієї мережі.

При розрахунку мережі з газорозрядними лампами необхідно враховувати коефіцієнт потужності $\cos\phi$. В даний час світлотехнічна промисловість поставляє комплектно з конденсаторами тільки люмінесцентні світильники, тому в мережах

для їх живлення коефіцієнт потужності можна не враховувати.

8.2. Розрахунок електричної мережі за умовами мінімуму витрати провідникового матеріалу

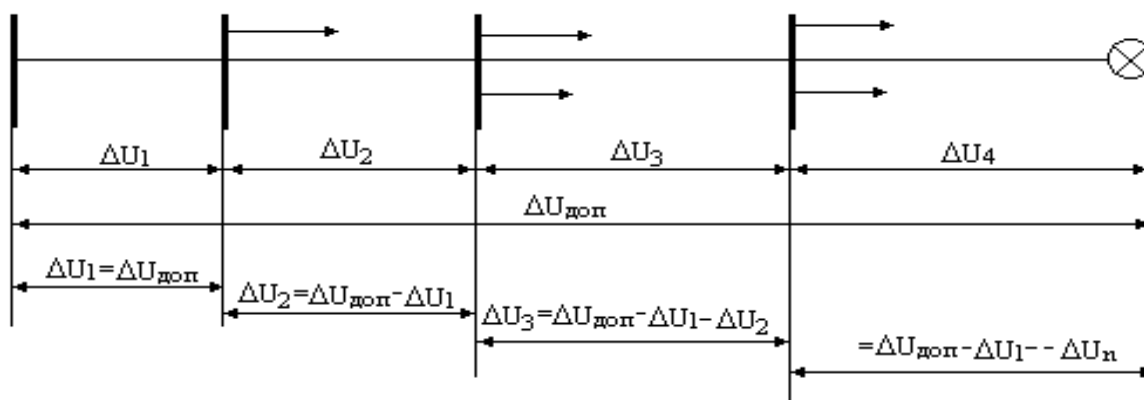
При розрахунку розгалуженої мережі живлення розподіл ΔU між ділянками мережі слід проводити за умовами загального мінімуму витрати провідникового металу.

Перетин кожної ділянки мережі визначається за ΔU , що розташовується від початку даної ділянки до кінця мережі, і наведеним моменту M_n , що визначається за формулою

$$M_n = \Sigma M + \alpha \Sigma m, \quad (8.10)$$

де ΣM - сума моментів даного і всіх наступних за направленням струму ділянок з тим же числом проводів в лінії, що і на даній ділянці; Σm - сума моментів питомих через дану ділянку ліній з іншим числом проводів, ніж на даній ділянці, α - коефіцієнт приведення моментів (див. табл. 8.2).

Вся мережа розбивається на ділянки (рис.8.3), де відбуваються розгалуження мережі або зміна схем живлення (трифазне, однофазне і т.д.). На практиці це ділянки від одного розподільного щитка до іншого.



Р и с.8.3. Разбивання мережі на ділянки

При визначенні перетину першої ділянки за формулою (8.10) передбачається, що всі допустиме падіння напруги відбудеться на цій ділянці з урахуванням того, що сюди увійдуть втрати напруги всієї решти мережі.

Таблица 8.2.

Коефіцієнти приведення моментів α

Линія	Відгалуження	Значення
Трьохфазна с нулем $s_o = 0,6s_\phi$ ($s_o = 0,5s_\phi$)	Однофазне	1,83(1,85)
	Двухфазне с нулем	1,37(1,39)
Трьохфазна с нулем $s_o = s_\phi$	Однофазне	1,73
	Двухфазне с нулем	1,3
Двухфазная с нулем	Однофазне	1,33
Трьохфазна без нуля	Двухпроводне	1,15

Спочатку розраховується приведений момент для цієї ділянки мережі. Потім по

реальному моменту [1] визначається реальне падіння напруги на цій же ділянці ΔU_1 . Воно буде значно менше допустимого. Частина напруги $\Delta U = \Delta U_{\text{доп}}$

$-\Delta U_1$ знову вважається як падіння напруги, але на другій ділянці і за наведеним моменту вже для цієї ділянки визначається перетин дроту. Потім визначається реальне перетин для реального моменту і реальне падіння напруги і т. Д.

8.3. Вибір і перевірка перетинів провідників по нагріванню

Обрані проводи необхідно перевірити по нагріванню. Нагрів проводів викликається проходженням по них струму I , величина якого визначається наступними формулами:

для трифазної мережі з нулем і без нуля

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U_{\text{л}} \cos \varphi} ; \quad (8.11)$$

для двухпроводної мережі, де один провід - нуль,

$$I = \frac{P}{U_{\text{ф}} \cos \varphi} , \quad (8.12)$$

де P - активна навантаження, що передається даними провідниками, $U_{\text{л}}$ $U_{\text{ф}}$ - лінійний і фазна напруга мережі.

Значення тривало допустимого струму для проводів і кабелів наводиться в довідковій літературі.

Лекція 9

Вибір проводів по механічній міцності

Цей вибір обумовлений монтажем і прокладкою електричних мереж, при малому перерізі провідників відбувається обрив, виникають складнощі їх кріплення до комутуючих апаратів і т. Д. Тому мінімальні перерізи провідників нормуються.

За умовами механічної міцності при прокладці проводів вибираються алюмінієві дроти перерізом не - менше $2,5\text{мм}^2$, а мідні - не менше 1мм^2 .

Для різних умов прокладки мінімальні перерізи наводяться в табл. 4.5.

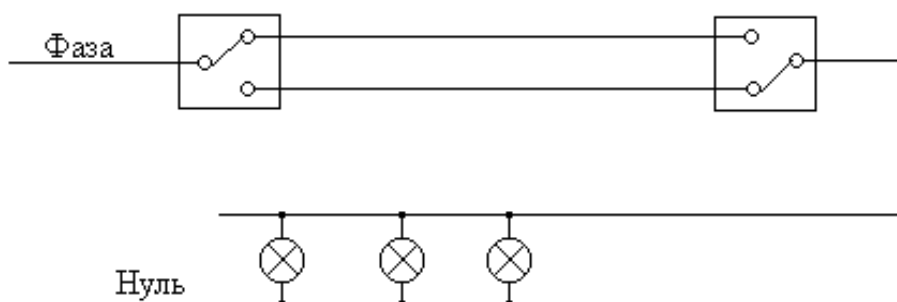
Якщо при розрахунку перерізу провідників, особливо при малих токах і невеликих відстанях, виявляються менше, ніж за умовами механічної міцності, то їх вибирають по механічній міцності для даного способу і умов прокладки.

Таблиця 9.1

Мінімальні перерізи провідників по механічній міцності

Провідники	Мінімальний переріз провідників, мм^2	
	мідні	алюмінієві
Провід для зарядки світильників:		
загального освітлення всередині будівлі	0,5	-
поза будівлю	1	-
підвісних місцевого освітлення	0,75	-
Кабелі, захищені і ізольовані проводи для		

нерухомих прокладок на роликах, скобах і в трубах	1	2,5
Незахищені ізолювані проводи всередині приміщень при прокладці: на ізоляторах по стінах і стелях на ізоляторах у вигляді перекидок між фермами або колонами при відстані між опорами, м:	1,5	4
менше 6	2,5	4
менше 12	4	10
більше 12	6	16
Голі проводи в будівлях	2,5	-



9.1. Управління освітленням

Управління електричним освітленням забезпечує бажану освітленість в будь-який час при мінімальному споживанні енергії. Досвід застосування систем управління показав, що можна зменшити повний витрата енергії на освітлення більш ніж на 70%.

Управління освітленням невеликих приміщень проводиться вимикачами розташовуваними біля входу, як правило, з боку дверної ручки; для епізодично відвідуваних приміщень (вент.камер, комори і т.д.)-поза приміщень, в інших випадках в приміщеннях.

При числі світильників у приміщення більше одного рекомендується установка не менше двох вимикачів. Для протяжних приміщень з кількома входами, що не використовуються як постійні проходи (кабельні галереї, тунелі тощо), управління освітленням рекомендується здійснювати з усіх можливих входів по так званій «коридорній» схемою, зображеної на малюнку.

Апарати управління зазвичай встановлюються на всіх фазних проводах і на обох проводах мережі постійного струму.

Захисні і відключають апарати не встановлюються в нульових проводах, крім нульових провідників двопровідних ліній у вибухонебезпечних приміщеннях.

Апарати управління повинні встановлюватися на вводах:

-у всі будівлі і споруди - при харчуванні навантажень на ток більше 20 А від

окремо розташованих підстанцій;

-в торгіві, комунальні приміщення та інші відокремлені в адміністративно-господарському відношенні споживачі,

-в пожежонебезпечні склади.

9.2 Електробезпека та захист в освітлювальних установках

Електробезпека - система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від небезпечного впливу електричного струму.

Для захисту людей від ураження електричним струмом при ненавмисному контакті з знаходяться під напругою провідними частинами електроустановки і для запобігання загорянь, що виникають внаслідок протікання струмів витoku і замикань на землю, або розвиваються з них струмів короткого замикання в даний час застосовують пристрої захисного відключення (УЗО).

У Росії обов'язкове застосування УЗО регламентується цілим рядом нормативних документів у тому числі і для установки їх в адміністративних, житлових і побутових будинках

Так як вибір засобів захисту в значній мірі залежить від системи заземлення мережі то разом з впровадженням УЗО широкого поширення набули нові схеми з'єднання електроустановок із землею.

Схема з'єднання з землею це стандартний термін, що характеризує метод заземлення струмоведучих проводів низьковольтної електроустановки, а також корпусів споживачів. Спосіб з'єднання з землею струмоведучих проводів називається режимом нейтралі. В електроустановці будинку він може бути реалізований трьома різними шляхами. Навпаки корпусу в кінцевому рахунку завжди приєднані до землі будівлі, де вони встановлені, або безпосередньо, або через нульовий провід.

До теперішнього часу переважна більшість електричних схем в Росії це схема з глухозаземленою нейтраллю але за кордоном від цієї схеми поступово відмовляються.

За міжнародною класифікацією система позначається двома буквами перша з яких вказує режим роботи нейтралі джерела живлення, друга - металевих корпусів електрообладнання. У позначеннях використовуються початкові літери французьких слів: T (terre - земля) - заземлено; N (neuter - нейтраль) - приєднання до нейтралі джерела (занулити); I (isole) -ізолювано.

Передбачено три системи заземлення мереж (див. Рис. 6.1):

а) TT - нейтраль джерела і корпусу електроприймачів заземлені рис.6.1 (а);

б) TN - нейтраль джерела заземлена а корпуси електроприймачів занулені рис.6.1 (б);

в) IT - нейтраль джерела ізолюваний а корпуси електроприймачів заземлені рис.4.9 (в).

Застосовуються й додаткові літери: S - функція захисту PE (нульового робочого проводу), окрема від нульового захисного проводу (N); C - функція захисту загальна для робочого і захисного проводу (PEN) тобто провід один.

Наприклад, TN-S - нульовий робочий та нульовий захисний розділені;

TN-C - нульовий робочий і нульовий захисний суміщені;

TN-CS - нульові провідники на головних ділянках мережі об'єднані, а починаючи з якого то ділянки нульовий провідник розділяється на два на робочий і нульовий захисний.

9.3 Заземлення в освітлювальних установках

Заземлення має на меті забезпечити безпеку людини при дотику його до металевих корпусів електрообладнання, які опинилися під напругою.

У мережах із заземленою нейтраллю до 1000 В заземлення здійснюється з'єднанням металевих частин електроустановки з нульовим проводом, що при замиканні на ці частини фазного проводу створює коротке замикання і веде до відключення аварійної ділянки апаратами захисту.

У мережах з ізолюваною нейтраллю і в мережах з постійним струмом заземлення здійснюється з'єднанням металевих частин з заземлювачами за допомогою заземлюючих провідників, що веде до зниження до безпечних значень величини струму, що проходить через тіло людини при дотику його до цих частин, що опинилися під напругою.

Заземлення необхідно в усіх приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних, а також у зовнішніх установках при номінальних напругах мережі понад 42 В змінного і вище 110 В постійного струму.

У вибухонебезпечних установках заземлення виконується при будь-якій напрузі в тому числі і при напрузі 12 - 36 В.

Не підлягають заземленню металеві корпуси і конструкції електроустановки в приміщеннях без підвищеної небезпеки, наприклад в приміщеннях житлових і громадських будівель з ізолюючими підлогами і нормальним середовищем.

Заземлення корпусу світильника відгалуженням від нульового робочого проводу всередині світильника забороняється. Схема такого заземлення представлена на рис.

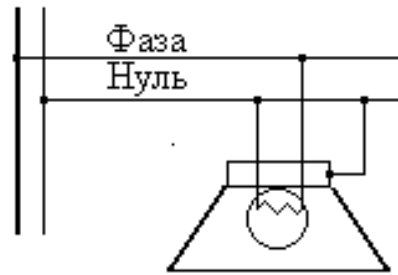
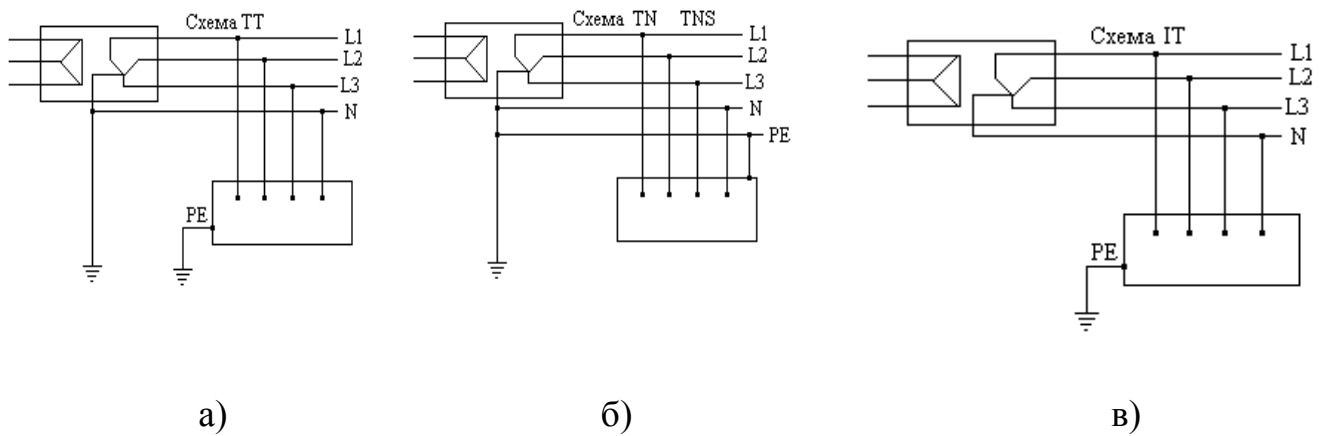


Рис.9.1 Схема заземлення мереж.

Лекція 10

Зовнішнє освітлення

До зовнішньому освітленню відносяться:

- Освітлення вулиць, доріг;
- Освітлення тунелів;
- Освітлення житлових кварталів і пішохідних зон;
- Освітлення фасадів будівель і пам'ятників;
- Висвітлення спортивних споруд.

Освітлення може виконуватися як світильниками, так і прожекторами. Безумовних економічних переваг жодна з систем не має і вибір способу освітлення повинен ґрунтуватися на техніко-економічних порівняннях.

Вирішальними моментами для вибору прожекторного освітлення найчастіше є великі (в обох вимірах) розміри освітлюваної поверхні і особливо небажаність або неможливість установки на ній великої кількості опор.

При висвітленні світильниками з лампами ДРЛ їх слід застосовувати, як правило, для основних доріг і проїздів на заводських територіях, а також міст і селищ за норми середньої освітленості 4 лк і більше.

Аналіз річних витрат показує, що при виборі джерел світла для прожекторів вирішальну роль відіграє ширина освітлюваної площі. При ширині до 150 м оптимальні лампи ДРЛ, до 300 м - галогенні і лампи розжарювання, при ще більшій ширині - ксенонові лампи.

Розглянемо в основному питання освітлення автодоріг.

Основні поняття.

Найбільш важливими характеристиками дорожнього освітлення є:

- Рівень яскравості;
- Рівномірність освітлення;
- Ступінь обмеження осліпленості;
- Спектральний склад світла;
- Видимість дорожніх показників.

За одиницю вимірювання яскравості прийнята яскравість такої плоскої поверхні, яка в перпендикулярному напрямку випромінює силу світла в 1 кд з площі в 1 м^2 , розмірність $\text{кд} / \text{м}^2$. Яскравість є складною функцією кутів: α - кут спостереження до горизонталі, β - кут між площиною падіння світла і площиною спостереження, γ - кут падіння світла, (рис.10.3) і коефіцієнта яскравості дорожнього покриття $q = L / E$, $\text{кд} / \text{м}^2 / \text{лк}$.

Рівень яскравості (L).

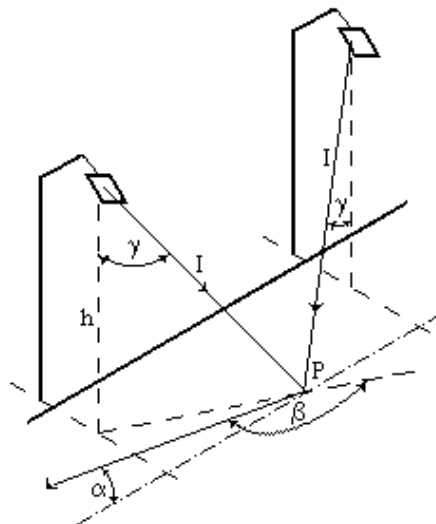


Рис. 10.3 Положення кутів α , β , γ для визначення яскравості в точці P.

Рівень яскравості (L).

Яскравість в точці P визначається наступним виразом

$$L = qE = \frac{qI \cos^3 \gamma}{h^2} \quad (10.1)$$

де q - коефіцієнта яскравості дорожнього покриття, береться з таблиць, $\text{кд} / \text{м}^2 / \text{лк}$, I - сила світла в напрямку точки P, визначається типом світильника, кд , E - горизонтальна освітленість в точці P, лк , γ - кут падіння променя світла в точку P, h - висота підвісу світильника.

Діапазон зміни показника яскравості лежить в межах від 1 (нестерпно яскраве

світло) до 9 (непомітна засліпленість).

Рекомендовані значення показника лежать в межах 4÷ 6.

10.1. Рівномірність освітлення.

Відношення максимальної яскравості покриттів проїзної частини доріг до мінімальної L_{\max} / L_{\min} не повинно перевищувати 3: 1 при нормі середньої яскравості більше 0,6 кд / м² і 5: 1 при середній нормі менше 0,6 кд / м².

Відношення максимальної освітленості до середньої $E_{\max} / E_{\text{ср}}$ не повинно перевищувати 3: 1 за норми середньої освітленості 6 лк, 5: 1 за норми середньої освітленості від 4 до 6 лк, і 10: 1 при нормі середньої освітленості менше 4 лк.

Ступінь обмеження осліпленості.

Засліпленість в основному оцінюється показником дискомфорту G , який визначається за формулою:

$$G=13,84 - 3,31\lg I_{80} + 1,3(\lg I_{80}/\lg I_{88})^{1/2} - 0,08 \lg I_{80}/\lg I_{88} + 1,29\lg F + 0,97\lg L_{\text{ав}} + 4,41\lg h - 1,46\lg p + c$$

де I_{80} – сила світла під кутом 80° до вертикалі,

I_{88} - сила світла під кутом 88° до вертикалі,

F - площа світлопускаючої поверхні світильника, видима під кутом 76°,

$L_{\text{ав}}$ - середня яскравість дорожньої поверхні,

h - висота світильника,

p - кількість світильників на кілометр,

c - коефіцієнт корекції: $c = 0,4$ для натрієвих ламп низького тиску, $c = 0$ для інших ламп.

Для оцінки рівня осліпленості досить розглянути внесок тільки тих джерел, які потрапляють в поле зору під кутом 20° відносно горизонтальної площини (рис.10.4).

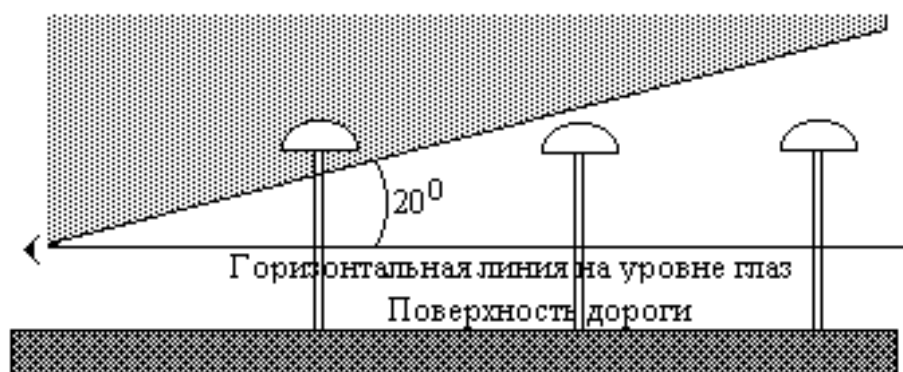


Рис. 10.4 Оцінка рівня осліпленості.

Спеціальні вимоги до перенесення кольорів пред'являються в основному в містах і місцях масового перебування людей. Основним критерієм оцінки пішоходом світлового середовища є якість передачі кольору людського обличчя.

Шкала оцінок якості передачі кольору заснована в основному на суб'єктивних оцінках при сутінкових умовах спостереження та порівняння різних джерел світла в установках зовнішнього освітлення.

10.2 Зовнішнє освітлення світильником.

Для зовнішнього освітлення доцільно застосовувати світильники з широким світлорозподілом, в більшості випадків некруглосиметричних

Висота установки вибирається з урахуванням вимог обмеження сліпучої дії, висоти типових опор та економічних міркувань. Звичайна висота установки 6-10 м.

Відстань між світильниками обраного типу визначається розрахунком, при якому найчастіше задаються потужністю лампи і визначають проліт. З декількох можливих варіантів вибирається найвигідніший.

В установках, де нормована середня яскравість покриття, за основу розрахунку береться коефіцієнт використання за яскравістю L .

За значенням визначається необхідний потік Φ_1 в люменах на квадратний метр за формулою:

$$\Phi_1 = \frac{Lk\pi}{\eta_L}, \quad (10.2)$$

де L - нормована яскравість, кд / м²;

k - коефіцієнт запасу.

При відомому потоці лампи і ширині дороги легко визначається відстань між світильниками

Приблизне розташування світильників для вулиць і доріг наведено в таблиці 10.1.

Таблиця 10.1

Рекомендовані способи розташування світильників для вулиць і доріг

Спосіб розташування світильників	Ширина проїзної частини, м
На опорах з одного боку проїжджої частини	12
В один ряд на тросах по осі проїжджої частини	18
На опорах з двох сторін в шаховому порядку	24
Те ж в прямокутному порядку	48

Перевірочний розрахунок освітленості в точці Р (рис.10.3) визначається виразом:

$$E_p = \sum_1^n \frac{I \cos^3 \gamma}{h^2} \quad (10.3)$$

де I - сила світла світильника в напрямку точки Р,

n - кількість світильників.

Лекція 11

11.1 Зовнішнє освітлення прожекторами

Прожектор є освітлювальним приладом дальньої дії, призначеним для освітлення відкритих просторів. Основними дрібтячи ми кожного прожектора є джерело світла і оптичний пристрій.

Принцип роботи прожектора полягає в тому, що світловий потік, що випромінюється джерелом світла за допомогою оптичного пристрою, перерозподіляється і концентрується в спрямований пучок світла.

Як правило, прожектори встановлюються зосередженими групами на щоглах, рідше - поодиночі або невеликими групами на високих будівлях.

Розміщення щогл вибирається в процесі розрахунку, причому відстань між щоглами лежить в межах від 6 до 15-кратної їх висоти.

До основи щогли примикає «мертве простору» обмежене певним радіусом і якщо воно потрапляє зону освітлюваного простору, то на щоглі встановлюють додаткові світильники.

Для розрахунку прожекторного освітлення в основному застосовують точковий метод.

Але для попереднього наближеного визначення необхідної потужності прожекторної установки можна користуватися формулою

$$\omega = mEk , \quad (11.1)$$

Де ω - питома потужність, Вт / м²; E - нормована освітленість; k - коефіцієнт запасу; m - коефіцієнт, який для прожекторів з лампами розжарювання можна застосовувати в межах 0,2 - 0,25, а з лампами ДРЛ і галогенними лампами 0,12 - 0,16.

При розрахунку прожекторного освітлення рекомендується користуватися альбомами із заздальгідь побудованими ізолюкси для даного типу прожектора і його характерних властивостей.

11.2 Системи для дистанційного керування освітленням

Зазвичай система дистанційного керування реалізує наступні функції:

- контроль однієї або більше установок на станції дистанційного керування;
- отримання інформації в реальному часі;
- виконання операцій зі станції дистанційного керування.

Зокрема, система дистанційного керування для освітлювальних установок дозволяє:

- а) дистанційно регулювати освітлення і відключати освітлювальні фідера;
- б) заощаджувати енергію за допомогою регулювання необхідного світлового

поток;

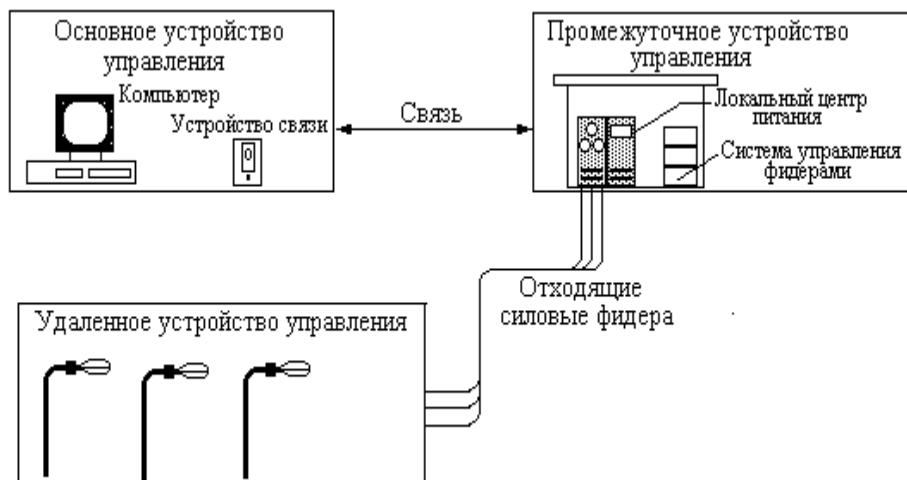
- в) безперервно перевіряти роботу лампи для того, щоб максимально використовувати її за часом;
- г) пристосувати освітлення згідно простору і часу;
- д) розпізнавати типи дефектів ламп без нічних перевірок;
- е) локалізувати збій стартерів, дефектних конденсаторів та інших пристроїв;
- ж) розраховувати час функціонування кожного освітлювального поста, попередньо попереджати про необхідність заміни лампи.

11.3 Структура системи управління для освітлювальних установок

Системи дистанційного керування зазвичай складаються з основного пристрою управління, проміжного пристрою управління і пристрій віддаленого управління, показано на малюнку.

Основний пристрій керування.

Здійснює контроль і управління цілою освітлювальною системою. Зазвичай це реалізується за допомогою персонального комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням, принтера, щоб записати події, і пристрої зв'язку, щоб забезпечити з'єднання з проміжним пристроєм управління.



Зв'язок може здійснюватися:

- За допомогою модему і телефонної лінії;
- За допомогою цифрового стільникового телефону;
- По радіо зв'язку з частотою УКВ;
- За допомогою спеціальної мережі.

Основний пристрій керування одержує такі дані про стан локального центру харчування:

- Величиною напруги;
- Величиною струму кожного фідера;
- Позиції (відкрито / закрито) основного ключа;
- позиції (відкрито / закрито) двері центру харчування (або електричного пульта);

- Попередженні про низькій напрузі (менше 10% від номінального)
- Попередженні про автоматичне функціонуванні основного ключа;
- Попередженні про автоматичне функціонуванні фідерного ключа;

Основний пристрій управління може здійснювати такі операції в локальних центрах харчування:

- Відкриття основного ключа;
- Закриття основного ключа;
- Перемикання на відкриття кожного фідера;
- Перемикання на закриття кожного фідера;

Частина функцій може бути додана.

Проміжний пристрій керування.

Пристрій містить наступні компоненти.

- 1) електронний пристрій для управління усіма проміжними пристроями контролю і зв'язку з основним пристроєм.
- 2) пристрій для вимірювання і запису струмів і напруг, управління вхідними та вихідними сигналами.
- 3) електронний пристрій для зв'язку з віддаленим пристроєм. для даної зв'язку зазвичай застосовується хвильова система передачі з основною частотою 110-125 кГц з використанням провідників живильних фідерів.

Основний пристрій керування одержує такі дані про стан кожної освітлювальної точки (через проміжне пристрій):

- наявність лампочки;
- відсутність лампочки;
- короткому замиканні лампочки;
- обриві контуру ланцюга лампи;
- пробі ізоляції конденсатора;
- несправності конденсатора;
- коефіцієнті корисної дії лампи;
- споживаної потужності;
- часу роботи лампи;
- контролі за збільшенням струму (при порушенні ізоляції).

Основний пристрій управління може здійснювати такі операції в кожній освітлювальної точці:

- включення лампи;
- відключення лампи;
- зміна реактивного опору штепселя;

- відключення стартера світильника (після однієї хвилини невдалих спроб).

Пристрій віддаленого управління

Пристрій реалізується на невеликій електронній платі, яка встановлюється на кожному світильнику. Ці електронні компоненти можуть вимірювати кут зсуву фази між струмом світильника і поданням напругою.

Для того щоб зв'язатися з проміжним пристроєм, кожне віддалене пристрій має відрізняється від інших електронну адресу, встановлений за допомогою електронного ключа.

Більшість віддалених пристроїв мають невеликі розмір 120x30x30 мм. Безпосередньо можуть включати лампи до 400 Вт, якщо більше то через проміжні апарати. Вони розміщуються в захисному корпусі і встановлюються біля основи стовпа або безпосередньо в корпусі світильника.

11.4 Схеми живлення ламп вуличного освітлення

Лампи можуть підключатися до джерела живлення або послідовно або паралельно.

Паралельне вмикання

Ці схеми набули найбільшого поширення в даний час, як найбільш прості. Вихід з ладу лампи не впливає на роботу схеми. Система проста в експлуатації. Для підтримки заданого світлового потоку в схемі живлення вбудовують стабілізатори напруги. (Рис.6.5).

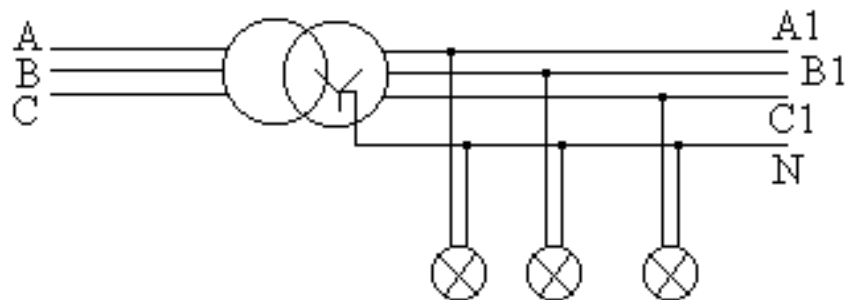


Рис.11.1 Схема паралельного включення.

Послідовне вмикання

Ці схеми складніші і вимагають додаткове обладнання. Схеми харчуються підвищеною напругою 3 - 6 кВ. (Рис.6.6)

Складність полягає в тому що при перегорання лампи обривається ланцюг живлення всіх ламп.

Для усунення цього недоліку паралельно лампам включаються запобіжники напруги.

Мета запобіжників - створити коротке замикання лампи при її виході з ладу, щоб забезпечити безперервність контуру електричного кола.

Запобіжники складаються з двох невеликих металевих пластин, ізольованих між собою шаром окису міді.

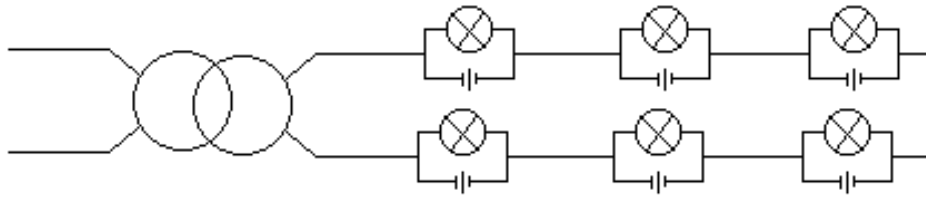


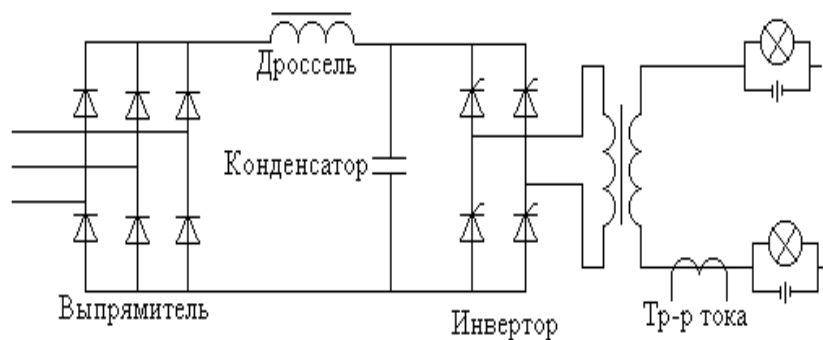
Рис.11.2 Схема послідовного включення.

Якщо напруга, прикладена до металевих пластин стає вище, ніж напруга пробною ізоляції між пластинами то відбувається пробій і закорачивание пластин.

Запобіжники легко витримують напругу прикладена до лампи але при перегорання лампи все напруга джерела прикладається до пластин і відбувається пробій.

Але при виході лампи або ламп змінюється загальний опір кола і збільшується струм через лампи, а це може призвести до лавинному перегорання всіх ламп. Тому в таких схемах застосовуються регулятори струму, схема якого представлена на малюнку.

Електронні регулятори струму.



Номінальна потужність регуляторів може бути від 10 до 80 кВА, номінальний струм 9,6 або 20 А, вихідний струм синусоїдальний із спотворенням гармоніки менше ніж 5%. Регулятор підтримує струм з відхиленням менше 1%.

Для поліпшення запалювання дуг в лампах при включенні регулятор забезпечує харчування ламп частотою струму до 400 Гц (або декілька КГц) з тривалістю часу 0,3 с. Регулятор лінійно збільшує струм від нуля до номінального значення, для зменшення механічних напружень в лампах, при температурних змінах.

Вночі світловий потік може регулюватися і зменшуватися безперервно аж до мінімальної величини струму, що не дозволяє

У табл.7.6 представлено технічне порівняння між двома схемами живлення.

Технічне порівняння між двома схемами живлення

Параметр	Мережа з постійним струмом	Мережа з постійною напругою
випромінюваний світловий потік	Світловий потік є наслідком протікання струму в лампі, таким чином освітлювальна установка дозволяє мати всі лампи з однаковим випромінюваним світловим потоком	Випромінюваний світловий потік від ламп залежить від падіння напруги вздовж електричної лінії. Лампи, розташовані далеко від місця підключення до джерела, мають менший світловий потік У будь-якому випадку ланцюг чутлива до зниження напруги. Але його можна уникнути установкою стабілізатора напруги. Вона може бути отримана за допомогою системи зменшення напруги. Але лампи, далеко розташовані від місця підключення до джерела можуть бути менш яскравими або зовсім відключатися.
довжина ланцюга	Довжина ланцюга може бути дуже великою, Вона залежить від допустимих втрат в мережі і номінальної напруги пробою ізоляції.	Максимальна довжина лінії залежить від падіння напруги вздовж лінії.
Замикання на землю	Освітлювальна установка продовжує працювати нормально, а контакт із землею відзначається з допомогою системи контролю за ізоляцією.	Освітлювальна установка відключається.
Коротке замикання	Воно відповідає зменшенню навантаження. Лампи після виходу з ладу вимикаються. Регулятор забезпечує роботу решти ламп	Освітлювальна установка відключається.

Атмосферні перенапруги	Проблеми відсутні.	Диференціальний ключ-пристрій відключає всю освітлювальну установку.
Коливання напруги мережі	Регулятор струму зменшує їх майже повністю, а наявність конденсатора уменшає чутливість до пульсацій напруги.	У будь-якому випадку ланцюг чутлива до зниження напруги. Але його можна уникнути установкою стабілізатора напруги.
Економія електроенергії	Вона може бути отримана за допомогою запланованого зменшення струму. Всі лампи будуть при цьому мати однакову яскравість	Вона може бути отримана за допомогою системи зменшення напруги. Але лампи, далеко розташовані від місця підключення до джерела можуть бути менш яскравими або зовсім відключатися.

Лекція 12

Економічні аспекти енергоефективного освітлення

Для промислово розвинених країн витрати електроенергії на потреби освітлення складають до 20% від загального обсягу виробленої електроенергії.

Для західних країн вартість спожитої електроенергії істотно перевершує вартість світлотехнічного обладнання, тому економії електроенергії приділяється велика увага. Економічні розрахунки показують, що витрати на освітлення можна знизити на 30%.

Складові частини економічного розрахунку

Для кожної модифікації світлотехнічного обладнання розраховуються капітальні та експлуатаційні витрати, які потім сумуються. Далі, для кожного варіанту освітлювального пристрою розраховуються:

- річний споживання електроенергії;
- повна вартість життєвого циклу аж до утилізації;
- наведені витрати на обслуговування;
- вартість зекономленої енергії;
- термін окупності.

Як показують опитування учасників ринку термін окупності нових високоефективних світильників необхідно знизити до 5-6 років замість існуючих 7-9 років.

В основі економічних розрахунків лежить рівняння, що дозволяє розраховувати споживання електроенергії за рік.

$$ES = 0,001PtA,$$

де ES споживання енергії, кВтг / рік; P - споживана потужність на освітлення одного квадратного метра, Вт / м²; t - час роботи, год / рік; A - освітлювана площа, м².

Річні фінансові витрати M,

$$M = ES * T,$$

де T - тариф на електроенергію за 1 кВтг.

Економію електроенергії ES можна оцінити як,

$$ES = ECB - ECR$$

де ECB - базовий варіант, ECR варіант після реалізації заходів з енергозбереження.

Заходи з енергозбереження в освітлювальних системах поділяються на технічні та організаційні.

Основними технічними заходами є:

- підвищення світловіддачі світильників,
- підвищення якості електроенергії мережі живлення.
- рівномірне навантаження фаз мережі живлення.
- збільшення терміну безвідмовної роботи.
- використання електронних систем запалювання електронних ламп.
- використання світлодіодів і світловодів для цілей освітлення.

Використання нових конструкцій ламп. В даний час розробляються безелектродні лампи СВЧ, в яких замість випромінюючої речовини - ртуті, використовується сірка. Очікувана економія енергії в період експлуатації та утилізації складе до 50% в порівнянні з ртутними лампами.

Основними організаційними заходами є:

нормування параметрів освітленості з урахуванням досліджень людського зору. Так в даний час в офісах і інших приміщеннях розміщується значна кількість персональних комп'ютерів. Освітленість створювана моніторами, залежить від зовнішнього освітлення і має бути тісно пов'язана з ним, інакше можуть з'являтися відблиски і інші неприємні для людського ока відчуття.

заохочення, санкції і економічне стимулювання виробників і замовників енергозберігаючих джерел світла.

Раціональне розміщення джерел світла.

Застосування гнучких систем освітлення в залежності від сезону і часу доби.

Поточні та профілактичні огляди та заходи.

Застосування природного освітлення. В даний час проводяться дослідження новітніх технічних систем з метою максимального використання денного світла.

Виявлено, що можливість економії для типового адміністративного будинку становить до 50%.

Нові дослідження зору людини. Фундаментальні дослідження показали, що при використанні джерел світла з підвищеною синьою складовою в спектрі випромінювання можна економити світлову енергію за рахунок підвищення зорового відчуття зіниці ока. Дані дослідження можуть привести до зміни рекомендацій по необхідним рівням освітленості.

ЛЕКЦІЯ 13 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Методи розрахунку:

- метод питомої потужності
- метод коефіцієнта використання
- точковий метод

13.1 Метод питомої потужності

питома потужність:
$$p_{y\partial} = \frac{nP_l}{S},$$

де $p_{y\partial}$ - питома потужність

n - число ламп

P_l - потужність однієї лампи

S - площа приміщення

Область застосування:

- загальне рівномірне освітлення;
- перевірочні розрахунки.

Порядок розрахунку:

- вибирають тип світильника;
- намічають висоту його підвісу і найвигідніше число світильників;
- знаходять за відповідними таблицями питому потужність $p_{y\partial}$;

- визначають встановлену потужність ламп за формулою $P_y = p_{y\partial} S$

- визначають потужність однієї лампи $P_l = \frac{P_y}{n}$

13.2. Метод коефіцієнта використання

Коефіцієнт використання - відношення світлового потоку, що подає на поверхню, до сумарного світлового потоку всіх джерел світла

$$\eta = \frac{\Phi_p}{n\Phi_l}, \quad \eta \leq 1, \quad \text{т.к. } \Phi_p < n\Phi_l, \quad \eta = \eta_c \eta_{II},$$

де η_c – КПД світильника;

η_{II} – коефіцієнт використання приміщення,

$$i = \frac{ab}{H_p(a+b)},$$

де a і b – довжина і штрина приміщення

Середня освітленість поверхні:

$$E_{cp} = \frac{\Phi_p}{S} = \frac{\eta n \Phi_l}{S},$$

Поправочний коефіцієнт :

$$z = \frac{E_{cp}}{E_{min}}$$

для ЛН і ДРЛ – 1,15

ЛЛ – 1,1

Коефіцієнт запасу k з:

- для компенсації зниження освітленості з плином часу;
- дорівнює 1,3-2,0 залежно від середовища в приміщенні.

Мінімальна освітленість поверхні: $E_{min} = \frac{n \cdot \Phi \cdot \eta}{S \cdot z \cdot k_3}$

Світловий потік лампи:

$$\Phi_l = \frac{E_{min} \cdot S \cdot z \cdot k_3}{n \cdot \eta}$$

Область застосування:

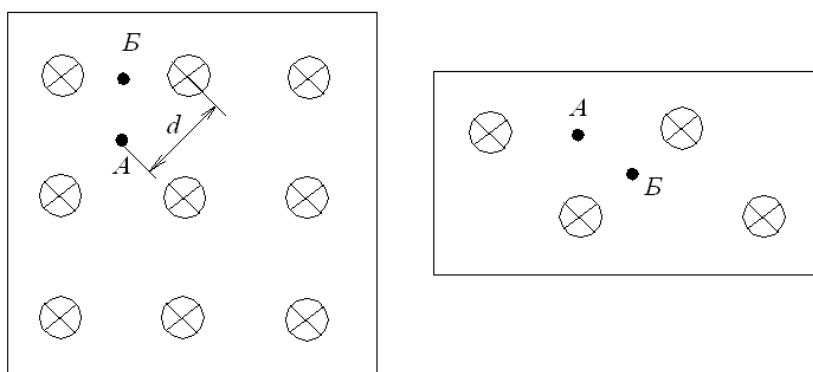
- загальне рівномірне освітлення.

Порядок розрахунку:

- Вибирають тип світильника;
- намічають висоту його підвісу і найвигідніше число світильників;
- встановлюють мінімальний нормований рівень освітленості;
- визначають коефіцієнт використання;
- визначають за довідковими даними значення поправочного коефіцієнта і коефіцієнта запасу;
- розраховується світловий потік лампи;
- по розрахунковому потоку підбирається найближча стандартна лампа, потік якої не повинен відрізнятись від необхідного розрахунком більш, ніж на -10 і + 20%;

13.3. Точковий метод

Розрахунок ведеться для найменш освітлених точки в межах поверхні.
Контрольні (характерні точки):

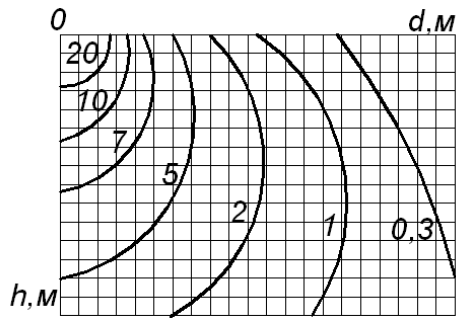


Світловий потік лампи:

$$\Phi_l = \frac{1000 \cdot E_{min} \cdot k_3}{\mu \cdot \Sigma e}$$

Коефіцієнт додаткової освітленості μ враховує відбитий світловий потік:

- 1,0 - для темних поверхонь;
- 1,2 - для світлих поверхонь.



Умовна освітленість e :

- освітленість, розрахована при умовному потоці 1000 лм;
- визначають за графіками просторових ізолюкс
- визначається залежно від відстані d і висоти підвісу світильника h_n .

Порядок розрахунку:

- вибирають тип світильника;
- намічають висоту його підвісу і найвигідніше число світильників;
- встановлюють мінімальний нормований рівень освітленості;
- визначають значення коефіцієнта додаткової освітленості і коефіцієнта запасу;
- визначають, вимірявши за планом, відстані d від заданої точки до проекції кожного з найближчих світильників.

Порядок розрахунку:

- знаходять за графіками просторових ізолюкс значення умовної освітленості - e , підсумовуючи їх, отримують Σe ;
- розраховується світловий потік лампи;
- по розрахунковому потоку підбирається найближча стандартна лампа.

Область застосування:

- загальне локалізоване освітлення.

13.4. Напряга освітлювальних мереж

Загальне освітлення:

- 380/220 В змінного струму - при заземленої нейтралі;
- 220 В - при ізольованій нейтралі.

Місцеве освітлення:

- Без підвищеної небезпеки не вище 220 В;
- З підвищеною небезпекою не вище 50 В.

Ручні переносні світильники:

- З підвищеною небезпекою не вище 50 В;
- В особливо несприятливих умовах не вище 12 В.

Джерела живлення

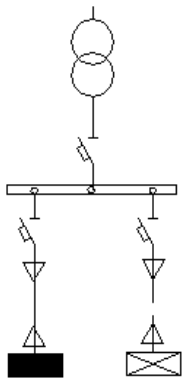
Принципи виконання:

- Роздільне виконання силових та освітлювальних мереж;
- Живлення від загальних трансформаторів (типова схема живлення).
- Живлення від окремих трансформаторів (для забезпечення необхідної якості напруги при напрузі силових мереж 660/380 В)

Варіанти живлення робочого і аварійного освітлення

Живлення від однієї секції РУ:

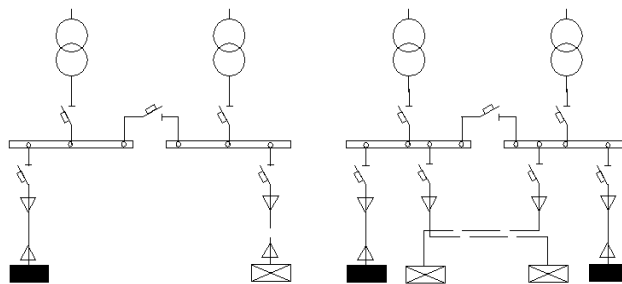
- Евакуаційне освітлення в приміщеннях з природним світлом



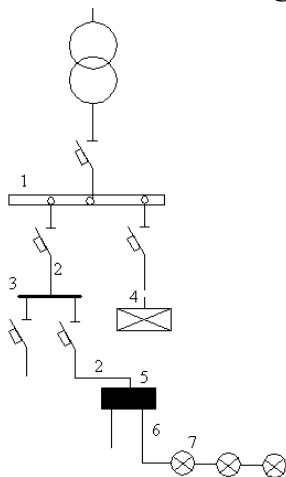
Мережі аварійного та загального освітлення виконуються роздільно!

Живлення від різних секцій РУ (незалежні джерела):

- аварійне освітлення безпеки;
- евакуаційне освітлення в приміщеннях без природного світла.



Структура освітлювальної мережі



1. РУ ТП;
2. Мережа живлення;
3. Магістральний щиток;
4. Щиток аварійного освітлення;
5. Груповий щиток (щиток робочого освітлення);
6. Групова мережа;
7. Джерела світла.

Структура освітлювальної мережі

Мережа живлення:

- Лінії від ТП або інших точок харчування до групових щитків.

Групова мережа:

- Лінії від групових щитків до світильників.

Магістральний щит:

- Розподіл ел / енергії між груповими щитками;
- Забезпечення гнучкості мережі;
- Зменшення вартості РУ.

Групові щитки:

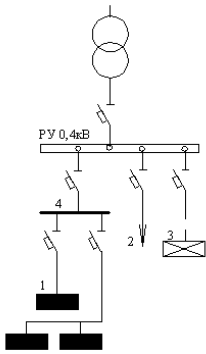
- Призначення;
- Харчування освітлювальних приладів;
- Розміщення апаратів захисту і управління;
- Розміщення в приміщенні;
- В центрі навантаження для зменшення протяжності групової мережі;
- В місцях, легкодоступних для обслуговуючого персоналу.

14.1. Схеми освітлювальних мереж. Живильні мережі **Принципи виконання**

- Використання радіальних і магістральних схем
- Облік компоновки приміщення
- Врахування вимог по надійності живлення, якості напруги і зручності експлуатації

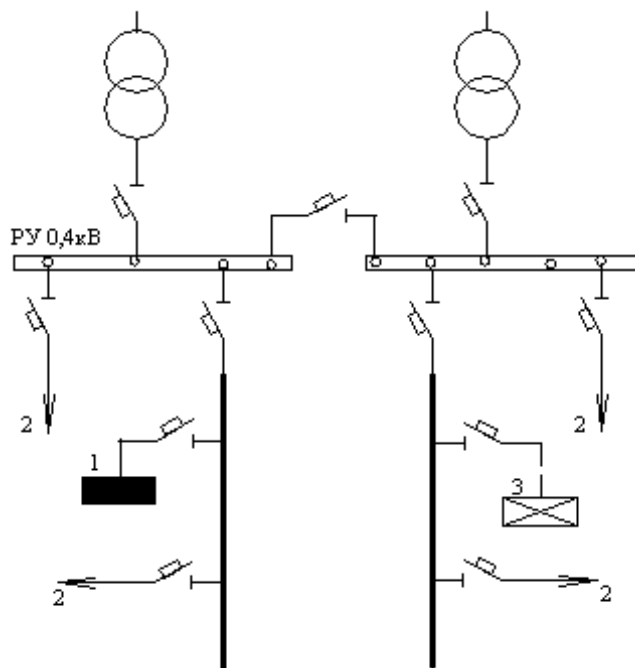
Живлення від РУ підстанції:

1. Груповий щиток;
2. Силові ЕП;
3. Щиток аварійного освітлення.



Живлення через магістральний щиток:

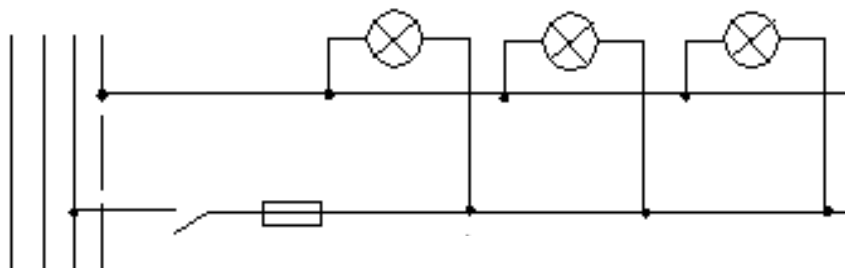
1. Груповий щиток;
2. Силові ЕП;
3. Щиток аварійного освітлення;
4. Магістральний щит



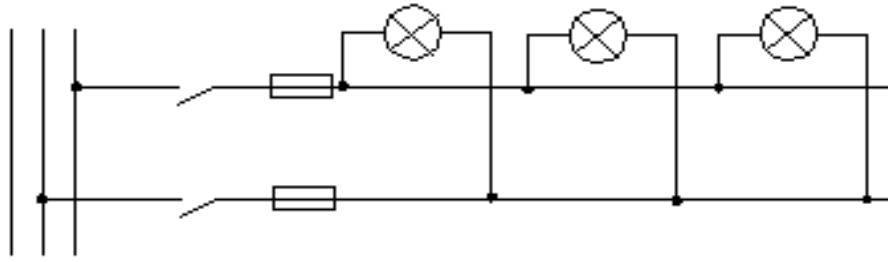
Живлення при схемі блок трансформатор-магістраль:

1. Груповий щиток;
2. Силові ЕП;
3. Щиток аварійного освітлення;
4. Шинні магістралі.

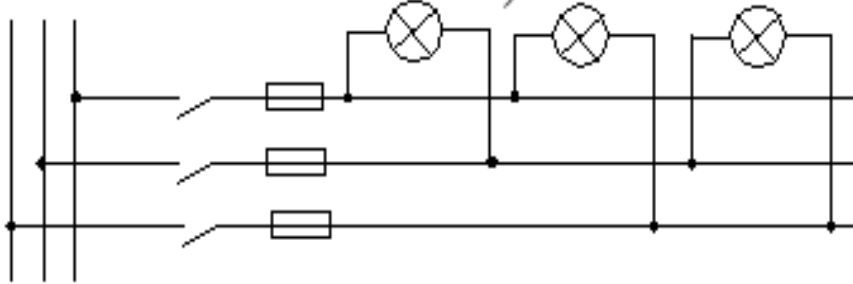
Групові мережі



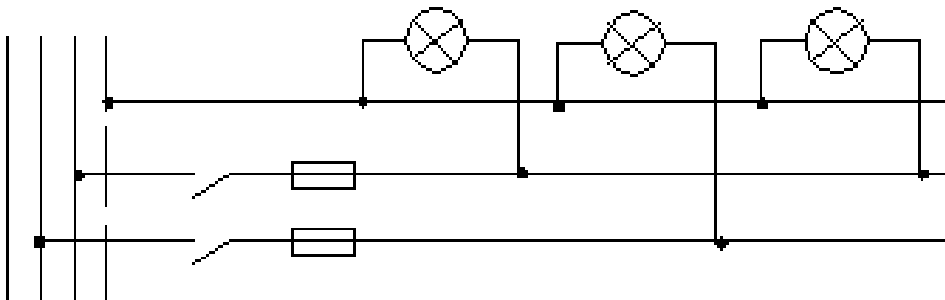
Двухпроводна однофазна.



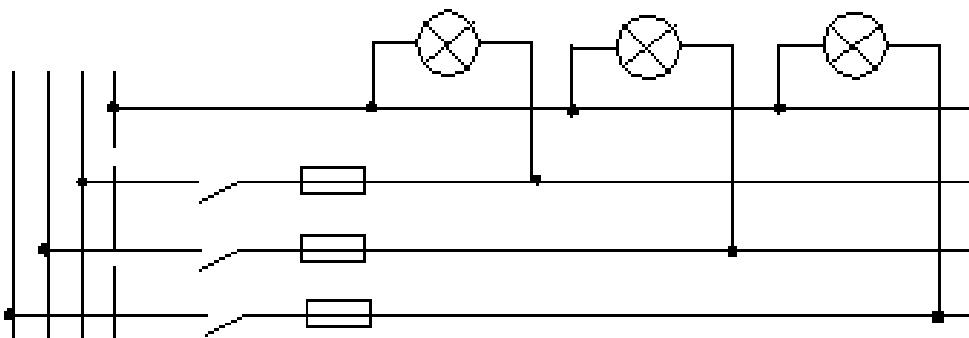
Двухпроводна двухфазна



Трьохпроводна трьохфазна



Трьохпроводна двухфазна с нульовим провідом



Чотирьохпроводна трьохфазна с нульовим провідом

Особливості групових мереж

Розподіл світильників по групах:

- Не більше 20 для ламп розжарювання, ДРЛ, ДНаТ, ДРИ;
- 60-100 для люмінесцентних ламп.

Розподіл світильників по фазах:

- А-В-С-А-В-С (найбільш поширена схема);

- А-В-С-С-В-А;
- А-А-В-В-С-С.

Матеріал провідників

Мідь:

- Менше питомий опір;
- Висока механічна міцність;
- Краща стійкість до впливів середовища;
- Висока вартість;
- Область застосування (приміщення з агресивними середовищами, вибухонебезпечні приміщення, в умовах вібрації, житлові будинки).

Алюміній:

- Більший питомий опір;
- Схильність до впливу середовища;
- Менша вартість;
- Область застосування (всі види приміщень, за винятком випадків, в яких передбачено застосування мідних провідників)

Види провідників

Незахищені ізолювані проводи:

- АПВ (АПР) - 1-жильний провід з полівінілхлоридної (гумовою) ізоляцією, універсальний. АПР з бавовняної опліткою;
- АПРТО - аналогічний АПР, з посиленою ізоляцією для прокладки в сталевих трубах;
- АРТВ - 2-4-жильний з несучим тросом;
- АППВ - 2-3-жильний, плоский.

Захищені проводи:

- АПРФ - 1-3-жильний в металевій оболонці для відкритої прокладки.

Кабелі.

- АВВГ, АВРГ, АНРГ - 2-5-жильні неброньовані кабелі з полівінілхлоридної, гумової та найритовими ізоляцією.

Освітлювальні шинопроводи:

- ШОС - жорстка конструкція з 4-ма мідними або алюмінієвими жилами, що складається з окремих секцій.

Способи прокладання мереж

Умови вибору:

- Середовище в приміщенні;
- Особливості будівельної частини;
- Архітектурно-художні вимоги;
- Економічність.

Види прокладки:

- Відкрита;
- Прихована.

Відкрита прокладка

Виконання:

- По поверхнях стін і стелі (АПРФ, АНРГ, АВВГ, АВРГ);
- В вінілплатових і сталевих трубах (АПВ, АПРТО). Сталеві - для вибухонебезпечних приміщень;
- Тросові проводки (АНРГ, АВВГ, АВРГ на струні);
- Освітлювальні шинопроводи (ШОС).

Область застосування:

- Виробничі приміщення;
- Допоміжні приміщення (горища, підвали).

Прихована прокладка

Виконання:

- В каналах і порожнинах будівельних конструкцій;
- В штукатурці;
- У спеціальних борознах;
- Плінтусна;

Область застосування:

- Громадські будівлі;
- Адміністративно-побутові будівлі;
- Житлові будівлі.

Розрахунок навантаження електроосвітлення

Розрахунок проводиться методом коефіцієнта попиту:

$$P_p = nPK_c \alpha, \quad Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi,$$

де n - кількість ламп;

P - потужність однієї лампи;

K_c - коефіцієнт попиту;

α - коефіцієнт, що враховує втрати в ПРА (ДРЛ - 1,1, ЛЛ - 1,2-1,3);

tgφ - коефіцієнт реактивної потужності (ЛН - 0, ДРЛ - 0,33).

Коефіцієнт попиту

Назва	K _c
Групові мережі	1
Аварійне освітлення, зовнішнє освітлення	1
Невеликі виробничі будівлі	0,95
Адміністративні будівлі	0,9
Великі виробничі будівлі	0,8
Склади	0,6

Проектна документація

СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»

ПУЭ, глава 6 «Освещение»

ГОСТ 21.101-97 «Система проектной документации для строительства.

Основні вимоги до проектної та робочої документації »

- Вимоги до складу документації
- Правила виконання документації
- Формат А4
- Маркування комплектів документації:
 - ЕО - електричне освітлення,
 - ЕМ - силове електрообладнання

Внутрішнє електричне освітлення. Робочі креслення »

- загальні дані по робочих кресленнях

Освітлювана площа, напруга мережі, необхідна освітленість, питома потужність, коефіцієнт попиту, $\cos\phi$, кількість світильників

- плани розташування електрообладнання і прокладання електричних мереж

Будівельні конструкції, найменування приміщень, освітленість, кількість і типи світильників, лінії мережі, вимикачі та інше електрообладнання

- принципіві схеми живильної мережі
- принципіві схеми дистанційного керування освітленням;
- схеми підключення комплектних розподільних пристроїв на напругу до 1000 В;
- кабельний журнал для живильної мережі;
- креслення встановлення електрообладнання (за відсутності типових).

ГОСТ 21.608-84 «Система проектной документации для строительства.

ГОСТ 21.614-88 «Система проектной документации для строительства.

Изображения условные графические электрооборудования и проводок на плане»

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кащенко П.С. Электричне освітлення та опромінення / П.С. Кащенко : навч. посібн. –НМЦ, 2003 . – 134 с.
2. Жилинский Ю.М. Электрическое освещение и облучение / Ю.М. Жилинский, В.Д Кумин. – М. : Колос, 1982. -272 с.
3. Кноринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г.М. Кноринга – Л. : Энергия, 1976. - 384 с.
4. Козинский В.А. Электрическое освещение и облучение / В.А. Козинский – М. : Агропромиздат, 1991. - 239 с.
5. Кноринг Г.М. Осветительные установки. / Г.М Кноринг – Л. : Энергоиздат, 1981. - 288 с.
6. Лямцов А.К., Электроосветительные и облучательные установки / А.К. Лямцов, Г.А. Тищенко – М. : Колос, 1983. – 224 с.
7. Марченко А.С. Правила устройства электроустановок / А.С. Марченко - М.: Энергоиздат, 1986. – 254 с.
8. Олійника В. С. Довідник сільського електрика / В. С. Олійника – К. : Урожай, 1989.-264 с.
9. Червінський Л.С. Експлуатація освітлювальних і опромінювальних установок у сільському господарстві / Л.С. Червінський, С.С. Шевель – К. : Урожай, 1990.
10. Живописцев Е.Н. Електротехнология и злектрическое освещение / Е.Н. Живописцев – М. : Агропромиздат, 1990.
11. Баев В.И. Практикум по электрическому освещению и облучению / В.И. Баев – М. : Агропромиздат, 1991.

ДОДАТОК

Приблизні значення коефіцієнтів відбиття стін і стелі

Таблиця П.2

Характер поверхні, що відбиває	Коеф. відображення, %
Побілений стелю; побілені стіни з вікнами, закритими білими шторами Стіни і стелі в приміщеннях з великою кількістю темної пилю; суцільне скління без штор; червоний цегла не оштукатурений; стіни з темними шпалерами	70
Побілені стіни при не завішених вікнах; побілений стелю в сирих приміщеннях; чистий бетонний і світлий дерев'яна стеля	50
Бетонний стеля в брудних приміщеннях; дерев'яна стеля; бетонні стіни з вікнами; стіни, обклеєні світлими шпалерами	30
Стіни і стелі в приміщеннях з великою кількістю темної пилю; суцільне скління без штор; червоний цегла не оштукатурений; стіни з темними шпалерами	10

Таблиця П.3.

Допустима втрата напруги в освітлювальних мережах

$S_{тр}$, кВА	Коеф. нагрузки трансформатора, β	Втрата напруги, %, при $\cos\phi$,						
		1,0	0,95	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
400	0,95	6,2	5,0	4,5	4,0	3,4	3,5	3,3
	0,9	6,3	5,2	4,7	4,2	3,9	3,7	3,6
	0,8	6,4	5,4	5,0	4,6	4,3	4,1	4,0
	0,7	6,5	5,7	5,4	4,9	4,7	4,6	4,4
	0,6	6,6	5,9	5,7	5,3	5,1	5,0	4,9
	0,5	6,8	6,2	5,9	5,7	5,5	5,4	5,3
630	0,95	6,4	4,9	4,3	3,5	3,0	2,8	2,6
	0,9	6,4	5,0	4,4	3,7	3,3	3,0	2,8
	0,8	6,5	5,2	4,8	4,1	3,8	3,5	3,3
	0,7	6,7	5,6	5,2	4,6	4,3	4,0	3,9
	0,6	6,7	5,8	5,5	5,0	4,7	4,5	4,4
	0,5	6,9	6,1	5,8	5,5	5,2	5,0	4,9
1000	0,95	6,2	4,8	4,2	3,5	3,0	2,8	2,5
	0,9	6,3	4,9	4,3	3,7	3,3	3,0	2,8
	0,8	6,5	5,2	4,7	4,2	3,8	3,5	3,3
	0,7	6,6	5,5	5,1	4,5	4,2	4,0	3,8
	0,6	6,7	5,8	5,5	5,0	4,7	4,5	4,3
	0,5	6,9	6,1	5,8	5,4	5,2	5,0	4,9
1600	0,95	6,3	4,8	4,2	3,5	3,0	2,6	2,5
	0,9	6,4	5,0	4,4	3,7	3,3	3,0	2,7
	0,8	6,5	5,2	4,8	4,2	3,8	3,5	3,3
	0,7	6,6	5,6	5,1	4,6	4,2	4,0	3,8
	0,6	6,8	5,8	5,5	5,0	4,7	4,5	4,4

Група провідників	Проводи з гумовою та пластмасовою ізоляцією			Кабелі та захищені проводи з гумовою та пластмасовою ізоляцією						
	АПР-АПРТО-АПРВ-АПВ			АВРГ-АНРГ-АВВГ-АВРБГ		АВВБ-АНРБ-АВВБ				
Характерна марка	відкрито	в сталевих трубах			В повітрі					
		I_d, A	I_d, A , при числі жил			I_d, A , при числі жил (одножильних)проводів),				
Прокладка		2	3	4	2	3	4	2	3	4
Переріз mm^2										
2,5	24	20	19	19	21	19	17	34	29	26
4	32	28	28	23	29	27	24	42	38	35
6	39	36	32	30	38	32	29	55	46	42
10	60	50	47	39	55	42	38	80	70	63
16	75	60	60	55	70	60	54	105	90	81
25	105	85	80	70	90	75	68	135	115	104
35	130	100	95	85	105	90	81	160	140	126
50	165	140	130	120	135	110	100	205	175	158
70	210	175	165	140	165	140	126	245	210	190
95	255	215	200	175	200	170	153	295	255	230
120	295	245	220	200	230	200	190	340	295	266
150	340	275	255	-	270	235	212	390	335	302
185	390	-	-	-	310	270	243	440	385	347

Світловий потік (Φ) - потужність світлової енергії, оцінюється по виробленому нею світловому відчуттю. Одиниця виміру - люмен (лм) - має розмірність кандела, помножена на стерadian (тілесний кут).

Навчальне видання

ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ

Конспект лекцій

Укладач: **Садовий** Олександр Степанович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. Арк.

Тираж 50 прим. Зам № _____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Паризької комуни, 9.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК№ 4490 від 20.02.2013 р.