

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.

**Методичні вказівки і завдання щодо виконання  
лабораторних робіт з дисципліни  
«Монтаж, експлуатація і ремонт електроустаткування»  
для студентів 4 курсу  
спеціальності 5.05070104 «Монтаж і експлуатація  
електроустаткування  
підприємств і цивільних споруд»**

Уклав

Ю. В. Алійник

Розглянуто на засіданні  
циклової комісії  
спеціальних електротехнічних дисциплін  
Протокол №\_\_ від \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

Голова циклової комісії

В. В.Олійник

# Інструкція для виконання лабораторної роботи №1

**Тема:** Способи прокладки проводів і кабелів. Окінцювання проводу. Технологія монтажу з'єднання

## 1 Мета:

- 1.1 Вивчити способи прокладки проводів та кабелів.
- 1.2 Ознайомитися з технологією окінцювання проводу.
- 1.3 Вивчити методи монтажу контактних з'єднань.

## 2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1 Аркуші паперу формату А4.
- 2.2 Набір креслярських приладів.
- 2.3 Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи №1.

## 3 Теоретичні відомості

Сукупність проводів і кабелів з кріпленнями, що відносяться до них, підтримуваними захисними конструкціями й деталями установленими відповідно до ПУЕ називають *електропроводкою*. Згідно ПУЕ, це визначення поширюється на електропроводки силових, освітлювальних і вторинних кіл напругою до 1 кВ змінного і постійного струму, виконані всередині будинків і споруджень, на зовнішніх стінах, територіях мікрорайонів, установ, підприємств, дворів, на будівельних майданчиках, із застосуванням ізольованих проводів всіх перетинів, а також неброньованих силових кабелів у гумовій або пластмасовій оболонці з перетином фазних жил до 16 мм<sup>2</sup> (при перетині більше 16 мм<sup>2</sup> – кабельні лінії).

По способу виконання електропроводка може бути відкритою (стаціонарною, переносною, пересувною), якщо вона прокладена по поверхні стін і стель, по балках і фермам, і скритою, якщо вона прокладена усередині конструктивних елементів будинків або споруджень (у підлогах, перекриттях, стінах і т.п.)

По місцю розташування найпоширенішим типом електропроводки є електропроводка всередині будинків, приміщень і споруджень, тобто *внутрішня електропроводка*. *Зовнішньою електропроводкою* називають електропроводку, прокладену по зовнішніх стінах будинків і споруджень або між ними, під навісами, а також на опорах, що мають не більше чотирьох прольотів довжиною до 25 м кожний, встановлених поза вулицями, доріг і т.п.

*Вводом від повітряної лінії* електропередачі (ЛЕП) називається електропроводка, що сполучає відгалуження від повітряної ЛЕП із внутрішньою електропроводкою, – від ізолятора, встановленого на зовнішній поверхні (стіні, даху) будинку або спорудження, до затискачів ввідного пристрою всередині будинку (рисунок 2.1). Відгалуження від повітряної лінії (ПЛ) до вводу в будинок при напрузі до 1000 В не є зовнішньою електропроводкою й відноситься до ПЛ.

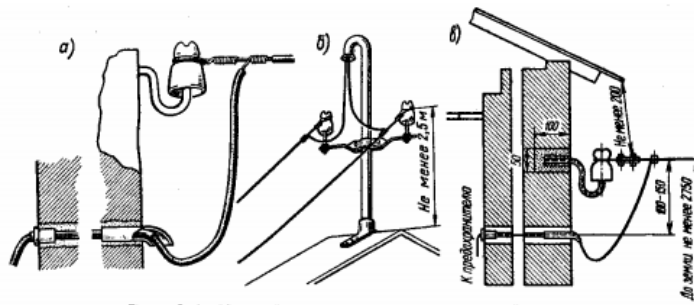


Рисунок 2.1 – Пристрій уведення від повітряної лінії: *a* – уведення нижче даху; *б* – уведення через дах; *в* – уведення поблизу даху

Внутрішня відкрита електропроводка виконується *струнною*, якщо несучим елементом є сталевий дріт (струна) або металева смуга, закріплені впритул до несучої поверхні (стіні, стелі) і призначені для кріплення до них проводів, кабелів або їхніх пучків; *тросовою*, коли проведення, кабелі або їхні пучки кріпляться до сталевого дроту або каната, натягнутим у повітрі; у *коробах*, що представляють собою закриту порожню конструкцію прямокутного або круглого перетину, призначену для прокладки в них проводів і кабелів (короби застосовуються й у зовнішніх установках); у *лотках*, виготовлених з незаймистих матеріалів (як правило, металеві суцільних, перфорованих або ґратчасті); у сталевих або пластмасових трубах.

*Сховану електропроводку* виконують у трубах, гнучких металевих рукавах, коробах, замкнутих каналах і порожнечах будівельних конструкцій, у заштукатурених борознах, під штукатуркою, а також схованих в будівельні конструкції при їхньому виготовленні.

*Відкриті електропроводки* виконують також *струмопроводами*, під якими розуміють пристрої, призначені для передавання й розподілу електроенергії, який складається з неізольованих або ізольованих провідників та ізоляторів, що відносяться до них, захисних оболонок, відголювальних пристроїв, підтримувальних й опорних конструкцій. Залежно від виду провідників їх підрозділяють на *гнучкі* (із проводів) і *тверді* (із твердих шин).

***Твердий струмопровід*** напругою до 1000 В заводського виготовлення; поставляється комплектними секціями, називають *шинопроводом*. Залежно від призначення їх підрозділяють на магістральні, розподільні, тролейні й освітлювальні.

Струмопровід напругою вище 1 кВ, що виходить за межі однієї електроустановки, називається *протяжним*.

***Ізольовані гнучкі проводи*** поділяються на захищені й незахищені. Захищені проводи поверх електричної ізоляції мають оболонку (металеву, пластмасову) для запобігання від механічних ушкоджень.

У сталевих й інших механічно міцних трубах, рукавах, коробах, лотках і замкнутих каналах будівельних конструкцій будинків і споруджень допускається спільна прокладка проводів і кабелів всіх кіл одного агрегату, силових і контрольних кіл декількох агрегатів або машин, панелей, щитів керування й іншими, зв'язаними технологічним процесом; кіл, що живлять складний світильник, декількох груп одного виду освітлення із загальним

числом проводів у трубі не більше восьми: освітлювальних кіл напругою до 42 В з колами напругою понад 42 В, уклавши проводи кіл напругою до 42 В в окрему ізоляційну трубу. Не слід спільно прокладати взаємо-резервуючі кола робочого й аварійного освітлення, а також освітлювальні кола напругою до 42 В з колами напругою понад 42 В. Спільно ці кола прокладають лише в різних відсіках коробів і лотків, що мають суцільні перегородки з незаймистих матеріалів. З метою запобігання небезпечного нагрівання сталевих й ізоляційних труб зі сталеву оболонкою, внаслідок утворення в них змінного магнітного поля при змінному або випрямленому струмі фазні й нульовий або прямий і зворотні провідники прокладають у них тільки у випадку, якщо тривалий струм у провідниках не перевищує 25 А.

Проводи і кабелі прокладають по незаймистих будівельних конструкціях будинків, а також по каналах у них. При прокладці незахищених проводів приймають міри, що виключають випадковий дотик до займистих поверхонь. В електротехнічних і виробничих приміщеннях у кабельних каналах прокладають тільки кабелі й проводи з оболонками, що не піддаються загорянню.

З'єднання й відгалуження проводів і кабелів виконують так, щоб вони не зазнавали механічних зусиль і жили проводів і кабелів були ізольовані. З'єднання й відгалуження проводів, прокладених усередині коробів, що не відкриваються, у трубах й у гнучких металевих шлангах, прокладених відкрито або сховано, виконують у сполучних й відгалуджувальних коробках. Усередині коробів зі знімними кришками й у лотках з'єднання й відгалуження проводів виконують у спеціальних затискачах з ізолюючими оболонками, що забезпечують безперервність ізоляції. Проводи в місцях виходу із твердих труб і гнучких металевих рукавів захищають від ушкоджень втулками. При цьому в місцях з'єднання, відгалуження й приєднання жил передбачають запас проводів або кабелю, що забезпечує можливість повторного з'єднання, відгалуження або приєднання проводів і кабелів у місцях, доступних для огляду й ремонту.

*Шинопроводами (струмопроводами)* називають суцільні короби із вмонтованими в них шинами. У цехах промислових підприємств при напрузі до 1000 В застосовують:

а) відкриті шинопроводи – із шинами, не захищеними від дотику або потрапляння на них сторонніх предметів;

б) захищені шинопроводи – із шинами, обгородженими від випадкового дотику й влучення на них сторонніх предметів коробом з перфорованого аркуша;

в) закриті шинопроводи – із шинами, вмонтованими в суцільний короб.

Закриті й захищені шинопроводи, як правило, комплектують із типових елементів, виготовлених на заводах. Відкриті шинопроводи виконують частково в монтажних майстернях (конструкція з ізоляторами), частково на місці монтажу (установка конструкцій і прокладка по них шин).

Процес одержання нероз'ємного з'єднання твердих металів, здійснюваний при використанні міжатомних сил зчеплення, називають

зварюванням. Воно є одним із самих високопродуктивних й економічних видів механізації електромонтажних операцій.

Міжатомне зчеплення відбувається при розплавленні металів і наступному охолодженні (зварювання плавленням), а також при здавлюванні елементів, що зварюють, (зварювання тиском).

Зварювання плавленням має універсальне застосування, а зварювання тиском використовується для з'єднання пластичних металів – алюмінію, міді й ін.

При електромонтажних роботах і виготовленні конструкцій для кріплення електроустаткування й прокладки мереж заземлення, проводів і кабелів широко використовується ручне електродугове зварювання.

#### **4 Хід роботи**

4.1 Відповідно до варіанту описати одну з операцій монтажу внутрішньо-цехових електричних мереж, якщо необхідно, зарисувати схематичний рисунок.

Таблиця 4.1 – Операції монтажу внутрішньо-цехових електричних мереж

№ варіанту	Операція монтажу внутрішньо-цехових електричних мереж
1	Технологія монтажу відкритих електропроводок
2	Технологія монтажу скритих електропроводок
3	Технологія монтажу електропроводок в лотках
4	Технологія монтажу електропроводок в коробах
5	Технологія монтажу електропроводок в пластмасових трубах
6	Технологія монтажу електропроводок в залізних трубах
7	Технологія монтажу струнних електропроводок

4.2 Описати технологію виконання робіт по заземленню.

4.3 Відповідно до варіанту описати один з методів монтажу контактного з'єднання.

Таблиця 4.1 – Методи монтажу контактного з'єднання

№ варіанту	Методи монтажу контактного з'єднання
1	Технологія контактних з'єднань електрозварюванням
2	Технологія контактних з'єднань термітним зварюванням
3	Технологія з'єднань пластмасових оболонок кабелів
4	Технологія контактних з'єднань опресуванням
5	Технологія контактних з'єднань паянням
6	Технологія контактних з'єднань пропано-кислотним зварюванням
7	З'єднання залізних заземлюючих провідників

4.4 Описати техніку безпеки при монтажу шинопроводів

4.5 Зробити відповідні висновки по роботі.

#### **5 Висновки:**

#### **6 Контрольні питання:**

6.1 Які є види електропроводок?

- 6.2 Які вимоги висуваються до електропроводок?
- 6.3 Що таке шино провід та які є види його прокладки?
- 6.4 Що таке зварювання?
- 6.5 Які є способи з'єднання проводів?
- 6.6 Які є способи окінцювання проводів?

Література:

1. Монтаж, експлуатація и ремонт електрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. для проф. учеб. заведений / Ю. Д. Скибин, М. Ю. Скибин – М.: Высш. шк., 2003. – 462с.
2. Зюзин А. Ф., Поконов Н. З., Антонов М. Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. для учащихся электротехнических спец. техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 415с.
3. Правила улаштування електроустановок. – Х. Вид-во «Форт», 2009. – 708с.

## Інструкція для виконання лабораторної роботи №2

**Тема:** Дослідження роботи люмінесцентних ламп при ввімкненні з різними пускорегулюючими апаратами

### 1 Мета:

1.1 Навчитися досліджувати різні схеми ввімкнення люмінесцентних ламп

### 2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Аркуші паперу формату А4.

2.2 Набір креслярських приладів.

2.3 Методичні вказівки щодо виконання практичної роботи №2.

2.4 Лабораторний стенд для виконання практичної роботи №2.

### 3 Теоретичні відомості

Як відомо, для запалювання люмінесцентних ламп використовують різні апарати: дроселі, компенсуючі конденсатори для підвищення коефіцієнта потужності й конденсатори, що блокують радіоперешкоди, трансформатори накаливання. Ці пристрої поєднуються під загальною назвою «пускорегулюючі апарати (ПРА)». По способу запалювання ПРА поділяють на три групи: стартерного (умовна позначка УБ), швидкого й миттєвого запалювання (умовна позначка всіх схем безстартерного запалювання АБ). У приміщеннях промислових підприємств особливо широко застосовуються стартерні схеми включення як найбільш економічні. Всі ПРА мають позначення, що складаються з ряду цифр і букв, які розшифровуються в такий спосіб:

на першому місці стоїть цифра, що вказує кількість ламп, що включається апаратом;

на другому місці – літерне позначення УБ, АБ або ДБ (дросель баластовий для ламп ДРЛ, ДРИ, НЛВД);

на третьому місці – буква, що характеризує зсув фаз споживаного апаратом струму (И – індуктивний, Е – ємнісний, К – компенсований);

на четвертому – дріб, чисельник якого – потужність і тип лампи, знаменник – напруга живильної мережі;

буквений індекс наприкінці маркування дає додаткову характеристику апарата (Н – незалежний, В – вбудований, П – зі зниженим рівнем шуму, ПП – з особливо низьким рівнем шуму);

три цифри після літерного позначення вказують номер серії й модифікацію апарата;

в кінці позначення ПРА вказується кліматичне виконання, призначене для експлуатації в районах з різним кліматом (У – помірним, ХЛ – холодним, ТБ – тропічним вологим, ТС – тропічним сухим, Т – як із сухим, так і з вологим тропічним, О – з будь-яким на суші), і категорія розміщення (1 – на відкритому повітрі; 2 – в приміщеннях, погано ізольованих від навколишнього повітря; 3 – у звичайних природних вентильованих приміщеннях; 4 – у приміщеннях з штучним, але регульованим кліматом; 4,1

– з кондиціонованим повітрям; 4,2 – у лабораторних приміщеннях; 5 – у приміщеннях з підвищеною вологістю).

Деякі з основних типів ПРА наведені в таблиці 2.1 й 2.2. Основні функції ПРА полягають у тому, що апарати повинні забезпечувати:

запалювання ламп, що полягає в пробі міжелектродного проміжку й формуванні в ньому розряду;

разгорання ламп, тобто встановлення в лампі робочих характеристик після запалювання;

стійкість режиму роботи лампи, що визначається наявністю баласту.

Таблиця 2.1 – Характеристики безстартерних апаратів для люмінісцентних ламп

Тип апаратів	Струм мережі, А	Втрата потужності, % до Р, не більше	Коефіцієнт потужності, не менше	Маса, кг
1 АБИ-40/220-В-091	0,44	33	0,5	3,0
2 АБИ-150/380-В-040	2,2	27	0,45	6,4

Таблиця 2.2 – Характеристики стартерних ПРА люмінісцентних ламп

Тип апарата	Номинальний струм, А	Пусковий струм, А	Втрати потужності, %	Коефіцієнт потужності	Маса, кг
1УБИ-20/127-ВП-0514	0,138	0,76	25	0,5	1,0
1УБИ-20/127-ВП-041УХЛ4	0,37	0,74	24	0,5	0,5
1УБИ-20/127-ВП-090УХЛ4	0,37	0,74	28	0,5	0,6
1УБЕ-20/127-ВП-900,910	0,37	0,74	31	0,5	0,69
2УБЕ-20/220-ВП-910УХЛ4	0,37	0,74	24(26)	0,55	0,71
1УБИ(Е)-40/220-ВП-800УХЛ	0,43	0,86	24(25)	0,5	0,72
1УБИ(Е)-40/220-ВП-051УХЛ4	0,43	0,86	22(26)	0,5	1,0
1УБИ(Е)-80/220-ВП-701УХЛ4	0,865	1,65	20(22)	0,5	1,55

Тип баласту залежить від вольт-амперної характеристики лампи. У мережах змінного струму використовується індуктивний або ємнісно-індуктивний баласт. Використання чисто активного баласту в мережах змінного струму не виправдано через великі втрати потужності. Чисто ємнісний баласт також не рекомендується застосовувати через різке зниження світлового потоку й термін служби лампи. Ємнісно-індуктивний баласт практично за всіма показниками поступається індуктивному і його використання виправдано (за винятком спеціальних випадків) лише разом з індуктивним у дволампових схемах з розщепленою фазою для зменшення пульсацій світлового потоку дволампового світильника.



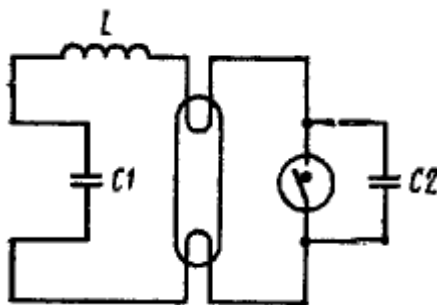


Рисунок 2.1 – Однолампова схема з індуктивним баластом:  
 $C1$  – конденсатор для компенсації реактивної потужності,  $C2$  – конденсатор для придушення радіоперешкод

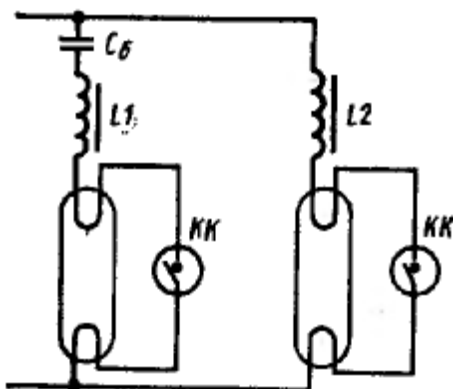


Рисунок 2.2 – Двухлампова схема з ємнісно-індуктивним баластом (з розчепленою фазою):  
 $C_б$  – ємнісний баласт,  $L_1, L_2$  – індуктивні баласты

Крім того, ПРА виконують ряд додаткових функцій:

1) компенсацію реактивної потужності, необхідну для забезпечення раціонального завантаження трансформаторних підстанцій й освітлювальних розподільних мереж. Збільшення коефіцієнта потужності схем, що працюють із індуктивним баластом, може бути досягнуто включенням паралельно мережним виводом компенсуючого індивідуально для кожного ПРА (рисунок 2.1), або загального для групи індуктивних комплектів ГЛ-ПРА. Компенсація реактивної потужності у дволампових комплектах (схеми з розчепленою фазою) досягається паралельним включенням газорозрядної лампи (ГЛ) з індуктивним баластом і ГЛ із ємнісно-індуктивним баластом (рисунок 2.2).

Необхідно пам'ятати, що коефіцієнт потужності в компенсованих ПРА завжди принципово менше одиниці через несинусоїдальність форми струму ГЛ;

2) придушення радіоперешкод, які створюються при роботі комплекту ГЛ-ПРА, досягається введенням у ПРА спеціальних фільтрів. Джерелом радіоперешкод є зовнішні електромагнітні поля, створювані ГЛ й елементами контуру, а також розподільна мережа, у яку попадають вищі гармонійні складові струму лампи. Як фільтри застосовуються, як правило, конденсатори дуже малої ємності (соті; тисячні частки мікрофаради), які підключаються паралельно лампі або мережним виводам ПРА (рисунок 2.1);

3) зниження пульсації світлового потоку лампи звичайно здійснюється у дволампових схемах при використанні ПРА з розщепленою фазою. Однак при малих значеннях коефіцієнта використання напруги живильної мережі  $m = U_n/U$  ( $U_n$  – номінальна напруга лампи, В;  $U$  – напруга мережі, В), що звичайно коливається в межах 0,45-0,7, зміщення фаз у паралельних вітках схеми досягає майже  $180^\circ$  і пульсація не знижується. У цих випадках найпоширенішим способом зниження пульсації є включення ламп на різні фази живильної мережі.

#### 4 Хід роботи

4.1 При ознайомленні з лабораторною установкою записати технічні (паспортні) дані приладів, апаратів і лампи. Зборка електричної схеми включення лампи й вимірювальних приладів виконується відповідно до схеми рисунок 2.3. Після зборки схеми правильність виконання зборки дати перевірити викладачеві до включення в мережу. У момент включення схеми необхідно бути дуже уважним при знятті пускових характеристик, так як час пуску дуже малий (кілька секунд).

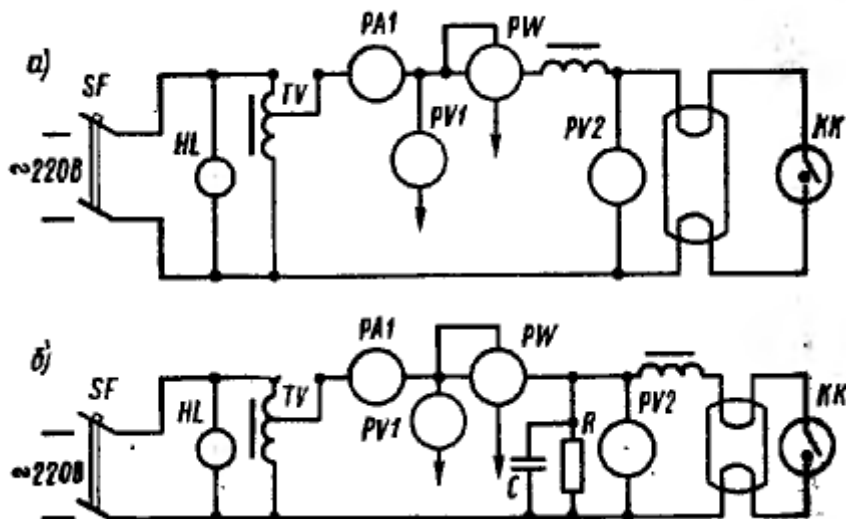


Рисунок 2.3 – Схеми ввімкнення люмінесцентних ламп:

а – з некомпенсованим баластним улаштуванням; б – з компенсованим баластним улаштуванням (а) та діаграми стартерного запалювання (б)

Таблиця 2.3 – Досліджувальні параметри

Найменування досліджу	Напруга мережі $U_c$ , В	Напруга лампи $U_n$ , В	Напруга дроселя $U_{др}$ , В	Пусковий струм $I_{пуск}$ , А	Встановившийся струм $I_{вст}$ , А	Потужність лампи $P_{л}$ , Вт	Потужність дроселя $P_{др}$ , Вт
Схема без компенсації							

реактивної потужності							
Схема з компенсацією реактивної потужності							

Всі показання приладів для схем з компенсацією реактивної потужності й без компенсації реактивної потужності заносять у таблицю 2.3.

4.2 Зібрати схему включення люмінесцентної лампи з некомпенсованим ПРА відповідно до рисунка 2.3 а.

4.3 Включити автомат  $SF$ , попередньо переконавшись, що рукоятка автотрансформатора  $TV$  виведена до відмови. Загоряння сигнальної лампи  $HL$  свідчить про наявність напруги на схемі.

4.4 Рукояткою  $TV$  встановити напругу  $U = 220$  В на вольтметрі  $PVI$ .

4.5 Зробити необхідні виміри й занести їх у таблицю 2.3.

4.6 Зібрати схему включення люмінесцентної лампи з компенсованим ПРА відповідно до рисунка 2.3 б.

4.7 Повторити виконання пунктів 4.3-4.5.

4.8 Порівняти результати вимірів для компенсованої й некомпенсованої схем у пусковому й сталому режимах і зробити відповідні висновки.

4.9 Скласти звіт по роботі.

## 5 Висновки:

## 6 Контрольні питання:

6.1 Що таке ПРА й для чого він призначений?

6.2 Із чого може складатися ПРА?

6.3 У чому відмінність компенсованого ПРА від некомпенсованого?

6.4 У чому переваги та недоліки стартерних схем?

6.5 Чим пояснюється переважне застосування індуктивних ПРА?

## Література:

1. Монтаж, експлуатація и ремонт електрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. для проф. учеб. заведений / Ю. Д. Скибин, М. Ю. Скибин – М.: Высш. шк., 2003. – 462с.

## Інструкція для виконання лабораторної роботи №3

**Тема:** Перевірка справності люмінесцентних ламп, пускорегулюючих апаратів

### 1 Мета:

- 1.1 Ознайомитися з будовою та призначенням стартера та дроселя
- 1.2 Ознайомитися з основними несправностями люмінесцентних ламп
- 1.3 Виконати перевірку справності люмінесцентних ламп, дроселя та стартера

### 2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1 Аркуші паперу формату А4.
- 2.2 Набір креслярських приладів.
- 2.3 Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи №3.
- 2.4 Стенд для виконання лабораторної роботи №3.

### 3 Теоретичні відомості

Люмінесцентні лампи представляють собою газорозрядні джерела світла низького тиску, у яких ультрафіолетове випромінювання ртутного розряду перетворюється люмінофором у більш довгохвильове видиме випромінювання. Люмінесцентні лампи одержали найширше застосування завдяки наступним характеристикам:

- висока світловіддача – до 90 лм/Вт;
- великий термін служби – 18-20 тис. ч;
- сприятливий спектр випромінювання, що забезпечує високу якість передачі кольору;
- низька яскравість;
- низька температура колби.

По характеру розряду люмінесцентні лампи поділяють на лампи дугового розряду з гарячими катодами й лампи тліючого розряду з холодними електродами. Лампи дугового розряду, запалюються з попереднім підігрівом катодів, найбільш прості й економічні в експлуатації, тому найбільше широко застосовуються.

Залежно від численних світлових відтінків, які можна одержати в люмінесцентних ламп, у приміщеннях промислових підприємств застосовують наступні типи ламп:

- ЛБ – лампа білого світла;
- ЛТБ – лампа тепло-білого світла;
- ЛХБ – лампа холодно-білого світла;
- ЛД – лампа денного світла;
- ЛЕ – лампи природно-білого світла;
- ЛБЦ, ЛТБЦ, ЛДЦ, ЛЕЦ – ті ж лампи з поліпшеною кольоровістю.

Додавання літери Ц в кінці означає застосування люмінофора "де-люкс" з поліпшеною передачею кольору, а ЦЦ - люмінофора "супер де-люкс" з високоякісною передачею кольору.

Лампи спеціального призначення маркуються, як:

ЛГ, ЛК, ЛЗ, ЛШ, ЛР, ЛГР (лампи кольорового світіння)  
Луф (лампи ультрафіолетового світла)  
ДБ (лампа ультрафіолетового світла типу С)  
ЛСР (синього світла рефлекторні) [6]

На сьогоднішній день найкращими економічними характеристиками (найбільша світлова віддача) і найменшим ступенем пульсації світлового потоку володіють лампи ЛБ. Тому в більшості випадків (за винятком твердих вимог до передачі кольору) їм варто віддавати перевагу в освітлювальних установках. Параметри деяких люмінесцентних ламп наведені в табл. 2.4.

Люмінесцентна лампа, на відміну від лампи розжарювання, не може бути включена безпосередньо в електричну мережу. Причин для цього дві: поперше – для запалювання дуги в люмінесцентній лампі потрібно імпульс високої напруги; подруге – люмінесцентна лампа має негативний диференціальний опір, після запалювання лампи струм в ній в багато разів зростає, якщо його не обмежити, лампа вийде з ладу.

Для вирішення цих проблем застосовують спеціальні пристрої – баласты. Найбільш поширені на сьогоднішній день схеми: електромагнітний баласт з неоновим стартером і різні різновиди електронних баластів.



Рисунок 3.1 – Електромагнітний баласт "1УБІ20" серії 110 заводу ВАТРА, СРСР.



Рисунок 3.2 – Сучасний Електромагнітний баласт "L36A-T" заводу Helvar, Фінляндія.

Електромагнітний баласт представляє собою електромагнітний дросель, що підключається послідовно з лампою. Паралельно лампі підключається стартер, що представляє собою неонову лампу з біметалічними електродами і конденсатор. Дросель формує за рахунок самоіндукції запускаючий імпульс, а також обмежує струм через лампу.

Як запалюючий пристрій, що входить до складу ПРА люмінесцентних ламп, застосовуються стартери тліючого розряду. Стартер виконує наступні функції;

замикає коло пускового струму лампи, у результаті чого електроди лампи повинні нагріватися пусковим струмом, а напруга мережі падати на баластовому опорі й електродах лампи;

по можливості швидко розмикати шунтуючі контакти лампи після розігріву електродів і при цьому за рахунок енергії, запасеної в індуктивному баласті, на розімкнутих контактах стартера виникає імпульс високої напруги (біля 1000 В), що прикладається до лампи й запалює її;

підтримувати контакти розімкнутими протягом усього часу горіння лампи, у противному випадку контакти стартера знову шунтують лампу й вона гасне.

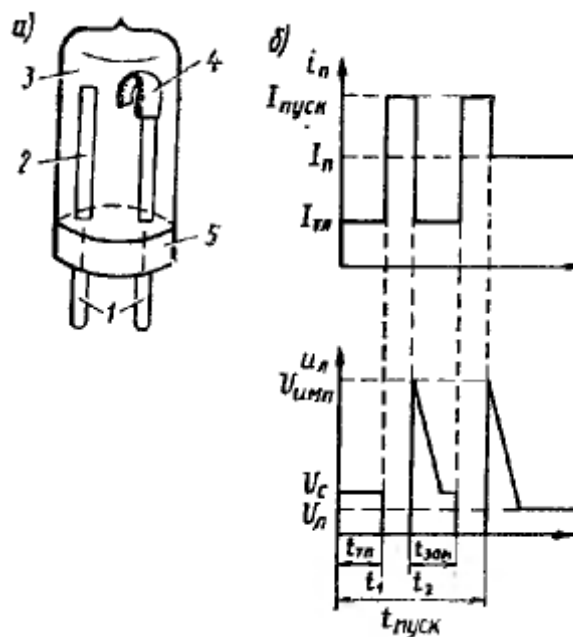


Рисунок 3.3 – Схема будови стартера тліючого розряду

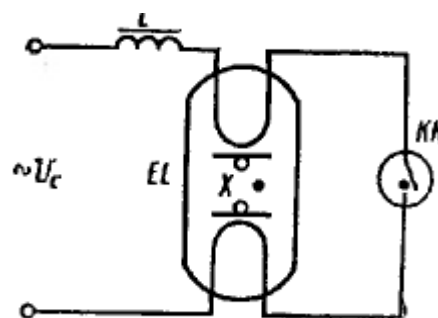


Рисунок 3.4 – Схема роботи стартера

Стартер (рисунок 3.3 а) складається зі скляного балона 3, наповненого інертним газом. У балон впаяний металевий нерухомий електрод 2 і біметалевий електрод 4, виводи 1 проходять через цоколь 5. Балон укладений в металевий або пластмасовий корпус із отвором у верхній частині.

Стартери випускаються для включення люмінесцентних ламп у мережу на напругу 127 й 220 В. При подачі напруги на схему (рисунок 3.4)

на електроди стартера й одночасно на лампу подається напруга мережі  $U_r$ . Ця напруга значно нижче напруги мережі запалювання лампи з холодними електродами, але достатня для утворення тліючого розряду між розімкнутими електродами стартера. По колу дросель-електрод лампи-стартер-другий електрод лампи тече струм тліючого розряду стартера (0,01—0,04 А). Цей струм не може забезпечити необхідне нагрівання електродів лампи, але теплоти, утвореної в балоні стартера, досить для розігріву біметалевої пластини 4. В результаті цього вона згинається в напрямку нерухомого електрода 2 і через (0,2—0,4)с контакти стартера замикаються (момент часу  $t$ , показаний на рисунку 3.3 б) і в колі починає протікати струм нагрівання електродів. Значення цього струму визначаються значеннями напруги мережі, опору баластового дроселя й електродів лампи. Пусковий струм, проходячи по замкнених контактах стартера, нагріває електроди лампи. Одночасно в стартері припиняється тліючий розряд і відбувається охолодження біметалевого електрода. Через час  $t$  електроди стартера розмикаються, на лампі виникає імпульс напруги, який запалює лампу. Час підігріву електродів визначається часом замикання електродів стартера й становить (0,2-0,8) с.

У ряді випадків цього часу недостатньо для розігріву електродів лампи й істотного зниження напруги запалювання, тому лампа при першому імпульсі може не запалитися, тоді процес запалювання повторюється. Загальна тривалість пускового режиму залежить від параметрів запалювання лампи й стартера, а також від напруги мережі й перебуває в межах 3-15с. Тривалість пускового імпульсу становить 1-2 мкс й недостатня для надійного запалювання лампи, бо за цей час міжелектродний простір у лампі не встигає досягти необхідного ступеня іонізації. Тому паралельно контактам стартера включають конденсатор ємністю 5-10 нф, що збільшує тривалість імпульсу в 50-100 разів.

В даний час перевагами електромагнітного баласту є простота конструкції, надійність і низька вартість. Недоліків же такої схеми досить багато:

- Довгий запуск (1-3 сек залежно від ступеня зносу лампи);
- Більше споживання енергії, ніж у електронної схеми - при напрузі 220В світильник 2 по 58 Ватт = 116 Ватт споживає 130 Ватт;
- Малий  $\cos \varphi = 0.5$  (без компенсуючих конденсаторів);
- Низькочастотний гул (50 Гц), що виходить від дроселя, зростаючий зі старінням дроселя;
- Мерехтіння лампи з подвоєною частотою мережі, яке може пошкодити зір, а іноді буває небезпечним (через стробоскопічного ефекту обертаються синхронно з частотою мережі предмети можуть здаватися нерухомими. Тому люмінесцентні лампи з електромагнітним баластом не рекомендується застосовувати для освітлення рухомих частин верстатів і механізмів);
- Великі габарити і маса;
- При температурі нижче  $10\text{C}^0$  яскравість лампи значно знижується через зменшення тиску газу в лампі;

- При негативних температурах лампи за класичною схемою можуть не запалюватися взагалі, при цих умовах застосовуються автотрансформатори.

Щоб запобігти даних недоліків сьогодні застосовують електронний баласт. Електронний баласт подає на електроди лампи напруга не з частотою мережі, а високочастотне (25-133 кГц), в результаті чого помітне для очей миготіння ламп виключено. Однак високочастотні коливання, проходячи через лампу, як антену, створюють електромагнітні перешкоди в широкому спектрі, тому радіодіапазон ДВ - довгі хвилі, що починається з 540 кГц, став не придатний для використання, але аргументували це тим, що не вигідно будувати антени великого розміру і перейшли на діапазон УКВ, хвилі якого поширюються лише в межах прямої видимості і потрібні повторювачі-репітери.

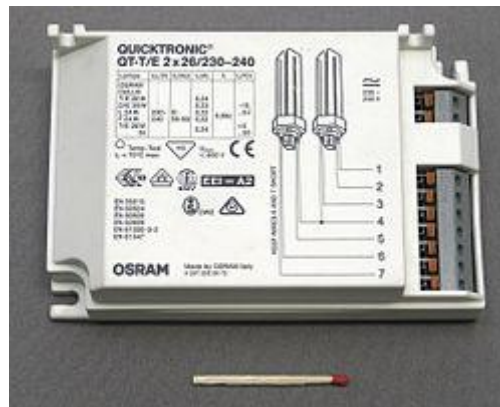


Рисунок 3.5 – Електронний баласт

Може використовуватися один з двох варіантів запуску ламп:

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

Гарячий запуск - з попереднім прогріванням електродів. Лампа запалюється не відразу, а через 0,5-1 сек, зате термін служби збільшується, особливо при частих включення і виключення.

Споживання електроенергії люмінесцентними світильниками при використанні електронного баласту зазвичай на 20-25% нижче. Матеріальні витрати (мідь, залізо) на виготовлення та утилізацію менше у кілька разів. Використання централізованих систем освітлення з автоматичним регулюванням дозволяє заощадити до 85% електроенергії. Існують електронні баласты з можливістю диммірованія (регулювання яскравості) шляхом зміни шпаруватості струму живлення лампи.

При експлуатації ламп зустрічаються різні несправності, які необхідно вміти виявляти й усувати.





Рисунок 3.6 – Перевірка електродів одного боку на цілісність. Опір 9,9  $\Omega$  говорить про те, що нитка електрода на цій стороні ціла.



Рисунок 3.7 – Перевірка електродів одного боку на цілісність. Нескінченно великий опір говорить про те, що нитка електродів розірвана. Другою ознакою є потемніння поблизу електрода

Найчастіше зустрічаються наступні несправності:

- нова лампа не загоряється (причиною цього може бути поганий контакт у патроні, розрив проводів й електродах, наявність повітря в лампі);
- нова лампа при включенні мигає. В цьому випадку її рекомендується кілька раз включити і виключити це може усунути миготіння. Якщо ж лампа продовжує мигати, то причиною може бути несправність стартера рекомендується його замінити;
- у лампи спостерігається потемніння кінців трубки із однієї сторони або по обидва боки на 50-70 мм від основи. Це означає, що термін служби лампи підходить до кінця:
  - кінці лампи при включенні світяться, а лампа не запалюється. Причина – або несправність стартера, або коротке замикання в конденсаторі;
  - дросель сильно гудить. У цьому випадку його необхідно зміцнити на гумовій або іншій звукоізолюючій прокладках;
  - сильне нагрівання дроселя може бути наслідком поганої ізоляції пластин. При цьому дросель необхідно замінити;
  - згоряння електродів. Причини – поломка патронів, коротке замикання проводів на корпус освітлювальних арматур.

При дослідженні роботи лампи необхідно перевірити якість її роботи, враховуючи те, що справна лампа повинна запалюватися при напрузі мережі  $U_c = 90\% U_{ном}$ . Крім перевірки справної роботи лампи необхідно перевірити наявність «випрямляючого ефекту», що майже вдвічі зменшує світловий потік лампи. «Випрямляючий ефект» виникає в тому випадку, якщо в лампі

відсутня емісія одного з електродів, при цьому струм буде проходити по лампі, але тільки в одному напрямку й амперметр постійного струму зафіксує значення струму на 25-30 % менше номінального струму лампи. Така лампа підлягає відбракуванню.

При випробуваннях стартера необхідно мати на увазі, що, незважаючи на просту конструкцію, вони часто виходять з ладу із-за залипання контактів. У такому режимі стартер негативно впливає на термін служби лампи, бо вона починає працювати в довготривалому пусковому режимі.

При випробуваннях дроселя необхідно переконатися у відсутності короткого замикання в дроселі, а також виміряти струм короткого замикання й зрівняти його з каталожними даними. Відсутність перегріву й гудіння при роботі дроселя свідчать про його справність

#### 4 Хід роботи

4.1 Записати технічні дані ламп, дроселів, стартерів, що використовуються в роботі, розібрати стартер і скласти ескіз основних його елементів.

4.2 Зібрати схему відповідно до рисунка 3.8 та показати викладачу.

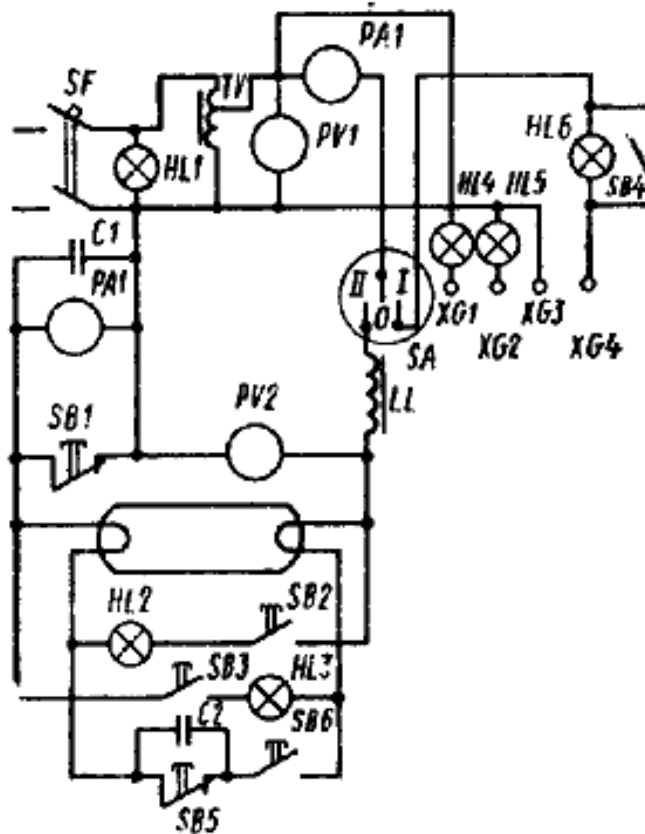


Рисунок 3.8 – Електрична схема для проведення лабораторної роботи

4.3 Включити автомат *SF*. Про наявність напруги на схемі свідчить лампа *HL1*, яка повинна ввімкнутися.

4.4 Встановити лабораторним автотрансформатором *TV* необхідну напругу.

4.5 Виконати перевірку справності лампи, для чого:

- поставити перемикач *SA* у положення II;
- натиснути кнопку *SB6*: після відпускання кнопки лампа повинна ввімкнутися.

- значення напруги лампи зняти за показниками приладів *PA1* та *PA2* та занести в таблицю 3.1. Відхилення параметрів не повинні бути більше 10-12 % в порівнянні з номінальними значеннями; якщо при натисканні на кнопку нитки електродів не світяться, то для з'ясування, який з електродів зіпсований, необхідно по чергово натиснути кнопки *SB2* й *SB3*;

- якщо електроди цілі, а лампа не горить, то її варто запалити за допомогою конденсатора  $C_2$  ємністю 4 мкф, натиснувши на кнопку *SB5*, не відпускаючи кнопку *SB6*. Потім для виявлення у лампи «випрямляючого ефекту», необхідно натиснути кнопку *SB1* і, якщо амперметр постійного струму *PA2* покаже 25-30 % від показання амперметра *PA1*, то лампа підлягає заміні;

- у випадку справної лампи запалити її натисканням кнопки *SB6*, попередньо встановивши напругу на вольтметрі *PV1* рівній (198-200)В.

4.6 Виконати перевірку справності дроселя, для чого необхідно:

- підключити вросель до затискачів *XG3* та *XG4*;
- встановити перемикач *SA* у положення 1;
- перевірити відсутність короткого замикання, при цьому накал нитки розжарювання лампи *HL6* повинен бути нормальним при розімкнутій кнопці *SB4*;

- натиснути кнопку *SB4*, виміряти струм короткого замикання, записати в таблицю 3.1 і порівняти з номінальними даними.

4.7 Зробити перевірку стартера, для чого підключити стартер до затискачів *XG1* й *XG2*: у справного стартера з моменту його включення через лазок у корпусі можна побачити жовтогарячий перетин газового розряду, що зникне через 1—3 с, коли електроди стартера замкнуться. В цей момент запалюються лампи *HL4* й *HL5* потужністю 15- 20 Вт. Далі процес спрацювання повторюється, при цьому лампи будуть мерехтіти. Якщо лампи не горять або горить, але не мерехтять, то стартер несправний і підлягає заміні.

Таблиця 3.1 – Дані випробувань люмінісцентних ламп та дроселів

Найменування приладу	Тип	Потужність, Вт	Напруга, В	Струм, А	Струм короткого замикання, А	Висновки про придатність до роботи

			номінальна	випробувальна	номінальний	випробувальний	номінальний	випробувальний	

7. Зробити необхідні висновки й скласти звіт по роботі.

## 5 Висновки:

### 6 Контрольні питання:

- 6.1 Яке призначення стартера? Поясніть його будову.
- 6.2 Яке призначення дроселя? Поясніть його будову.
- 6.3 Будова люмінесцентної лампи.
- 6.4 Назвіть основні несправності люмінесцентних ламп та їх причини.
- 6.5 Чим пояснити, що з часом зменшується світловий потік лампи?
- 6.6 У яких випадках у лампі виникає явище випрямляючого ефекту?

### Література:

4. Монтаж, експлуатація и ремонт електрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. для проф. учеб. заведений / Ю. Д. Скибин, М. Ю. Скибин – М.: Высш. шк., 2003. – 462с.
5. Зюзин А. Ф., Поконов Н. З., Антонов М. Ф. Монтаж, експлуатація и ремонт електрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. для учащихся электротехнических спец. техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 415с.
6. Правила улаштування електроустановок. – Х. Вид-во «Форт», 2009. – 708с.

## Інструкція для виконання лабораторної роботи №4

**Тема:** Вивчення способів приєднання проводів ПЛ до ізоляторів

### 1 Мета:

- 1.1 Вивчити способи приєднання проводів ПЛ до ізоляторів.
- 1.2 Вивчити способи з'єднання проводів ПЛ.

### 2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1 Аркуші паперу формату А4.
- 2.2 Набір креслярських приладів.
- 2.3 Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи №4.
- 2.4 Зразки ізоляторів.
- 2.5 Проводи для виконання приєднань до ізоляторів.

### 3 Теоретичні відомості

Одночасно з розкочуванням проводів роблять з'єднання проводів і тросів, а також ремонт виявлених на них ушкоджень. З'єднання й ремонт проводів є найбільш відповідальними операціями в комплексі монтажних робіт, тому що від якості їх виконання залежать експлуатаційні показники споруджуємої лінії.

Для надійного електричного й механічного з'єднання проводів алюмінієві дроти проводів і внутрішню поверхню алюмінієвої частини з'єднувача ретельно очищають від плівки окису (оксиду) алюмінію, що має великий електричний опір.

З огляду на здатність алюмінію швидко окислятися, підготовку проводів і з'єднувача, а також з'єднання проводів необхідно виконувати швидко.

Алюмінієві й сталеві алюмінієві проводи з'єднують за допомогою термітного зварювання з додатковою установкою овальних з'єднувачів для розвантаження звареної сполуки від механічних напруг, якщо сполука проводів зроблена в прольоті. Сталеві багатодотові проводи з'єднують за допомогою овальних з'єднувачів шляхом їхнього обтиснення спеціальними кліщами, сталеві однодротові проводи зварюють електрозварюванням або за допомогою термітних патронів. На рисунку 5.1 показані способи з'єднання проводів ПЛ у прольоті.

При монтажі проводів на анкерних і транспозиційних опорах петлі застосовують як нероз'ємні (без розрізування проводів), так і рознімні, якщо при експлуатації необхідно отримати з'єднання рознімним. Такі сполуки виконують за допомогою пресуємих затискачів.

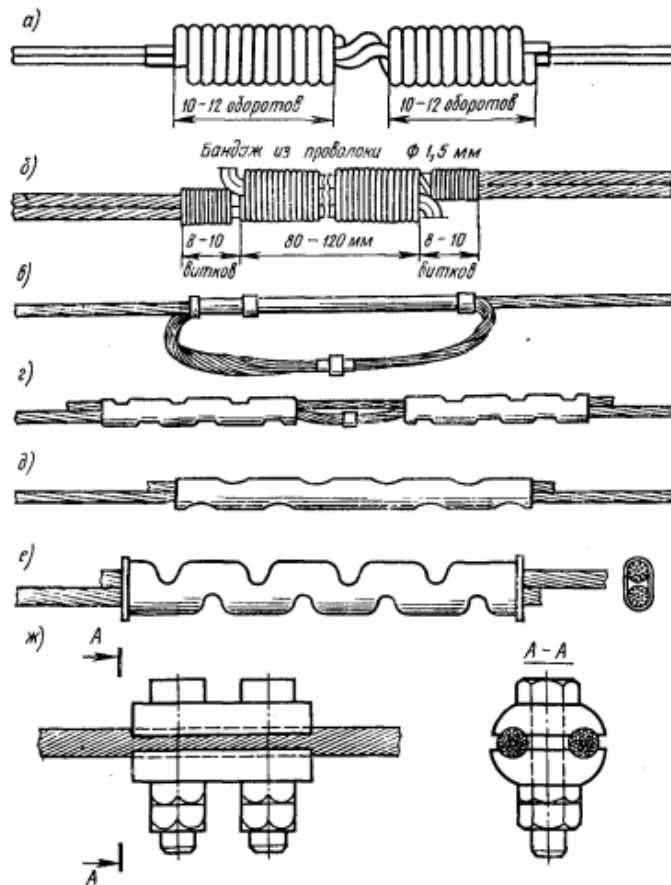


Рисунок 5.1 – З'єднання проводів ПЛ:

а – скруткою; б – бандажуванням внахлест; в – обпресуванням у гільзі й зварюванням в петлі; г – обпресуванням проводу із шунтом в овальному з'єднувачі; д – зварюванням встик й обпресуванням у гільзі; е – обпресування внахлест в гільзі; ж – болтовим затискачем

Для відновлення проводів, що мають обриви окремих дротів (не більше 34 % загального числа струмоведучих дротів), застосовують ремонтні затиски типу РАС, монтуємі обпресуванням за допомогою гідравлічних пресів. Залежно від числа ушкоджених дротів застосовують короткі й довгі затискачі. Якщо число обірваних дротів перевищує допускаємі нормами, ділянка проводу замінюється новим.

*Траверси, кронштейни й ізолятори* встановлюють до підйому опори. Ізолятори перед монтажем ретельно оглядають і відбраковують. Ізолятори не повинні мати тріщин, відколів, ушкоджень глазури. Чищення їх металевим предметом не допускається. Штирові ізолятори міцно наворачують на гаки або штирі, обмотане ганчір'ям, просоченим суриком з оліфою. Осі штирових ізоляторів розташовують вертикально.

При кріпленні обвідного проводу штирові ізолятори встановлюють із нахилом до 45° до вертикалі. Гаки й штирі для запобігання від іржі покривають гарячою оліфою з домішкою сажі або асфальтовим лаком.

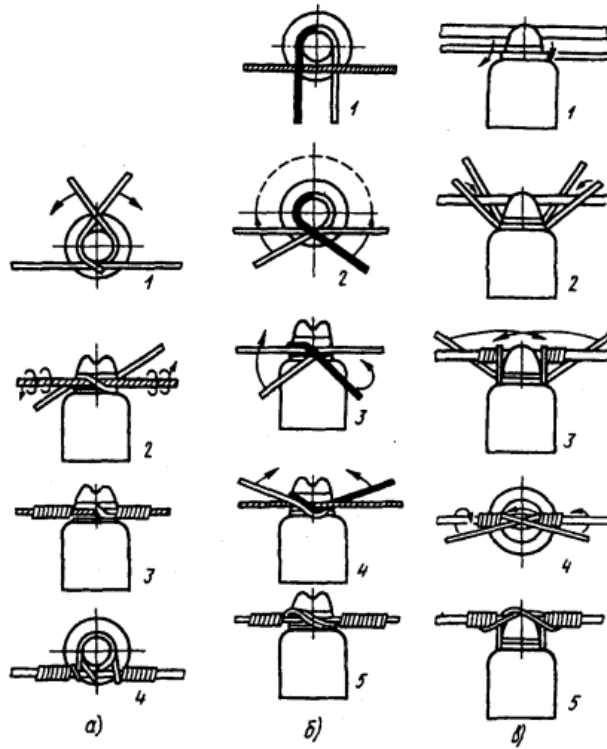


Рис. 8.5. Способи приєднання проводів до ізоляторів:

а – одиночне приєднання на шийку; б – подвійне в'язання на шийку; в – подвійне в'язання на голівці;

1, 2, 3, 4, 5 – порядок операцій

Сталеві проводи повинні бути оцинковані. На тимчасових лініях допускають не оцинковані однодротові проводи. Кріплення проводів на штирьових ізоляторах виконують дротовим в'язанням (рисунок 5.2).

#### 4 Хід роботи

4.1 Відповідно до варіанту описати один з видів з'єднання проводів ПЛ та зарисувати схематичний рисунок.

Таблиця 4.1 – Варіант завдання

№ варіанту	Завдання
1	з'єднання проводів ПЛ скруткою
2	з'єднання проводів ПЛ бандажуванням внахлест
3	з'єднання проводів ПЛ обпресуванням у гільзі й зварюванням в петлі
4	з'єднання проводів ПЛ обпресуванням проводу із шунтом в овальному з'єднувачі
5	з'єднання проводів ПЛ зварюванням встик й обпресуванням у гільзі
6	з'єднання проводів ПЛ обпресування внахлест в гільзі
7	з'єднання проводів ПЛ болтовим затискачем

4.2 Відповідно до варіанту описати один із способів приєднання проводів до ізоляторів та зарисувати схематичний рисунок.

Таблиця 4.1 – Варіант завдання

№	Варіант завдання
---	------------------

варіанту	
1	одиначне приєднання на шийку
2	подвійне в'язання на шийку
3	подвійне в'язання на голівці
4	одиначне приєднання на шийку
5	подвійне в'язання на шийку
6	подвійне в'язання на голівці
7	одиначне приєднання на шийку

4.3 Описати техніку безпеки при монтажу ПЛ.

4.4 Зробити відповідні висновки по роботі та оформити звіт.

## **5 Висновки:**

### **6 Контрольні питання:**

6.1 З яких основних елементів складається ПЛ?

6.2 Назвіть переваги та недоліки залізобетонних опор.

6.3 Які є види розклатки проводів ПЛ?

6.4 Які є види з'єднання проводів ПЛ?

6.5 Які є методи організації робіт по монтажу ПЛ?

6.6 Які є види приєднання проводів ПЛ до ізоляторів?

6.7 Опишіть техніку безпеки при монтажу ПЛ.

### **Література:**

1. Монтаж, експлуатація и ремонт електрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. для проф. учеб. заведений / Ю. Д. Скибин, М. Ю. Скибин – М.: Высш. шк., 2003. – 462с.
2. Зюзин А. Ф., Поконов Н. З., Антонов М. Ф. Монтаж, експлуатація и ремонт електрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. для учащихся электротехнических спец. техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 415с.



## Інструкція для виконання лабораторної роботи №5

**Тема:** Вивчення способів центрування валів електричних машин.

### 1 Мета:

- 1.1 Вивчити способи з'єднання та центрування валів
- 1.2 Навчитися перевіряти центрування валів
- 1.3 Виконати центрування вала електродвигуна з приводним механізмом за допомогою напівмуфт

### 2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1 Аркуші паперу формату А4.
- 2.2 Набір креслярських приладів.
- 2.3 Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи №5.
- 2.4 Стенд для виконання лабораторної роботи №5.

### 3 Теоретичні відомості

Для нормальної роботи підшипників і самої електричної машини з'єднувальні вали, електричної машини й приводного механізму повинні становити єдиний вал. Пристроями, що служать для з'єднання валів між собою, є муфти, які призначені передавати обертаючий момент від вала електродвигуна приводному механізму.

Муфти підбирають по характеру з'єднувальних валів і обертовому моменту. Види муфт, що застосовуються для з'єднань електричних машин, наведені на рисунку 6.1. Типи й характеристики муфт наведені в таблиці 6.1. Для передачі обертового моменту від вала до муфти використовуються шпонки, які вставляються в пази муфт і валів. Із всіх видів шпонок найбільше широко застосовуються призматичні, розміри яких вибирають залежно від діаметра вала.

Під центруванням валів розуміють їхню установку в таке взаємне положення, при якому вали електродвигуна й приводного механізму є як би продовженням один одного. При цьому положення валів відносно один одного може бути різним в залежності від типу муфт й їхньої компенсаційної здатності у радіальному й осьовому напрямках і відрізнятися на значення не більше наведених у таблиці 6.1.

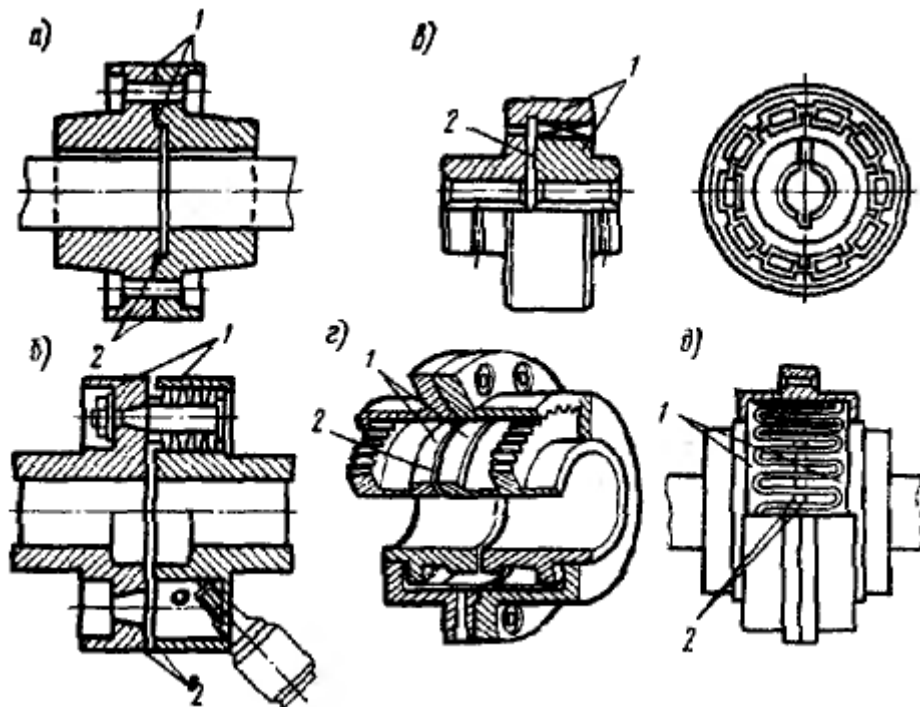


Рисунок 6.1 – Види муфт для з'єднання валів електричних машин:  
 а – жорстка фланцева, б – втулично-пальчикова, в – пружна з  
 розніжними пластинами; г – зубчаста; д – змінної твердості (пружна); 1,2 –  
 точки вимірювання радіального і торцевого биття

Перед вивіркою валів після насадки напівмуфт на вали перевіряють торцеве та радіальне биття полумуфт індикаторами годинникового типу. Максимально припустимі биття наведені в таблиці 6.3. Потім роблять перевірку взаємного розташування валів. Кутовий перекис валів замірюється також по напівмуфтах, причому значення, наведені в таблиці 6.2, відносяться до вимірів, проведеним на відстані 300 мм від вала. Тому при вимірах на інших відстанях необхідно робити пропорційне перерахування.

Спочатку роблять візуальну перевірку за допомогою центрошукача (рисунок 6.2), потім точну перевірку за допомогою центрувальних скоб. Візуальна перевірка взаємного розташування валів виконується по рискам, нанесеним на обід напівмуфт через  $90^\circ$  центрошукачем. Косинець центротримача встановлюється на обід напівмуфти 1 таким чином, щоб лінійка 3 прилягала до торцевої площини напівмуфти, розмічальна лінійка 4 встановлюється на обід напівмуфти. Риски наносять на обід напівмуфти й торцевої площини по лінійках 3 та 4. Прилад повертається на  $90^\circ$ , точність установки  $90^\circ$  перевіряється за допомогою движка з настановною лінійкою 3. Повертаючи в такий спосіб прилад, наносять чотири риси (рисунок 6.3) через  $90^\circ$  на обід напівмуфти. Якщо діаметри двох напівмуфт рівні, а муфти зміщені одна відносно одної на величину  $a$ , необхідно один з валів пересунути по вертикалі або вбік.

Таблиця 6.1 – Типи та характеристики муфт

Муфти	Властивості, характер з'єднання	Допустимі величини зміщення валів (компенсаційні властивості муфт)		Область застосування
		радіальне, мм	кутове, град	
Жорстка фланцева	Не допускає повороту одного валу відносно іншого	0	0	Для з'єднання осьових валів
Втулочно-пальчикова з пластинами із гумового паперу	Допускає відносний поворот валів	0,3-0,6	1	Для з'єднання осьових валів та передачі обертових моментів із пом'якшенням удару за допомогою пружних елементів (втулок)
Зубчаста	Допускає відносний поворот валів	0,7-4,8	1	Для з'єднання осьових валів, які передають великі обертові моменти
Пружна	Допускає відносний поворот валів	1,0-2,0	1,25	Для з'єднання осьових валів та передачі обертових моментів із пом'якшенням удару за допомогою пружних елементів

Таблиця 6.2 – Допустима осьова невідповідність валів

Частота обертання, об/хв	Значення допустимої осьової невідповідності валів для муфт, мм			
	жорсткої (фланцевої)		втулочно-пальчикової з пластинами із гумового паперу, пружна	зубчастої
	підшипники ковзання	підшипники кочення		
3000	0,03	0,04	0,08	0,08
1500	0,04	0,04	0,08	0,08
750	0,08	0,08	0,1	0,15
500	0,08	0,08	0,15	0,20

Таблиця 6.3 – Максимально допустиме биття напівмуфт

Типи муфт	Допустиме биття напівмуфт, мм при частоті обертання, об/хв	
	3000-1500	1000 та нижче
Жорстка (фланцева)	0,02	0,03
Втулочно-пальчикова з пластинами із гумового паперу, пружна	0,03	0,05
Зубчаста	0,06	0,06

Можно відцентрувати машини під час установки по сталевій лінійці на напівмуфтах (рисунок 6.4). Радіальне биття  $A$  та осьове биття  $B$  вимірюють через кожні  $90^\circ$  при одночасному повороті обох валів. Виміри роблять у верхній, нижній й двох бічних точках. Якщо розмір  $A$  у верхній точці відрізняється від розміру  $A$  у нижній точці, але при повороті валів не міняється, значить напівмуфти мають однаковий діаметр і різниця в розмірах утворилася від зміщення центра валів.

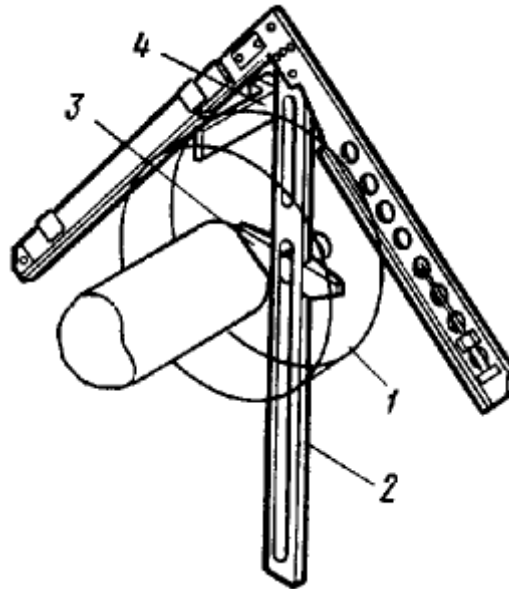


Рисунок 6.2 – Центрошукач:  
 1 – муфта, 2 – лінійка, 3 – встановлююча лінійка, 4 – розмічаюча лінійка

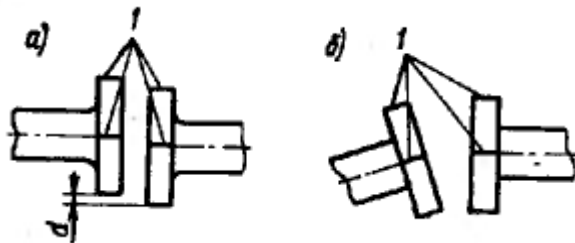


Рисунок 6.3 – Попередня перевірка валів електричних машин:  
 а– паралельне зміщення, б – кутове зміщення, 1 - риски

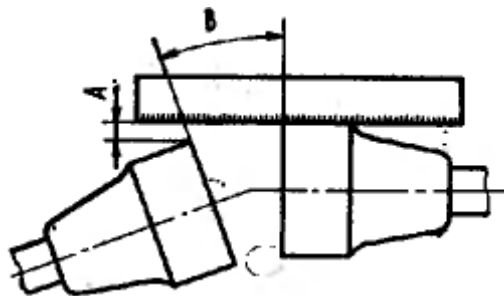


Рисунок 6.4 – Попереднє центрування валів по лінійці

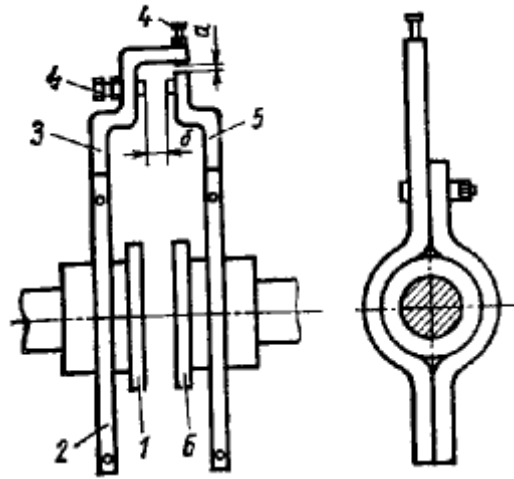


Рисунок 6.5 – Установка центрувальних скоб на вали:

1 – напівмуфта встановленої машини, 2 – стягуючі хомути, 3 – зовнішня скоба, 4 – вимірювальні болти, 5 – внутрішня скоба, 6 – напівмуфта машини, що встановлюється

Точна перевірка центрування валів виконується по напівмуфтам за допомогою центрувальних скоб (рисунок 6.5). Перевірку зазорів між вимірювальними болтами й скобами проводять у чотирьох діаметрально протилежних точках шляхом спільного повертання валів через  $90^\circ$ . Результати вимірів записують, як наведено на рисунку 6.6. Різниця показань у чотирьох діаметрально протилежних точках повинна бути не більше значень, зазначених у таблиці 6.2.

Якщо з якої-небудь причини вал приводного механізму неможливо повертати одночасно з валом двигуна, то перевірку неспіввісності валів можна робити методом обхода однією точкою, як зображено на рисунку 6.7. Радіальний зсув вимірюють за допомогою регульовального штифта 4, осьовий зсув – за допомогою щупів, роблячи виміри при повертанні вала двигуна через  $90^\circ$ .

Для визначення переміщення підшипників при регулюванні взаємного положення валів можна користуватися методом розрахунку.

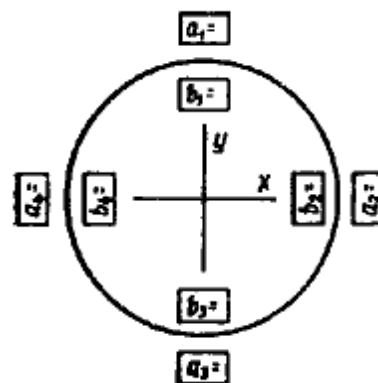


Рисунок 6.6 – Запис результатів вимірювань при центруванні

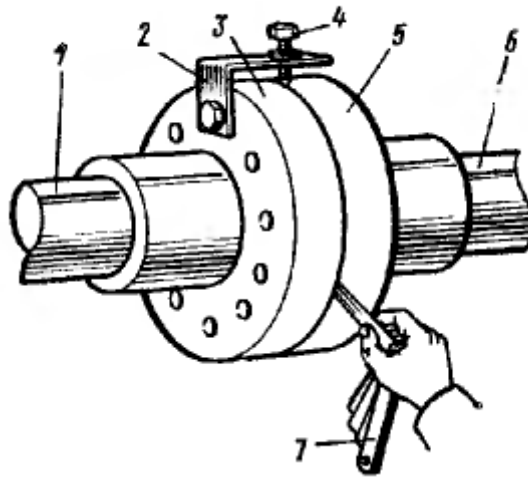


Рисунок 6.7 – Центрування валів методом обходу однією крапкою:  
 1 – вал двигуна, 2 – центрувальна скоба, 3 – напівмуфта двигуна, 4 – штифт, 5 – напівмуфта приводного механізму, 6 – вал приводного механізму,  
 7 - щуп

Цим методом визначають горизонтальні й вертикальні переміщення підшипників:

$$y_1 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \frac{l_1}{r},$$

$$y_2 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \frac{l_2}{r},$$

$$x_1 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \frac{l_1}{r},$$

$$x_2 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \frac{l_2}{r},$$

де  $y_1$  і  $x_1$  – горизонтальне й вертикальне переміщення підшипника, найближчого до муфти;

$y_2$  і  $x_2$  – горизонтальне й вертикальне переміщення підшипника, дальнього від муфти;

$l_1$  – відстань від муфти до найближчого підшипника;

$l_2$  – відстань від муфти до дальнього підшипника;

$r$  – відстань від центра вала до точки виміру осьового зазору;

$a_1 - a_4$  – значення радіальних зазорів, виміряних у діаметрально протилежних точках;

$b_1 - b_4$  – значення осьових зазорів, виміряних у діаметрально протилежних точках.

Регулювання положення валів виконують підбиванням сталених клинів під фундаментальну плиту.

#### 4 Хід роботи

4.1 Виконати центрування валів електричних машин. Зробити монтаж установки, при цьому почати з агрегату, що має більшу вагу. Для проведення центрування необхідно з'ясувати взаємне розташування валів механізмів, що сполучаються. При горизонтальному положенні валів й однакої висоті всіх

чотирьох підшипників (рисунок 6.10 а) торцеві поверхні муфт не будуть паралельні внаслідок прогину кожного вала. Для одержання вільного від зусиль з'єднання в муфті необхідно підняти крайні підшипники й домогтися безперервності лінії вала в місці з'єднання (рисунок 6.10 б).

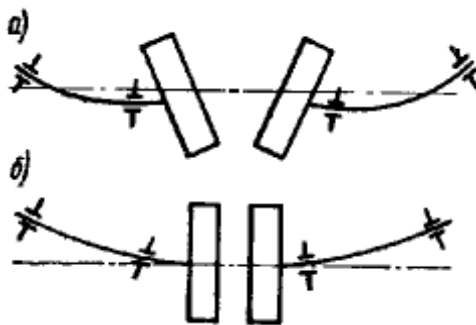


Рисунок 6.10 – Перевірка співвісності валів

4.2 Зробити центрування валів за допомогою металевої лінійки, зробивши виміри біля верхньої, нижньої й двох діаметрально протилежних бічних крапках (рисунок 6.4). Результати вимірів порівняти з даними таблиці 6.2.

4.3 Зробити центрування валів за допомогою центрошукача. При повороті центрошукача через  $90^\circ$  зробити чотири виміри й порівняти їх з даними таблиці 6.2.

4.4 Зробити точну перевірку співвісності валів за допомогою центрувальних скоб. Результати вимірів записати відповідно рисунку 6.6 і порівняти з даними таблиці 6.2.

4.7 Зробити необхідні висновки й скласти звіт по роботі.

## 5 Висновки:

### 6 Контрольні питання:

- 6.1 Які муфти застосовуються для з'єднання валів?
- 6.2 Для чого виконується центрування валів?
- 6.3 У чому суть методів центрування валів?
- 6.4 Як перевірити биття напівмуфт?

### Література:

1. Монтаж, експлуатація и ремонт електрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. для проф. учеб. заведений / Ю. Д. Скибин, М. Ю. Скибин – М.: Высш. шк., 2003. – 462с.
2. Зюзин А. Ф., Поконов Н. З., Антонов М. Ф. Монтаж, експлуатація и ремонт електрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. для учащихся электротехнических спец. техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 41

## Інструкція для виконання лабораторної роботи №6

**Тема:** Вивчення способів визначення повітряних зазорів в електричних машинах

### 1 Мета:

1.1 Навчитися визначати повітряні зазори в електричних машинах

### 2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Аркуші паперу формату А4.

2.2 Набір креслярських приладів.

2.3 Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи №6.

2.4 Стенд для виконання лабораторної роботи №6.

2.5 Набір щупів для вимірювання повітряних зазорів ЕМ.

### 3 Теоретичні відомості

Для кращої роботи електричних машин повітряні зазори по всій окружності ротора (якоря) бажано виконувати однакової величини, що не перевищує певних значень. Збільшення повітряного зазору викликає підвищення струму холостого ходу, зменшення коефіцієнта потужності й коефіцієнта корисної дії.

Наприклад, для асинхронних двигунів збільшення зазору на 1% зменшує коефіцієнт потужності на 0,3%, а струм холостого ходу збільшується на 0,6%. При збільшенні зазорів на 15-20 % двигун при ремонті необхідно перемотувати по новим обмотувальним даним (зі збільшеним числом витків у пазу), а при збільшенні зазорів більше 20 % економічна доцільність ремонту стає недоцільною.

Збільшення повітряних зазорів може бути викликано різними причинами: проточкою внутрішньої поверхні статора або зовнішньої поверхні ротора (що зовсім неприпустимо при ремонті), що шліфується дією пилу, який втримується в навколишньому повітрі (характерно при тривалій експлуатації електродвигунів на металургійних підприємствах), неправильним зберіганням електродвигунів на складах, у результаті чого виникає корозія поверхні сталі сердечників статора й ротора.

Важливе значення має нерівномірність зазору. Найчастіше причиною нерівномірності по окружності є виробіток підшипників, рідше – еліптичність ротора або статора. У великих електродвигунів значна різниця у величині зазорів у вертикальній і горизонтальній площинах може бути викликана деформацією вала при недостатньо твердій станині.

Нерівномірність повітряних зазорів приводить, як правило, до несиметричності магнітної системи електродвигунів, що у свою чергу веде до появи струмів у підшипниках, зрівняльних струмів, вібрації, прогину вала, торканню ротора й статора й т.д.

У зібраному електродвигуні замір зазору варто робити із двох сторін (з боку розташування схеми й із протилежної сторони) за допомогою щупа,



що вводиться через оглядові або спеціальні люки в торцевих щитах. З кожної сторони замір роблять у чотирьох точках, зміщених відносно один одного по окружності на 90°. Величину зазору визначають як середньоарифметичну величину всіх вимірів. У великих електродвигунах змінного струму з більшим діаметром вала роблять вісім вимірів. Деякі електродвигуни, зокрема малої потужності, не мають отворів або люків, у які можна ввести щуп. У таких двигунах вимір зазорів роблять після їхнього розбирання. Для цього ротор вкладають безпосередньо на розточення статора й заміряють зазор  $\delta_1$  навпроти самої верхньої точки розточення статора. Потім повертають ротор на 90° і знову заміряють зазор  $\delta_2$  навпроти тієї ж точки статора, середній зазор визначають по формулі:

$$\delta_{cp} = (\delta_1 + \delta_2) / 4.$$

Регулювання зазору при монтажі й установці електродвигунів робиться шляхом підбора відповідних металевих прокладок під лапи станин статора й розвороту його в поперечному напрямку відносно поздовжньої осі. В електродвигунах постійного струму вимір роблять під середньою частиною кожного полюса також із двох сторін.

По даним ПУЕ повітряні зазори, виміряні в діаметрально протилежних точках, не повинні відрізнятися один від одного більш ніж на 10% від середньої величини зазору.

У таблиці 9.1 наведені величини припустимих повітряних зазорів.

Таблиця 9.1 – Допустимі зазори в міжсталевому просторі асинхронних двигунів

Частота обертання, об/хв	Повітряний зазор, мм для двигуна потужністю, кВт (орієнтовно)									
	До 0,2	0,2-1,0	1,0-2,5	2,5-5,0	5,0-10	10-20	20-50	50-100	100-200	200-300
800-1500	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,50	0,65	0,80	1,00
3000	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,65	0,80	1,00	1,25	1,50

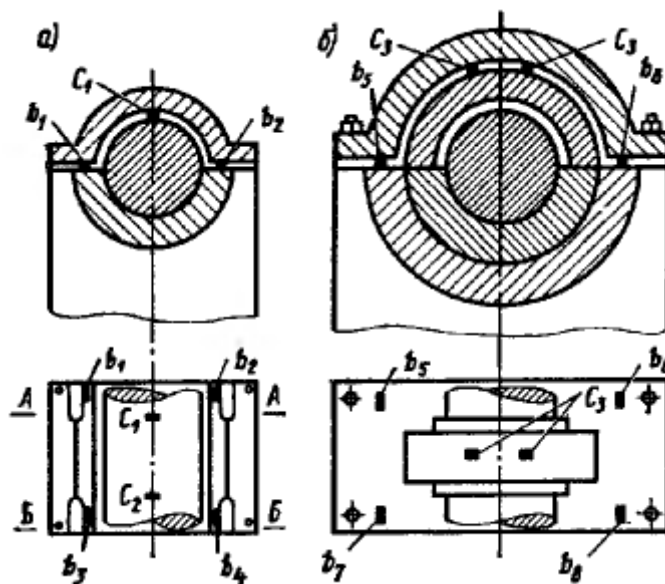


Рисунок 9.1 – Зазори в електричних машинах:

а – зазор між шийкою вала та верхньою вкладкою; б – зазор між верхньою вкладкою та кришкою

Одна з необхідних перевірок при монтажі й ремонті електродвигунів – перевірка зазорів у підшипниках. Цей зазор устанавлюється між шийкою вала й верхнім вкладишем підшипника. Величина зазору встановлюється залежно від діаметра шийки валу й частоти обертання вала електродвигуна й визначається з урахуванням піднімальної сили масляного клина й утворення відповідної товщини мастильного шару. Причиною збільшення зазорів у підшипниках можуть бути або їхнє рівномірне зношування, або нерівномірне зношування в результаті деформації вала й нерівномірного навантаження на підшипник, або неправильна посадка підшипника на шийку вала при монтажі. У результаті збільшення зазорів можливі несправності електродвигуна, описані вище.

В різних підшипниках ковзання радіальний вертикальний зазор вимірюють по відбитках відрізків свинцевого дроту діаметром 0,5-1,0 мм і довжиною 2-4 см, що закладають між шийкою вала й верхньою половиною вкладиша, а також у площину рознімання вкладишів (рисунок 9.1). Радіальний зазор у нероз'ємних підшипниках ковзання вимірюють щупом, що вводять між шийкою вала й вкладишем. При вимірі щуп варто вводити на всю довжину вкладиша. Максимально припустимі радіальні вертикальні зазори в підшипниках ковзання зазначені в таблиці 9.2.

Бічні радіальні зазори в підшипниках ковзання допускаються в межах половини вертикальних зазорів. Припустимі осьові зазори для підшипників ковзання наведені в таблиці 9.3.

У підшипниках кочення радіальні зазори вимірюють щупом, що вводять між обоймою й тілом кочення (кулькою, роликом). Виміри зазорів можна також робити індикаторами годинникового типу, устанавленими на спеціальному штативі, у якому жорстко закріплений підшипник. Припустимі зазори в підшипниках кочення наведені в таблиці 9.4. Осьові зазори в підшипниках кочення не повинні перевищувати 0,2-0,35 мм.

Таблиця 9.2 – Допустимі величини радіальних вертикальних зазорів в підшипниках ковзання електродвигунів

Діаметр вала, мм	Зазор, мм при частоті обертання, об/хв		
	До 1000	1000-1500	вище 1500
18-30	0,04-0,093	0,06-0,13	0,14-0,28
31-50	0,05-0,112	0,075-0,16	0,17-0,34
51-80	0,065-0,135	0,095-0,195	0,2-0,4
81-120	0,08-0,16	0,12-0,235	0,23-0,46
121-180	0,1-0,195	0,15-0,285	0,26-0,52
181-260	0,12-0,225	0,18-0,3	0,3-0,6
261-360	0,14-0,25	0,21-0,38	0,34-0,68
361-500	0,17-0,305	0,25-0,44	0,38-0,76

Таблиця 9.3 – Допустимі величини осьових зазорів підшипників ковзання

Потужність двигуна, кВт	Мінімальний зазор, мм	Максимальний зазор, мм
До 10	0,4	1,0
10-20	0,5	1,5
20-40	0,75	2,0

40-80	1,0	3,0
80-160	1,5	4,0
160-500	2,0	5,0

Таблиця 9.4 – Допустимі величини радіальних вертикальних зазорів в підшипниках кочення

Діаметр вала, мм	Мінімальний зазор, мм		Максимальний зазор, мм
	Шарикоподібні	Роликові	
20-30	0,005	0,01	0,10
35-50	0,010	0,02	0,15
55-80	0,015	0,03	0,20
85-120	0,020	0,04	0,30

При вимірюванні повітряного зазору необхідно записати тип, потужність двигуна, з яким буде виконуватися робота, а також виміряти й записати діаметр шийки вала та тип підшипника. Виміри робити із двох протилежних сторін. Ширина щупа повинна бути менше ширини зубців статора й при вимірах щуп не повинен попадати на пазовий клин або бандаж.

Для визначення зазорів у міжсталевому просторі з кожної сторони вала необхідно зробити чотири виміри через кожні 90°.

#### 4 Хід роботи

4.1 Взяти набір щупів і виміряти повітряний зазор по обидва боки асинхронного двигуна.

4.2 Обчислити середньоарифметичне значення отриманих величин, порівняти їх з даними таблиці 9.1 і зробити висновок про придатність двигуна до експлуатації.

4.3 Зняти у двигуна кришки підшипника.

4.4 Зняти верхню половину вкладиша.

4.5 У місця, зазначені на рисунку 9.1 а, укласти відрізки свинцевого дроту.

4.6 Верхню половину вкладиша й кришку підшипника встановити на свої місця й рівномірно затягти стяжними болтами. При підтягуванні болтів відрізки свинцевого дроту сплющуються відповідно зазорам.

4.7 Знову розібрати підшипник і мікрометром виміряти товщину всіх свинцевих відбитків. Зазор по лінії *AA* визначити по формулі:

$$\delta_1 = c_1 - \frac{b_1 + b_2}{2}.$$

Зазор по лінії *BB* визначити по формулі:

$$\delta_2 = c_1 - \frac{b_3 + b_4}{2}.$$

Розрахунковий вертикальний зазор в підшипнику:

$$\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}.$$

Значення  $\delta_1$  й  $\delta_2$  не повинні відрізнятися одне від одного більш ніж на 10%. Отримане значення  $\delta$  порівняти з даними таблиці 9.2 і зробити висновок про придатність двигуна до експлуатації.

8. Аналогічно зробити вимірювання і розрахунок між верхнім вкладишем і кришкою підшипника (рисунок 9.1 б); зазвичай він установлюється 0,05 мм.

9. Скласти звіт по роботі.

## **5 Висновки:**

### **6 Контрольні питання:**

6.1 Якими причинами може бути викликане збільшення зазорів?

6.2 Якими причинами може бути викликана поява нерівномірності зазорів?

6.3 Які небажані явища виникають при збільшенні зазорів?

6.4 Які небажані явища спричиняє поява нерівномірності зазорів?

6.5 Як виконується вимірювання зазорів в електродвигунах, що не мають отворів для введення щупів?

6.6 З яких міркувань вимірюють величину зазору між підшипниками ковзання й шийкою вала?

### **Література:**

1. Монтаж, експлуатація и ремонт електрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. для проф. учеб. заведений / Ю. Д. Скибин, М. Ю. Скибин – М.: Высш. шк., 2003. – 462с.
2. Зюзин А. Ф., Поконов Н. З., Антонов М. Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. для учащихся электротехнических спец. техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 415с.