

Міністерство освіти і науки України
Чернігівський промислово-економічний коледж
Київського національного університету технологій та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора з НР
_____ С.В.Бондаренко
_____ 20__ р.

Методичне забезпечення
практичних занять з дисципліни
«Електроустаткування підприємств і цивільних споруд»
спеціальності 5.05070104 «Монтаж і експлуатація електроустаткування
підприємств і цивільних споруд»

Уклав

Т.В. Ліх

Розглянуто на засіданні
циклової комісії
спеціальних електротехнічних дисциплін
Протокол №__ від __ _____ 20__ року

Голова циклової комісії

В.В. Олійник

Інструкція для виконання практичної роботи №1

Тема: Розрахунок освітлювальних установок. Складання схем підключення люмінесцентних ламп.

1 Мета: Засвоїти методику розрахунку освітлювальних установок та складання схем підключення люмінесцентних ламп.

1.1. Метод коефіцієнту використання світлового потоку.

1.2. Точковий метод.

1.3. Метод питомої потужності.

1.4. Складання схем підключення люмінесцентних ламп.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості:

Штучне освітлення приміщень буває загальним і комбінованим. Загальне освітлення може бути з рівномірним розподілом світлового потоку без урахування розташування обладнання і локалізованим з урахуванням розміщення робочих місць.

Комбіноване – це поєднання загального і місцевого освітлення. Система загального освітлення дає рівномірне світло у всьому приміщенні. За комбінованого освітлення на частку загального освітлення припадає 10 %, але не менше 100 лк при люмінесцентних лампах і 30 лк при лампах розжарювання, а найбільше світла дають лампи місцевого освітлення.

Штучне освітлення буває робоче, аварійне, охоронне, евакуаційне та чергове. Влаштування робочого освітлення обов'язкове в усіх приміщеннях і на освітлюваних територіях, вулицях для забезпечення нормальної роботи, проходу людей і руху транспортних засобів під час відсутності або нестачі природного освітлення.

Світловий потік відображає кількість лучистої енергії, яка проходить через деяку площу та вимірюється в люменах.

Відношення світлового потоку F до освітленої площі S характеризує освітленість E даної площі:

$$E = \frac{F}{S}.$$

Освітленість вимірюється в люксах.

У виробничих умовах необхідно передбачати таке штучне освітлення, котре мало б створити безпечні умови праці. За неправильного освітлення нещасний випадок найбільш вірогідний.

Електричне освітлення розраховують за нормами штучного освітлення.

У виробничих приміщеннях при виконанні робіт I, II, III розрядів освітлення роблять загальне та місцеве. Застосування одного місцевого освітлення недопустимо. Місьцеве освітлення працює від напруги 42 та 12 В.

На практиці для розрахунків використовують метод коефіцієнта використання світлового потоку, точковий метод, а в деяких найпростіших випадках користуються методом питомої потужності.

Пристаючи до розрахунку, потрібно мати такі параметри освітлювальної установки: нормування освітленості, види та системи освітлення, джерело світла, тип світильників та їх розміщення.

1.1. Найбільш розповсюдженим і простим є метод світлового потоку. Метод коефіцієнта використання світлового потоку доцільно застосовувати у разі розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь з урахуванням відбиваних від стін і стелі світлових потоків. І цей метод не можна застосовувати для розрахунків локалізованого освітлення, освітлення похилих поверхонь, місцевого освітлення.

За методом коефіцієнта використання світлового потоку можна:

- визначити потужність ламп, якщо задана їх кількість;
- визначити кількість ламп, якщо завчасно відома їх потужність.

Розраховують світловий потік, котрий повинен випромінювати кожна лампочка (при заданій кількості ламп) за формулою

$$F_{\text{л}} = \frac{kE \cdot S \cdot Z}{n\eta}$$

де $F_{\text{л}}$ – світловий потік, лм;

E – освітленість за нормою, лк;

S – площа підлоги в приміщенні, м²;

k – коефіцієнт запасу;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

n – кількість встановлених ламп.

Коефіцієнт запасу k враховує зниження освітленості внаслідок можливого забруднення ламп або світильників у процесі їх експлуатації (табл. 1).

Таблиця 1. *Коефіцієнт запасу*

Характеристика об'єкта	Коефіцієнт запасу k		Строки чистки світильників (не рідше)
	люмінесцентні лампи	лампи розжарювання	
Приміщення з великим виділенням пилу, диму та коптю	2	1,7	4 рази на місяць
Приміщення зі середнім виділенням пилу, диму та коптю	1,8	1,5	3 рази на місяць
Приміщення з малим виділенням пилу, диму та коптю	1,5	1,3	2 рази на місяць
Відкриті простори	1,5	1,3	3 рази на місяць

Коефіцієнт використання світлового потоку η показує, яка частина світлового потоку світильника припадає на робоче місце. Він є складною функцією світлорозподілення лампи і властивостей приміщення.

Коефіцієнт η враховує поглинання світла арматурою світильників, стелі та стінами.

Він залежить від типу світильника, від розмірів та форми приміщення, від кольору стін стелі, а також від висоти підвішування світильника над робочою площиною.

Таблиця 2. *Зміна коефіцієнта η використання світлового потоку залежно від різних показників*

Тип світильника	Коефіцієнт відбиття, %		Значення η при показнику приміщення, який дорівнює								
	стелі	стіні	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	2	3	4	5
«Універсаль» без затемнення	0,3	0,1	0,21	0,27	0,35	0,40	0,46	0,5	0,55	0,57	0,58
	0,5	0,3	0,24	0,3	0,38	0,42	0,48	0,52	0,57	0,59	-
	0,7	0,5	0,28	0,34	0,41	0,45	0,51	0,55	0,6	0,62	-
«Універсаль» з матовим затемненням	0,3	0,1	0,14	0,19	0,26	0,3	0,35	0,39	0,43	0,45	0,46
	0,5	0,3	0,17	0,22	0,28	0,32	0,36	0,40	0,43	0,47	0,48
	0,7	0,5	0,21	0,26	0,32	0,35	0,4	0,43	0,47	0,49	0,51
«Люнетта»	0,3	0,1	0,14	0,19	0,25	0,29	0,34	0,38	0,44	0,46	0,48
	0,5	0,3	0,16	0,21	0,26	0,31	0,37	0,41	0,47	0,50	0,52
	0,7	0,5	0,22	0,27	0,33	0,37	0,44	0,48	0,54	0,59	0,61
Лампа без відбивача	0,3	0,1	0,1	0,14	0,19	0,22	0,28	0,32	0,38	0,42	0,45
	0,5	0,3	0,13	0,18	0,24	0,28	0,36	0,40	0,46	0,51	0,54
	0,7	0,5	0,21	0,26	0,32	0,37	0,45	0,51	0,59	0,64	0,67

Щоб знайти коефіцієнт η , необхідно передчасно знайти показник приміщення φ . Для прямокутних приміщень його визначають за формулою

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{H_c(a + b)},$$

де a та b – ширина та довжина приміщення;

H_c – висота підвішування світильника, м.

Коефіцієнт використання світлового потоку визначаємо із табл. (2) за індексом приміщення φ , який знаходимо за формулою.

Коефіцієнт нерівності освітленості Z визначають як

$$Z = E_{\text{сеп}}/E_{\text{мін}},$$

де $E_{\text{сеп}}$ – середня освітленість поверхні, лк;

$E_{\text{мін}}$ – мінімальна освітленість, лк.

Для добре спроектованого приміщення коефіцієнт Z можна брати рівним: 1,15 – для ламп розжарювання; 1,1 – для люмінесцентних ламп.

Коефіцієнт нерівномірності освітлення Z залежить від типу світильника, від відстані між світильником ℓ та висоти їх підвішування H_c . Значення коефіцієнта нерівномірності освітленості наведено в табл. 2

Розрахунок штучного освітлення необхідно починати з визначення висоти підвісу світильника та їх кількості.

Висоту підвісу знаходять за формулою:

$$H_c = H - (h_p + h_n),$$

де H – висота приміщення, м;

h_p – висота від підлоги до освітлювальної поверхні, м;

h_n – висота від стелі до світильника, м.

Таблиця 3. Значення коефіцієнта нерівномірності освітленості Z

Тип світильника	Коефіцієнт Z при $\ell : H_c$						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,75	2
«Універсаль» з матовим затемненням	0,650	0,770	0,938	0,975	0,915	0,912	0,845
«Універсаль» без затемнення	0,630	0,740	0,896	0,950	0,977	0,865	0,828
«Люцетта»	0,545	0,660	0,785	0,915	0,867	0,734	0,595
Глибоковипромінювач емальований	0,657	0,775	0,907	0,983	0,990	0,907	0,830

У разі застосування ламп з колбою з матованого скла висота підвішування може бути знижена на 0,5 м.

При симетричному розташуванні світильників (по вершинах квадрата) їх кількість:

$$n = \frac{S}{\ell^2},$$

де S - площа приміщення, м²;

ℓ - відстань між світильниками, м.

1.2. Точковий метод розрахунку освітлення адміністративних споруд і приміщень використовується значно рідше, ніж визначення освітлення за допомогою коефіцієнта використання світлового потоку і його спрощених способів. Цей метод використовується для розрахунку локалізованого освітлення і при перевірочних розрахунках освітлення в конкретних місцях освітлювальної поверхні. Точковий метод дозволяє точно враховувати освітленість, яка створюється світловим потоком, відбитим від стін і стелі.

Точкові джерела. Пряма складова освітлення:

$$E_{пр} = F \cdot \mu \cdot \sum e / 1000 K,$$

де $\mu = 1,05-1,1$ – коефіцієнт, який враховує додаткове освітлення в заданому місці від віддалених світильників, не врахованих при визначенні $e \sum e$;

e – умовне освітлення, створене на поверхні в певному місці від світильника з лампою 1000 лм; лк;

K – коефіцієнт запасу.

Таблиця 4. Дані для світильників загального освітлення з люмінесцентними лампами

Характеристика світильника	Захисний кут світильника в поперечному та повздовжньому майданчиках	Найменша висота підвішування, м	
		4 і менше ламп у світильнику або світній смузі	4 і більше ламп у світильнику або світній смузі
Світильники прямого світла з дифузними відбивачами	15-25°	4	4,5
	25-40°	3	3,5
	більш 40°	не обмеж.	не обмеж.
Світильники розсіяного світла з коефіцієнтом пропуску розсіювачів:			
	менше 55 %	2,6	3,2
55 - 80 %	–	3,5	4

–

Таблиця 5. Дані для світильників загального освітлення з лампами розжарювання

Характеристика світильника	Найменша висота підвішування, м	
	при лампах 200В і менше	при лампах 200В і більше
Світильники з дифузними відбивачами і захисним кутом від 10 до 30° (без розсіювача)	3	
Те ж, із захисним кутом понад 30°	не обмеж.	не обмеж.
Світильники з дифузними відбивачами, забезпечені розсіювачами, а також світильники без відбивачів із розсіювачами:		
	а) з коефіцієнтом пропуску до 80 % у зоні 0-90°, з коефіцієнтом пропуску до 55 % у зоні 60-90°	3
б) з коефіцієнтом пропуску до 55 % у зоні 0-90°	2,5	3
Світильники з дзеркальними відбивачами:		
	а) глибокого випромінювання	2,5
б) широкого випромінювання	4	6
Відкриті лампи з колбою з матованого скла	4	6

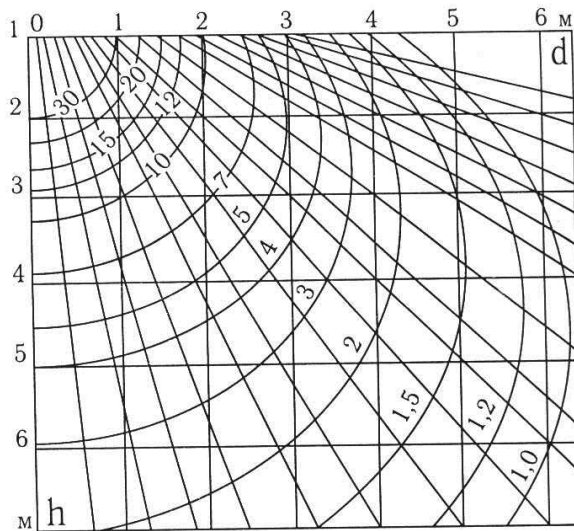
–

Значення e , як правило, береться з графіка просторових ізолюксів умовного горизонтального освітлення світильників. За відсутності ізолюксів для даного світильника розрахунок проводиться за просторовими ізолюксами умовного горизонтального освітлення зі силою світла світильника 100 кд. При цьому

$$e = e_{100} \cdot I_a / 100,$$

де I_a – сила світла світильника, кд.

Рис. 1. Світлові лінії



—
— Пряма складова освітлення:

$$E_{\text{пр}} = \Phi' \cdot \mu \cdot \sum \varepsilon / 1000 \text{ k} \cdot \text{h},$$

де Φ' – питомий світловий потік, лм/м;

ε – відносне освітлення, тобто освітлення при 1000 лм/м і $h = 1 \text{ м}$

Значення ε береться, як правило, з графіка лінійних ізолюксів. За відсутності для даного світильника лінійного ізолюкса (але за відомого світлорозподілення світильника) визначення умовного горизонтального освітлення для сили світла 100кД, а потім із залежності I_a і ε_0 знаходять ε .

За формулами визначається пряма складова освітленості, на основі якої можна знайти повне освітлення:

$$E = E_{\text{пр}} \cdot \eta / \eta_0 = E_{\text{пр}} \cdot \mu,$$

де $\mu = \eta / \eta_0$ - коефіцієнт, який враховує вплив відбитого світла;

η – коефіцієнт використання світлового потоку для заданих φ , p_n , p_c , p_p ;

η_0 – коефіцієнт використання світлового потоку для “чорного” приміщення при

$$p_n = p_c = p_p > 0.$$

Приклад 1.

Площа столярного відділення в ремонтній майстерні $7 \cdot 14 = 98 \text{ м}^2$. Висота приміщення 4,5 м. Розрахуйте штучне освітлення для цього приміщення.

Для столярного відділення застосовують світильники «Універсаль» з матовим затемнювачем. Під час роботи на стендах освітлювальна поверхня знаходиться на висоті 1-1,2 м. Приймаємо $h_p = 1 \text{ м}$, а відстань між світильниками $\ell = 4 \text{ м}$. Знайдемо кількість ламп.

$$n = \frac{S}{\ell^2} = \frac{7 \cdot 14}{16} = 6 \text{ ламп.}$$

Світловий потік однієї лампи отримаємо з формули.

$$F = \frac{kES \cdot Z}{n\eta}$$

Числові значення величин, що входять до формули, виберемо з таблиць. Для приміщення зі середнім виділенням пилю при застосуванні ламп розжарювання коефіцієнт запасу дорівнює 1,3. Мінімальну норму освітленості $E = 100$ лк вибираємо з табл. 1 для робіт, які потребують розрізнення предметів більш як 1-10мм.

Коефіцієнт нерівномірності освітлення Z знайдемо в табл. 5. Для цього визначимо висоту підвішування світильника H_c , виходячи з того, що в відділі є кран-балка і світильники, підвішені на 0,5 м від стелі:

Далі обчислюємо відношення

$$\frac{\ell}{H_c} = \frac{4}{3} = 1,33$$

З табл. 5 для світильника типа «Універсаль» з матовим затемненням $Z = 0,975$. Коефіцієнт використання світлового потоку η знайдемо з даних табл. 3, підрахувавши показник приміщення

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{H_c(a+b)} = \frac{714}{3(7+14)} = \frac{98}{63} = 1,5.$$

За мінімальним коефіцієнтом відбиття світлового потоку від стін $\eta = 0,4$.

Підставимо отримані значення до формули

$$F_n = \frac{1,5 \cdot 100 \cdot 98 \cdot 0,975}{6 \cdot 0,4} = \frac{12862,5}{2,4} = 5359,375 \text{ лм.}$$

За віддаваним світловим потоком (табл. 8) вибираємо напругу кожної лампи. Вона дорівнює 300 Вт.

– Приклад 2.

Площа лекційної аудиторії $6 \times 20 = 120 \text{ м}^2$. Висота приміщення 3 м. В аудиторії симетрично в два ряди підвішені 16 світильників «Люцетта». Відстань між світильниками 3 м. Розрахуйте мінімальну потужність ламп.

Таблиця 6. **Світловий потік ламп**

Потужність ламп розжарювання при напрузі 220 В	40	60	100	150	200	300
Світловий потік лампи, лм	336	540	1000	1710	2510	4100

Світловий потік лампи знаходимо за формулою.

$$F_n = \frac{kES \cdot Z}{\eta}$$

Підбираємо за даними таблиць числові значення. Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку підраховуємо спочатку показник приміщення:

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{H_c(a+b)} = \frac{6 \cdot 20}{1,8(6+20)} = 2,5.$$

Потім за табл. 3 приймаємо, що $\eta = 0,44$ при максимальному відбитті стін і стелі.

Коефіцієнт нерівномірності освітлення Z знаходимо в табл. 5:

При ℓ : $n_c = 3$; $1,8 = 1,6 Z = 0,867$.

k приймаємо рівним $1,3$, а $E = 100$.

Підставимо всі значення до формули, знаходимо

$$F_{\text{л}} = \frac{1,3 \cdot 100 \cdot 120 \cdot 0,867}{16 \cdot 0,44} = 1921,1 \text{ лм.}$$

Приймаємо потужність однієї лампи 200 Вт. При цій потужності фактична освітленість буде

$$E = \frac{2510 \cdot 16 \cdot 0,44}{1,3 \cdot 120 \cdot 0,867} = 130,65 \text{ лк.}$$

—

1.3. Метод питомої потужності - найбільш простий, але є приблизним (орієнтовним) методом розрахунку. Він базується на визначенні за світлотехнічними довідниками питомої потужності освітлювальної установки, яка залежить від коефіцієнтів відбиття телі, стін та підлоги приміщення і коефіцієнтів запасу для світильників з різними джерелами світла. Таблиці для визначення питомої потужності складені для різних показників освітленості та коефіцієнтів, тому для розрахунку необхідно їх мати.

Знайдену в таблиці питому потужність перемножують на площу і отримують загальну необхідну потужність. Поділивши загальну потужність на кількість ламп, одержують потужність однієї лампи і, навпаки, поділивши на потужність однієї лампи - одержують їх кількість:

$P^{\wedge}S/N$, Вт,

де $P_{\text{л}}$ - потужність однієї лампи, Вт;

$P_{\text{пит}}$ - питома потужність, Вт/м²;

S - площа приміщення, м²;

N - кількість світильників (ламп).

1.4. Для освітлення приміщень найбільше розповсюдження одержали люмінесцентні лампи, в яких електричний розряд має місце в розріджених газах або в парах металів. Нормальна люмінесцентна лампа являє собою скляну трубку з впаяними електродами, заповнену аргоном при низькому тиску та кількома міліграмами рідинної ртуті. При горінні цієї лампи в парах ртуті випромінюються переважно ультрафіолетові випромінювання (85%). Щоб перетворити невидимі ультрафіолетові випромінювання в випромінювання видимої частини спектру використовують люмінофори, у вигляді кристалічного порошку солей різних кислот (силікати, волфрамат, фосфати і ін.) якими покрита внутрішня частина трубки.

В залежності від складу люмінофору люмінесцентні лампи для освітлення випускають п'яти типів: лампи денного світла (ЛД); денного світла з покращеною передачею кольору (ЛДЦ); холоднібілі (ЛХБ); теплібілі (ЛТБ); білі (ЛБ).

Освітлювальні лампи випускаються потужністю від 8 до 200 Вт; найбільш широко використовують лампи потужністю 20 , 40 , 80 Вт.

Лампи ЛД, ЛДЦ, ЛХБ рекомендують використовувати в приміщеннях, де за виробничими умовами необхідно точно розрізняти кольори та їх відтінки. Лампи

ЛТБ – в місцях, де сприйняттю людських обличь надається велике значення (наприклад в театрі). Для промислового освітлення найчастіше використовують лампи ЛБ, які мають спектр випромінення близький до денного світла. Строки служби цих ламп досягають 12000 – 2500 годин, середній строк служби складає $5 \div 7$ тис. годин, світловіддача досягає $75 \div 80$ лм/Вт.

Ці лампи значно економічніші ламп розжарювання (в $3 \div 3,5$ рази).

Недоліками люмінесцентних ламп є – великі габарити, довжина трубок від 250 до 1500 мм. Такі лампи важко вмонтовувати в інтер'єр приміщень. Тому для зменшення габаритів світильників промисловість випускає також U– образні, W – образні та кільцеві лампи.

Люмінесцентні лампи працюють стабільно при зміні напруги в межах $\pm 7\%$ від номінальної. За цими межами напруги різко міняється світловий потік, строк служби, світловіддача, не гарантується їх запалення.

На протязі строку служби значно падає світловий потік – до 56% від первісного значення, що вимагає прийняття значних коефіцієнтів запасу при розрахунках освітлення.

Лампи чутливі до температури зовнішнього середовища. Найбільша світловіддача має місце при температурі в середині лампи $40 \div 50^\circ\text{C}$, що відповідає температурі зовнішнього середовища $18 \div 25^\circ\text{C}$. При зниженні температури не гарантується запалювання люмінесцентних ламп, тому вони можуть використовуватись тільки для внутрішнього освітлення.

Люмінесцентні лампи мають пускорегулюючий пристрій, на якому втрачається значна частина енергії ($20 - 25\%$ для стартерних ламп і $30 - 35\%$ – для безстартерних).

Наявність пускорегулюючих пристроїв зменшує коефіцієнт потужності лампи до $\cos\varphi = 0,5 \div 0,6$. Її ефективність становить $30 - 40\%$ від ефективності ламп розжарювання, що обумовлено втратою енергії на розігрівання електродів, а також на втрати в електричному ланцюгу.

Для вирівнювання світлового потоку використовують двох лампові світильники, коли за допомогою пускорегулюючого апарату створюється зсув фаз між струмами окремих ламп; коливання зменшується приблизно до 15% . Краще використовувати три лампи, які по чергово вмикаються в кожну із трьох фаз мережі. При цьому коливання зменшуються до $1 \div 3\%$.

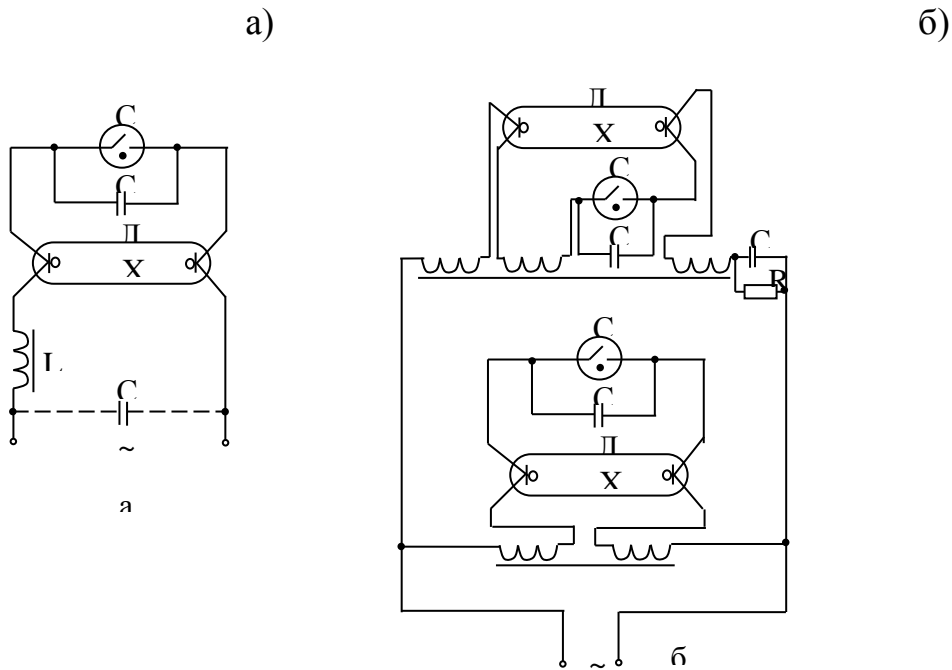
Враховуючи позитивні якості та недоліки люмінесцентних ламп вони знайшли широке розповсюдження для освітлення адміністративно – побутових приміщень, медичних, наукових, навчальних та ін. закладів, диспетчерських та операторських пунктів, електроприміщень, виробничих приміщень висотою до 7 метрів з високими рівнями освітленості і інших.

Використовують два способи запалювання люмінесцентних ламп:

з попереднім підігрівом електродів ламп і подальшим ввімкненням на напругу мережі – стартерні схеми запалення;

з подачею на затискачі лампи на час запалювання її підвищеної напруги.

Після запалювання лампи необхідно стабілізувати струм лампи. Для цього вмикають в її ланцюг баластичний опір (стабілізуючий дросель). Стартерні схеми запалення показані на мал. 4.3.



Мал. 4.3. Стартерні схеми запалення люмінесцентних ламп:
 а) однолампова схема; б) дволампова схема.

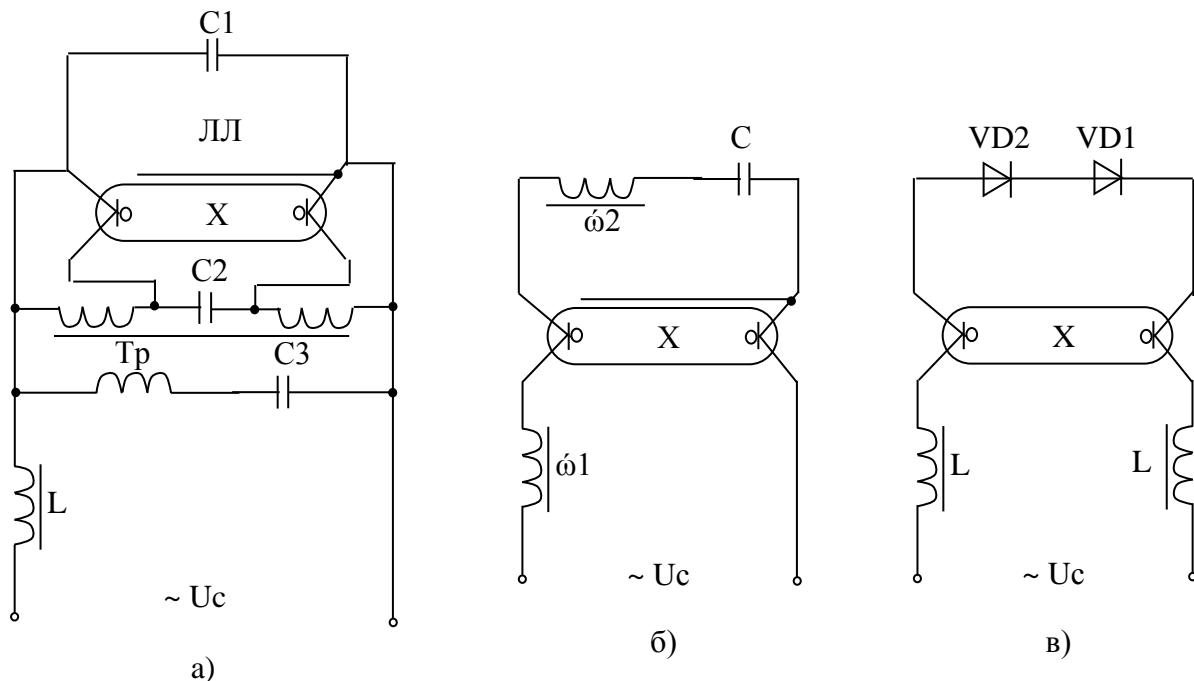
Роль стартера грає невелика газорозрядна лампа тліючого розряду, скляна колба якої заповнена інертним газом (неон або суміш гелію з воднем) й розміщена в алюмінієвий чи пластмасовий корпус. Всередині колби розміщені біметалічні електроди, які спроможні при нагріванні вигинатися та замикатися між собою. Крім того між електродами може горіти тліючий розряд, напруга запалювання якого менше напруги мережі.

При подачі напруги мережі на лампу вона є недостатньою для запалення лампи. Одночасно напруга подається на розімкнуті електроди стартера, між електродами з'являється тліючий розряд. Через деякий час в результаті нагріву струмом розряду біметалічні електроди згинаються і закорочуються – при цьому тліючий розряд зникає. В цей час з'являється коло підігріву електродів люмінесцентної лампи струмами в 1,5 рази більшими струмів при нормальній роботі лампи. Вони нагріваються до температури $800 - 900^{\circ}\text{C}$ і починають випромінювати електрони необхідні для іонізації газу в лампі. Коли електроди стартера охолоджуються – проходить їх раптове розмикання і відповідно розмикання струму в дроселі. ЕРС самоіндукції дроселя накладається на напругу мережі. Імпульс напруги, що перевищує напругу мережі ($400 - 600 \text{ В}$) прикладається до електродів люмінесцентної лампи, в лампі виникає дуговий розряд, що викликає її горіння. Після замикання лампи напруга мережі розподіляється між лампою і дроселем, опір якого підібрано таким чином, що напруга на лампі складає $\approx 0,65 U_M$. Цієї напруги недостатньо для запалення тліючого розряду в стартері. Якщо при першому спрацюванні лампа не загорілась, процес запалення повторюється. З часом стартер старіє, при цьому зменшується напруга запалення в ньому тліючого розряду. Тому електроди в ньому можуть замкнутися при запаленій лампі і вона погасне. Схолонувши електроди знову розімкнуться і підпалять лампу. Лампа починає мигати і в результаті виходить з ладу. Запалення двохлампових схем проходить аналогічно. Широке розповсюдження також мають безстартерні схеми підпалення люмінесцентних

ламп. В них запалення досягається за рахунок використання спеціальних трансформаторів розжарення, явища резонансу напруги та інше (мал. 4.4.).

В схемах з трансформатором розжарення електроди розігріваються за допомогою цього трансформатора. Сума напруги мережі, дроселя і конденсатора $C3$ створює на лампі напругу $U = (1,05 - 1,3) U_M$ достатню для запалення лампи. При її запаленні опір дроселя обмежує напругу на лампі до значення $0,5U_M$. Запалення лампи в таких схемах полегшується тим, що на зовнішню сторону лампи наносять прозору струмоведучу смужку, з'єднану з одним із електродів і зменшуючу напругу запалення.

В схемі, де використовують явище резонансу напруги застосовують трансформатор з первинною обмоткою ω_1 і вторинною ω_2 . Параметри трансформатора і ємності підібрані такі, що ω_2 і C мають до запалення лампи резонанс напруги, напруга на лампі значно перевищує напругу в мережі, що достатньо для її запалення. Працюючи лампа шунтує ланцюжок $\omega_2 - C$ при цьому резонанс напруги зникає, а обмотка ω_1 служить для обмеження струму лампи. Роль стартера може грати диністор $VD1$ (мал. 4.4,в). В позитивний період



Мал. 4.4. Безстартерні схеми запалення люмінесцентних ламп:
 а) з трансформатором розжарення (світильник РВЛ – 40);
 б) з використанням явища резонансу напруги (світильник “Луч”);
 в) з диністором.

напруги диністор проводить струм, що розігріває катоди лампи. В негативний період напруги, якщо катоди достатньо прогріті, вся напруга прикладається до лампи і вона запалюється. Діод $VD2$ необхідний для обмеження струму підігріву катодів.

Негативною особливістю люмінесцентних ламп (як і інших газорозрядних) є також підвищення нижньої межі зони зорового комфорту, в межах якої освітлення

сприймається психологічно як достатнє. Якщо для ламп розжарення ця межа відповідає 30 – 50 лк, то для люмінесцентних ламп білого світла (ЛБ) вона підвищується до 150 – 200 лк. Виникнення “ефекту присмерковості” при низьких рівнях освітленості в установках з люмінесцентними лампами говорить про недоцільність їх використання для освітлення грубих робіт.

4 Хід роботи:

- 4.1. Перевіряють допустимість застосування методу.
- 4.2. Вибирають тип джерела світла і тип світильників, визначають їх розміщення і кількість.
- 4.3. Визначають рівень нормованої освітленості.
- 4.4. Обчислюють коефіцієнт відбиття стелі і стін.
- 4.5. Знаходять індекс приміщення.
- 4.6. Розраховують за довідковою таблицею коефіцієнт використання світлового потоку.
- 4.7. Визначають коефіцієнт запасу і мінімальної освітленості.
- 4.8. Розраховують потрібний світловий потік джерел світла у світильнику.
- 4.9. Підбирають за таблицею ламп вибраного типу ближню за світловим потоком.

Якщо ближні стандартні лампи мають світловий потік, що відрізняється більш ніж – 10 + 20 %, то вибирають лампу з більшим, підставляють це значення в розрахунковий вираз і визначають відносно кількості світильників.

4.10. Обчислюють сумарну потужність світильників освітлювальної установки.

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

- 6.1. Види освітлення виробничих приміщень.
- 6.2. Методи розрахунку освітлення.
- 6.3. Типи люмінесцентних ламп.
- 6.4. Призначення, будова баластного опору, стартеру.

Література

1. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М:Высшая школа, 1982
2. Олійник В.С. Довідник сільського електрика.-К:Урожай, 1989
3. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования.-М:Энергоатомиздат, 1987
4. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. –М:Высшая школа, 1986

Інструкція для виконання практичної роботи №2

Тема: Способи прокладки освітлювальних мереж, включення світильників.
Управління освітленням.

1 Мета: Ознайомлення зі способами прокладки освітлювальних мереж.

1.1. Включення світильників.

1.2. Управління освітленням.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості:

Проводи і кабелі є провідниками електричного струму, тобто слугують для передавання електричної енергії, а також для електричного з'єднання різних елементів електроустановок.

Проводом називається окремих дрiт або жила – гола чи ізольована. Ізольований провід може мати гумову, поліхлорвінілову, найритову або бавовняну захисну оболонку (ізоляцію).

Жилою називається один або кілька скручених між собою дротів.

Шнуром називається одна або кілька з'єднаних разом ізольованих жил, уміщених у захисну герметичну металеву, гумову або поліхлорвінілову оболонку.

Кабелем називається пристрій, який складається з одного або кількох ізольованих один від одного провідників, уміщених у герметичну захисну оболонку з гуми, пластмаси, алюмінію чи свинцю. Кабель, що має поверх захисної оболонки покриття (броню) із сталевих стрічок, плоского або круглого дроту, називається броньованим. Якщо захисні чи броньовані оболонки кабелю не покриті джутовою просоченою пряжею. То такий кабель називається голим.

Проводи і кабель розрізняються за матеріалом жил (мідь, алюміній), конструкцією (одно- та багатожильні), типом ізоляції (гума – Р, поліхлорвініл – В), захисною оболонкою (свинцева – С, алюмінієва – А тощо).

Марки проводів розшифровують на підставі прийнятих позначень:

А – алюмінієва жила (якщо цієї літери в позначенні немає, то провід має мідну жилу);

П – провід (якщо ця літера в позначенні повторюється, то це вказує на плоску конструкцію проводу);

Р – (гумова) або В (полівінілхлоридна) – тип ізоляції струмопровідної жили.

Наприклад ПВ – провід з однією мідною жилою та полівінілхлоридною ізоляцією; АПВ – те саме, але жила з алюмінію.

Розрізняють кабелі силові та контрольні. Силові призначені для передавання й розподілу електричної енергії в освітлювальних та силових електроустановках, та коли використання їх економічно або технічно більш доцільне, ніж проводів. Контрольні кабелі слугують для створення кіл контролю, сигналізації, дистанційного керування та автоматики.

Марка проводу	Характеристика проводу
А	Голий алюмінієвий багатодрововий
АС, АСУ	Те саме, але зі сталевим осердям із оцинкованого дроту
ПР, ПРГ	З мідною жилою, гумовою ізоляцією, в обплетенні з бавовняної пряжі, просоченої протигнільною сумішшю
АПР	З алюмінієвою жилою та гумовою ізоляцією в просоченому бавовняному обплетенні
ТПРФ	Мідний з однією, двома або трьома ізольованими гумою жилами, обмотаними прогумованою тканиною і покритими металеву оболонкою
ППВ	Плоский мідний негнучкий з двох або трьох паралельно укладених жил, ізольованих і розділених полівінілхлоридним пластикатом
АППВ	Те саме, але з алюмінієвими жилами
АПН	З алюмінієвими жилами та найритовою гумовою ізоляцією
ПРТО	Мідний з гумовою ізоляцією та просоченим обплетенням із бавовняної пряжі

Відповідно до конструкції силових кабелів їм присвоюються маркувальні літерні позначення, в яких:

- перша літера вказує матеріал оболонки (С-свинець, А-алюміній, Н і НР – негорюча гума, ВР – полівінілхлорид);
- друга літера – захисне покриття (А-асфальтований, Б-броньований стрічками, Г-голий, К-броньований круглими дротами, П-броньований плоскими дротами).

Характеристика кабелів деяких поширених марок

Марка кабелю	Характеристика кабелю	Галузь застосування
ВРГ	З гумовою ізоляцією у поліхлорвінілової оболонці з мідними жилами	У закритих приміщеннях з нормальним середовищем
АВРГ	Те саме, але з алюмінієвими жилами	Те саме
СРГ	З гумовою ізоляцією у свинцевій оболонці з мідними жилами	У сирих та особливо сирих приміщеннях
АСРГ	Те саме, але з алюмінієвими жилами	Те саме
НРГ	З гумовою ізоляцією та найритовою гумовою оболонкою з мідними жилами	-
АНРГ	Те саме, але з алюмінієвими жилами	
СБ	Із паперовою ізоляцією у свинцевій оболонці з мідними жилами	У землі в траншеї та по стінах поза будівлями при можливості механічних пошкоджень
АСБ	Те саме, але з алюмінієвими жилами	Те саме

Монтаж освітлювальної електромережі повинен проводитись в 2 стадії, тобто необхідно розділити роботи на заготовчі і монтажні. Силові кабелі і проводи від силових розподільчих пунктів до щитів освітлення прокладають в металевих трубах в каналах (в полу).

Труби заготовляють в монтажних майстернях, зварку труб проводять на місцях, запускаючи в труби сталеву оцинковану проволоку ПСО-3 (вудочку), після

закладки труб в колах за допомогою цих проволокон протягують проводи чи кабелі. Силові пункти монтують на підлогових фундаментах, залишаючи при цьому приямок під щитом для вводу трубної проводки. Щити кріпляться анкерними болтами, якщо рядом стіна чи колона, то крім анкерних болтів підстраховують кріплярчи хомутами до колон чи стін.

Кабелі підключають на болтах до ліній відгалуження, при цьому на панелі вказується номер верстату куди підключений фідер.

Шинопроводи кріпляться на спеціальних залізобетонних стовпах на висоті до 2,5 м.

Шинопровід комплектний, магістральний, освітлювальної типу ШОС секції по 6 м, розподільчий по 3 м, секції доставляються до місця монтажу, де монтуються у відповідності з проектом. Після закінчення монтажу необхідно виміряти опір ізоляції шинопроводу мегаомметром напругою 1000 або 2500 В, потім до шин підключають через автоматичні вимикачі кабелі до верстатів.

Підключення проводів і кабельних жил до затискачів апаратів – відповідальний елемент монтажного процесу. Висока якість робіт забезпечує надійність і стабільність контактних з'єднань, а значить і надійну роботу змонтованих пристроїв в період їх експлуатації. Весь процес підключення проводів і кабельних жил складається з того, що вимірюють необхідну довжину кабелю і відрізають лишній кінець, після цього відмірюють ділянку проводу (жили), з якого повинна бути знята ізоляція, зачищають, надають оголеному і зачищеному кінцю провідника форму, відповідну конструкції контакту, надівають маркувальні деталі (частіше кембрик з позначенням) і підключають провід до місця. Якщо провід чи кабельна жила багатодротові, то після придання оголеному і зачищеному кінцю проводу визначеної форми останній повинен бути залуженим, або забезпеченим спеціальним наконечником. З'єднання алюмінієвих шин і проводів між собою, а також з проводами із інших металів, проводиться пайкою, зваркою, за допомогою болтів.

Пайку алюмінію проводять спеціальними припоями із зачисткою місць з'єднання. При холодній зварці алюмінію (зварка тиском) великий тиск приводить до того, що алюміній пливе як рідина, створюючи монолітне з'єднання. З'єднують спеціальними кліщами, а при великих перерізах – гідропресом. Застосовують також метод контактної розігріву.

При болтовому з'єднанні алюмінієвих шин – контактні поверхні для видалення оксидної плівки обробляють під шаром вазеліну стальними щітками, встановлюють пружинні шайби. Болти використовують із спеціальних сплавів, що мають температурний коефіцієнт розширення в межах як і алюміній. В останній час почали проводити спеціальну обробку контактних поверхонь проводів і шин, на поверхню алюмінію під великим тиском накатують тонкі листи міді (пласирований алюміній).

При монтажі щитів силових, розподільчих чи управління, особливу увагу треба звертати на правильну і акуратну розводку проводів і жил кабелів, щоб їх було добре видно, були замаркіровані і мали деякий запас (на випадок переносу на інший затискач).

При виборі трас для монтажу кабелів і шинопроводів виходять із наступного: мінімальна витрата провідникового матеріалу, забезпечення його збереження від механічних пошкоджень, корозії, вібрації, перегріву, пошкодженням сусідніх

кабелів електричною дугою при виникненні К.З. на одному із кабелів. При цьому необхідно, щоб проводи і кабелі по можливості не перехрещувались між собою, і з проводами. Кабелі укладають із запасом.

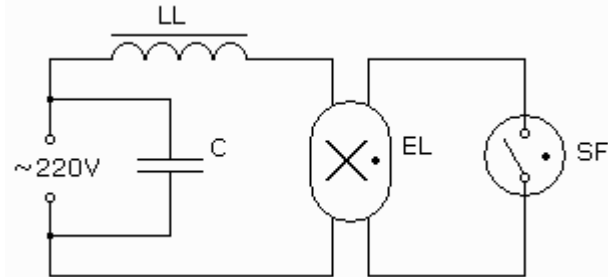
Схеми включення джерел світла

Є багато схем включення електричних джерел світла. Найбільш простими є схеми включення ламп розжарювання, більш складні – люмінесцентних та дугових ртутних ламп (ДРЛ) високого тиску.

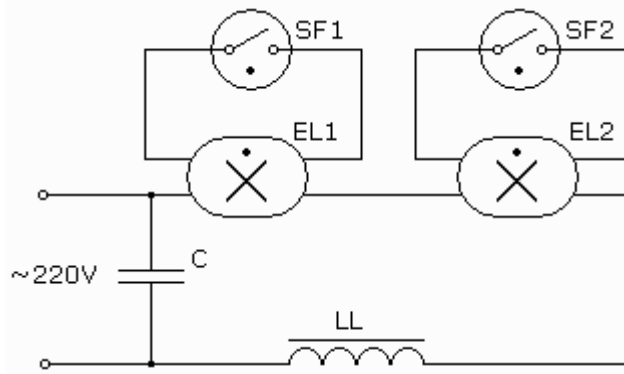
Підключення до мережі освітлення ламп розжарювання показано на рис. 1.

Принципові схеми підключення люмінесцентних ламп.

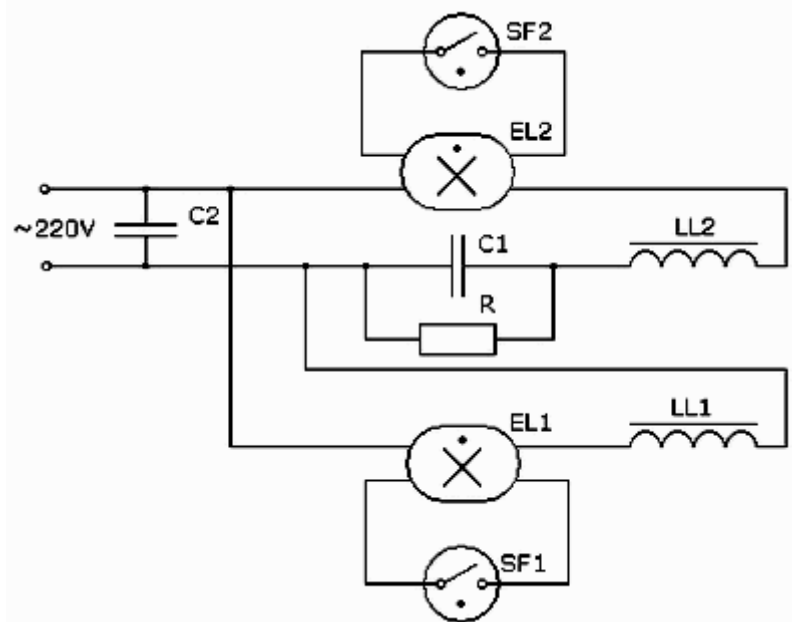
1. Принципова схема підключення двоцокової люмінесцентної лампи.



2. Принципова схема підключення ламп потужністю 20/18 Вт.



3. Принципова схема підключення ламп потужністю 40/36 Вт.



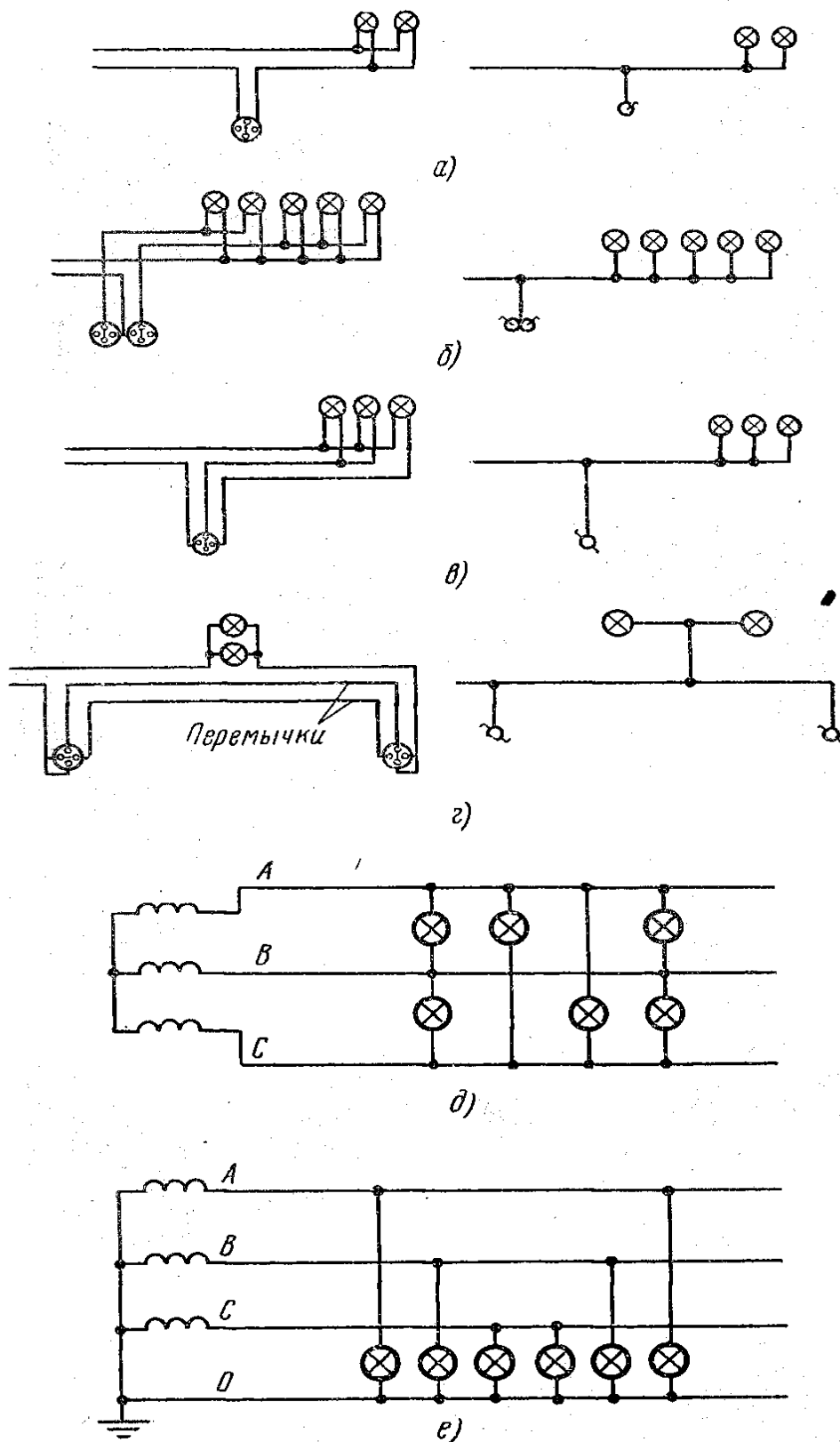


Рис. Схема присоединения группы ламп накаливания к осветительной сети:

а — включаемых одним выключателем, б — включаемых двумя выключателями, в — включаемых люстровым переключателем, г — включаемых с двух мест, д — присоединение ламп в сети, питаемой от трехпроводной системы с изолированной нейтралью, е — присоединение ламп в сети, питаемой от четырехпроводной системы с заземленной нейтралью

Управління освітленням

Системи і способи управління освітленням. Для управління внутрішнім і зовнішнім освітленням можуть використовуватися апарати управління, встановлені в розподільних пристроях підстанцій, розподільних пунктах живлення, вводних розподільних пристроях, групових щитках.

При живленні від однієї лінії чотирьох і більше групових щитків з кількістю груп шість і більше на введенні в кожний щиток рекомендується встановлювати пристрій управління (автоматичний вимикач).

У мережах із заземленою нейтраллю апарати управління встановлюють у всіх фазних дротах. У вибухонебезпечних зонах класу В-1 в двопроводних однофазних групових лініях передбачається одночасне відключення фазного і нульового проводів.

У три- або двопроводних однофазних лініях мереж із заземленою нейтраллю можуть використовуватися однополюсні вимикачі, які повинні встановлюватися в ланцюзі фазного проводу, або двополюсні, при цьому повинна виключатися можливість відключення одного нульового робочого провідника без відключення фазного.

У мережах з ізольованою нейтраллю і без нейтралі і в мережах постійного струму апарати управління встановлюють у всіх незаземлених проводах лінії і забезпечують їх одночасне відключення.

У три- і двопроводних групових лініях мереж з ізольованою нейтраллю або без нейтралі при напрузі вище 50 В повинні встановлюватися двополюсні вимикачі.

У мережах малої напруги (до 42 В) апарати управління встановлюють: у трифазних лініях - у всіх проводах, в однофазних - в одному незаземленому проводі.

Управління загальним внутрішнім освітленням. Для невеликих приміщень вимикачі встановлюють біля входу, як правило, з боку дверної ручки, для рідко відвідуваних приміщень (комори, венткамери і т. п.) - зовні приміщень, у решті випадків - у приміщеннях. Управління окремих ділянок приміщень з різною природною освітленістю повинне бути роздільним. Вимикачі світильників, розташованих у приміщеннях з несприятливими умовами середовища, рекомендується виносити в суміжні приміщення з кращими умовами середовища. Вимикачі світильників душових і роздягалень при них, гарячих цехів харчоблоків і їдалень повинні встановлюватися за межами цих приміщень.

У приміщеннях з бічним природним освітленням рекомендується передбачати включення освітлювальних приладів рядами, паралельними вікнам.

У протяжних приміщеннях з декількома входами, відвідуваних тільки спеціальним персоналом, необхідно передбачати управління освітленням від кожного входу або частини входів.

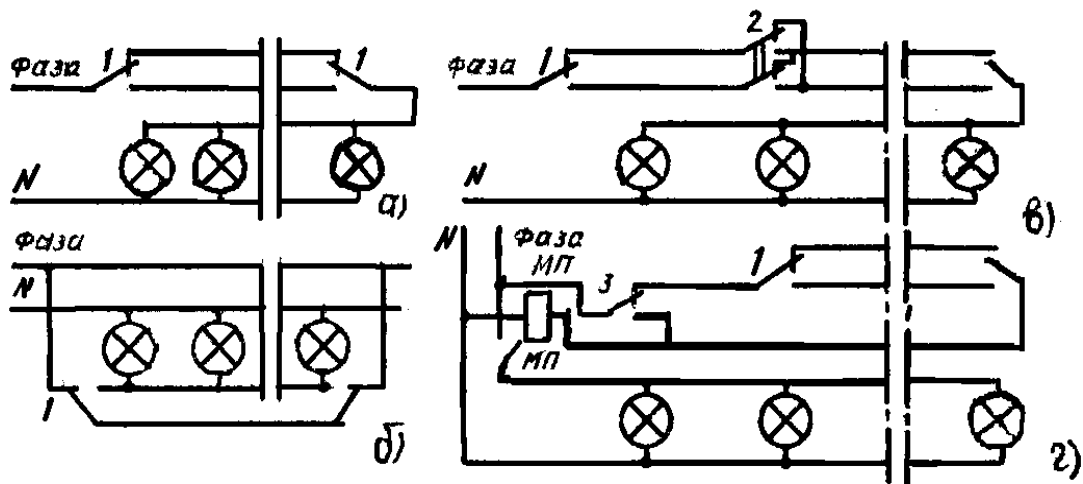


Рис. 3.12 - Схеми управління освітленням з декількох місць: а) – з двох місць; б) – з двох місць з транзитною фазою; в) – з трьох місць (при збільшенні числа перемикачів з будь-якого числа місць); г) – за допомогою магнітного пускача (для управління їм застосовують схеми а,б,в).

Місцеве управління освітленням великих приміщень звичайно проводиться з групових щитків автоматами групових ліній. Апарати управління освітленням і щитки, з яких проводиться управління освітленням, розміщують в місцях, доступних і зручних для обслуговування.

Вимикачі світильників загального освітлення повинні встановлюватися на стіні з боку дверної ручки на висоті від 0,8 до 1,7 м від рівня підлоги, а в школах і дитячих установах у приміщеннях для перебування дітей - на висоті 1,8 м від рівня підлоги. Допускається установка вимикачів під стелею з управлінням за допомогою шнура.

Світильники місцевого освітлення повинні включатися індивідуальними вимикачами, що входять в конструкцію світильника або встановлені в стаціонарній частині електропроводки.

4 Хід роботи:

4.1. Розшифрувати ту чи іншу марку проводу.

4.2. Розробити кінці зразка проводу, визначити фактичний переріз струповидної жили і за зовнішнім виглядом ізоляції визначити тип та марку проводу.

4.3. Ознайомитись з допустимими струмовими навантаженнями і галуззю застосування проводів різних марок.

4.4. Скласти звіт.

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

6.1. Як розшифровуються марки проводів ПВ та АПВ і в чому різниця між ними?

6.2. Яку будову мають проводи АВТ та АВТС і які особливості їх використання?

6.3. Які особливості будови кабелів марок АВРГ та АНРГ? Де вони застосовуються?

6.4. Які кабелі застосовуються для прокладки в землі в разі агресивного середовища?

Література

5. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М:Высшая школа, 1982
6. Олійник В.С. Довідник сільського електрика. -К:Урожай, 1989
7. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. -М:Энергоатомиздат, 1987
8. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. -М:Высшая школа, 1986

Інструкція для виконання практичної роботи №3

Тема: Розробка схем включення термічних установок. Розрахунок нагрівальних елементів.

1 Мета: Ознайомитися зі схемами включення термічних установок. Засвоїти методику розрахунку нагрівальних елементів.

1.1. Розробка схем включення термічних установок.

1.2. Розрахунок нагрівальних елементів.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості:

3.1. В установках електропечей опору принципові електричні схеми різних печей складаються з типових вузлів і відрізняються управлінням електроприводів допоміжних механізмів.

В якості прикладу розглянемо схему принципову електричну установки однозонної камерної печі. Нагрівач печі ЕПС живиться через автотрансформатор АТ від мережі 380 В. Вмикання і вимикання нагрівачів здійснюється контактором КЛ. Силові кола захищені автоматичним вимикачем ВА1.

Реверсивний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором Д для механізму підймання і опускання дверці печі вмикається контакторами КП (підйом) і КО (опускання). У відключеному стані двигун Д гальмується механічним гальмом, яке оснащено електромагнітом ЕмТ. Автоматичний вимикач ВА2 необхідний для захисту двигуна Д і його кола управління. Кінцеві вимикачі ВКП і ВКО контролюють верхнє і нижнє положення дверці: розмикаючий контакт ВКП відкривається в верхньому положенні, розмикаючий контакт ВКО – в

нижньому. Управління приводом дверці – ручне дистанційне, за допомогою кнопок КнП (підйом), КнО (опускання), КнС (стоп).

Схема кола управління і сигналізації живиться напругою 220 В і включає в себе автоматичний вимикач ВАЗ; прилад теплового контролю ПТК (з датчиком температури печі ДТ); котушки контактора КЛ і проміжного реле РП; сигнальні лампи ЛЗ (зелена), ЛК (червона), ЛЖ (жовта). Схема забезпечує ручне дистанційне і автоматичне управління тепловим процесом печі. Вибір режиму управління здійснюється універсальним перемикачем УП на три положення.

При центральному положенні 0 рукоятки УП нагрівачі печі відключені, горить лампа ЛЗ.

При ручному управлінні рукоятка УП становиться в положення Р, вмикається реле РП і своїм контактом замикає коло котушки контактора КЛ. контактор вмикається, подає живлення на нагрівачі, лампа ЛЗ вимикається, лампа ЛК загоряється. Вмикання контактора КЛ можливо тільки при закритій дверці печі. Таке блокування здійснюється замикаючим контактом кінцевого вимикача ВКО. В режимі ручного управління прибор теплового контролю ПТК не оказує тиску на хід теплового процесу. Він лише дає оператору інформацію про температуру печі.

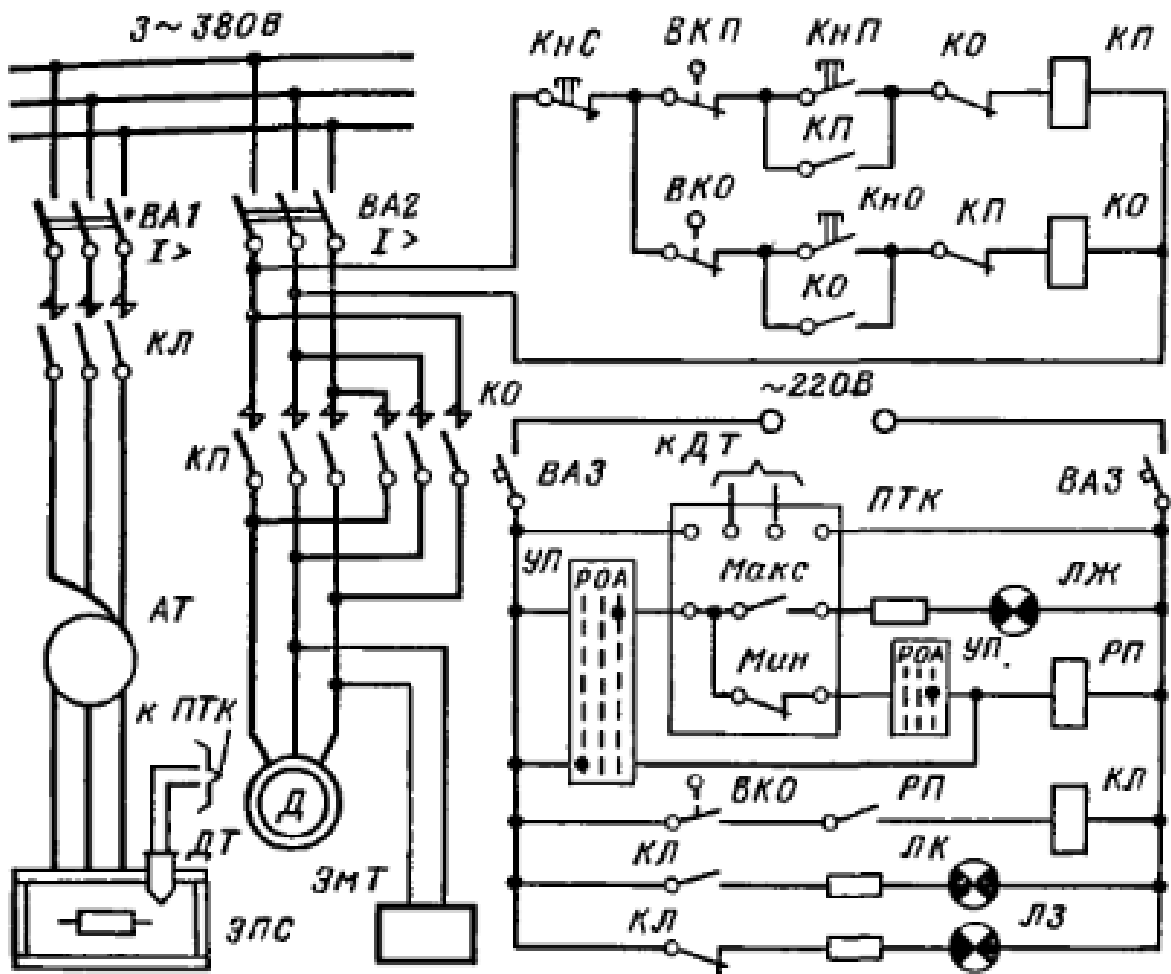


Рис. 1. Електрична схема установки печі опору.

При автоматичному управлінні рукоятка УП ставиться в положення А. тепер сигнал на вмикання і вимикання нагрівачів надається прибором ПТК. Реле РП вмикається, якщо замкнений контакт Мин цього прибору, і вимикається при розмиканні контакту Мин. Якщо температура печі буде вище допустимої, замкнеться контакт Макс ПТК і загориться лампа ЛЖ, звертаючи увагу персоналу.

Для печей, що працюють з газовою атмосферою, в схему кола управління вводиться додаткові вузли, які забезпечують управління апаратурою газової атмосфери і сигналізацію про її роботу.

Механізація й автоматизація роботи термічних електропечей, підвищення їхньої продуктивності здійснюються по трьох основних напрямках:

- 1) механізація завантаження й вивантаження печей;
- 2) автоматичне керування допоміжними механізмами печі;
- 3) автоматичне регулювання теплового режиму печі.

Регулювання температури печі досягається східчастою або плавною зміною електричної потужності що підводиться до печі. При східчастому регулюванні використовують: перемикання нагрівачів у трифазних печах з трикутника на зірку зі зменшенням потужності в 3 рази; застосування регулювального трансформатора (автотрансформатора); періодичне включення й відключення нагрівачів – двопозиційне регулювання. Останній спосіб став найпоширенішим як найбільше простий й у той же час дозволяє автоматизувати процес регулювання. При плавному (безперервному) регулюванні потужності використовують тиристорні регулятори напруги керуючого джерела живлення нагрівачів печі. Їхнє застосування дає дуже високу якість автоматичного регулювання.

Основне завдання пристрою автоматичного регулювання температури печі т складається в забезпеченні заданого температурного режиму нагріву в часі τ відповідно до технологічного процесу вимоги до характеру режиму й точності його виконання можуть змінюватися в широких межах.

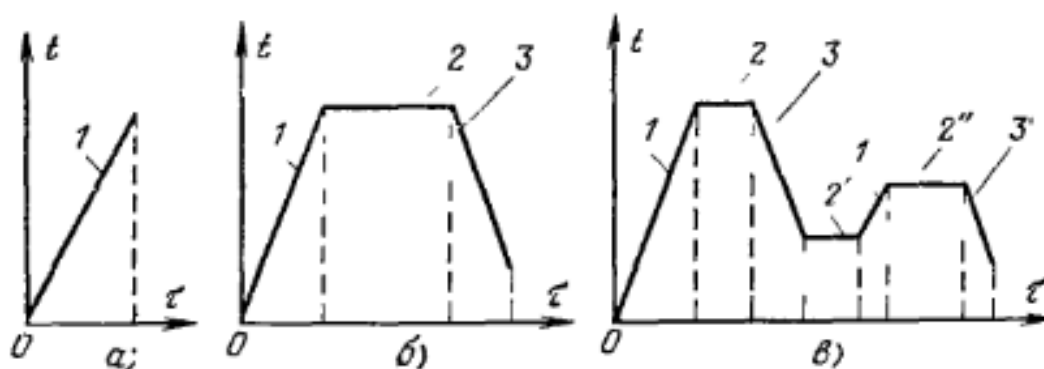


Рисунок 3 Графіки зміни температури печі в часі.

В одних випадках потрібно лише нагріти виріб (а), в інші за нагріванням (б) (пряма 1) треба режим видержки (пряма 2) і охолодження (пряма 3), у третій необхідно програмне регулювання, тобто зміна температури печі по заздалегідь заданому законі (в).

Процес роботи регулятора ілюструє графік на рис. 4. Включення відбувається в момент часу $\tau = 0$. При цьому робочий простір печі спочатку мало

температуру, з якої починається нагрівання, відключення нагрівачів печі відбувається не при $t=t_{уст}$, а при трохи більш високій температурі $t_{уст} + \delta t$ у крапці 1. Далі температура поступово знижується до значення $t_{уст} - \delta t$ в крапці 2. Потім знову вмикається нагрівач, температура знову буде рости і т.д. Таким чином, завдяки дії автоматичного регулятора фактична температура коливається біля її середнього значення $t_{ср}$, що у першому наближенні. Очевидно, що чим менше зона нечутливості регулятора, тим меншими будуть і миттєві відхилення температури від значення $t_{уст}$.

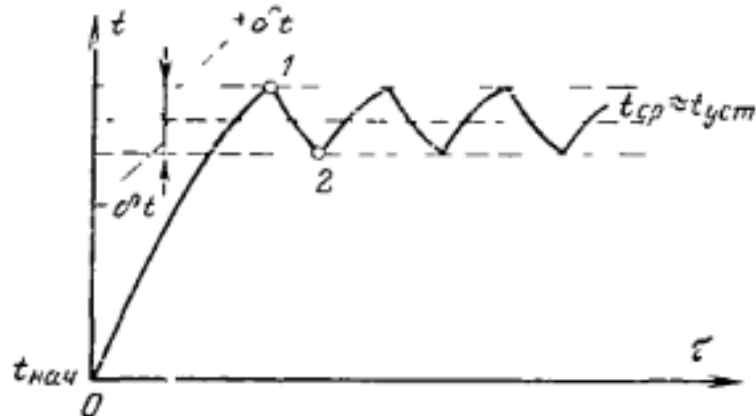


Рис. 4 Процес двопозиційного регулювання температури.

3.2. Розрахунок нагрівальних елементів.

Джерелом тепла в печі є електронагрівачі. Встановлена потужність електронагрівачів становить 6600 кВт.

Потужність одного електронагрівача 240 кВт: $P_{НОМ}=240$ кВт

Оскільки потужність печі перевищує 15 кВт, то піч конструюють трифазною.

Потужність однієї фази визначається по формулі:

$$P_{\Phi}=P_{Н}/3=240/3=80 \text{ кВт} \quad (1)$$

Фазова напруга на кінцях нагрівача:

$$U=U/3=380/3=220 \text{ В} \quad (2)$$

Сила струму, який проходить через нагрівач:

$$I=103P_{\Phi}/U_{\Phi}=10 \cdot 80/220=363.6 \text{ А} \quad (3)$$

Опір електронагрівачів:

$$R_{\Phi}=U_{\Phi}/103 I_{\Phi}=220/103 \cdot 363.6=0.6 \text{ Ом} \quad (4)$$

Вибираємо стрічковий електронагрівач. Нагрівальні елементи повинні забезпечувати безперебійну тривалу службу при заданому тепловому режимі.

Тому необхідно вибрати матеріал залежно від максимальної температури нагріву і зовнішнього середовища.

Вибираємо матеріал Х20Н80ТЗ.

Товщина стрічки визначається за такою формулою

$$a=103P_{\Phi} \rho / 2m(m+1)U_{\Phi}^2 \quad (5)$$

де $\rho=1,31$ Ом мм²/м питомий опір матеріалу

$\rho=0,7$ Вт/см²-питома поверхнева потужність нагрівача.

$m=8-12$ -відношення ширини стрічки до її товщини, вибираємо $m=12$

$$a=1058021,31/2 \cdot 12(12+1) \cdot 220^2,7=3,4 \text{ мм} \quad (6)$$

Приймаємо максимальне значення $a=3,2$ мм.

Довжина нагрівача

$$L1=Rab/\rho =0.6*3.2*38.4/1.31=56.26 \quad (7)$$

Довжина трьох нагрівачів

$$L_{\text{общ}}=11*3=56.26*3=168.84 \text{ м} \quad (8)$$

Маса трьох нагрівачів

$$G=a*b*L_{\text{общ}} \rho \cdot 10^{-3}, \quad (9)$$

де

$\rho =8,4\text{г/см}^3$ -щільність

$$G=3.2*38.4*168.84*8.4*10^{-3}=174.28 \text{ кг}$$

Перевіряємо поверхневе навантаження

$$\rho =50*P_f / (a+b)*11=50*80/(3.2+38.4)56.28=0.7 \quad (10)$$

Порівнюючи поверхневе навантаження, розраховане з припустимою видно, що воно не більше допустимої.

Стрічкові елементи опору розташовуються зазвичай зигзагом на стінках, зведенні і поді печі.

Відстань всередині зигзагів P приймаємо 17 мм. Висоту зигзагів приймаємо 200мм., тоді $A=183$ мм.

P - відстань всередині зигзагів.

U - висота зигзага.

A - висота зигзагу між центрами закругленої стрічки.

I - крок зигзага

Довжина одного зигзага:

$$L_{\text{зигзага}}=2*(P+2A), \text{ мм.} \quad (11)$$

$$L_{\text{зигзага}}=2*(17+2*183)=419 \text{ мм.}$$

Кількість зигзагів

$$N=(1*103-2\text{виводи})/L_{\text{зиг.}}, \quad (12)$$

де $L_{\text{вивід}}=c+100$, мм.

z - товщина стінки печі ($c=375$ мм.)

$$N=(127.4*103-2(375+100))/419=302$$

Крок зигзагу $I=34$ мм.

Довжина нагрівального елемента, виконаного зигзагом L :

$$L=I*n*10^{-3}, \text{ м.}$$

$$L=34*302*10^{-3}=10.268 \text{ м.}$$

Задля більшої якості управління і автоматичного регулювання робочих режимів печі передбачено електронна апаратура і пневматичні виконавчі прилади.

У зоні камери нагріву печі температура вимірюється термопарою, сигнал від якої у мВ перетворюється в мА і подається на вхід ПІД-регулятора, який управляє тиристорним модулятором. У четвертій зоні печі регулювання температури здійснюється пірометром залежно від температури стрічки з точністю до ± 10 °С.

Реєстрація температури електронним приладом з точністю $\pm 0,3\%$.

Сигналізація перегріву камери здійснюється чотирма термопарами, сигнал яких надходить до мілівольтметра з контактним сигналізатором перевищення температури (розташування термопар: на зведенні, на поду, на правій та лівій стінках).

У кожній зоні камери витримки печей температура вимірюється термопарою. Сигнал від термопари в мВ і подається на вхід ПІД-регулятора, який управляє тиристорним модулятором.

У електричних зонах, обладнаних пірометром, регулювання температури здійснюється пірометром залежно від температури стрічки.

У кожній зоні камери регульованого охолодження температура також вимірюється термopарою, сигнал від якій внаслідок перетворення відразу ж на вхід ПІД-регулятора, який управляє клапаном подачі охолодженого повітря.

Регулювання температури нагріву в камері регульованого охолодження здійснюється за допомогою термopари, сигнал від якої подається на мілівольтметр з двопозиційним регулюванням.

Температура стрічки вимірюється пірометром наприкінці кожного періоду нагріву, витримки й перед камерою струйного охолодження. Температура стрічки реєструється на однопанельному приладі. Регулювання виміру температури в печі здійснюється датчиком, електричний сигнал від якого і подається на вхід ПІД-регулятора.

Регулятори у вигляді виконавчого механізму управляють клапаном, встановленим на випускній трубі.

Передбачено також вимір тиску вхідних і вихідних параметрів з допомогою індикатора тиску з електричним контактом. У вихідній камері індикатор тиску з електроконтактами, для світлової і звукової сигналізації, управління електроклапанової подачі азоту у разі зменшення тиску нижче припустимого рівня.

4 Хід роботи:

- 4.1. Проаналізувати роботу електричної принципової схеми печі.
- 4.2. Обґрунтувати необхідність механізації та автоматизації роботи печей.
- 4.3. Скласти звіт.

5 Висновки.

6 Контрольні питання:

- 6.1. Будова, принцип роботи, види електротермічних установок.
- 6.2. Призначення силових електричних апаратів.
- 6.3. Призначення засобів автоматизації.
- 6.4. Матеріал для нагрівальних елементів.

Література

9. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М:Высшая школа, 1982
10. Олійник В.С. Довідник сільського електрика.-К:Урожай, 1989
11. Зимин Е.Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Энергоиздат, 1981

Інструкція для виконання практичної роботи №4

Тема: Дослідження роботи безконтактного шляхового вимикача.

1 Мета: Вивчити конструктивні особливості, призначення, область застосування, принцип дії безконтактного шляхового вимикача.

1.1. Область застосування, класифікація шляхових вимикачів.

1.2. Дослідження роботи шляхових вимикачів.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості:

Застосування в промисловій електроавтоматиці безконтактних схем керування на електронних елементах і на інтегральних мікросхемах значно підвищує надійність і термін служби (по числу спрацьовувань) схем електроавтоматики. Однак найбільш слабкою ланкою сучасних схем електроавтоматики є шляхові вимикачі.

Таке положення зв'язане, у першу чергу з необхідністю встановлювати шляхові вимикачі безпосередньо в робочих елементах технологічного устаткування, де мають місце важкі експлуатаційні умови, обумовлені впливом несприятливих факторів (ударні навантаження, вібрації, запиленість і забруднення).

Розміщення шляхових вимикачів у робочих елементах устаткування накладає обмеження й на їхні габаритні розміри. Із цього випливають специфічні вимоги по надійності, завадостійкості, терміну служби, габаритам і ін., які пред'являються до шляхових вимикачів. Більшість цих завдань може бути вирішено й вирішується використанням безконтактних шляхових вимикачів

Класифікація шляхових вимикачів

Шляховий вимикач (перемикач) незалежно від принципу його роботи містить наступні основні функціональні елементи: чутливий елемент (перетворювач), що перетворює переміщення контрольованого об'єкта в яку-небудь фізичну величину; керуючий елемент, як правило, жорстко пов'язаний з рухливим робочим органом контрольованого об'єкта; релейний елемент, що перетворює безперервний сигнал, що надходить від перетворювача, у дискретний сигнал стану вимикача (включено або виключено); виконавчий елемент, від якого дискретний вихідний сигнал стану вимикача надходить в зовнішню схему керування.

Шляховий вимикач може містити підсилювальний елемент. У ряді випадків функції підсилювача сигналів сполучаються у виконавчому елементі. Шляхові вимикачі можуть бути розділені на дві великі групи: вимикачі шляхові контактні й вимикачі шляхові безконтактні (ВПБ). У свою чергу ВПБ можуть бути класифіковані по: способі впливу на чутливий елемент, фізичному принципу дії перетворювача, конструктивному виконанню, класу точності, ступеня захисту

Прийнята в ряді випадків класифікація апаратів по призначенню недоцільна, оскільки в цей час переважає тенденція створення уніфікованих серій вимикачів, при розробці яких передбачаються конструктивні виконання, що дозволяють їхнє різноманітне використання. По способі впливу на чутливий елемент ВПБ можуть бути розділені на вимикачі механічної й параметричної дії.

У вимикачах першого виду керуючий елемент безпосередньо механічно впливає на первинний привод ВПБ, що безконтактно взаємодіє із чутливим елементом. У вимикачах другого виду залежно від положення керуючого елемента, механічно не пов'язаного із ВПБ, змінюється який-небудь фізичний параметр перетворювача. При певному значенні цього параметра змінюється стан релейного елемента.

Класифікація ВПБ по фізичному принципі дії перетворювача містить у собі наступні види. Індуктивні вимикачі, побудовані на зміні індуктивності, взаємоіндуктивності, а також індукційні вимикачі. У цей час переважна більшість серійно випускаються промисловістю ВПБ - це індуктивні апарати

У свою чергу перетворювачі індуктивних ВПБ можуть бути побудовані по наступних схемах: резонансної, автогенераторної, диференціальної, безпосереднього перетворення

Магнітоіндуктивні вимикачі, які побудовані на наступних принципах: ефекти Холу, магніторезисторному, магнітодіодному, магнітотирсторному, герконовому.

Ємнісні вимикачі: із площею, що змінюється, пластин, із зазором, що змінюється, між пластинами, з діелектричною проникністю, що змінюється, зазору між пластинами. Фотоелектронні вимикачі з елементами: фотодіодними, фототранзисторними, фоторезисторними, фототирсторними

Фотоелектричні вимикачі й променеві вимикачі, що примикають до них, у яких поряд із променями видимого світла можуть використовуватися промені іншої фізичної природи, наприклад радіоактивне випромінювання. По конструктивному виконанню ВПБ підрозділяються на: щілинні, кільцеві (напівкільцеві), площинні, торцеві, вимикачі з механічним приводом, багатоелементні вимикачі

Слід зазначити, що поділ ВПБ торцевого й площинного виконань носить якоюсь мірою умовний характер, оскільки рух керуючого елемента щодо чутливої поверхні може для деяких видів ВПБ здійснюватися як у паралельній, так і в перпендикулярних площинах. У цьому випадку за основу може бути прийняте його переважне використання

У цей час при нових розробках деякими організаціями ВПБ по класу точності (величині основної похибки) діляться на вимикачі низької (приблизно $\pm 0,5$ мм і більше), середньої [приблизно $\pm(0,05-0,5)$ мм], підвищеної [приблизно $\pm(0,005-0,05)$ мм] і високої (приблизно $\pm 0,005$ мм і менш) точності

Вимикачі можуть мати різний ступінь захисту від попадання сторонніх твердих тіл і проникнення води усередину апарата. Характеристики ступеня захисту ВПБ і зв'язана зі ступенем захисту класифікація відповідають прийнятим у нашій країні й за рубежом характеристикам і класифікації для електричного устаткування і електричних апаратів напругою до 1000 В.

Всі параметри, що перевіряються при випробуваннях, і технічні характеристики ВПБ можуть бути розділені на дві групи. До першої з них ставляться такі параметри й характеристики, які властиві широкому класу виробів і, зокрема, низьковольтної апаратури.

До цієї групи ставляться перевірки електричної міцності ізоляції, відповідності умовам експлуатації в частині впливу механічних факторів зовнішнього середовища, опору ізоляції, волого- і теплотривкості при умовах, що

відповідають експлуатаційним, і деякі інші. Випробування апаратів по цих параметрах методично не відрізняються від аналогічних випробувань інших типів електроапаратури.

Для цих випробувань може бути використане устаткування загального застосування з деякими доробками настановних місць, обумовленими конструкцією ВПБ. До другої групи параметрів і технічних характеристик, що перевіряються при випробуваннях ВПБ, ставляться специфічний, властивий тільки описуваній апаратурі

До цієї групи можуть бути віднесені: максимальна відстань впливу, відтворюваність відстані впливу, диференціал ходу, основна похибка, додаткові похибки, обумовлені зміною температури й живлячої напруги, стабільність положення моменту спрацьовування із часом, частота спрацьовування, час перемикання, стабільність роботи при стрибкоподібній зміні напруги, взаємовплив і т.п.

Методика випробувань апаратів по цих параметрах має певні особливості. Наприклад, для визначення основної й додаткової похибок необхідне спеціальне устаткування і стенди, що дозволяють визначати координату моменту спрацьовування ВПБ як при номінальних умовах, так і при припустимих межах навколишньої температури й живлячої напруги

При визначенні координат моментів спрацьовування й похибок вимикача необхідно враховувати, що ці величини є випадковими і процес зміни координат моментів спрацьовування вимикача є випадковий процес. Тому, якщо судити про положення моменту спрацьовування по одиничних вимірах, результат виміру може виявитися помилковим. Підвищення точності вимірів може бути досягнуте при багаторазовому повторенні вимірів з наступної їх статистичною обробкою

Для ВПБ торцевого типу перевірка максимальної відстані впливу проводиться шляхом виміру відповідному їхньому взаємному розташуванню в момент спрацьовування відстані між чутливою поверхнею вимикача й керуючим елементом. Керуючий елемент при цьому наближається до чутливої поверхні уздовж перпендикуляра до неї. Вимір п'ятикратно повторюється

Для перевірки відтворюваності максимальної відстані впливу проводиться 10 послідовних вимірів переміщень керуючого елемента від деякої довільно обраної крапки, постійної для всіх 10 вимірів, до крапок, у яких відбувається спрацьовування вимикача й повернення у вихідний стан

Визначаються середні арифметичні значення цих переміщень. Результати перевірки вважаються задовільними, якщо жодне зі значень перевищує основну похибку ВПБ, задану його ТУ. При перевірці основної похибки проводиться не менш 30 циклів вимірів переміщень спрацьовування й повернення, відлічуваних відносно довільно обраної крапки, постійної для всіх вимірів.

Для торцевих і площинних ВПБ керуючий елемент переміщається паралельно чутливої поверхні на відстані, установленій ТУ. Наприклад, для вимикачів єдиних уніфікованих серій ВПБ 13, ВПБ 14, ВПБ 51-це відстань впливу. У щілинних вимикачах елемент переміщається уздовж щілини, у кільцевих - уздовж осі кільця. Обробка результатів виробляється за описаним вище правилом "трьох сигм".

Основна похибка визначається при незмінних навколишній температурі і живлячій напрузі. Визначення значення диференціала ходу виробляється при

перевірці відтворюваності максимальної відстані впливу (для торцевих ВПБ) або при перевірці основної погрішності. Диференціал ходу 5 визначається як різниця. Перевірку на відповідність ВПБ вимогам по додаткових похибках проводять у такий спосіб.

Вимірювані параметри встановлюються з допуску_ ТУ на ВПБ точністю. Перед початком вимірів для кожного температурного режиму необхідна витримка часу. Для кожного режиму визначаються середні арифметичні значення переміщень спрацьовування й повернення. Перевірка ВПБ на стабільність положення крапки спрацьовування й повернення проводиться в тривалому режимі. Температура при цьому підтримується незмінною.

На початку випробування й далі через певні проміжки часу, обумовлені ТУ на вимикач, протягом 4 год проводиться серія вимірів для визначення зсуву крапок спрацьовування й повернення щодо крапок, певних на початку випробувань

Перевірка частоти спрацьовування ВПБ проводиться шляхом осцилографування форми сигналу на виході вимикача при впливі керуючого елемента із частотою 100 Гц. Керуючий елемент при цьому переміщається, як при перевірці основної погрішності. Результати можуть уважатися задовільними, якщо осцилограма являють собою роздільні імпульси, що не зливаються, частота яких дорівнює частоті впливу керуючого елемента

Перевірка часу перемикання проводиться шляхом осцилографування вихідного сигналу ВПБ. За час перемикання приймається тривалість переднього або заднього фронту вихідного сигналу. Тривалість фронту сигналу визначається на рівні 0,1 і 0,9 його максимального значення. За нульовий рівень сигналу приймається мінімальне стає значення

Перевірка стабільності роботи ВПБ при стрибкоподібній зміні напруги проводиться з використанням схеми. При випробуваннях керуючий елемент встановлюється усередині інтервалу диференціала ходу, і при багаторазовому перемиканні вимикача S ведеться спостереження за зміною комутаційного стану ВПБ.

При перевірці вимог по взаємному розташуванню ВПБ вимикачі встановлюють паралельно один одному на відстані, застереженій їхньою технічною характеристиками, розташовуючи чутливі поверхні в одній площині. При переміщенні керуючого елемента визначається його вплив на вимикач, що не повинен спрацьовувати від даного керуючого елемента.

4 Хід роботи:

- 4.1. Ознайомиться з визначенням „безконтактний шляховий вимикач”.
- 4.2. Переваги і доцільність застосування БШВ.
- 4.3. Класифікація БШВ.
- 4.4. Застосування БШВ у промисловості.
- 4.5. Скласти звіт.

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

- 6.1. Дати визначення БШВ.

6.2. Види і класифікація БШВ.

6.3. Які переваги і недоліки мають БШВ?

Література

12. Зимин Е.Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Энергоиздат, 1981

13. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Высшая школа, 1982

Інструкція для виконання практичної роботи №5

Тема: Вибір автоматичних запобіжників та запобіжників з плавкою вставкою по розрахунку струму.

1 Мета: Вивчити конструкції і головні параметри запобіжників та плавких вставок, дослідити захисні характеристики запобіжників.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості:

Запобіжник - це комутаційний апарат, що розмикає електричне коло внаслідок розплавлення плавкої вставки, яка нагрівається струмом навантаження. Сила цього струму перевищує номінальний струм вставки. Принцип дії запобіжника базується на виділенні теплоти при проходженні струму через плавку вставку. В нормальному режимі теплота, що виділяється в ній, нагріває саму плавку вставку і корпус запобіжника та віддається у навколишній простір, при цьому температура плавкої вставки не перевищує температури її плавлення.

Внаслідок підвищення струму температура плавкої вставки зростає, вона розплавляється, а коло струму розривається. При плавленні з'являється електрична дуга, через яку продовжує проходити струм. Загальний час розриву складає

$$t_p = t_{пл} + t_{гор} \quad (1.1)$$

де $t_{пл}$, $t_{гор}$ - тривалість розігріву плавкої вставки до температури плавлення та горіння електричної дуги.

Значення t_p залежить від струму і має бути мінімальним, що забезпечується спеціальними конструкціями корпусу запобіжника, зокрема, виготовленням його із газогенеруючого матеріалу, заповненням внутрішнього простору корпусу спеціальним наповнювачем - кварцовим піском.

Запобіжники дешеві й прості у виготовленні. Вони мають у процесі експлуатації значну замикаючу здатність і тому широко використовуються як елементи струмового захисту ліній електропередач та електрообладнання у

розподільчих мережах напругою 6 - 20 кВ та в електричних мережах до 1 кВ. До головних недоліків запобіжників слід віднести розкид їх характеристик і одноразовість дії.

Запобіжники характеризуються такими параметрами: номінальним струмом плавкої вставки $I_{BC.НОМ}$, номінальним струмом запобіжника $I_{ЗАП.НОМ}$, номінальною напругою $U_{ЗАП.НОМ}$, граничним струмом відмикання $I_{ВІД.МАХ}$.

Номінальний струм плавкої вставки $I_{BC.НОМ}$ - це струм на який розраховані струмонесучі та контактні частини патрона запобіжника, тобто струм, при якому температура частин запобіжника не перевищує припустимого значення.

Номінальний струм плавкої вставки визначається припустимою температурою у робочих режимах, тобто це гранична сила струму, при тривалому проходженні якого вставка не розплавляється. Обчислюється за формулою

$$I_{BC.НОМ} = \frac{I_{\infty}}{1,3...1,5} \quad (1.2)$$

$$I_{BC.НОМ} = \frac{I_{ГР}}{1,6...2,1} \quad (1.3)$$

де I_{∞} - найбільший струм, при якому плавка вставка не згоряє протягом 1 години;

$I_{ГР}$ - граничний струм, тобто найменший струм, при якому вставка плавиться протягом 1 години.

Обидва ці параметри визначаються як середньостатистичні за серією дослідів для даного типу плавкої вставки.

Граничним струмом відмикання запобіжника $I_{ВІД.МАХ}$ називається найбільший струм короткого замикання, який запобіжник при згорянні плавкої вставки може розірвати без зруйнування, що дозволяє після заміни плавкої вставки ще раз використовувати запобіжник.

Номінальний струм запобіжника $I_{ЗАП.НОМ}$ має бути не меншим за максимальний номінальний струм плавкої вставки, яка використовується в цьому запобіжнику.

Номінальна напруга запобіжника $U_{ЗАП.НОМ}$ визначається електричною міцністю його корпусу. Якщо в електричне коло встановлено запобіжник, у якого $U_{ЗАП.НОМ} > U_{НОМ.МЕРЕЖІ}$, то після згоряння вставки такий запобіжник не буде замкнений електричною дугою навіть у випадку максимально можливих комутаційних перенавантажень в електричній мережі.

Залежність тривалості розриву запобіжником електричного кола від струму, який проходить через запобіжник, називається захисною характеристикою.

Частіше захисна характеристика запобіжника будується в логарифмічному масштабі, при цьому на горизонтальній осі відкладається кратність струму перевантаження по відношенню до номінального струму плавкої вставки (рис. 1.1).

Неоднорідність металу, з якого виготовлена плавка вставка, технологічні припущення під час штампування вставок, різниця в умовах охолодження та інше призводять до того, що періоди часу згоряння плавких вставок мають значні

розбіжності (до 50 % від середнього часу плавлення при даному струмі), які більші в зоні невеликих струмів перевантаження. Тому захисна характеристика запобіжника зображується у вигляді деякої зони, обмеженої штриховими лініями на рис. 1.1.

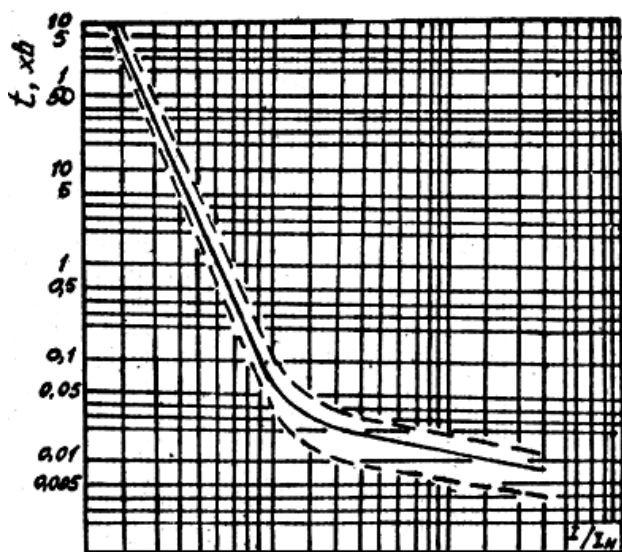


Рис.1.1. Захисна характеристика запобіжника типу ПН-22

Внаслідок розкиду в часі спрацьовування запобіжники неодноразово згорають у різних фазах трифазної мережі, що призводить до неповнофазних режимів роботи електрообладнання (відсутність напруги в одній чи в двох фазах трифазної мережі).

Є ще один недолік, викликаний розкидом часу спрацьовування запобіжників у зоні малих струмів перевантаження. Оскільки при малих струмах перевантаження в 2 - 3 рази більших за $I_{\text{АН.нн}}$ час згорання запобіжника перебуває в діапазоні від 10...60 с до 2...20 хв, то можна стверджувати, що при розкиді характеристик не гарантується надійності захисту електрообладнання наприклад, електродвигунів, силових трансформаторів від перевантажень. Тому разом із запобіжниками для захисту від перевантажень повинні використовуватися додаткові апарати, наприклад теплові реле. Застосовуються також спеціальні конструктивні та схемні рішення для забезпечення одночасності згорання запобіжників і зменшення розкиду тривалості їх згорання.

Із захисної характеристики (рис. 1.1) видно, що при великих крайностях струмів короткого замикання, наприклад 100, вставка згорає дуже швидко менш ніж за 0,01 с. На захисній характеристиці є зона в області великих струмів, коли при збільшенні струму час розриву мережі не зменшується. Це обумовлюється тим, що при великих струмах короткого замикання час розриву визначається вже не часом плавлення вставки, а часом гасіння електричної дуги після згорання вставки.

Розглянемо процес згорання вставки при великих струмах короткого замикання (рис. 1.2.) У момент часу t_K виникає коротке замикання. Якби в мережу не було встановлено запобіжник, то струм мав би амплітуду $I_{K\text{MAX}}$. Однак через час t_{IE} плавка вставка плавиться і через час t_{AD} дуга гасне. Видно, якщо час

малий, менше від півперіоду струму промислової частоти, то фактичний амплітудний струм короткого замикання плавкої вставки буде меншим ніж $I_{КЗ,МАХ}$. У цьому виявляється струмообмежуючий ефект запобіжника. Таким чином, струм короткого замикання може бути обмежений у 2-5 разів, що значно знижує електродинамічні навантаження на електроустаткування, які спричиняються струмами короткого замикання.

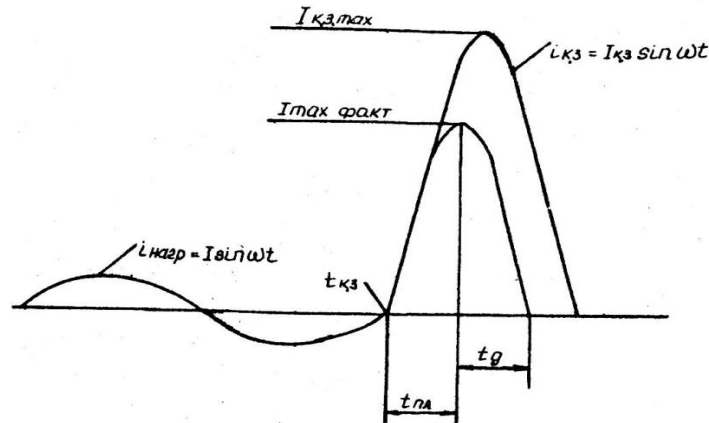


Рис. 1.2 Осцилограма вимикання струму короткого замикання плавкою вставкою

Якщо струм, який проходить через запобіжник, у 3 й більше разів перевищує номінальний струм плавкої вставки, то її нагрів можна вважати адіабатичним, тобто таким, що проходить практично без розсіювання теплоти, яка виділяється. При цьому кількість теплоти, необхідної для плавлення вставки,

$$W = B \cdot I_{\hat{A}\hat{N}}^2 \cdot R_{\hat{A}\hat{N}} \cdot t_{IE} \quad (1.4)$$

Де B - сталий коефіцієнт;

$I_{\hat{A}\hat{N}}, R_{\hat{A}\hat{N}}$ - відповідно струм та опір плавкої вставки.

Таким чином, при струмах, які перевищують $3 \cdot I_{\hat{A}\hat{N},н\ddot{н}}$, можна вважати що захисна характеристика запобіжника описується обернено квадратичною залежністю (час горіння дуги $t_{\hat{A}\hat{B}} = 0$)

$$t_{IE} = \frac{W}{I_{BC}^2 \cdot R_{BC} \cdot B} = \frac{A}{I^2} \quad (1.5)$$

де A - коефіцієнт, що залежить від матеріалу вставки, її форми, конструкції запобіжника та його наповнювача. У табл. 1.1 наведені параметри плавких вставок із різних матеріалів.

Таблиця 1.1

Матеріал	Температура		Питомий опір, Мк*Ом*м
	плавлення	припустима	
Мідь	1083	250	0,0153
Свинець	327	150	0,21
Цинк	419	200	0,06

Найменшу температуру плавлення має свинець, однак його питомий опір у 12 разів більший, ніж у міді, тому переріз свинцевої плавкої вставки треба робити значно більшим.

При згорянні масивної вставки випаровується велика кількість металу, тому умови горіння дуги у парах металу кращі, а дугогасіння утруднюється, що погіршує комутаційну здатність запобіжника, тобто зменшує граничний струм, що вимикається запобіжником.

Характеристики плавких вставок з міді можна покращити, використовуючи металургійний ефект. На тонку мідну проволочку наплавляють олов'яну кульку. При струмі перевантаження мідь нагрівається, олов'яна кулька плавиться, олово, в свою чергу, розплавляє мідь. Розчин, що з'явився, має великий електричний опір, тому вставка в цьому місці перегоряє. Виконана таким чином плавка вставка має вищу чутливість у зоні малих струмів перевантаження. Недолік такого запобіжника значний розкид характеристик спрацьовування.

Стабільність захисної характеристики залежить від окислення плавкої вставки. Свинець та цинк утворюють на поверхні оксидну плівку, яка перешкоджає окисленню; мідь такої плівки не утворює. Тому вставки із свинцю й цинку довговічніші.

Якщо на двох сусідніх ділянках електричної мережі встановлені два запобіжники, то за умовами селективності вимикання один з них має згоріти швидше:

$$t_{i\bar{E} 2} < t_{i\bar{E} 1} \quad (1.6)$$

З урахуванням розкиду захисних характеристик, наприклад, при $\pm 50\%$ -му розкиді,

$$1,5 \cdot t_{i\bar{E} 2} < 0,5 \cdot t_{i\bar{E} 1} \quad (1.7)$$

$$\text{тобто } 3 \cdot t_{i\bar{E} 2} < t_{i\bar{E} 1} \quad (1.8)$$

Час плавлення залежить від площі перерізу плавких вставок, тому можна записати

$$S_1 > \alpha \cdot S_2 \quad (1.8)$$

де α - усталений коефіцієнт, який залежить від матеріалу плавкої вставки та конструкції запобіжника.

Значення коефіцієнтів α для різних матеріалів плавких вставок і різних конструкцій запобіжників зводяться в табл. 1.2

Таблиця 1.2

Матеріал плавкої вставки, запобіжника, встановленого ближче до джерела живлення	Матеріал плавкої вставки попереднього запобіжника					
	Закритого типу з наповнювачем			Відкритого типу без наповнювача		
	мідь	цинк	свинець	мідь	цинк	свинець
Мідь	1,55	0,2	0,55	1,15	0,15	0,4
Свинець	12,4	1,65	4,5	9,4	1,2	3,8
Цинк	4,5	0,6	1,65	3,5	0,44	1,2

Наприклад, попередній запобіжник мав свинцеву плавку вставку, площа перерізу якої 10 мм². Тоді для вибору наступного запобіжника відкритого типу потрібно взяти плавку вставку, наприклад, з міді площею перерізу

$$S_{\text{міді}} \geq 0,15 S_{\text{свинцю}} = 0,15 * 10 = 1,5 \text{ мм}^2,$$

але в цьому разі свинцева вставка згорить раніше при будь-якому струмі, що протікав через обидва запобіжники.

Для зменшення об'єму металу який розплавляються, плавкі вставки виконують з кількома паралельними ланцюгами, що поліпшує умови охолодження металу, в також дає можливість краще використовувати весь об'єм запобіжника для гасіння дуги.

У плавких вставках роблять два чи більше вузьких коротких перешийки. При короткому замиканні плавляться ці звужені ділянки, а при нормальних струмах уся вставка внаслідок теплообміну має приблизно . однакову температуру.

Плавкі елементи для швидкодіючих запобіжників виготовляються з листових матеріалів завтовшки 0,05. - 0,2 мм (рис. 1.3 а, б, в). При роботі в режимі розширення-звуження плавкий запобіжник підпадає під великі знакозміні механічні навантаження. Щоб збільшити час дії запобіжників, їх плавкі елементи виконують із вигином, який бере на себе температурні деформації.

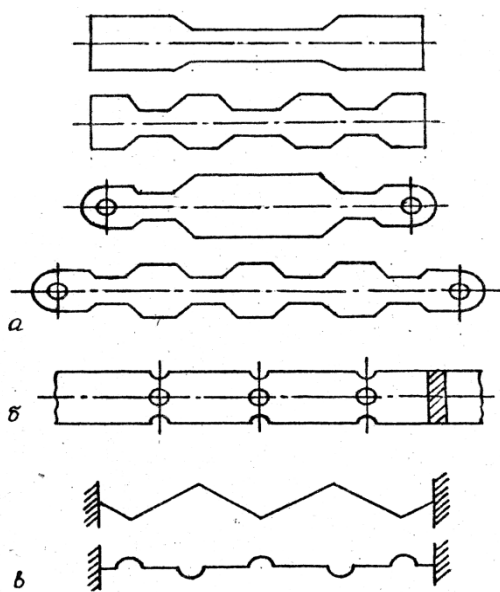


Рис 1.3. Конструкція плавких вставок

За конструкцією запобіжники, що використовуються в мережах з напругою до І...20 кВ, можуть бути розділені на такі групи: відкриті трубчасті, замкнені без наповнювача, замкнені з наповнювачем.

Відкриті запобіжники - це відкриті окремі чи складені в кілька паралельних ланцюгів плавкі вставки, що закріплені між контактними стояками. У відкритих трубчастих запобіжниках вставка розміщена всередині фарфорових трубок, відкритих з обох кінців.

Запобіжники із замкненим патроном без наповнювача, наприклад типу ПР-2 (рис. 1.4), мають патрон з фібрової трубки, на кінцях якої щільно насаджені латунні втулки, що попереджають розрив трубки. При плавленні фібри виділяється газ, який допомагає дуго гасінню.

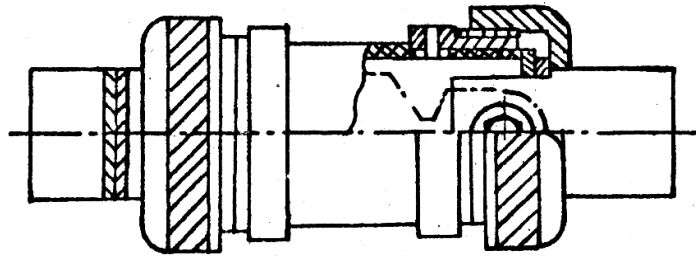


Рис. 1.4. Запобіжник типу ПР-2

Запобіжники із зачиненим патроном з наповнювачем, наприклад типу ПН-2 (рис 1.5), мають фарфоровий корпус, всередині якого розміщені стрічкові плавкі вставки і наповнювач кварцевий пісок. Такі конструкції мають найбільшу граничну розривну здатність.

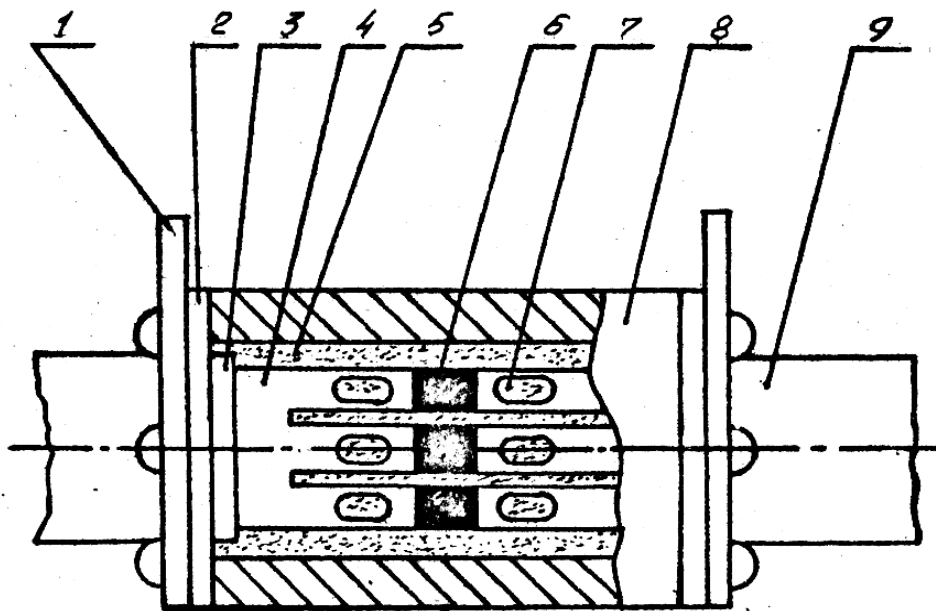


Рис. 1.5. Запобіжник типу ПН-2 :1- кришка; 2- азбестова прокладка; 3- прокладка; 4- плавка вставка; 5- кварцевий пісок; 6 – олов'яна напайка; 7- просічка; 8- корпус; 9- врубний контакт виводу.

До запобіжників висувають наступні вимоги:

1. Не допускається перегрів запобіжника в нормальних режимах вище від припустимих температур.
2. Запобіжник не повинен вимикати електричну мережу при короткочасних перевантаженнях (наприклад, при протіканні пускових струмів електродвигунів, струмів запуску електродвигунів після короткочасної втрати напруги, тощо).
3. Захисна характеристика запобіжника має проходити нижче, але якомога ближче до захисної характеристики об'єкта захисту.
4. Час опрацювання запобіжника при короткому замиканні мав бути мінімально можливим, особливо при захисті напівпровідникових приладів. Запобіжник повинен мати ефект струмообмеження.

5. Характеристики запобіжника мають бути стабільними і не змінюватися з часом. Технологічний розкид параметрів мав бути мінімальним.
6. Запобіжник повинен мати високу вимикаючу здатність.
7. Конструкція патрона запобіжника мав забезпечувати можливість його швидкого і безпечного встановлення та зняття, бути зручною для швидкої заміни плавкої вставки та наповнювача.

4 Хід роботи:

Принципову схему лабораторного стану зображено на рис. 1.6. Установа для перевірки захистів типу У5052 використовується як джерело регульованого струму, лабораторний планшет для випробувань плавких вставок має рубильник, який шунтує плавку вставку і струмове реле для фіксації моменту згоряння вставки.

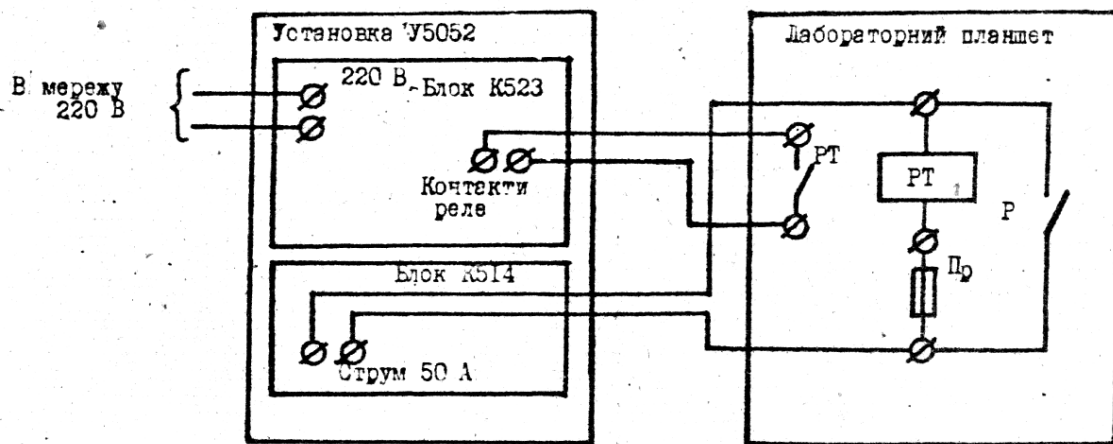


Рис. 1.6. Лабораторний стенд для випробування плавких вставок:

4.1. Вивчити конструкції, головні параметри і характеристики запобіжників та плавких вставок.

4.2. Накреслити схему випробувань. Зібрати схему.

4.3. Визначити мінімальний струм плавлення вставки. Для цього необхідно:

- а) закріпити плавку вставку на клеммах планшета;
- б) ввімкнути установку У5052.

Початкові умови ручок управління блока К-513: S2 - ∞ ; S3 - "ОТКЛ", S4 - 5А; S5 - 450 В; S6 -, S7 - nJm; S8 - ВОЗВРАТ; S9 - 115 В; T1 - МИНИМУМ; S10 - ОТКЛ.; S11 - ОТКЛ.; S12 - 100; S13 - ОТКЛ.

Початкові положення ручок управління блока К-514: S15 - 10А; S16 -, S17 - 100А; S18 - АВ; S19 - 5А; S20 - ПРЯМО; S21 - 0.

Установа вмикається S10 - "ВКЛ".

в) ввімкнути ручку S8 в положення "СРАБАТ". Регулюючи ручкою T1 струм через вставку при вимкненому рубильнику Р, добитися сили струму, при якому вставка згорить протягом 2...3 хв. Межу вимірювання амперметра та регулювання струму змінювати з допомогою штирів I5 при вимкненій установці У5052;

г) визначити струм $I_{\text{АН.ін}}$ (за п. 1.2), беручи максимальний коефіцієнт рівним 2,1.

4.4. Зняти захисну характеристику плавкої вставки.

Для кожного дослідження встановлювати в клемник нову вставку.

Визначення часу згоряння вставки починати при струмі $2 \cdot I_{\text{н.н.}}$ та продовжувати до сили струму, при якій час згоряння менший ніж 1 с.

Кожен дослід проводити в такій послідовності:

- а) замкнути рубильник Р;
- б) перевести ручки в такі положення: S10 - "ВКЛ"; S8 - "СРАБАТ"; ручкою Т1 встановити необхідну силу струму, ввімкнути ручку S8 - "ВОЗВРАТ";
- в) перемкнути перемикач S2 в положення "Ср", розімкнути рубильник Р, ввімкнути перемикач S8 - "СРАБАТ"; після згоряння вставки записати час, який показує секундомір блока К5ІЗ; зняти покази секундоміра ручкою "СБРОС";
- г) вимкнути перемикач в положення S8 - "ВОЗВРАТ";
- д) замкнути рубильник Р, замінити плавку вставку за умови, що перемикачі в положенні S8 - "ВОЗВРАТ", S10 - "ОТКЛ".

4.5. Отримані координати точок захисної характеристики записати в табл. 1.3 та побудувати графік.

Побудувати розрахункову захисну характеристику мідної плавкої вставки $t_{iE} = f(I)$ використовуючи залежність

$$t_{iE} = \frac{g^2 \cdot 10^4}{I^2} \quad (1.9)$$

де g - площа перерізу плавкої вставки, мм

4.6. Побудувати розрахункову захисну характеристику мідної плавкої вставки суміжного запобіжника $t_{CM} = f(I)$ відкритого замкненого типу, використовуючи дані табл. 1.2. Довести, що селективність роботи запобіжників забезпечується з урахуванням припустимого розкиду тривалості опрацювання.

4.7. Скласти звіт.

Зміст звіту

1. Короткі теоретичні відомості, параметри і характеристики запобіжників.
2. Схема і послідовність проведення дослідів.
3. Результати розрахунків і дослідів, оформлені у вигляді табл. 1.3, та графічні залежності.
4. Висновки.

Таблиця 1.3

Номер дослідів	Струм I, А	Кратність струму $\frac{I}{I_{\text{вс.ном}}}$	Час t_{iE}		
			Дослідний	Розрахунковий	Розрахунковий для суміжного запобіжника

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

6.1. Охарактеризувати процес згоряння плавкої вставки.

- 6.2. Якими параметрами характеризується запобіжник?
- 6.3. Проаналізувати захисну характеристику запобіжника.
- 6.4. Переваги та недоліки запобіжників.
- 6.5. Чим обумовлений розкид часу згоряння плавких вставок?
- 6.6. Запобіжник з металургійним ефектом.
- 6.7. Засоби гасіння дуги в патронах запобіжників.
- 6.8. Узгодження запобіжників за часом згоряння (за селективністю).
- 6.9. Типи конструкцій запобіжників.
- 6.10. Конструктивне виконання плавких вставок.

Література

14. Зимин Е.Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.: Энергоиздат, 1981
15. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.: Высшая школа, 1982

Інструкція для виконання практичної роботи №6

Тема: Дослідження роботи електродвигунів металообробних верстатів.

1 Мета: Вивчити будову і провести дослідження роботи електродвигунів з короткозамкненим ротором. Навчитися запускати асинхронний двигун з короткозамкненим ротором.

- 1.1. Ознайомитись з будовою електродвигунів.
- 1.2. Навчитися запускати асинхронний двигун з короткозамкненим ротором.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1. Підручники.
- 2.2. Плакати.
- 2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості:

Для приводу машин і верстатів переважно використовують асинхронні електродвигуни.

Двигун називається асинхронним тому, що швидкість обертання ротора менша за швидкість обертання магнітного поля статора. Різницю швидкостей характеризують коефіцієнтом, який зветься ковзанням:

Конструкція асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором відрізняється від двигуна з фазним ротором тільки будовою ротора. Він складається з таких частин: сталюого циліндра, складеного з штампованих ізолюваних один від одного листів електротехнічної сталі; вала ротора, на якому закріплено сталюий циліндр ротора, підшипники, приводний шків і вентилятор; обмотки ротора, яка складається з мідних стержнів, що з торців замикаються кільцями, утворюючи так зване "біляче колесо".

Крім паспортних даних на корпусі двигуна кріплять також клемний щиток, до якого підводяться кінці трьох обмоток статора. Початки обмоток позначають *C1*,

Для проведення випробувань трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором складають установку (рис. 4.1), в якій передбачено апаратуру для вимірювання фазної напруги V_1 , лінійного струму A_1 , активної фазної потужності P_1 (комплект К-50, або К-505). Батарея конденсаторів C (з'єднаних трикутником) приєднується паралельно статорним обмоткам двигуна через вимикач S . Для визначення ємнісного струму в одній фазі використовуємо амперметр A_2 . Як і в попередній роботі, для створення гальмівного моменту на валу двигуна, використовуємо генератор постійного струму G . Змінюючи опір навантажувального реостата R_1 , завдаємо режим навантаження - "холостий хід", 25%, 50%, 75%, 100%, 125% від $P_{ном}$. Навантаження можна контролювати по амперметру A_3 , в колі якірної обмотки генератора, або по амперметру A_1 .

При проведенні випробувань необхідно знімати відліки спочатку без конденсатора, а потім з ним (замикаючи вимикач S_1).

Частоту обертання n_2 визначимо за допомогою тахогенератора BR . Дані спостережень записати в табл.4.2.

Таблиця 4.2

Навантаження двигуна		Дані спостережень						Результати обчислень							
		n_2	U_ϕ	I_ϕ	P_ϕ	I_c	U_2	I_2	P	S	P_2	$\cos\phi$	M	S	η
		об/хв	В	А	Вт	А	В	А	Вт	ВА	Вт		Нм	%	%
$P_{дв}$ х.х.	Без С														
	з С														
$P_{дв}$ 25%	Без С														
	з С														
$P_{дв}$ 50%	Без С														
	з С														
$P_{дв}$ 75%	Без С														
	з С														
$P_{дв}$ 100%	Без С														
	з С														
$P_{об}$ 125%	Без С														
	з С														

4.3. Опрацювання результатів дослідів

Розрахувати такі величини:

– лінійний струм I_L при з'єднанні обмоток двигуна трикутником $I_L = \sqrt{3} \cdot I_\phi$;

– загальна активна потужність двигуна

$$P = 3 \cdot P_\phi = 3 \cdot U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos \phi;$$

– повна потужність асинхронного двигуна

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L;$$

– коефіцієнт потужності $\cos \phi = \frac{P}{S}$.

Побудувати робочі $n_2=f(P_2)$, $M=f(P_2)$, $S=f(P_2)$, $I_2=f(P_2)$, $\eta=f(P_2)$, та механічну $n_2=f(M)$ характеристики асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

За результатами обчислень побудувати трикутники потужностей для кожного режиму навантаження (до вмикання конденсаторної батареї і після) і зробити висновки. Визначити графічно реактивну потужність Q_c конденсаторної батареї.

Використавши характеристики, зробити висновки про виконану роботу.

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

6.1. Пояснити будову та принцип дії асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

6.2. Як змінюється струм двигуна і $\cos\phi$ при збільшенні навантаження?

6.3. Пояснити, чому зменшується споживаний струм при роботі двигуна з приєднаними конденсаторами, не дивлячись на те, що корисна потужність двигуна не змінюється?

6.4. Пояснити фізичний зміст поліпшення коефіцієнта потужності методом приєднання конденсаторів.

6.5. Які ще існують методи поліпшення коефіцієнта потужності?

Література

16. Зимин Е.Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Энергоиздат, 1981

17. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Высшая школа, 1982

Інструкція для виконання практичної роботи №7

Тема: Збірка і наладка схем автоматичного управління двошвидкісним асинхронним електродвигуном.

1 Мета: Вивчити будову, навчитися збирати і налагоджувати схеми автоматичного управління двошвидкісним асинхронним електродвигуном.

1.1. Ознайомитись з будовою електродвигунів.

1.2. Навчитися

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості:

Асинхронні двигуни в силу ряду переваг (відносна дешевизна, високі енергетичні показники, простота обслуговування) є найбільш поширеними серед

всіх електричних машин. Вони - основні двигуни в електроприводах практично всіх промислових підприємств.

Розглянутий двигун - багатошвидкісний, а саме - двошвидкісний.

Багатошвидкісні двигуни зазвичай виконуються з короткозамкненим ротором. Асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором простіше із пристроєм й обслуговування, а так де дешевше і легше в роботі, щодо двигунів з фазним ротором.

Багатошвидкісні двигуни застосовуються в металорізючих та деревообробних верстатах, у вантажних і пасажирських ліфтах, для приводів вентиляторів і насосів, і в ряді інших випадків. Область застосування таких двигунів дуже широка.

Найбільш часто застосовуються на практиці полюснопереключаемие обмотки співвідношенням числа полюсів 1:2. Полюснопереключаемая обмотка для швидкостей 1:2 виконується, як правило, у вигляді двошарової петлевої обмотки, так як одношарова обмотка дає менш сприятливі криві полів.

Кожна фаза обмотки з перемиканням кількості пар полюсів у відношенні 1:2 складається з двох частин, або половин, з однаковою кількістю котушкових груп у кожній частині.

Крок обмотки при $2p_1$ полюсах, як правило, вибирається рівним полюсному поділу при $2p_2$ полюсах.

Подвійну кількість полюсів виходить при зміні напрямку струму в одній з двох частин кожної фази, що робиться шляхом перемикання цих частин. Полюсний поділ при цьому дорівнюватиме половині полюсного поділу при меншій кількості полюсів.

При перемиканні багатошвидкісний обмотки магнітні індукції на окремих ділянках магнітного ланцюга в загальному випадку змінюються, що необхідно мати на увазі при проектуванні двигуна, щоб, з одного боку, домогтися по можливості більш повного використання матеріалів двигуна, а з іншого боку - не допустити надмірного насичення ланцюга.

Маса і вартість багатошвидкісних двигунів дещо більше, ніж маса і вартість звичайних одношвидкісних асинхронних двигунів.

Типовая схема управління двухскоростным АД представлена на рис. 1. Схема включает полюснопереключаемый АД, контакторы $KM1$ — $KM4$, блокировочное реле KV , двухцепные кнопки $SB1$ (*Вперед*), $SB2$ (*Назад*), $SB4$, $SB5$, а также кнопку $SB3$ (*Стоп*).

Управління двошвидкісним АД

Дві швидкості АД одержують шляхом з'єднання обмотки статора в трикутник (контактор $KM2$), або у подвійну зірку (контактор $KM1$).

Схема забезпечує пуск і реверсування АД, його роботу на двох швидкостях, захист АД від перевантаження и самозапуску.

Пуску АД «вперед» або «назад» передуює попереднє з'єднання його обмоток в трикутник (включають $KM2$), що відповідає меншій швидкості, або в подвійну зірку (включають $KM1$) — висока швидкість. При цьому включається реле блокування KV , що дозволяє запуск двигуна, тому що вмикаються його контакти в коло котушок контакторів $KM3$ і $KM4$. Натиснувши кнопку $SB1$, або $SB2$, оператор запускає двигун «вперед» або «назад».

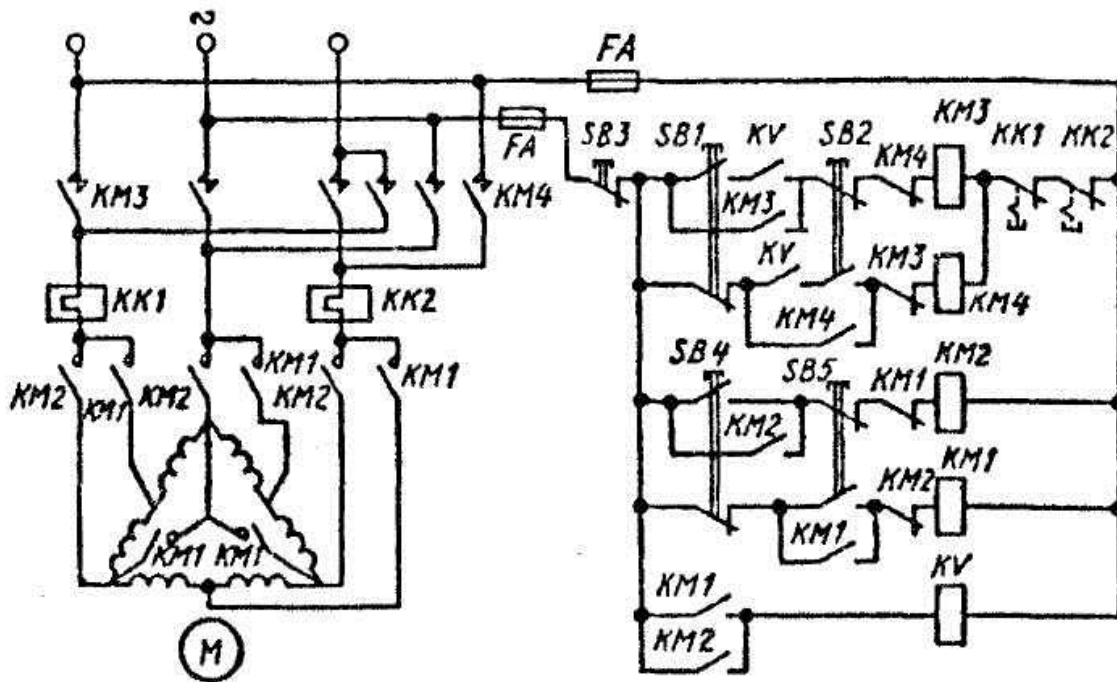


Рис. 17.12. Типовая схема управления двухскоростным АД

Однчасне вмикання контакторів $KM1$ — $KM4$ виключається застосуванням двоколових кнопок, а також перехресним включенням розмикаючих блок-контактів контакторів у колі живлення їх котушок.

4 Хід роботи:

- 4.1. Ознайомитися з будовою двошвидкісного двигуна.
- 4.2. Ознайомитися зі схемою управління двошвидкісним двигуном.
- 4.3. Проаналізувати режими роботи двошвидкісного двигуна.

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

- 6.1. Будова багатошвидкісних двигунів.
- 6.2. Схеми управління багатошвидкісними двигунами.
- 6.3. Електричні апарати, які застосовуються в схемах управління багатошвидкісними двигунами.

Література

18. Зимин Е.Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Энергоиздат, 1981
19. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Высшая школа, 1982

Інструкція для виконання практичної роботи №8

Тема: Складання схем управління двошвидкісним електродвигуном.

1 Мета: Ознайомитись з будовою багатошвидкісних електродвигунів.

1.1. Навчитися збирати і налагоджувати схеми автоматичного управління багатошвидкісними електродвигунами.

1.2. Засвоїти схему керування двошвидкісним електродвигуном.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості:

Розглянемо двигун - багатошвидкісний, а саме - двошвидкісний.

Багатошвидкісні двигуни зазвичай виконуються з короткозамкненим ротором. Асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором простіше із пристрою й обслуговування, а так де дешевше і легше в роботі, щодо двигунів з фазним ротором.

Багатошвидкісні двигуни застосовуються в металообробних та деревообробних верстатах, у вантажних і пасажирських ліфтах, для приводів вентиляторів і насосів, і в ряді інших випадків. Область застосування таких двигунів дуже широка.

Найбільш часто застосовуються на практиці полюснопереключаємі обмотки співвідношенням числа полюсів 1:2. Полюснопереключаєма обмотка для швидкостей 1:2 виконується, як правило, у вигляді двошарової петлевої обмотки, так як одношарова обмотка дає менш сприятливі криві полів.

Кожна фаза обмотки з перемиканням кількості пар полюсів у відношенні 1:2 складається з двох частин, або половин, з однаковою кількістю котушкових груп у кожній частині.

Крок обмотки при $2p_1$ полюсах, як правило, вибирається рівним полюсному поділу при $2p_2$ полюсах.

Подвійну кількість полюсів виходить при зміні напрямку струму в одній з двох частин кожної фази, що робиться шляхом перемикання цих частин. Полюсний поділ при цьому дорівнюватиме половині полюсного поділу при меншій кількості полюсів.

При перемиканні багатошвидкісний обмотки магнітні індукції на окремих ділянках магнітного ланцюга в загальному випадку змінюються, що необхідно мати на увазі при проектуванні двигуна, щоб, з одного боку, домогтися по можливості більш повного використання матеріалів двигуна, а з іншого боку - не допустити надмірного насичення кола.

Типова схема управління двошвидкісним АД представлена на рис. 1. Схема містить в собі полюсноперемикаючий АД, контактори КМ1—КМ4, блокуюче реле КV, двоколові кнопки SB1 (*Вперед*), SB2 (*Назад*), SB4, SB5, а також кнопку SB3 (*Стоп*).

Управління двошвидкісним АД

Дві швидкості АД одержують шляхом з'єднання обмотки статора в трикутник (контактор $KM2$), або у подвійну зірку (контактор $KM1$).

Схема забезпечує пуск і реверсування АД, його роботу на двох швидкостях, захист АД від перевантаження и самозапуску.

Пуску АД «вперед» або «назад» передуює попереднє з'єднання його обмоток в трикутник (включають $KM2$), що відповідає меншій швидкості, або в подвійну зірку (включають $KM1$) — висока швидкість. При цьому включається реле блокування KV , що дозволяє запуск двигуна, тому що вмикаються його контакти в коло котушок контакторів $KM3$ і $KM4$. Натиснувши кнопку $SB1$, або $SB2$, оператор запускає двигун «вперед» або «назад».

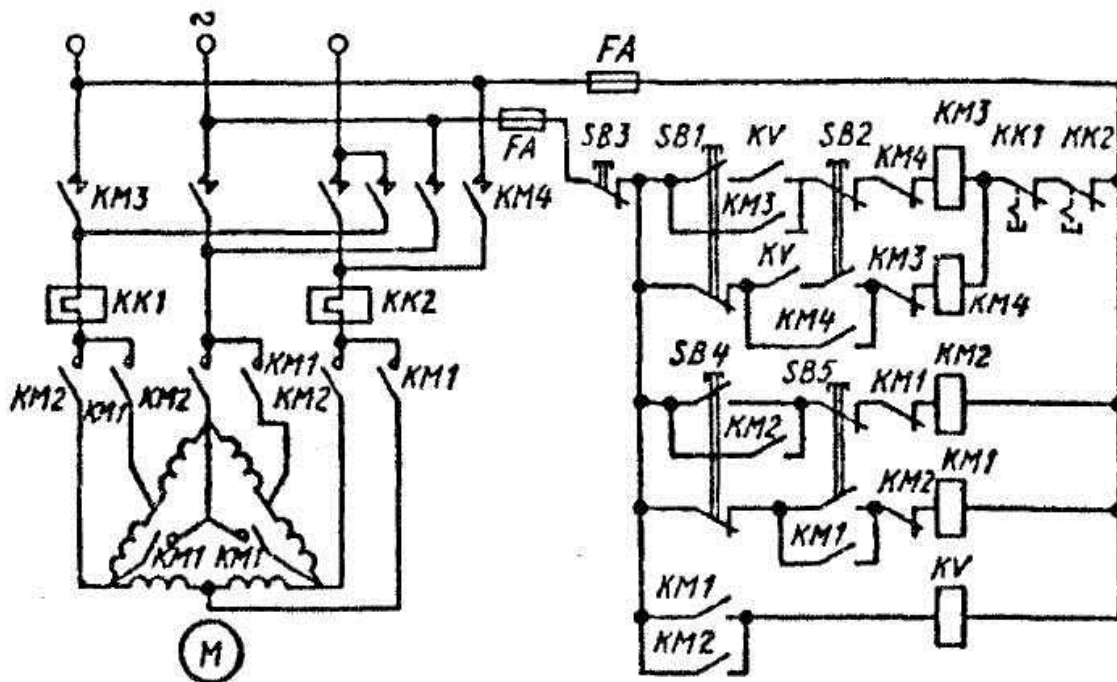


Рис. 17.12. Типовая схема управления двухскоростным АД

Одночасне вмикання контакторів $KM1$ — $KM4$ виключається застосуванням двоколових кнопок, а також перехресним включенням розмикаючих блок-контактів контакторів у колі живлення їх котушок.

Асинхронний ЕП з тиристорним регулятором напруги.

На рис. 2 представлена типова схема замкнутої (яка має зворотні зв'язки) системи автоматичного регулювання (САР) швидкості обертання і струму АД.

ЕП містить в собі АД з підключеними до кола ротора пускорегулюючих опорів, тиристорний регулятор напруги типу РСТ на тиристорах $VS1$ — $VS6$, систему імпульсно-фазового управління (СІФУ) ними і кола зворотних зв'язків.

Реверсування АД здійснюється контакторами $KM1$, $KM2$, а вал двигуна гальмується і фіксується за допомогою гальмівного електромагніту YB .

Розширення діапазону регулювання досягається застосуванням пускорегулюючих опорів, які комутуються контакторами $KM3$ і $KM4$.

Замкнута САР з тиристорним регулятором напруги АД має зворотні зв'язки (ОС) по швидкості (тахогенератор *BR*) і по струму (трансформатори струму *TA* і блоки струмообмеження *УТО*, блок нелінійності по струму *НТ*, блок захисту по струму *МТ*). Перша забезпечує стабілізацію швидкості — високою жорсткістю характеристик по всьому діапазону регуювання, друга — обмеження струму в межах до 1,5 номінального.

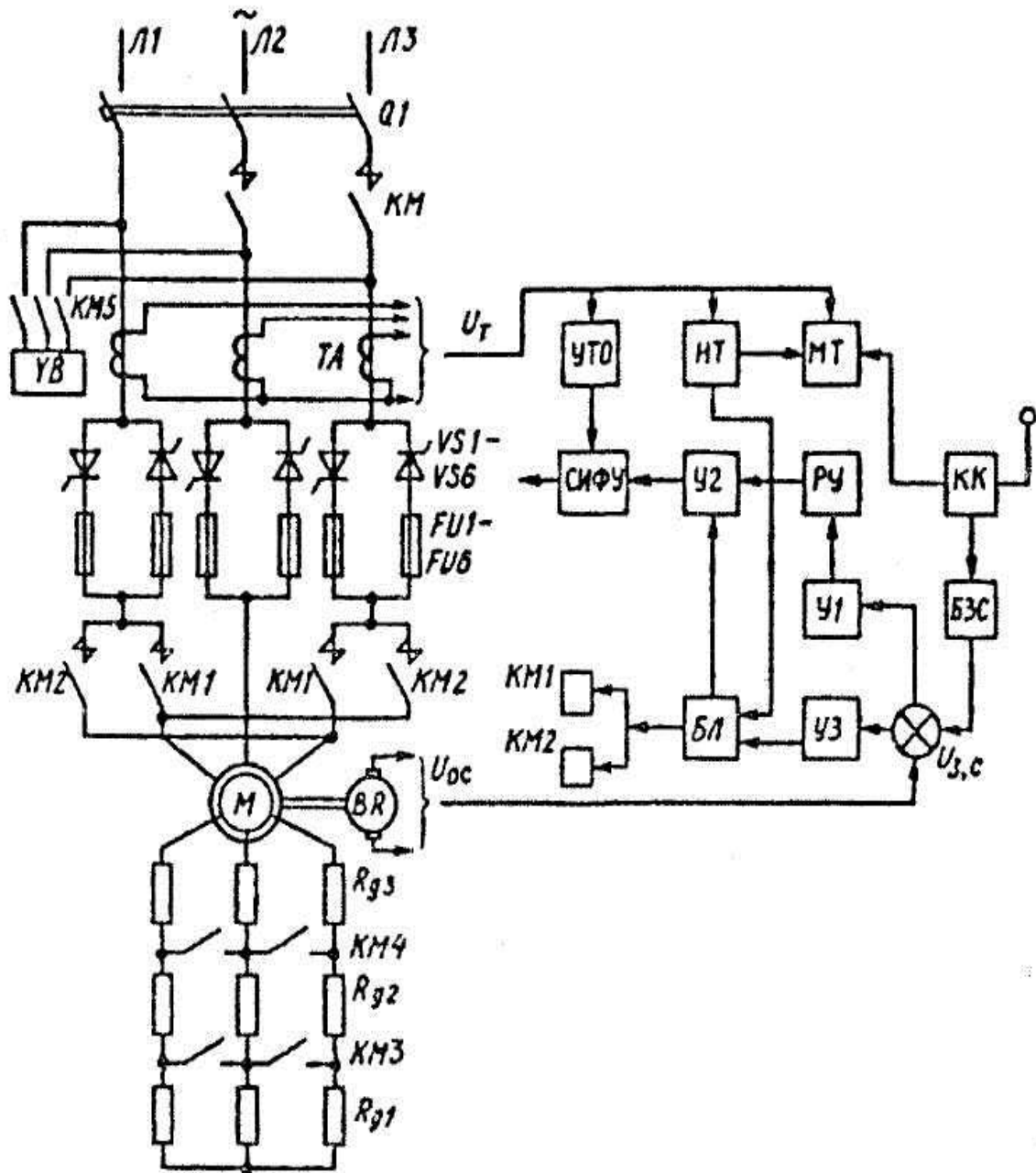


Рис. 2. Типова САР з АЕД і тиристорним регулятором напруги.

Напруга управління з командоконтроллера *КК* подається на блок задачі швидкості *БЗС*. З нього напруга задачі, яка відповідає заданому значенню швидкості АД, подається на вузол порівняння, куди поступає також напруга ОС по швидкості. Результуюча напруга управління подається на вхід підсилювачів *У1*, *РУ*, *У2*. Від напруги *У2* залежить фаза імпульсів *СИФУ*, які подаються на управляючі електроди тиристорів, і, значить, величина напруги *РСТ*, яка подається на АД.

Сигнал з блоку логіки поступає також на контактори *KM1*, або *KM2*, визначаючи напрям обертання АД.

4 Хід роботи:

- 4.1. Ознайомитися з будовою двошвидкісного двигуна.
- 4.2. Ознайомитися зі схемою управління двошвидкісним двигуном.
- 4.3. Проаналізувати режими роботи двошвидкісного двигуна.

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

- 6.1. Будова багатошвидкісних двигунів.
- 6.2. Схеми управління багатошвидкісними двигунами.
- 6.3. Електричні апарати, які застосовуються в схемах управління багатошвидкісними двигунами.

Література

20. Зимин Е.Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.: Энергоиздат, 1981
21. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. -М.: Высшая школа, 1982

Інструкція для виконання практичної роботи №9

Тема: Дослідження роботи тиристорів. Схема підключення.

1 Мета: Ознайомитись з будовою і призначенням тиристорів.

- 1.1. Принцип дії тиристора.
- 1.2. Схеми вмикання тиристорів.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1. Підручники.
- 2.2. Плакати.
- 2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості:

Принцип дії тиристора

Тиристор є силовим електронним не повністю керованим ключем. Тому іноді у технічній літературі його називають одноопераційним тиристором, який може сигналом управління переводитися тільки в провідний стан, тобто включатися. Для його виключення (при роботі на постійному струмі) необхідно приймати спеціальні заходи, що забезпечують спадання прямого струму до нуля.

Тиристорний ключ може проводити струм тільки в одному напрямку, а в закритому стані здатний витримати як пряму, так і зворотню напругу.

Тиристор має чотиришарову р-п-р-п-структуру з трьома виводами: анод (А), катод (С) і керуючий електрод (G), що відображено на рис. 1

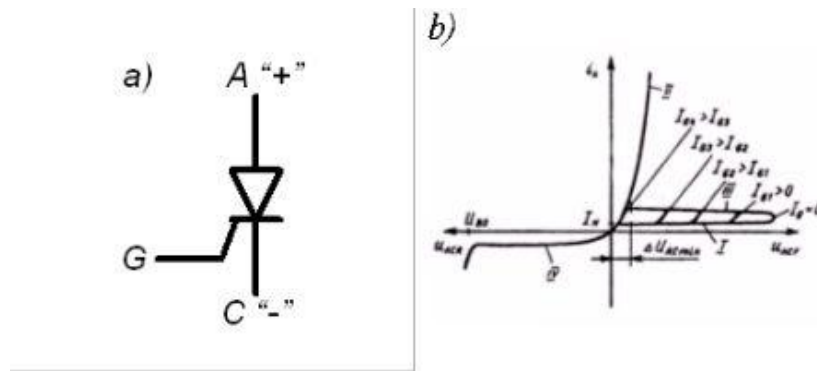


Рис. 1. Звичайний тиристор: а) умовно-графічне позначення; б) вольтамперна характеристика.

На рис. 1,б представлено сімейство вихідних статичних ВАХ при різних значеннях струму управління i_G . Граничну пряму напругу, яку витримує тиристор без його включення, має максимальне значення при $i_G = 0$. При збільшенні струму i_G пряма напруга, витримується тиристором, знижується. Включеному стану тиристора відповідає гілка II, вимкненому - гілка I, процесу включення - гілка III. Утримуючий струм або струм утримання дорівнює мінімально допустимому значенню прямого струму i_A , при якому тиристор залишається в провідному стані. Цьому значенню також відповідає мінімально можливе значення прямого падіння напруги на включеному тиристорі.

Гілка IV являє собою залежність струму витoku від зворотної напруги. При перевищенні зворотною напругою значення U_{BO} починається різке зростання зворотного струму, пов'язане з пробоем тиристора. Характер пробоею може відповідати незворотньому процесу або процесу лавинного пробоею, властивого роботі напівпровідникового стабілітрона.

Тиристори є найбільш потужними електронними ключами, здатними комутувати коло з напругою до 5 кВ і струмами до 5 кА при частоті не більше 1 кГц.

Конструктивне виконання тиристорів наведено на рис. 2.

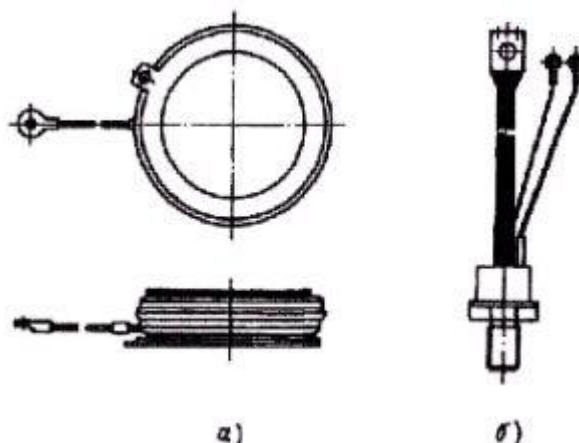


Рис. 2. Конструкція корпусів тиристорів: а) - таблеткові; б) – штирова

Тиристор в колі постійного струму.

Включення звичайного тиристора здійснюється подачею імпульсу струму в коло управління позитивною, щодо катода, полярності. На тривалість перехідного

процесу при включенні значний вплив мають характер навантаження (активний, індуктивний і пр.), амплітуда і швидкість наростання імпульсу струму управління i_G , температура напівпровідникової структури тиристора, прикладена напруга і струм навантаження. У колі, що містить тиристор, не повинно виникати неприпустимих значень швидкості наростання прямої напруги $diAC / dt$, при яких може відбутися мимовільне включення тиристора при відсутності сигналу керування i_G і швидкості наростання струму diA/dt . У той же час крутизна сигналу управління повинна бути високою.

Серед способів виключення тиристорів прийнято розрізняти природне виключення (або природну комутацію) і примусову (або штучну комутацію). Природна комутація відбувається при роботі тиристорів в колах змінного струму в момент спадання струму до нуля.

Способи примусової комутації вельми різноманітні. Найбільш характерні з них наступні: підключення попередньо зарядженого конденсатора C ключем S (рис. 3, а); підключення LC-кола з попередньо зарядженим конденсатором C_K (рис 3 б); використання коливального характеру перехідного процесу в колонанавантаженні (рис.3,в).

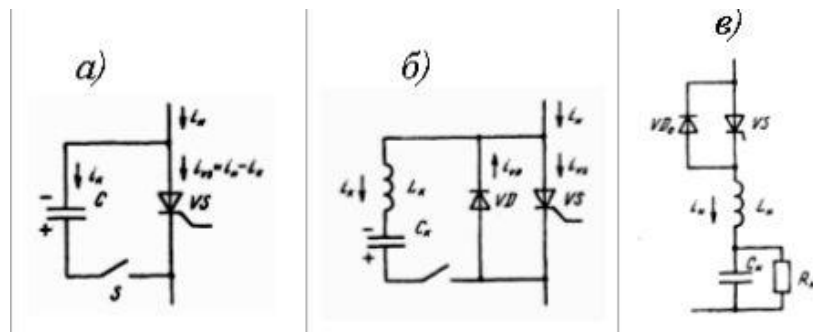


Рис. 3. Способи штучної комутації тиристорів: а) за допомогою зарядженого конденсатора C ; б) за допомогою коливального розряду LC-контур; в) за рахунок коливального характеру навантаження

При комутації за схемою на рис. 3,а підключення комутуючого конденсатора зі зворотною полярністю, наприклад іншим допоміжним тиристором, викличе його розряд на проводячий основний тиристор. Так як розрядний струм конденсатора спрямований зустрічно прямому струму тиристора, останній знижується до нуля і тиристор вимикається.

У схемі на рис. 3, б підключення LC-контур викликає коливальний розряд комутуючого конденсатора C_k . При цьому на початку розрядний струм протікає через тиристор зустрічно його прямому струму, коли вони стають рівними, тиристор вимикається. Далі струм LC-контур переходить з тиристора VS в діод VD . Поки через діод VD протікає струм контур, до тиристор VS буде докладено зворотна напруга, рівне падінню напруги на відкритому діоді.

У схемі на рис. 3,в включення тиристора VS на комплексну RLC-навантаження викличе перехідний процес. За певних параметрах навантаження цей процес може мати коливальний характер зі зміною полярності струму навантаження ін. У цьому випадку після виключення тиристора VS відбувається включення діода VD , який починає проводити струм протилежної полярності. зі зміною полярності струму навантаження.

Тиристор в колі змінного струму

При включенні тиристора в коло змінного струму можливе здійснення таких операцій:

- включення і відключення електричного кола з активним і активно-реактивним навантаженням;
- зміна середнього та діючого значень струму через навантаження за рахунок того, що є можливість регулювати момент подачі сигналу керування.

Так як тиристорний ключ здатний проводити електричний струм тільки в одному напрямку, то для використання тиристорів на змінному струмі застосовується їх зустрічно-паралельне включення (рис. 4, а).

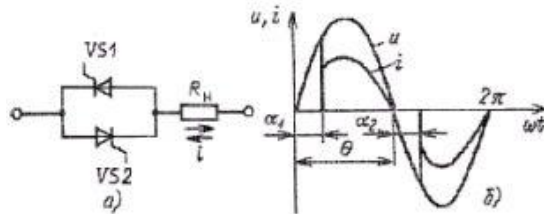


Рис. 4. Зустрічно-паралельне включення тиристорів (а) і форма струму при активному навантаженні (б)

Середнє і діюче значення струму варіюються за рахунок зміни моменту подачі на тиристори VS1 і VS2 відкриваючих сигналів, тобто за рахунок зміни кута відкривання (рис. 4, б).

Значення цього кута для тиристорів VS1 і VS2 при регулюванні змінюється одночасно за допомогою системи управління. Кут називається кутом управління або кутом відмикання тиристора.

Найбільш широке застосування в силових електронних апаратах отримали фазові (рис. 4,а, б) і широтно-імпульсні системи управління тиристорами (рис. 4, в).

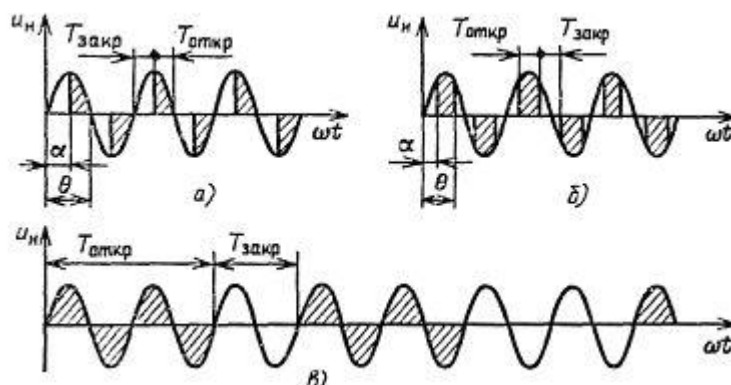


Рис. 5. Вид напруги при навантаженні при:

- а) фазовому управлінні тиристором;
- б) фазовому управлінні тиристором з примусовою комутацією;
- в) широтно-імпульсному управлінні тиристором.

При фазовому методі управління тиристором з примусовою комутацією регулювання струму навантаження можливе як за рахунок зміни кута α , так і кута

θ. Штучна комутація здійснюється за допомогою спеціальних вузлів або при використанні повністю керованих тиристорів.

При широтно-імпульсному управлінні (широтно-імпульсної модуляції - ШІМ) протягом часу $T_{откр}$ на тиристори поданий керуючий сигнал, вони відкриті і до навантаження прикладена напруга U_n . Протягом часу $T_{закр}$ керуючий сигнал відсутній і тиристори знаходяться в непровідному стані. Діюче значення струму в навантаженні

$$I = I_{н.м.} \frac{T_{откр}}{T_{откр} + T_{закр}},$$

де $I_{н.м.}$ - струм навантаження при $T_{закр} = 0$.

Крива струму в навантаженні при фазовому управлінні тиристорами несинусоїдальна, що викликає спотворення форми напруги мережі живлення і порушення в роботі споживачів, чутливих до високочастотних перешкод - виникає так звана електромагнітна несумісність.

Замикаючі тиристори

Тиристори є найбільш потужними електронними ключами, використовуваними для комутації високовольтних і потужнострумівих ланцюгів. Однак вони мають істотний недолік - неповну керованість, яка проявляється в тому, що для їх виключення необхідно створити умови зниження прямого струму до нуля. Це в багатьох випадках обмежує і ускладнює використання тиристорів. Для усунення цього недоліку розроблено тиристори, які замикаються сигналом по керуючому електроду G. Такі тиристори називають замикаючими (GTO - Gate turn-off thyristor) або двоопераційними.

Замикаючі тиристори (ЗТ) мають чотиришарову p-p-p-p структуру, але в той же час мають низку істотних конструктивних особливостей, які надають їм принципово відмінну від традиційних тиристорів - властивість повної керованості. Статична ВАХ замикаючих тиристорів в прямому напрямку ідентична ВАХ звичайних тиристорів. Однак блокувати великі зворотні напруги тиристор, що замикається зазвичай не здатний і часто з'єднується із зустрічно-паралельно включеним діодом. Крім того, для замикаючих тиристорів характерні значні падіння прямої напруги. Для виключення замикаючих тиристора необхідно подати в коло керуючого електрода потужний імпульс негативного струму (приблизно 1:5 по відношенню до значення прямого вимикаючого струму), але короткої тривалості (10-100 мкс).

Замикаючі тиристори також мають більш низькі значення граничних напруг і струмів (приблизно на 20-30%) у порівнянні зі звичайними тиристорами.

Основні типи тиристорів

Крім замикаючих тиристорів розроблена широка гамма тиристорів різних типів, що відрізняються швидкодією, процесами управління, напрямком струмів в провідному стані і т.д.

Серед них слід відзначити такі типи:

- тиристор-діод, який еквівалентний тиристорі із зустрічно-паралельно включеним діодом (рис. 6.12, а);

- діодний тиристор (динистор), що переходить в провідний стан перевищення певного рівня напруги, прикладеної між А і С (рис. 6, b);
- тиристор, що замикається (рис. 6.12, c);
- симетричний тиристор або сімістор, який еквівалентний двом зустрічно-паралельно включеним тиристорам (рис. 6.12, d);
- швидкодіючий інверторний тиристор (час вимкнення 5-50 мкс);
- тиристор з польовим управлінням по керуючому електроду, наприклад, на основі комбінації МОП-транзистора з тиристором;
- оптотиристор, керований світловим потоком.

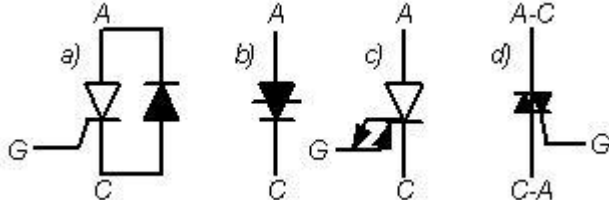


Рис. 6. Умовно-графічне позначення тиристорів: а) - тиристор-діод; б) - діодний тиристор (динистор); с) - тиристор, що замикається; д) – сімістор.

Захист тиристорів

Тиристори є приладами, критичними до швидкостей наростання прямого струму diA / dt і прямої напруги $duAC / dt$. Тиристорам, як і діодам, притаманне явище протікання зворотного струму відновлення, різке спадання якого до нуля посилюється можливістю виникнення перенапруг з високим значенням $duAC / dt$. Такі перенапруження є наслідком різкого припинення струму в індуктивних елементах схеми, включаючи малі індуктивності монтажу.

Тому для захисту тиристорів зазвичай використовують різні схеми ЦФТП, як і в динамічних режимах здійснюють захист від неприпустимих значень diA / dt і $duAC / dt$.

У більшості випадків внутрішній індуктивний опір джерел напруги, що входять в коло включеного тиристора, виявляється достатнім, щоб не вводити додаткову індуктивність LS . Тому на практиці частіше виникає необхідність у ЦФТП, що знижують рівень і швидкість перенапруг при виключенні (рис. 7).

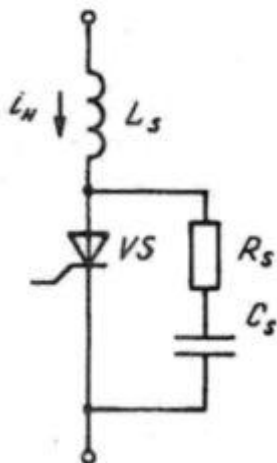


Рис. 7. Типова схема захисту тиристора

Для цієї мети зазвичай використовують RC-коло, що підключене паралельно тиристорі. Існують різні схемотехнічні модифікації RC-кіл і методики розрахунку їх параметрів для різних умов використання тиристорів.

Для замикаючих тиристорів застосовуються кола формування траєкторії перемикавання, аналогічних за схемотехнікою ЦФТП транзисторів.

4 Хід роботи:

- 4.1. Ознайомитися з будовою тиристорів.
- 4.2. Ознайомитися зі схемою підключення тиристорів.
- 4.3. Проаналізувати режими роботи тиристорів.

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

- 6.1. Будова тиристорів.
- 6.2. Схеми управління тиристорів..
- 6.3. Керовані та некеровані тиристори.
- 6.4. Проаналізувати вольт-амперну характеристику тиристорів: закритий тиристор; нестійкий режим роботи тиристора; відкритий тиристор.

Література

22. Зимин Е.Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Энергоиздат, 1981
23. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М:Высшая школа, 1982

Інструкція для виконання практичної роботи №10

Тема: Управління електрошпинделем за допомогою перетворювача частоти.

1 Мета: Ознайомитись зі способами регулювання швидкості двигунів.

1.1. Частотне регулювання електрошпинделем.

1.2. Схеми вмикання двигунів, які отримують живлення від перетворювача частоти.

1.3. Переваги і недоліки частотного регулювання.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1. Підручники.

2.2. Плакати.

2.3. Стенди.

3 Теоретичні відомості:

Асинхронний двигун є найбільш масовим електричним двигуном. Ці двигуни випускаються потужністю від 0,1 кВт до кількох тисяч кіловат і знаходять застосування у всіх галузях господарства. Основною перевагою асинхронного двигуна є простота його конструкції і невисока вартість. Однак за принципом своєї

дії асинхронний двигун у звичайній схемі включення не допускає регулювання швидкості його обертання. Особливу увагу слід звернути на те, що щоб уникнути значних втрат енергії, а, отже, для короткозамкнених асинхронних двигунів щоб уникнути перегріву його ротора, двигун повинен працювати в тривалому режимі з мінімальними значеннями ковзання.

Розглянемо можливі способи регулювання швидкості асинхронних двигунів (див. рис.1). Швидкість двигуна визначається двома параметрами: швидкістю обертання електромагнітного поля статора ω_0 і ковзанням S :

$$\omega = \omega_0 - S_{abc}$$

$$\omega = \omega_0 - \omega_0 S \quad (6.1)$$

Виходячи з (6.1) принципово можливі два способи регулювання швидкості: регулювання швидкості обертання поля статора і регулювання ковзання при постійній величині ω_0 .

Швидкість обертання поля статора визначається двома параметрами: частотою напруги, що підводиться до обмоток статора f_1 , і числом пар полюсів двигуна p_n . Відповідно з цим можливі два способи регулювання швидкості: зміна частоти живлячої напруги за допомогою перетворювачів частоти, що включаються в ланцюг статора двигуна (частотне регулювання), і шляхом зміни числа пар полюсів двигуна.

Регулювання ковзання двигуна при постійній швидкості обертання поля статора для короткозамкнених асинхронних двигунів можливо шляхом зміни величини напруги статора при постійній частоті цієї напруги. Для асинхронних двигунів з фазним ротором, крім того, можливі ще два способи: введення в коло ротора додаткових опорів (реостатне регулювання) і введення в коло ротора додаткової регульованою Е.Р.С. за допомогою перетворювачів частоти, що включаються в коло ротора (асинхронний вентильний каскад і двигун подвійного живлення).



Рис.1. Класифікація способів регулювання асинхронних двигунів

В даний час завдяки розвитку силової перетворювальної техніки створені і серійно випускаються різні види напівпровідникових перетворювачів частоти, що визначило випереджальний розвиток і широке застосування частотно-регульованого асинхронного електропривода. Основними достоїнствами цієї системи регульованого електропривода є:

- Плавність регулювання і висока жорсткість механічних характеристик, що дозволяє регулювати швидкість в широкому діапазоні;

- Економічність регулювання, обумовлена тим, що двигун працює з малими величинами абсолютного ковзання, і втрати в двигуні не перевищують номінальних.

Недоліками частотного регулювання є складність і висока вартість (особливо для приводів великої потужності) перетворювачів частоти і складність реалізації в більшості схем режиму рекуперативного гальмування.

Детально принципи та схеми частотного регулювання швидкості асинхронного двигуна розглянуті нижче.

Зміна швидкості перемиканням кількості пар полюсів асинхронного двигуна дозволяє отримувати кілька (від 2 до 4) значень робочих швидкостей, тобто плавне регулювання швидкості і формування перехідних процесів при цьому способі неможливо.

Тому даний спосіб має певні області застосування, але не може розглядатися, як основа для побудови систем регульованого електроприводу.

Частотне регулювання асинхронних електроприводів

Принципова можливість регулювання кутової швидкості асинхронного двигуна зміною частоти напруги живлення впливає з формули $\omega = 2\pi f_1(1-s) / p$. При регулюванні частоти також виникає необхідність регулювання амплітуди напруги джерела, що впливає з висловлювання $U_1 \approx E_1 = K \Phi f_1$. Якщо при незмінній нарузі змінювати частоту, то потік буде змінюватися обернено пропорційно частоті. Так, при зменшенні частоти потік зросте, і це призведе до насичення стали машини і як наслідок до різкого збільшення струму і перевищення температури двигуна; при збільшенні частоти потік зменшуватиметься і як наслідок буде зменшуватися допустимий момент.

Для найкращого використання асинхронного двигуна при регулюванні кутової швидкості зміною частоти необхідно регулювати напругу одночасно в функції частоти і навантаження, що реалізовується тільки в замкнутих системах електропривода. У розімкнутих системах напруга регулюється лише у функції частоти по деякому закону, залежному від виду навантаження.

Частотне регулювання кутової швидкості електроприводів змінного струму з двигунами з короткозамкненим ротором знаходить все більше застосування в різних галузях техніки. Наприклад, в установках текстильної промисловості, де за допомогою одного перетворювача частоти, що живить групу асинхронних двигунів, що знаходяться в однакових умовах, плавно і одночасно регулюються їх кутові швидкості. Прикладом іншої установки з частотно-регульованими асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором можуть служити транспортні рольганги в металургійній промисловості, деякі конвеєри та ін

Частотне регулювання кутової швидкості асинхронних двигунів широко застосовується в індивідуальних установках, коли потрібне отримання досить

високих кутових швидкостей (для приводу електрошпінделем в металорізальних верстатах з частотою обертання до 20 000 об / хв).

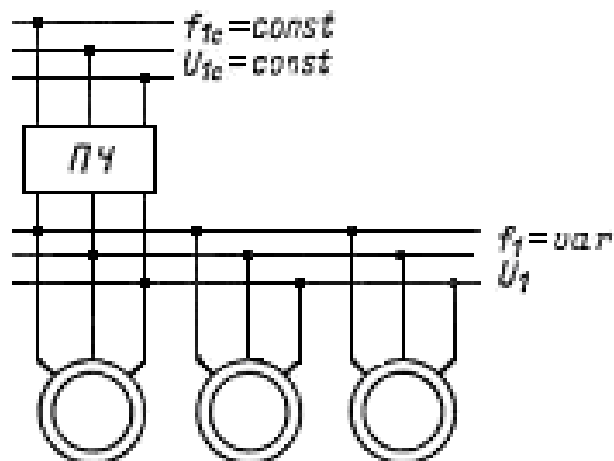


Рисунок 2. Схема включення асинхронних двигунів, які отримують живлення від перетворювача частоти

При регулюванні частоти виникає також необхідність регулювання напруги джерела живлення. Дійсно, Е.Р.С. обмотки статора асинхронного двигуна пропорційна частоті і потоку.

При незмінній напрузі джерела живлення і регулювання його частоти змінюється магнітний потік асинхронного двигуна. Зокрема, зменшення частоти призводить до зростання потоку і як наслідок до насичення машини і збільшення струму намагнічування, що пов'язано з погіршенням енергетичних показників двигуна, а в ряді випадків і з його неприпустимим нагріванням. Збільшення частоти призводить до зниження потоку двигуна, що при постійному моменті навантаження на валу призводить до зростання струму ротора, тобто до перевантаження його обмоток по струму при недовикористаній сталі. Крім того, з цим пов'язано зниження максимального моменту і перевантажувальної здатності двигуна. Для найкращого використання асинхронного двигуна при регулюванні швидкості зміною частоти необхідно регулювати напругу одночасно в функції частоти і навантаження.

Регулювання напруги лише у функції однієї частоти з урахуванням характеристики механізму може бути реалізовано в розімкнутих системах частотного керування.

Регулювання напруги в функції навантаження можна здійснити, як правило, лише в замкнутих системах, в яких при використанні зворотних зв'язків напруга при даній частоті може змінюватися в залежності від навантаження.

У міру зниження частоти падає частка Е.Р.С. по відношенню до прикладеної напруги внаслідок відносного зростання падіння напруги в опорі статора із зростанням навантаження, що призводить до зменшення магнітного потоку, а, отже, до зниження електромагнітного моменту. Як наслідок зменшення магнітного потоку і абсолютного критичного ковзання в міру зниження частоти падає максимальний момент і знижується жорсткість механічних характеристик (див. рис. 3).

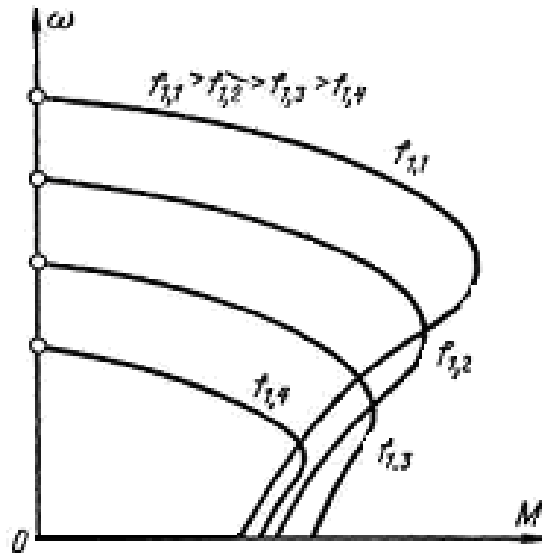


Рисунок 3 - Механічні характеристики асинхронного двигуна при частотному управлінні.

Зміна частоти джерела живлення дозволяє регулювати швидкість асинхронного двигуна як вище, так і нижче основної. Зазвичай при регулюванні вище основної швидкості частота джерела живлення перевищує номінальну не більше ніж в 1,5 ... 2 рази. Зазначене обмеження зумовлене, насамперед, міцністю кріплення обмотки ротора. Крім того, зі зростанням частоти живлення помітно збільшуються величини потужності втрат, пов'язані з втратами в сталі статора. Регулювання швидкості вниз від основної, як правило, здійснюється в діапазоні до 10 ... 15. Нижня межа частоти обмежена складністю реалізації джерела живлення з низькою частотою, можливістю нерівномірності обертання і рядом інших факторів. Таким чином, частотне регулювання швидкості асинхронного двигуна може здійснюватися в діапазоні до 20...30. Використання двигунів спеціальної конструкції дає можливість розширити діапазон регулювання за рахунок збільшення верхньої межі швидкості. Нижня межа швидкості може бути зменшена шляхом введення в схему управління різних зворотних зв'язків.

Якщо при регулюванні частоти напруга змінюється таким чином, що $\Phi = \text{const}$, то допустимий момент на валу асинхронного двигуна при частотному регулюванні швидкості також буде незмінним .

Цей спосіб регулювання дозволяє отримати жорсткі механічні характеристики. Втрати потужності при частотному управлінні невеликі.

Двигун при зміні частоти працює на лінійних ділянках механічних характеристик, тобто при малих ковзаннях s .

При наявності [відповідного](#) перетворювача частоти можна отримати будь-яку плавність регулювання. Важливо відзначити, що зазначені позитивні властивості можна реалізувати з безконтактним асинхронним короткозамкненим двигуном, який є найбільш простим, надійним і дешевим електричним двигуном.

Частотне регулювання кутової швидкості електроприводів змінного струму з двигунами з короткозамкненим ротором знаходить все більше застосування в різних галузях техніки. Наприклад, в установках текстильної промисловості, де за допомогою одного перетворювача частоти, який живить групу асинхронних двигунів, що знаходяться в однакових умовах, плавно і одночасно регулюються їх

кутові швидкості. Прикладом іншої установки з частотно-регульованими асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором можуть служити [транспортні](#) рольганги в металургійній промисловості, деякі конвеєри та ін.

Частотне регулювання кутової швидкості асинхронних двигунів широко застосовується в індивідуальних установках, коли потрібне отримання досить високих кутових швидкостей (наприклад, для центрифуг, шліфувальних верстатів, для приводу електрошпінделем в металорізальних верстатах з частотою обертання до 20 000 об / хв).

Для здійснення частотного регулювання кутової швидкості знаходять застосування перетворювачі, на виході яких по необхідному співвідношенню або незалежно міняється як частота, так і амплітуда напруги. Перетворювачі частоти можна розділити на електромашинні і вентильні. У свою чергу електромашинні перетворювачі можуть бути виконані з проміжною ланкою постійного струму і безпосереднім зв'язком. В останніх використовують колекторних машину змінного струму, на вхід якої подають змінну напругу з постійною частотою і амплітудою, а на виході її отримують напругу з регульованою частотою і амплітудою.

Електромашинні перетворювачі з безпосереднім зв'язком практичного застосування не отримали.

Економічні вигоди частотного регулювання особливо істотні для приводів, що працюють в повторно-короткочасному режимі, де має місце часта зміна напрямку обертання з інтенсивним гальмуванням.

Основним недоліком електроприводів з частотним управлінням є необхідність використання перетворювачів частоти, які в даний час характеризуються відносною складністю в схемного виконання і високою вартістю. Цей недолік обмежує застосування частотноуправляємих електроприводів. Тим не менш, переваги цих приводів настільки значні, що протягом багатьох років і в даний час ведуться інтенсивні роботи зі створення перетворювачів частоти для регулювання швидкості асинхронних двигунів.

У разі створення прийнятних за складності та вартості перетворювачів частоти частотноуправляемий привід з асинхронним короткозамкненим двигуном отримає широке поширення в техніці.

4 Хід роботи:

4.1. Визначення поняття „електрошпіндель”.

4.2. Ознайомлення зі схемами частотних перетворювачів.

4.3. Проаналізувати форму напруги на виході частотного перетворювача.

4.4. Скласти звіт.

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

6.1. Принцип роботи частотного перетворювача.

6.2. Залежність напруги напруги від частоти в асинхронному двигуні.

6.3. Переваги та недоліки частотних перетворювачів.

Література

24. Зимин Е.Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Энергоиздат, 1981

25. Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.:Высшая школа, 1982