

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-енергетичний факультет

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

## **Технології наукових досліджень**

конспект лекцій

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти ОПІ  
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності  
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної  
форми здобуття вищої освіти

Миколаїв  
2026

УДК 621.3:001.891

Т38

Рекомендовано до друку науково-методичною комісією Інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету (протокол № 7 від 21.04.2026 року)

Укладачі:

Ставинський А. – д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Рябенський В.М. – д-р техн. наук, професор, професор кафедри програмної електроніки, електротехніки та телекомунікацій Миколаївського національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова

Вахоніна Л. В. – канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

© Миколаївський національний аграрний університет, 2026

## ВСТУП

Безперервний розвиток промисловості та сільського господарства зумовлює високі темпи зростання обсягів електромонтажних робіт зі спорудження нових і реконструкції діючих електроустановок та цілих підприємств. Зростання виробництва і підвищення продуктивності праці неможливі без комплексної механізації та автоматизації, основною енергетичною базою яких є електрифікація. Науково-технічний прогрес супроводжується кількісними і якісними змінами в області електрифікації, електротехніки та енергетики, зростанням потужності підприємств, що будуються, вдосконаленням існуючих і появою принципово нових технологічних процесів. При спорудженні нових і реконструкції діючих підприємств виконується великий обсяг робіт з монтажу електротехнічного обладнання і енергетичних установок.

«Монтаж, наладка і експлуатація електрообладнання» є навчальною дисципліною професійної підготовки, яка передбачена освітньо-професійною програмою підготовки фахівців початкового рівня (короткий цикл)"молодший бакалавр" напряму підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є: ознайомлення студентів з питаннями підготовки, організації і виконання найбільш розповсюджених робіт з монтажу електроустановок, в тому числі розподільних пунктів, силового і освітлювального електрообладнання, електропроводок, кабельних і повітряних ліній; з порядком введення в експлуатацію; з експлуатацією і виконанням ремонтних робіт на названому вище електрообладнанні.

Базові знання і навички, одержані під час вивчення цієї навчальної дисципліни, використовуватимуться студентами у разі вивчення та засвоєння інших спеціальних навчальних дисциплін. Головним завданням навчальної дисципліни є вивчення сучасних методик проведення монтажу, вимог нормативних документів (ПУЕ, СНіП та інших) до технології монтажу енергетичного обладнання, літерних та графічних позначень електричних схем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Монтаж, наладка і експлуатація електрообладнання» студент повинен знати:

- основні нормативні документи, структуру електромонтажної організації та організацію електромонтажних робіт;
- класифікацію електроустановок, приміщень і електрообладнання; типи схем; правила виконання електричних схем;
- умовні графічні та літерні позначення на схемах;
- призначення, основні елементи конструкції енергетичного обладнання та пускозахисної апаратури.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні вміти:

- читати проектно-конструкторську документацію;

– виконувати монтаж електричних схем, мати навички роботи з проектною документацією, використовувати основний інструмент, пристрої та механізми під час виконання електромонтажних робіт;

– дотримуватись основних правил техніки безпеки та організації охорони праці.

Знання методів і засобів технології монтажу енергообладнання та систем керування, нормативно-правових документів та правил, заходів з техніки безпеки при виконанні енергомонтажних робіт є важливими й необхідними навичками для кваліфікованих інженерів-енергетиків при проведенні різних видів робіт з монтажу, налагодження, ремонту та експлуатації електроустаткування підприємств усіх галузей промисловості та сільського господарства.

## ЛЕКЦІЯ №1

# ПОНЯТТЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ ТА ЕЛЕКТРИЧНОГО ЛАНЦЮГА

### План лекції

1. Електричний струм
2. Постійний струм
3. Види з'єднань та величини.

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

### 1. Електричний струм

**Електричний струм** – це впорядкований рух електричних зарядів під дією сил електричного поля. В металевих провідниках та в вакуумі струм утворюється електронним потоком, а в рідинах і газах потоком іонів і електронів.

Щоб отримати електричний струм, необхідно зібрати електричний ланцюг, що складається з джерела електричної енергії, електроприймача та замкнутого провідного шляху (ланцюга) для руху електричних зарядів.

Розрізняють зовнішню та внутрішню частини електричного ланцюга. Електроприймачі і з'єднувальні проводи утворюють її зовнішню частину, а джерело електричної енергії представляє собою її внутрішню частину.

Про наявність електричного струму у ланцюзі можна судити за тими діями та явищами, якими він супроводжується:

– тепловою дією, тобто струм нагріває провідник, по якому він протікає (явище використовується в електровимірюючих приладах, лампах розжарювання і нагрівальних приладах, а також слугує основою для розрахунку проводів);

– магнітною дією, тобто навколо провідника зі струмом виникає магнітне поле (явище використовується в електровимірюючих приладах, електромагнітах, електричних двигунах, трансформаторах);

– хімічною дією, тобто струм здатен розділяти на складові частини електроліти – розчини хімічних з'єднань у воді або в інших розчинниках, а також розплави, які проводять електричний струм. Це явище використовується при електролізі – розкладання речовин струмом в електрометалургії, гальваностегії, гальванопластиці і акумуляторах електричної енергії.

Електричну енергію отримують шляхом перетворення інших видів енергії; механічної в машинних генераторах, теплової, променистої в фотоелементах, хімічною в гальванічних елементах і акумуляторах і т.д. Електроприймачі або споживачі електроенергії перетворюють її в інші види енергії: в електродвигунах – в механічну, в електричних нагрівальних приладах – у теплову, в освітлювальних приладах – у випромінення, в акумуляторах – в хімічну і т.д.

В теперішній час широко застосовується постійний, змінний однофазний і трьохфазний струм.

## 2. Постійний струм

**Постійним струмом** називається електричний струм, який не змінюється в часі за напрямком.

За напрямком струму приймають напрямок руху позитивно заряджених частин.

Найбільше розповсюдження джерел постійного струму – гальванічні елементи, акумулятори, генератори постійного струму і випрямляючі пристрої.

Для кількісної оцінки струму в електричному ланцюзі слугує поняття сили струму. Сила струму – це кількість електрики  $Q$ , що протікає через поперечний переріз провідника за одиницю часу. Якщо за час  $t$  крізь поперечний переріз провідника перемістилось кількість електроенергії  $Q$ , то сила струму

$$I = \frac{Q}{t}. \quad (1)$$

Одиниця виміру сили струму – ампер (А).

Щільність струму – це відношення сили струму до площі поперечного перерізу  $F$  провідника:

$$\delta = \frac{I}{F}. \quad (2)$$

звідки одиниця виміру щільності струму – А/мм<sup>2</sup>.

В замкнутому електричному ланцюзі сила струму виникає під дією джерела електричної енергії, яке створює і підтримує на своїх зажимах різницю потенціалів, вимірюється в вольтах (В).

Важливий параметр електричного ланцюга – опір, від значення якого залежить сила струму в провіднику при заданій напрузі. Опір провідника представляє собою своєрідну міру протидії провідника протіканню в ньому електричного струму. Електричний опір вимірюється в омах (Ом). Широко використовується і величина, протилежна опору ( $1/\text{Ом}$ ), яка називається **електричною провідністю**. Провідність вимірюється в сіменсах (См).

Опір залежить від матеріалу провідника і його геометричних розмірів (довжини  $l$  і площі поперечного перерізу  $F$ ):

$$R = \rho \frac{l}{F}. \quad (3)$$

тут  $\rho$  – питомий опір провідника, Ом\*м.

Питомий опір в одиницях СІ чисельно дорівнює опору провідника, маючого форму куба з ребром 1 м, якщо струм проходить між двома протилежними гранями куба.

Опір провідника змінюється при зміні його температури. З підвищенням температури опір металевих провідників збільшується. Опір вугілля, розчинів сплавів солей, кислот зменшується з підвищенням температури.

Позначаючи опір провідника при температурі  $0^{\circ}\text{C}$  через  $R_0$ , маємо формулу для визначення опору за будь-якої температури  $t$ :

$$R = R_0(1 + \alpha t). \quad (4)$$

де  $\alpha$  – термічний коефіцієнт опору, що показує відносне прирощення питомого опору при нагріванні провідника на  $1^{\circ}\text{C}$ ,  $1/0^{\circ}\text{C}$ .

Властивість провідників змінювати опір при зміні температури використовується в дровових датчиках температури.

Залежність між різницею потенціалів (напруга) на зажимах електричного кола, опором та силою струму у колі виражається законом Ома. Згідно цього закону, для однорідного ланцюга сила струму прямо пропорційна значенню прикладеної напруги

$$I = U/R. \quad (5)$$

де  $U$  – напруга на зажимах ланцюга, (В);  $R$  – опір, (Ом);  $I$  – сила струму, ампер (А).

### 3. Види з'єднань та величини

На практиці застосовують паралельне, послідовне та змішане з'єднання елементів електричних ланцюгів. При **паралельному з'єднанні** резисторів виводи їх з'єднують в загальні вузлові точки, тоді кожен резистор ввімкнений на напругу, прикладену до вузлових точок. Загальний опір ланцюга, що складається із 3-х резисторів, визначають за формулою

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}. \quad (6)$$

При **послідовному з'єднанні** елементи електричного ланцюга вмикають один за одним, тобто початок наступного з'єднують з кінцем попереднього. Електричний струм у ланцюзі з послідовним з'єднанням рівний.

Загальний опір ланцюга при послідовному з'єднанні трьох резисторів розраховується за формулою

$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3. \quad (7)$$

Робота, що здійснюється електричним струмом за одиницю часу (секунду), називається потужністю та позначається буквою  $P$ . Ця величина характеризує інтенсивність здійсненої струмом роботи. Потужність визначають за формулою

$$P = W/t = UIt/t = UI. \quad (8)$$

Одиницею вимірювання потужності є ват (Вт). Ват – це потужність, при якій за секунду рівномірно виконується робота в 1 Дж. Формула (8) може бути написана наступним чином:

$$W = Pt. \quad (9)$$

Кратні одиниці потужності: кіловат-1 кВт=1000 Вт і мегават-1МВт=1000000 Вт.

Практична одиниця вимірювання електричної енергії кіловат-година (кВт·г) представляє собою роботу, що виконана при постійній потужності в 1 кВт на протязі однієї години.

Вираз потужності електричного струму можна перетворити, замінив на основі закону Ома напругу  $U$  виразом  $IR$ . В результаті отримаємо три вирази потужності електричного струму:

$$P = UI = I^2R = U^2/R. \quad (10)$$

Велике практичне значення має те, що одну і ту ж потужність електричного струму можна отримати при низькій напрузі і великій силі струму або при високій напрузі і малій силі струму. Це використовують при передачі електричної енергії на відстані.

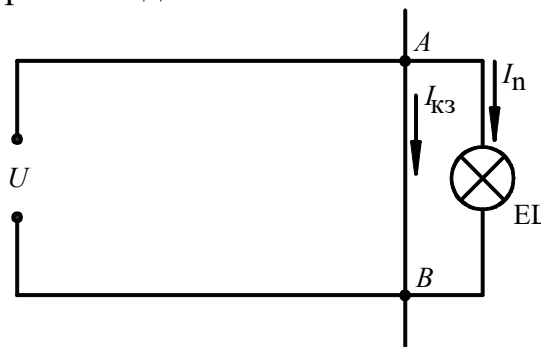


Рис. 1.3. Схема, що пояснює виникання короткого замикання

При протіканні електричного струму через провідник він нагрівається. Кількість тепла  $Q$ , яка виділяється в провіднику, визначається за формулою

$$Q = I^2Rt. \quad (11)$$

Ця залежність називається законом Джоуля - Ленца.

На основі законів Ома і Джоуля-Ленца можна проаналізувати явище, яке виникає при безпосередньому з'єднанні між собою провідників, які підводять електричний струм до напруги. Це явище називають коротким замиканням, так як струм починає протікати більш коротким шляхом, змінюючи навантаження.

На Рис.1.3. приведена схема включенням лампи розжарювання в електричну мережу. Якщо опір лампи  $R=500$  Ом, а напруга мережі  $U= 220$  В, то струм в ланцюзі лампи, згідно рівнянню (5), буде  $I_n=220/500=0,44$  А.

Розглянемо випадок, коли проводи, які йдуть до лампи розжарювання, виявляються з'єднаними через дуже малий опір ( $R_c=0,01$  Ом), наприклад, товстий металевий стрижень. В цьому випадку струм ланцюга, підходячи до

точки А, буде розгалужуватися за двома напрямками: велика його частина іде по шляху з малим опором по металевому стрижню, а невелика частина струму буде проходити по шляху з великим опором лампи розжарювання.

Визначимо струм, який протікає по металевому стрижню:

$$I_{к.з.} = \frac{220}{0,01} = 22000 \text{ А.}$$

При короткому замиканні напруга мережі буде менше 220 В, так як великий струм в ланцюгу викликає велику втрату напруги і струму, який протікає по металевому стрижню, струм буде декілька менше, але тим не менш в багато разів перевищує струм, який споживався раніше лампою накаливання.

Як відомо, в співвідношенні з формулою (11) струм, проходячи по провідникам, виділяє тепло, і проводи нагріваються. В нашому прикладі площа поперечного перерізу провідників розрахована на невеликий струм - 0,44 А. При з'єднанні провідники більш коротким шляхом, минаючи навантаження, по ланцюгу буде протікати дуже великий струм - 22000 А. Такий струм викликає виділення великої кількості тепла, що призведе до обуглення та горіння ізоляції, розплавлення матеріалу проводів, руйнуванню електровимірювальних приладів, оплавлення контактів вимикачів, ножів рубильників і т.д. Джерело електричної енергії живлячий такий ланцюг, також може бути пошкоджений. Перегрів проводів може викликати пожежу.

Кожну електричну проводку розраховують на нормальний для неї струм. Аварійний режим роботи ланцюга, супроводжуваний зменшенням опору і різким збільшенням струму в ланцюзі, називається коротким замиканням.

При монтажі і експлуатації електричних установок в результаті невірних наслідків короткого замикання необхідно виконувати наступні умови:

- ізоляція проводів повинна відповідати напрузі мережі і умовам роботи;
- переріз проводів повинен бути таким, щоб нагрівання їх при нормальному їх навантаженні не досягало небезпечного значення;

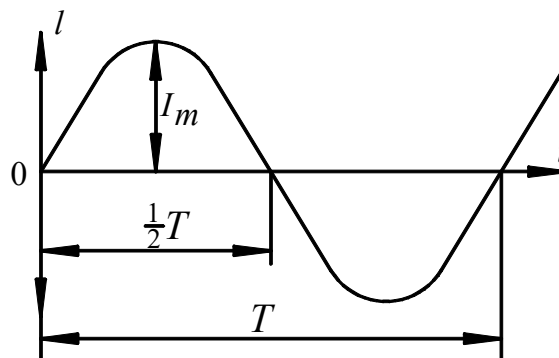


Рис. 1.4. Графік синусоїдального змінного струму

– місця з'єднання і розгалудження проводів повинні бути добре ізолювані;

– в приміщенні проводи повинні бути прокладені так, щоб вони були захищені від механічних і хімічних пошкоджень, від сирості і не доторкались один одного.

Щоб уникнути раптового, небезпечного збільшення струму в електричній мережі при короткому замиканні, її захищають за допомогою запобіжників або автоматичних вимикачів, які мають електромагнітні розмикачі.

### **Контрольні запитання для самоперевірки.**

1. Поясніть поняття електричний опір.
2. Що таке провідність.
3. Які види з'єднань використовують при монтажі?
4. Сформулюйте закон Джоуля-Ленца.

## ЛЕКЦІЯ №2

### ЗМІННИЙ ОДНОФАЗНИЙ СТРУМ

#### План лекції

1. Змінний струм та його характеристики.
2. Аналітичні зображення періодично змінюючихся величин.

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### 1. Змінний струм та його характеристики

Струм, який змінюється в часі по значенні й напрямку, називається змінним. В практиці використовують періодично змінювальний по синусоїдальному закону змінний струм (рис. 3.3).

Синусоїдальні величини характеризуються наступними основними параметрами: періодом, частотою, амплітудою, початковою фазою або зсувом фаз.

**Період**  $T$  – час (с), на протязі якого змінна величина здійснює повне коливання.

**Частота**  $f$  – число періодів за 1 с., одиниця виміру частоти – Герц (Гц).  
 $1 \text{ Гц} = 1$  коливання в одну секунду.

Період та частота зв'язані залежністю

$$T = 1/f. \quad (12)$$

В нашій країні застосовують змінний струм з частотою 50 Гц. Це означає, що полярність зажимів джерела змінного струму з частотою 50 Гц змінюється 100 раз в 1 секунду.

Змінюючись в часі, синусоїдальна величина (напряга, струм, ЕРС) приймає різні значення. Значення величини в даний момент часу називають миттєвим.

**Амплітуда** – найбільше значення синусоїдальної величини.

Амплітуду струму, напряги і ЕРС позначають прописними буквами з індексом:  $I_m$ ,  $U_m$ ,  $E_m$ , а миттєві значення – прописними буквами  $i$ ,  $u$ ,  $e$ . Миттєве значення синусоїдальної величини, наприклад струму, визначають за формулою

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi), \quad (13)$$

де  $\omega t + \psi$  – фаза-кут, визначаючий значення синусоїдальної величини в даний момент часу;  $\omega$  – колова частота ( $\omega = 2\pi f$ );  $\psi$  – початкова фаза, тобто кут, визначаючий значення величини в початковий момент часу.

Якщо синусоїдальні величини мають однакову частоту, але різні початкові фази, то в цьому випадку говорять, що вони здвинуті по фазі. Різниця початкових фаз  $\varphi = \psi_u - \psi_i$  визначає кут зсуву фаз. На Рис. 3.3 приведені графіки синусоїдальних величин (струму і напруги), зсунутих по фазі. Коли ж початкові фази двох величин рівні ( $\psi_u = \psi_i$ ), то різниця  $\psi_u - \psi_i = 0$  і, означає, зсуву фаз немає  $\varphi = 0$  (рис. 3.4).

В ланцюзі змінного струму, що складається з резистора R, напруга і струм співпадають по фазі

$$u = U_m \sin \omega t, \quad i = I_m \sin \omega t. \quad (14)$$

## 2. Аналітичні зображення періодично змінюючихся величин

Наряду з аналітичним зображенням періодично змінюючихся величин застосовують векторні діаграми. При побудові векторної діаграми обирають основний вектор і направляють його довільно, а інші – в співвідношенні зі зсувом по фазі відносно основного. Довжини векторів обирають рівними (в масштабі) амплітуда  $\mu$  зображених періодичних величин. Поворот вектора проти часової стрілки відповідає випередженню по фазі, по часовій - відставання по фазі. По правилам векторного додавання легко виконують додавання і віднімання векторів, а разом з цим додавання і віднімання самих змінних величин.

На Рис.1.3. наведена векторна діаграма струму і напруги для ланцюга з резистором.

Середня за період потужність ланцюга з резистором називається активною потужністю і дорівнює похідній діючих значень напруги і струму.

Зміна струму в ланцюзі з індуктивністю  $L$  (рис. 3.6) викликає ЕРС самоіндукції, яка по закону Ленца протидіє зміні струму. При збільшенні струму ЕРС самоіндукції діє назустріч струму, а при зменшенні струму вона діє в напрямі струму, протидіючи його зменшенню. Внаслідок цього струм в ланцюзі з котушкою індуктивності відстає від кривої напруги на кут  $\pi/2$  радіан, як показано на Рис. 3.6 в.

Вираз закону Ома для ланцюга змінного струму, який містить індуктивність має вид:

$$I = U_L / x_L. \quad (15)$$

Величина  $x_L$  називається індуктивним опором ланцюга або реактивним опором індуктивності і вимірюється в омах.

Індуктивний опір обчислюють за формулою

$$x_L = \omega L, \quad (16)$$

де  $\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50$  – кругова частота;  $L$  – індуктивність котушки, Г.

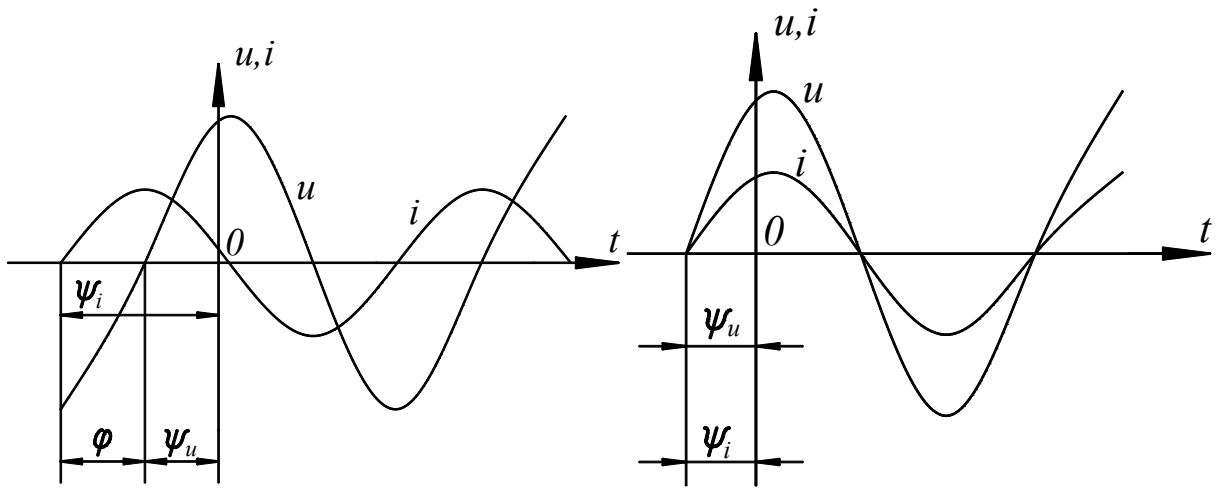


Рис. 1.3 Графіки синусоїдальних напруги  $u$  і струму  $i$ , зсунутих по фазі

Рис. 1.4. Графік синусоїдальних напруги  $u$  і струму  $i$ , маючих однакові фази

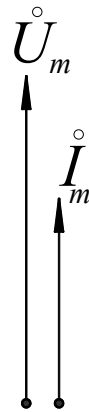


Рис. 1.5. Векторна діаграма струму та напруги для ланцюга з резистором

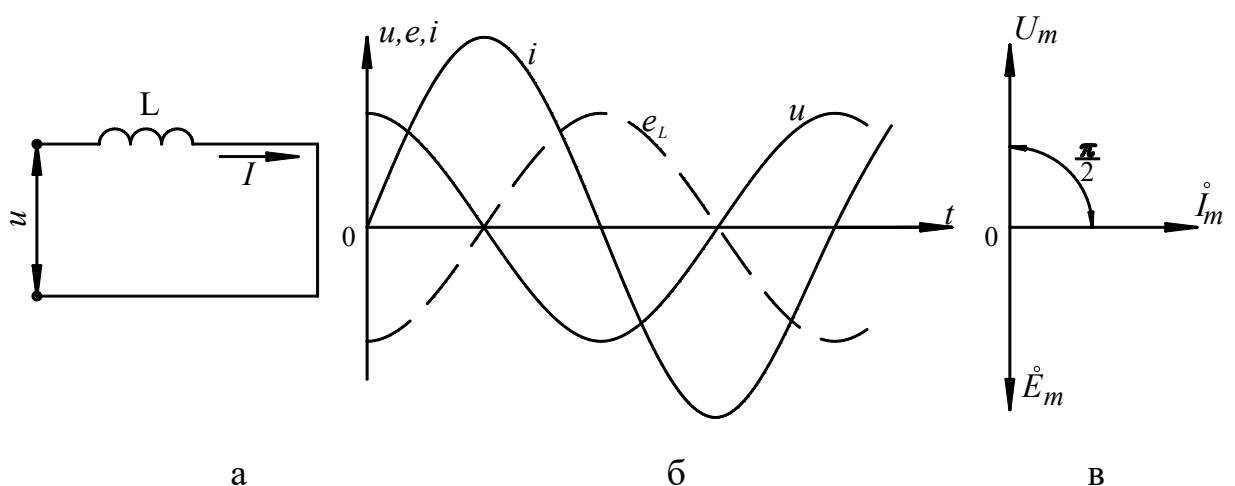


Рис. 1.6. Електричний ланцюг з котушкою індуктивності:  $a$  – схема;  $b$  – графіки струму, напруги і ЕРС самоіндукції;  $в$  – векторна діаграма

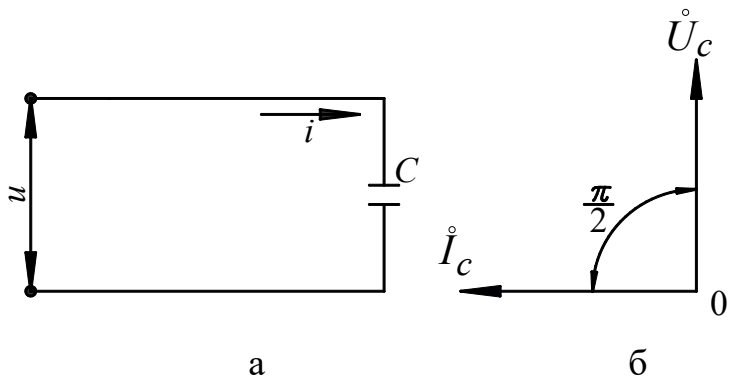


Рис.1.7. Електричний ланцюг з конденсатором:  
а – схема; б – векторна діаграма

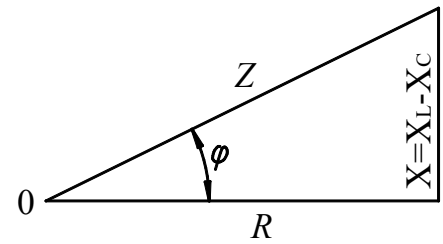


Рис. 1.8. Трикутник опоры електричного ланцюга змінного струму

При включенні в ланцюг змінного струму конденсатора (рис. 1.7) відбувається неперервне переміщення електричних зарядів. При збільшенні напруги струм в ланцюгу конденсатора буде зарядним, а при зменшенні напруги-розрядним. Тому струм в ланцюзі, який має конденсатор, випереджує напругу на кут  $\pi/2$  радіан (чверть періоду), як показано на рис. 1.3 та 7.

На векторній діаграмі (рис. 1.7, б) вектор струму  $I$  випереджує вектор прикладеної напруги  $\vec{U}$ .

Вираз закону Ома для ланцюга змінного струму, який містить ємність, має вигляд

$$I = U_c / x_c. \quad (17)$$

Величина  $x_c$  називається ємнісним опором або реактивним опором ємності, який визначається за формулою

$$x_c = 1/2\pi fC = 1/\omega C. \quad (18)$$

При послідовному з'єднанні котушки індуктивності і конденсатора їх реактивні опори віднімаються.

$$x = x_L - x_C. \quad (19)$$

Ця величина називається реактивним опором ланцюга.

Геометрична сума активного і реактивного опоры дорівнює повному опоры електричного ланцюга

$$R^2 + x^2 = R^2 + (x_L - x_C)^2 = z^2. \quad (20)$$

Ця залежність показує, що використовуючи значення  $R$ ,  $x$  і  $z$  можна побудувати трикутник опоры (рис. 1.8).

При множенні значення сторін цього трикутника на силу струму в ланцюзі отримують трикутник напруги. При множенні опоры на квадрат струму, отримують трикутник потужності.

Електричні установки, працюючи в сільському господарстві, використовують активну і реактивну енергію. Лампи накаливання і електричні нагрівальні прилади використовують практично тільки активну енергію. Такі електроприймачі, як асинхронні електродвигуни,

трансформатори, дроселі, лінії електропередачі та інші, використовують активну і реактивну енергію.

Електроустановки постачаються енергією, що виробляється генераторами електростанції. Активна енергія перетворюється споживачами в інші види енергії: теплову, світлову, механічну та інші. Реактивна енергія пульсує між генератором і споживачами, непродуктивно завантажує електричну мережу струмом.

Активну потужність електроприймача визначають за формулою

$$P = UI \cos \varphi \quad (21)$$

та вимірюється в ватах (Вт).

Реактивну потужність визначають за формулою

$$Q = UI \sin \varphi \quad (22)$$

та вимірюють в вольт-амперах реактивних (вар).

Повну потужність визначають за формулою

$$S = UI \quad (23)$$

та вимірюють в Вольт – Амперах (В·А).

Відношення активної потужності  $P$  до повної потужності  $S$  електроустановки називається коефіцієнтом потужності

$$\cos \varphi = P/S = P/\sqrt{P^2 + Q^2} \quad (24)$$

де  $S$ ,  $P$  та  $Q$  – відповідно повна, активна та реактивна потужність.

#### **Контрольні запитання для самоперевірки.**

1. Наведіть синусоїдальні величини, що характеризуються змінний струм.
2. Приведіть векторну діаграму змінного струму.
3. Запишіть закон Ома.
4. Запишіть формулювання для активної, реактивної та повної потужності.

## ЛЕКЦІЯ №3

# ЗМІННИЙ ТРЬОХФАЗНИЙ СТРУМ

### План лекції

1. Змінний трьохфазний струм.
2. Будова трьохфазного генератора
3. Схема включення однофазних та трьохфазних електроприймачів

### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумки.

### 1. Змінний трьохфазний струм

Трьохфазний змінний струм отримує широку розповсюдженість завдяки його важливим перевагам в порівнянні з постійним струмом (легко підвищується і знижується напруга за допомогою трансформатора) та змінним однофазним струмом (значна економія металу на проводах, а також створення обертаючого магнітного поля, яке використовується в трьохфазних асинхронних електродвигунах).

Генератор трьохфазного струму складається з двох основних частин: нерухомої - статора Ст та обертаючого ротора Р (рис. 3.1).

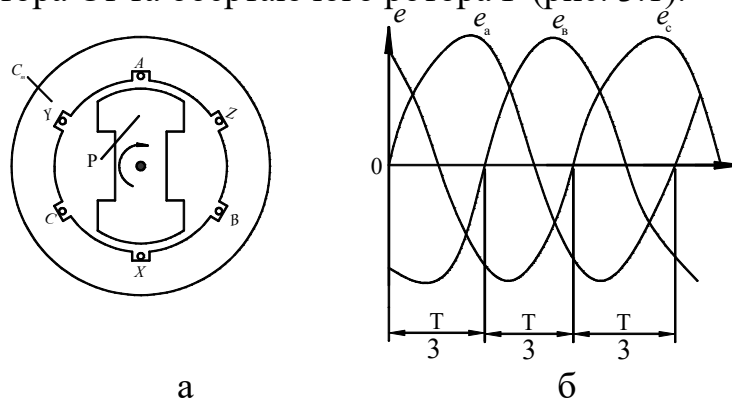


Рис. 3.1. Будова трьохфазного генератора:  
*a* – схематичне зображення; *б* – графіки ЕРС обмоток

Для зменшення втрат від вихрових струмів статор набирають із окремих колоподібних ізолюваних один від одного спеціальним лаком листів електротехнічної сталі товщиною 0,3...0,5 мм. Три обмотки AX, BY і CZ укладають в спеціально виштампувані по внутрішній поверхні статора пази. Вісі обмоток здвинуті одна відносно другої на кут  $120^\circ$ .

## 2. Будова трьохфазного генератора

Ротор трьохфазного генератора представляє собою двох або більш полюсний постійний магніт, розташований на валу. В потужних генераторах ротор набраний так само як і статор, з окремих ізольованих сталевих листів і має обмотку збудження, яка живиться постійним струмом.

Ротор генератора приводиться в обертання первинним двигуном (водяної, парової або газової турбінною, двигуном внутрішнього згорання і т.д.). Так як магнітне поле ротора, що обертається неодноразово, перетинає фазні обмотки генератора, то ЕРС обмоток здвинуті одна відносно іншої на  $1/3$  періоду, як показано на рис. 3.1, б.

В будь-який момент часу сума миттєвих значень ЕРС в обмотках трьохфазного генератора дорівнює нулю.

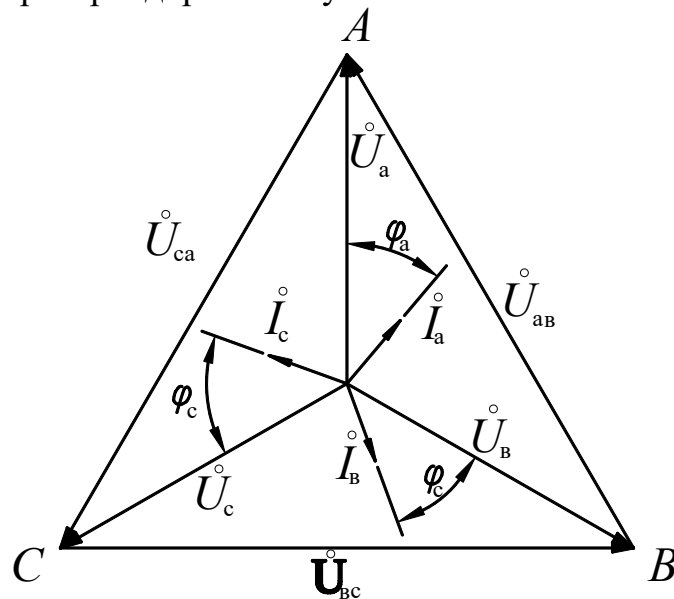


Рис. 3.2. Векторна діаграма трьохфазної чотирьохпровідної системи

Кожна з обмоток трьохфазного генератора може слугувати самостійним джерелом енергії та насичувати окремий електроприймач. При цьому виходить так названа незв'язна трьохфазна система.

Обмотки статора називаються також і фазами генератора. У кожній фазі генератора розрізняють кінець ( $X, Y, Z$ ) та початок ( $A, B, C$ ). Якщо всі три кінця або три початки обмоток з'єднати в одну точку, отримається з'єднання, яке називається зіркою та позначається знаком  $Y$ . Якщо ж з'єднати кінець першої фази з початком другої, кінець другої з початком третьої та кінець третьої з початком першої, то отримаємо з'єднання, яке носить назву трикутник та позначається знаком  $\Delta$ .

При з'єднанні фаз генератора в зірку точка, в якій з'єднуються всі фази (точка  $N$ ) називається нульовою, а провід, йдучи від неї до споживачам ( $N_n$ ) електричної енергії - нульовим. Нульову точку генератора заземляють.

Проводи  $Aa, Bb, Cc$ , з'єднуючі фази генератора і фази споживачів, називаються лінійними. Між лінійними проводами діє лінійна напруга  $U_{AB}$ ,

$U_{AC}$ ,  $U_{BC}$ , а між нульовим проводом, і кожним з лінійних діє фазна напруга –  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$ .

Співвідношення між значеннями лінійних і фазних напруг у трифазній системі при з'єднанні обмоток генератора зіркою легко встановити по векторній діаграмі (рис. 3.2).

При цьому лінійні струми рівні фазним ( $I_L = I_\phi$ ), а лінійні напруги більше в  $\sqrt{3}$  рази фазних, тобто

$$U_L = \sqrt{3}U_\phi. \quad (25)$$

Значення лінійних струмів визначають із виразів:

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A}; \quad I_B = \frac{U_B}{Z_B}; \quad I_C = \frac{U_C}{Z_C}. \quad (26)$$

де  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$  – фазна напруга,  $Z_A$ ,  $Z_B$ ,  $Z_C$  – опір фаз споживача.

Струм в нульовому проводі дорівнює геометричній (векторній) сумі лінійних струмів:

$$I_N = I_A + I_B + I_C. \quad (27)$$

При з'єднанні генератора і споживача за схемою трикутник лінійні напруги  $U_{AB}$ ,  $U_{AC}$ ,  $U_{BC}$  є одночасно і фазними. Фазні струми у споживача визначають із співвідношень:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{Z_{AB}}; \quad I_{BC} = \frac{U_{BC}}{Z_{BC}}; \quad I_{CA} = \frac{U_{CA}}{Z_{CA}}, \quad (28)$$

Лінійні струми в цьому випадку рівні геометричній (векторної) різниці фазних струмів:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}; \quad \dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}; \quad \dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}. \quad (29)$$

Лінійні струми в  $\sqrt{3}$  рази більше фазних:

$$I_L = \sqrt{3}I_\phi \quad (30)$$

Активна потужність трифазної системи при з'єднанні споживачів зіркою і трикутником визначається як сума потужностей окремих фаз:

$$P = P_A + P_B + P_C. \quad (31)$$

При рівномірному навантаженні фаз

$$P = 3P_\phi. \quad (32)$$

Потужність, що споживається трьохфазним електроприймачем, розраховується за формулою

$$P = \sqrt{3}U_L I_L \cos \phi. \quad (33)$$

### 3. Схема включення однофазних та трьохфазних електроприймачів

У сільському господарстві набула поширення трифазна чотири провідна система 380/220 В (зірка з нульовим проводом), яка дозволяє мати дві напруги, що відрізняються в  $\sqrt{3}$  рази. У практиці знаходять застосування трифазні системи з напругою 220/127 і 660/380 В.

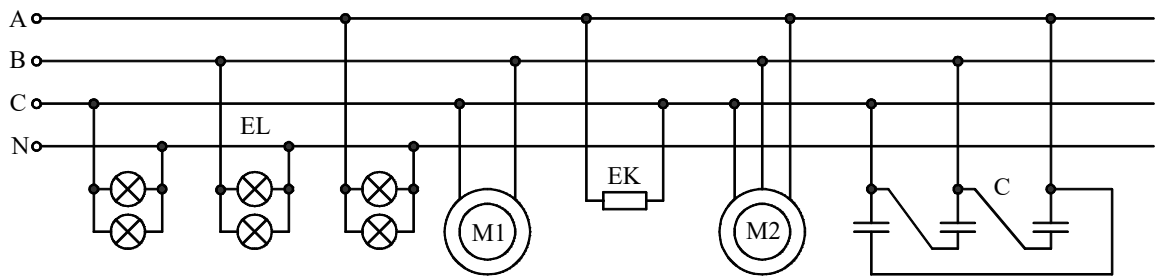


Рис. 3.3. Схема включення однофазних та трьохфазних електроприймачів в трьохфазну мережу

Електроприймачі, що включаються в трифазну мережу, можуть бути як однофазними, так і трифазними. Трифазні електроприймачі поділяються на симетричні і несиметричні. Симетричними називаються такі, у яких всі фази мають однакові активні і реактивні складові опорів. Якщо ця вимога не виконується, то електроприймачі називаються несиметричними. Формули (30) і (32) справедливі для симетричних електроприймачів.

Фази трифазних електроприймачів можуть з'єднуватися в зірку або трикутник залежно від номінальної напруги, на яку розрахований електроприймач. На рис. 3.3 показана схема включення однофазних і трифазних електроприймачів у трифазну чотирьох провідну систему з напругою 380/220 В. Група ламп розжарювання EL включена зіркою, однофазний електродвигун M1 включений на лінійну напругу  $U_{\text{вс}} = 380 \text{ В}$ , нагрівальний елемент EK також включений на лінійну напругу  $U_{\text{AC}}$ , трифазний електродвигун M2 включений зіркою, батарея конденсаторів C включена трикутником.

### Контрольні запитання для самоперевірки

1. Наведіть з яких складових складається Генератор трьохфазного струму.
2. Скільки полюсів має трьохфазний генератор.
3. Як визначається значення лінійних струмів?
4. Наведіть схему включення однофазних та трьохфазних електроприймачів.

## ЛЕКЦІЯ №4

# ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ

### План лекції

1. Вступ.
2. Основні поняття.

### Хід проведення

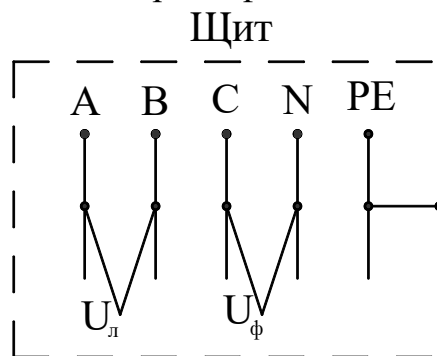
- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

### 1. ВСТУП

Під час проведенні різних видів робіт з монтажу, налагодження, ремонту та експлуатації електроустаткування підприємств, інженери-енергетики часто зустрічаються та працюють з такими основними поняттями та визначеннями:

1) Провід, що з'єднує нульові точки трансформатора (генератора) та електроприймача, називають **нульовим** проводом чи нейтралю. Напруга між лінійним провідником та нульовим називається **фазна**. Провід, що з'єднує фазу трансформатора (генератора) з зажимом електроприймача, називають лінійним проводом. Напруга між лінійними проводами називається лінійною.

В нульовому проводі протікає струм, що рівний геометричній сумі миттєвих значень в трьох фазах.



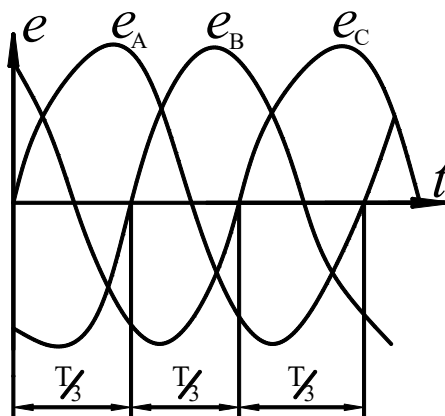
A, B, C, – фази,  
N – робочий нуль, нейтраль,  
PE – захисний нуль.

### 2. Основні поняття

2) **Робочий нуль, N** – в електроустановках до 1 кВ так називається провідник, який використовується для живлення електроприймачів, з'єднаний з глухозаземленою нейтраллю джерела живлення.

3) **Суміщений нуль, PEN** – в електроустановках до 1 кВ так називається провідник, що поєднує функцію нульового захисного та нульового робочого провідника.

4) **Трифазна система** – сукупність трьох однофазних електричних кіл змінного струму (фази), в яких діють три змінних напруги однаковою частотою, здвинутих по фазі один відносно одного. Найбільш розповсюдженими є симетричні трифазні системи, напруги в яких синусоїдальні, рівні по величині та мають зсув фаз, що дорівнює  $120^\circ$  тобто на  $1/3$  періода.



5) **Фаза** – назва для провідника, що має відносно землі високий потенціал змінної напруги (220 В)

6) **Головна заземлююча нейтраль** – шина, що є частиною заземлюючого пристрою електроустановки до 1 кВ та призначена для приєднання декількох провідників з метою заземлення та вирівнювання потенціалу.

7) **Глухозаземлена нейтраль** – нейтраль трансформатора або генератора, приєднана безпосередньо до заземлюючого пристрою. Глухозаземленим може бути також вивід джерела однофазного змінного струму або полюс джерела постійного струму в двопровідних мережах, а також середня точка в трипровідних мережах постійного струму.

8) **Ізольована нейтраль** – нейтраль генератора або трансформатора, що не приєднана до заземлюючого пристрою або приєднана до нього крізь великий опір приладів сигналізації, вимірювання, захисту та інших аналогічних їм пристроїв.

9) **Заземлена нейтраль** – нейтраль трансформатора або генератора, що приєднана до заземлюючого пристрою безпосередньо або крізь малий опір (трансформатори струму та ін.)

10) **Заземлення** – електричне з'єднання будь-якої точки системи електроустановки або обладнання з заземлюючими пристроями.

11) **Заземлюючий пристрій** – сукупність заземлювача та заземлюючих провідників.

12) **Заземлюючий провідник** – провідник, що з'єднує заземлюючу частину (точку) з заземлювачем.

13) **Заземлювач** – провідна частина або сукупність з'єднаних між собою провідних частин, що знаходяться в електричному контакті з землею безпосередньо або крізь проміжне провідне середовище.

14) **Робоче заземлення** – заземлення точки або точок струмоведучих частин електроустановки, що виконане для забезпечення роботи електроустановки (не з метою електробезпеки).

15) **Природній заземлювач** – стороння провідна частина, що знаходиться в електричному контакті з землею безпосередньо або крізь проміжне середовище, що використовується з метою заземлення.

16) **Захисне занулення** – в електроустановках напругою до 1 кВ проводиться з'єднання відкритих провідних частин з глухозаземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трифазного струму з глухозаземленим виводом джерела однофазного струму, з заземленою точкою джерела в мережах постійного струму, що виконується з метою безпеки.

17) **Зона нульового потенціалу** (відносна земля) – частина землі, що знаходиться поза зоною впливу якого-небудь заземлювача, електричний потенціал якого приймається рівним нулю.

18) **Зона розтікання** (локальна земля) – зона землі між заземлювачем та зоною нульового потенціалу.

**Зона розтікання** – область землі, в межах якої виникає помітний градієнт потенціалу при стіканні струму з заземлювача.

19) **Електроустаткування** – це сукупність електротехнічних пристроїв, призначених для виконання певних функцій. Воно може забезпечувати безпечну і надійну роботу, якщо конструктивне виконання відповідає умові довкілля і режимам роботи.

20) **Ввідний пристрій (ВП)** – сукупність конструкцій, апаратів і приладів, встановлених на вводі лінії живлення в будівлю або її відокремлену частину.

21) **Вводно-розподільні пристрої (ВРП)** – ВП включає в себе апарати та прилади фідерних ліній.

22) **Головний розподільний щит (ГРЩ)** – розподільний щит, через який забезпечується електроенергією весь будинок або його відокремлена частина.

23) **Розподільний пункт (РП)** – пристрій, в якому встановлені апарати захисту і комутаційні апарати для окремих електроприймачів або їх груп.

24) **Груповий щиток** – пристрій, в якому встановлені апарати захисту і комутаційні апарати для окремих груп світильників, штепсельних розеток і стаціонарних електроприймачів.

25) **Квартирний щиток** – груповий щиток, установлений у квартирі і призначений для приєднання мережі, що живить світильники, розетки та стаціонарні електроприймачі.

18) **Поверховий розподільний щиток** – щиток, установлений на поверхах житлових будинків для живлення квартир або квартирних щитків.

26) **Електрощитове приміщення** – приміщення, доступне тільки для обслуговуючого персоналу, в якому встановлюються ВП, ВРП, ГРЩ, та інші розподільчі пристрої.

27) **Живляча освітлювальна мережа** – мережа від розподільного пристрою підстанції або відгалуження від повітряних ліній електропередачі до ВП, ВРП, ГРЩ.

28) **Розподільна мережа** – мережа від ВП, ВРП, ГРЩ до розподільних пунктів, щитків і пунктів живлення зовнішнього освітлення.

29) **Групова мережа** – мережа від щитків до світильників, штепсельних розеток та інших електроприймачів.

30) **Пункт живлення зовнішнього освітлення** – розподільчий пристрій для приєднання групової мережі зовнішнього освітлення до джерела живлення.

31) **Фаза нічного режиму** – фаза живильної або розподільної мережі зовнішнього освітлення, не відключається в нічні години.

32) **Захисне заземлення** – заземлення частин електроустановки з метою забезпечення електробезпеки.

33) **Занулення** – з'єднання металевих, не струмоведучих частин електричного приладу або пристрою з нульовим проводом (нейтралю) живильної трифазної мережі. Застосовується для захисту від ураження струмом при замиканні фази на металеві, не струмоведучі частини.

Принцип дії оснований на виникненні короткого замикання при пробі фазы, що призведе до спрацювання системи захисту (автоматичний вимикач або перегорання плавких запобіжників).

34) **Замикання на землю** – випадкове з'єднання частин електроустановки, що знаходяться під напругою з конструктивними частинами, не ізольованими від землі або безпосередньо з землею.

35) **Замикання на корпус** – випадкове з'єднання частин електроустановки, що знаходяться під напругою з їх конструктивними частинами, що нормально не знаходяться під напругою.

36) **Нульовий провідник** – провід мережі, який з'єднаний з глухо-заземленою нейтраллю трансформатора або генератора.

#### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Відтворіть електричний щит та позначте там: фази, робочій нуль та захисний нуль.

2. Законспекуйте визначення основних понять.

## ЛЕКЦІЯ №5

### УМОВНІ ГРАФІЧНІ ТА БУКВЕНІ ПОЗНАЧЕННЯ НА ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМАХ

#### План лекції

1. Умовні графічні позначення на електричних схемах
2. Буквені позначення на електричних схемах

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### 1. Умовні графічні позначення

Для конструкторів ланцюгів, слюсарів КВП, електромонтерів, вміння прочитати електросхему - ключове якість і показник кваліфікації. Без спеціальних знань відразу розібратися в тонкощах проектування приладів, ланцюгів і способах з'єднання електровузлів неможливо.






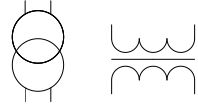











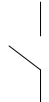
Умовні позначення можна вважати особливим криптографічним кодом, що пояснюють роботу і принцип дії конкретної схеми. Основними компонентами електронної техніки є: резистори, конденсатори, котушки індуктивності та дроселі, трансформатори, комутаційні пристрої, електровакуумні прилади, прилади відображення інформації, напівпровідникові прилади, акустичні прилади, антени, п'єзоелектричні прилади, лінії затримки, джерела струму, запобіжники і розрядники, електродвигуни, лампи розжарювання, елементи цифрової техніки, елементи аналогової техніки, проводи, кабелі, хвилеводи та ін. Всі ці елементи зображуються на схемах у вигляді умовних графічних позначень (УГП).

Види і типи схем, загальні вимоги до їх виконання, УГП елементів в схемах регламентуються державними стандартами Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).

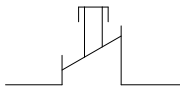
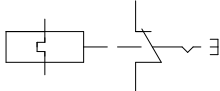




Зарубіжні стандарти на УГП і, зокрема, американські ANSI і IEEE значно відрізняються від вітчизняних позначень за ЄСКД. Тому створенням УГП елементної бази або її редагуванням доводиться займатися досить часто. Для їх побудови необхідно користуватися спеціальною довідковою літературою.

Тому, відповідно до ДСТУ EN 60204-1:2015 були систематизовані основні графічні позначення електричних апаратів та їх елементів в електричних схемах див. табл. 1.1, а також буквені позначення що відповідають зазначеним елементам.

## Позначення електричних апаратів та їх елементів в електричних схемах

№пп	Найменування	Позначення
1	Обмотка трансформатора, автотрансформатора, дроселя та магнітного підсилювача	
2	а) робоча обмотка	
3	б) обмотка керування	
4	Магнітопровід	
5	Котушка індуктивності, реактор, дросель з магнітопроводом	
6	Трансформатор однофазний	
7	Резистор постійний	
8	Резистор змінний	
9	Резистор змінний в реостатному включенні	
10	Резистор з нелінійним регулювання	
11	Конденсатор	
12	Конденсатор змінної ємкості	
13	Діод	
14	Тунельний діод	
15	Транзистор типу р-п-р	
16	Фоторезистор	
17	Фотодіод	
<b>Комутаційні пристрої та контактні з'єднання</b>		
<b>Контакт комутаційного пристрою:</b>		
18	а) Замикаючий	

№пп	Найменування	Позначення
19	б) Розмикаючий	
20	в) Перемикаючий	
<b>Контакт замикаючий зі сповільнювачем, що діє:</b>		
21	а) при спрацюванні	
22	б) при повернені	
23	в) при спрацюванні та повернені	
<b>Контакт розмикаючий зі сповільнювачем, що діє:</b>		
24	а) при спрацюванні	
25	б) при повернені	
26	в) при спрацюванні та повернені	
27	Контакт автоматичного вимикача	
28	Контакт з механічним зв'язком	
29	Контакт теплового реле при рознесеному способі зображення реле	
30	Вимикач триполюсний автоомтичний	
<b>Вимикач кнопковий нажимний</b>		
31	а) з замикаючим контактом	

32	б) з розмикаючим контактом	
33	Реле електротеплове без самоповернення (з поверненням натисненням кнопки)	
34	Заземлення	
35	Корпус (машини, апарату, приладу)	
36	Котушка електромагнітного пускача	
37	Сприймаюча частина електротеплового реле	

## 2. Буквені позначення на електричних схемах

### Буквене позначення – найменування елемента

**ЕК** – нагрівний елемент;  
**ЕJ** – освітлювальна лампа;  
**EU** – плавкий запобіжник;  
**EV** – розрядник;  
**НА** – прилад звукової сигналізації;  
**Н** – прилад світлової сигналізації;  
**КА** – струмове реле;  
**КК** – електро-теплове реле;  
**КМ** – контактор, магнітний пускач;  
**КТ** – реле часу;  
**К** – реле напруги;  
**LL** – дросель люмінісцентного освітлення;  
**РА** – амперметр;  
**Р** – частотометр;  
**PI** – лічильник активної енергії;  
**PK** – лічильник реактивної енергії;  
**PV** – вольтметр;  
**PW** – ваттметр;  
**QF** – автоматичний вимикач;  
**QK** – короткозамикач;  
**QS** – роз'єднувач;  
**R** – терморезистор;  
**SA** – вимикач або перемикач;  
**SB** – кнопковий вимикач;  
**SF** – автоматичний вимикач у колах керування.  
**ТА** – трансформатор струму;  
**TV** – трансформатор напруги;

**VD** – діод, стабілітрон;  
**VT** – транзистор;  
**VS** – тиристор;  
**XA** – струмознімач, ковзний контакт;  
**XP** – штир;  
**XS** – гніздо;  
**XT** – розбірне з'єднання (клемний набір);  
**YA** – електромагніт;  
**VB** – гальмо з електромагнітним приводом;  
**VC** – муфта з електромагнітним приводом.

**Вимикач, що спрацьовує від:**

**SL** – рівня;  
**SP** – тиску;  
**SQ** – положення;  
**SR** – частоти обертання;  
**SK** – температури.

**Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Дайте визначення функціональної та структурної схем.
2. Що представляє собою принципова схема?
3. Дайте визначення електричної схеми.
4. Які види електричних схем ви знаєте?
5. Що вказує схема підключення та розрахункова схема?
6. Які умовні графічні позначення в схемах електричних машин Ви знаєте?
7. Які умовні графічні позначення в схемах електропостачання та підстанцій Ви знаєте?
8. Які умовні графічні позначення в схемах контактних з'єднань Ви знаєте?

## ЛЕКЦІЯ №6

# ВИРОБНИЦТВО, ПЕРЕДАЧА ТА РОЗПОДІЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

### План лекції

1. Електричні станції
2. Організація електропостачання
3. Розподільчі установки та підстанції

### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумки.

### **I. Електричні станції**

Електрична енергія виробляється на електричних станціях, на яких в електричну перетворюються інші види енергії: теплова, водна, атомна, вітру, сонця та ін. В залежності від виду енергії електричні станції поділяються на теплові, гідро, атомні, вітрові та ін.

На теплових електростанціях виробляється електрична енергія в результаті перетворення теплової енергії, що виділяється при згоранні в печах котлів твердого палива (вугілля, торф, горючі сланці), рідкого (мазут) і газоподібного (природний газ, а на металургійних заводах – доменний і коксовий газ).

Теплова енергія перетворюється в механічну енергію обертання турбіни, яка, в свою чергу, в генераторі, що з'єднаний з турбіною, перетворюється в електричну. Генератор стає джерелом електроенергії. Теплові електростанції розрізняють по типу первинного двигуна (парова турбіна, парова машина, двигун внутрішнього згорання, локомотив, газова турбіна), а також по виду енергії, що відпускається, (конденсаційні і теплофікаційні). Конденсаційні станції постачають споживачів тільки електричною енергією. Вироблений пар проходить цикл охолодження і, перетворюючись в конденсат, знову подається в котел.

Постачання споживачів не тільки електричною, але і тепловою енергією здійснюється теплофікаційними станціями, які називаються теплоелектроцентралями (ТЕЦ). На цих станціях теплова енергія тільки частково перетворюється в електричну, а в основному витрачається на постачання підприємств і інших споживачів, розташованих в безпосередній близькості від електростанції, паром і гарячою водою.

Гідроелектростанції (ГЕС) будують на річках, використовуючи напір потоку води, який штучно створюється плотиною внаслідок різниці рівнів води по обом її сторонам. Вода обертає робоче колесо гідротурбіни і

з'єднаний з нею електричний генератор, при цьому енергія потоку води перетворюється в електричну, яка виробляється генератором.

Атомні електростанції (АЕС) представляють собою теплові паротурбінні станції, але працюючі не на органічному паливі, а використовують в якості джерела енергії тепло, яке отримують в процесі поділу ядер атомів ядерного палива (горючого) – урану або плутонію. На АЕС роль котельних агрегатів виконують атомні реактори і парогенератори.

## **2. Організація електропостачання**

Електропостачання споживачів електричною енергією здійснюється переважно від електричних мереж, які об'єднують ряд електростанцій. Паралельна робота електричних станцій на загальну електричну мережу забезпечує раціональний розподіл навантаження між ними, найбільш економічне вироблення електроенергії, краще використання встановленої потужності станції, підвищення надійності електропостачання споживачів і подачі їм електроенергії з нормальними якісними показниками по частоті і напрузі.

Енергетичною системою (енергосистемою) називають сукупність електростанцій, ліній електропередачі, підстанцій і теплових мереж, а також приймачів електричної і теплової енергії, зв'язаних в одне ціле цілістю режиму і неперервністю процесу вироблення і споживання електричної і теплової енергії.

Електрична система, являючись частиною енергосистеми, складається із підстанцій і ліній електропередачі різних напруг. Передача енергії, виробленої потужними районними електростанціями, в електромережу для постачання споживачів, як правило, здійснюється по лініям високої напруги (110 кВ і більше) через підвищувальні трансформаторні підстанції.

По забезпеченню надійності електропостачання Правилами устрою електроустановок (ПУЕ) електричні приймачі діляться на три категорії:

1 категорія – електричні приймачі, порушення електропостачання яких може спричинити небезпеку для життя людей, значні збитки народному господарству, масовий брак продукції, вихід з ладу важкого технологічного процесу, порушення особливо важливих елементів міського господарства (наприклад, доменні і мартенівські печі, деякі цехи хімічних підприємств, електрифіковані залізні дороги, метро);

2 категорія – електричні приймачі, перерва електропостачання яких зв'язана з масовим недовипусканням продукції, простоєм робочих механізмів і промислового транспорту, порушенням нормальної діяльності значної кількості міських жителів (наприклад, швейні і взуттєві фабрики, міський електротранспорт невеликих міст);

3 категорія – всі інші електричні приймачі, які не підходять під визначення 1 і 2 категорій.

Перерва в електропостачанні електричних приймачів 1 категорії може бути допустимий лише на час автоматичного вводу резервного живлення, 2 категорії – на час, необхідний для включення резервного живлення персоналом або виїзною оперативною бригадою, і 3 категорії – на час,

необхідний для ремонту або заміни несправного елемента системи електропостачання, але не більше однієї доби.

У відповідності до вказаних вимог надійності електропостачання живлення електричних приймачів 1 і 2 категорій здійснюється від двох незалежних джерел. Однак в деяких випадках живлення електричних приймачів 2 категорії допускається і по одній повітряній лінії напругою 6 кВ і вище, а також по одній кабельній лінії, якщо вона складається не менше ніж з двох кабелів, з'єднаних на початку і в кінці лінії через окремі роз'єднувачі. Електропостачання електричних приймачів 3 категорії здійснюється по простій схемі з однією живлячою лінією без обов'язкового резервування.

### **3. Розподільчі установки та підстанції**

Розподільчими установками (РУ) називають електроустановки, які призначені для прийому і розподілу електроенергії, які містять комутаційні апарати, збірні і з'єднувальні шини, допоміжні пристрої (компенсаторні, акумуляторні і т.д.), а також пристрої захисту, автоматики і вимірювальні прилади.

Розрізняють пристрої відкриті – ВРУ (всі або основні пристрої розташовані на відкритому повітрі) і закриті – ЗРУ (пристрої розташовані в приміщенні). Особливо потрібно виділити комплектні розподільчі установки (КРУ) як найбільш розповсюджені. Комплектною розподільчою установкою називають установку, яка складається із повністю або частково закритих шаф або блоків із вбудованими в них апаратами, пристроями захисту і автоматики, що надходять в зібраному або повністю підготовленому для збірки вигляді. КРУ виконують як для внутрішньої, так і для зовнішньої установки.

Підстанцією називають електроустановку, яка служить для перетворення і розподілу електроенергії, що складається із трансформаторів або інших перетворювачів енергії, розподільчих пристроїв, пристроїв управління і допоміжних споруд. Підстанції розділяють на трансформаторні і перетворювальні в залежності від функцій, якими вони володіють.

Підстанція, на якій перетворюється напруга змінного струму за допомогою трансформатора, називається трансформаторною (ТП). Якщо напруга змінного струму на ТП перетворюється в більш низьку, її називають знижувальною, а якщо в більш високу – підвищувальною.

Підстанція, яка живиться безпосередньо від енергетичної системи, називається головною понижувальною підстанцією (ГПП) підприємства.

Пункт, призначений для прийому і розподілу електроенергії без її перетворення і трансформації, називають розподільчим (РП), а розподільчий пункт, який отримує живлення безпосередньо від енергетичної системи – центральним розподільчим пунктом (ЦРП).

Трансформаторні підстанції, як і розподільчі установки, виготовляють і оснащують комплектними (КТП, КПП), в зібраному або повністю підготовленому для зборки вигляді.

Більшість підприємств живиться від районних підстанцій, які входять в склад енергосистеми, по лініям електропередачі високої напруги через

понижувальні трансформатори, установлені на підстанціях споживача, через пункти прийому і розподілу електроенергії (ГПП, ЦРП, РП і ТП), максимально наближені до споживачів.

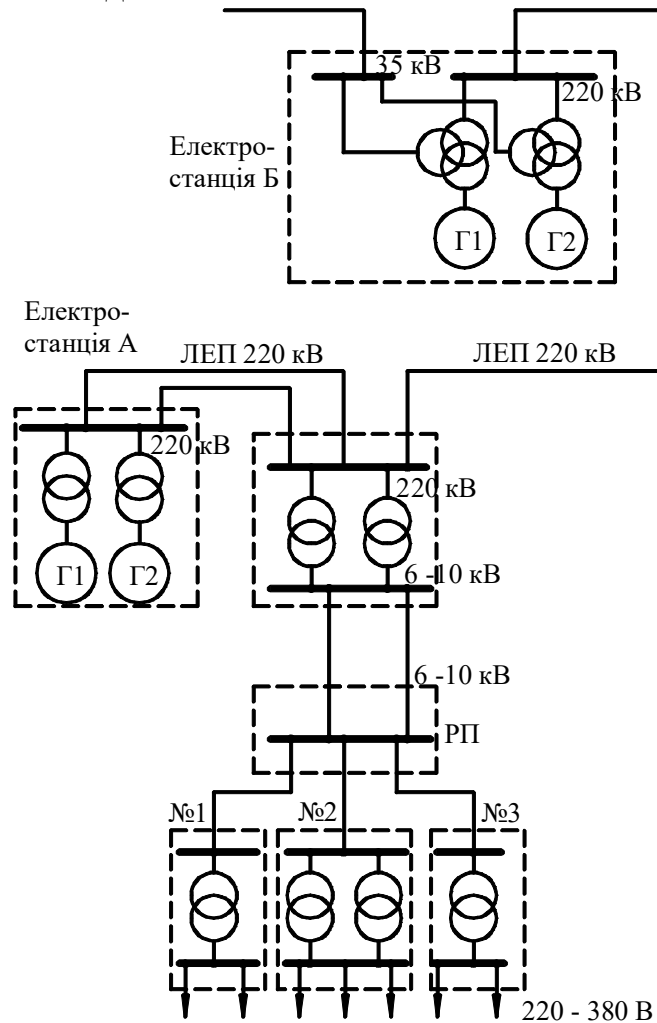


Рис. 6.1. Схема передачі і розподілу електричної енергії:  
Г1, Г2- генератори, РП – розподільчий пункт

Схема передачі і розподілу електричної енергії показана на рис.6.1. вона залежить від відстані між підприємством і джерелом живлення (електростанцією, мережею високої напруги енергосистеми), споживаної потужності, територіального розміщення навантажень, вимог надійності, категорії електричних приймачів по безперервності живлення, а також від числа приймальних і розподільчих пунктів на підприємстві.

#### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Як перетворюється енергія палива, річок і внутрішньоядерна в електричну на теплових, гідравлічних та атомних електростанціях?
2. Як передається та розподіляється електроенергія від електростанцій до споживачів?
3. На які категорії по надійності електропостачання розділяють споживачів електроенергії?
4. Що таке розподільний прилад та підстанція?

## ЛЕКЦІЯ №7

### ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ТА БУДІВЕЛЬНІ ПРАВИЛА І НОРМИ

#### План лекції

1. Загальні відомості
2. Робота електроустановок

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### **1. Загальні відомості**

Основні принципи організації і вимоги до проведення монтажу електротехнічних установок регламентуються Правилами устрою електроустановок (ПУЕ) і Будівничими нормами і правилами (БНіП), а також монтажними інструкціями, технологічними правилами і інструкціями заводів-виробників.

В ПУЕ перелічені вимоги до електричних мереж і елементів електропостачання; вказані правила вибору провідників по нагріву і економічній щільності струму, а також вибору електричних приладів і апаратів по умовам короткого замикання; приведені загальні вимоги будови електротехнічних установок, а також керівні положення по забезпеченню безпеки при монтажі і експлуатації електротехнічних пристроїв, об'єм і норми приймально здавальних випробувань електроустановок.

В БНіПі приведені норми і основні технологічні правила монтажу всіх видів електротехнічних пристроїв; визначені загальні вимоги до організації робіт, вимоги до проектної і технічної документації, а також до будівель і споруд, які приймаються під монтаж електрообладнання, і інші питання організаційно-технічної підготовки монтажних робіт. Крім того, вказані вимоги до доставки обладнання, порядок і умови його приймання, зберігання і здачі в монтаж.

#### **2. Робота електроустановок**

Нормальна робота електроустановок залежить від різних факторів навколишнього середовища. На електричні мережі і електрообладнання впливають висока температура і різні її зміни, вологість, пил, пари, газ, сонячна радіація. Ці фактори можуть змінювати строк служби електрообладнання і кабельних виробів, погіршувати умови їх роботи, спричиняти аварійність, пошкодження і навіть поломку всієї установки. Особливо залежать від умов навколишнього середовища електричні

властивості ізоляційних матеріалів, без яких не обходиться ні один електричний пристрій. Ці матеріали під впливом клімату і навіть зміни погоди можуть швидко і значно змінювати, а при критичних обставинах втрачати свої електроізоляційні властивості, необхідні для роботи обладнання.

Через несприятливі фактори навколишнього середовища є вимоги до конструкцій мереж і обладнання, що враховується при проектуванні, монтажі і експлуатації електроустановок. Вимоги до захисту електрообладнання і кабельних виробів від впливу несприятливих факторів в процесі зберігання, монтажу і експлуатації викладені і систематизовані в ПУЕ і БНіПі.

#### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Стадії електромонтажних робіт
2. Господарський розрахунок електромонтажних робіт
3. Індустріалізація електромонтажних робіт

## ЛЕКЦІЯ №8

### КЛАСИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

#### План лекції

1. Класифікація установок по кліматичному виконанню, місцем розташування при експлуатації та за ступенем захисту персоналу та електрообладнання.
2. Ступінь захисту електрообладнання.

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### **1. Класифікація установок по кліматичному виконанню, місцем розташування при експлуатації та за ступенем захисту персоналу та електрообладнання**

Для правильного вибору електроустаткування слід врахувати наступні умови:

1. Кліматичнео виконання;
2. Місце (категорія) розміщення;
3. Ступінь захисту від проникнення твердих тіл і рідини;
4. Класифікація електроустановок і приміщень.

Електротехнічні установки класифікують по кліматичному виконанні та за місцем їх розташування при експлуатації, а також за ступенем захисту персоналу та електрообладнання.

За кліматичним виконанням електротехнічні установки розділяють на три групи: для районів з помірним (позначають буквою У(N)), холодним (позначають буквами Хл(NF)) і тропічним кліматом (позначають буквами ТВ (ТН) для вологого и ТС (ТА) для сухого), О(У) – всі кліматичні райони, на суші, річках і озерах, М – помірний морський клімат, ОМ – всі райони моря, В – всі мікрокліматичні райони на суші і на морі.

Характеристика кліматичних районів наступна: перша група (помірний клімат) – середні температури повітря із щорічних абсолютних максимумів та мінімумів відповідно 40 °С або нижче, – 45 °С або вище; друга група (холодний клімат) – середня температура повітря із щорічних абсолютних мінімумів нижче – 45 °С; третя група (тропічний вологий клімат) – температура повітря 20°С або вище та відносна вологість 80% або більше протягом 12г на добу або більш ніж за період від 2 до 12 місяців і (тропічний сухий) – середня температура повітря дорівнює 40 °С із щорічних абсолютних максимумів.

Електрообладнання, які можна використовувати одночасно для всіх районів (загально кліматичного виконання), позначають буквою З, а для районів з сухим та вологим тропічним кліматом – Т (а також ТВ і ТС).

Кліматичне виконання і категорію розміщення у вигляді літер і цифр проставляють у кінці типу електротехнічних виробів.

За місцем розташування при експлуатації електрообладнання установки розглянутого кліматичного виконання ділять на п'ять укрупнених категорій: 1 – а категорія – на відкритому повітрі; 2 – а категорія – в приміщеннях або під навісом, де коливання температури і вологості повітря несуттєво відрізняються від коливань на відкритому повітрі і має порівняно вільний доступ зовнішнього повітря; 3–я категорія – в закритих приміщеннях із звичайною вентиляцією без штучних регулюючих кліматичних умов, де коливання температур і вологості повітря і впливу піску чи пилу значно менше, ніж на відкритому повітрі; 4 – а категорія – в приміщеннях з штучно регулюючими кліматичними умовами; 5 – а категорія – в приміщеннях з підвищеною вологістю. Виконання і категорію розміщення установок звичайно вказують після їх умовного позначення, наприклад силовий ящик ЯБПУ-1УЗ (У-кліматичне виконання, а З – категорія розміщення).

Кліматичне виконання і категорії розміщення вводиться в умовне позначення типу електротехнічного виробу.

Наприклад: 4А200М2 УЗ,  
де У – кліматичне виконання  
З – категорія розміщення.

## **2. Ступінь захисту**

При класифікації за ступенем захисту умовне позначення електротехнічних установок складається із двох букв ІР (International Protection), вказуючи на міжнародну систему позначень, і двох цифр, із яких перша характеризує ступінь захисту персоналу від доторкання до струмопровідних і частин електрообладнання, що рухається, знаходячись в середині оболонки, і від попадання в середину оболонки сторонніх твердих тіл, а друга – ступінь захисту електрообладнання від проникання вологи в середину оболонки. При відсутності одного із видів захисту в позначенні установки допускається проставляти знак х.

Відкриті ІР000 – відсутній захист персоналу від випадкового дотику до струмоведучих чи рухомих частин, що знаходяться під оболонкою а також обладнання від потрапляння твердих сторонніх предметів.

**1** – є захист від випадкового дотику великої ділянки поверхні людського тіла до струмоведучих або рухомих частин, що знаходяться під оболонкою, та захист обладнання від потрапляння під оболонку сторонніх предметів діаметром не менше 52,5 мм;

**2** – передбачено захист від випадкового дотику пальців до струмоведучих чи рухомих частин і захист обладнання від потрапляння твердих сторонніх предметів діаметром не менше 12,5 мм.

**3** – існує захист від зіткнення інструменту, дроту чи інших подібних предметів товщиною понад 2,5 мм із струмоведучими або рухомими частинами і захист обладнання від потрапляння дрібних твердих сторонніх предметів діаметром не менше 2,5 мм;

**4** – є захист від зіткнення інструменту, дроту чи інших подібних предметів товщиною понад 1 мм із струмоведучими частинами і захист обладнання від потрапляння дрібних сторонніх предметів діаметром понад 1 мм;

Закриті (IP 44 - IP 54) **5** – передбачено повний захист персоналу від випадкового дотику до струмоведучих чи рухомих частин, що знаходяться під оболонкою, і захист обладнання від потрапляння пилу;

Герметичні (IP 67 – IP 68)

**6** – існує повний захист персоналу від випадкового дотику до струмоведучих чи рухомих частин і повний захист обладнання від потрапляння пилу.

Друга цифра вказує ступень захисту електрообладнання від проникнення води всередину оболонки:

**0** – захист відсутній;

**1** – захист від крапель сконденсованої води. Краплі сконденсованої води, які падають вертикально на оболонку, не впливають шкідливо на обладнання, що знаходиться під оболонкою;

**2** – захист від крапель води, що подають на оболонку, нахилено під кутом 15 градусів до вертикалі. Краплі не впливають шкідливо на обладнання розміщено в оболонці.

**3** – захист від дощу. Дощ що падає на оболонку під кутом, не більше 60 градусів до вертикалі, не впливає шкідливо на обладнання, яке знаходиться під оболонкою;

**4** – захист від бризок. Бризки води, що падають під будь яким кутом, не впливають на обладнання розміщено всередині оболонки;

**5** – захист від водяних струменів. Вода яка витікає з наконечника під тиском на оболонку в будь якому напрямку за умов, за значених у стандартах чи технічних умовах на окремі види електрообладнання, не впливає шкідливо на обладнання що знаходиться під оболонкою;

**6** – захист від впливів, характерних для палуби корабля при заливання морською хвилею вода не проникає під оболонку за умов зазначених у стандартах чи технічних умовах на окремі види електрообладнання;

**7** – захист при занурені у воду на час передбачений стандартами або технічними умовами на окремі види електрообладнання. Вода не протікає під оболонку;

**8** – захист від необмежено тривалого занурення у воду при тиску, зазначеному стандартами чи технічними умовами на окремі види електрообладнання.

– захищені IP21, IP22 (не нижче);

– бризкозахищені, краплезахищені IP23, IP24;

– водозахисні IP55, IP56;

- пилезахисні IP65, IP66;
- закриті IP44 – IP54, в цих двигунів внутрішній простір ізолювано від зовнішнього середовища;
- герметичні IP67, IP68. Ці електродвигуни виконані з особливо щільною ізоляцією від навколишнього середовища.

**Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Опишіть технологію захисту від перенапруг.
2. Для чого призначені пристрої релейного захисту та електроавтоматики?
3. Який порядок технічного обслуговування релейного захисту та електроавтоматики?
4. Які правила експлуатації релейного захисту та електроавтоматики?

## ЛЕКЦІЯ №9

### КЛАСИФІКАЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ

#### План лекції

#### 1. Класифікація приміщень

#### Хід проведення

I. Організація групи

II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.

III. Викладення нового матеріалу.

IV. Підведення підсумки.

#### 1. Класифікація приміщень

В залежності від характеру навколишнього середовища і вимогам по захисту від її впливу електроустановки розділяють на внутрішні і зовнішні. Внутрішні приміщення діляться на сухі, вологі, сирі, особливо сирі, жаркі, пильні, з хімічно активним середовищем, пожежонебезпечні та вибухонебезпечні, а зовнішні (або відкриті) установки – на нормальні, пожежонебезпечні та вибухонебезпечні (електроустановки, захищені тільки навісами, відносять до зовнішніх).

**Сухими** вважаються приміщення, в яких відносна вологість не перевищує 60%. Якщо в таких приміщеннях не буває вище 30 °С, технологічного пилу, активного хімічного середовища, пожежо- та вибухонебезпечних речовин, їх називають приміщеннями з нормальним середовищем.

**Вологі** приміщення характеризуються двома ознаками: відносною вологістю повітря (60-75%), парами або конденсуючою вологою, яка виділяється тимчасово і в невеликій кількості. Велика частина електрообладнання розрахована для роботи при відносній вологості, що не перевищує 75%, тому в сухих і вологих приміщеннях використовують електрообладнання в нормальному виконанні. До вологих приміщень відносять насосні станції, виробничі цехи, де відносна вологість підтримується в межах 60-75%, підвали що опалюються, кухні в квартирах.

**Сирі** приміщення відрізняються від вологих тим, що відносна вологість в них довготривало перевищує 75%, наприклад деякі цехи металопокриття, цементних заводів, очисних споруджень. Якщо відносна вологість повітря в приміщеннях близько 100% (стеля, підлога, стіни, предмети покриті вологою), їх відносять до особливо сирих.

На окремих виробництвах металургійних та інших галузей промисловості, наприклад в литьових, прокатних і домених цехах,

температура довгий час перевищує 30 °С. Такі приміщення називають жаркими. Вони можуть бути одночасно вологими або пильними.

**Пильними** вважають приміщення, в яких по умовах виробництва виділяється технологічний пил в такій кількості, що він осідає на проводах, проникає в середину машин, апаратів. Відрізняють пильні приміщення з струмопровідним і не струмопровідним пилом. Пил, який не проводить струм, не погіршує якість ізоляції, однак сприяє його зволоженню та зволоженню струмопровідних частин через свою гігроскопічність.

В приміщеннях з хімічно-активним середовищем по умовам виробництва постійно або довгий час містяться пари або утворюються відкладення, які руйнують ізоляцію і струмопровідні частини електрообладнання.

**Вогнебезпечними** називають приміщення, в яких використовують або зберігають горючі речовини. По ступеню вогнебезпечності їх ділять на три класи: П-І, П-ІІ, П-ІІа.

До першого класу відносять приміщення, в яких використовують або зберігають горючі речовини, до другого класу – приміщення з виділенням в них зваженого горючого пилу, не утворюючого вибухонебезпечних концентрацій, до третього – приміщення, в яких утримуються тверді або волокнисті горючі речовини, які не утворюють зважених в повітрі сумішей.

**Вибухонебезпечними** називають приміщення, в яких по умовам технології виробництва можуть утворитися вибухонебезпечні суміші горючих газів чи парів з повітрям, киснем або іншими газами-окисниками, горючого пилу або волокон з повітрям при переході їх в зважений стан. Вибухонебезпечні приміщення і зовнішні установки по ступеню небезпеки використання електрообладнання розділяють на шість класів: В-І, В-Іа, В-Іб, В-Іг, В-ІІ та В-ІІа.

В установках класу В-І по умовам виробництва може відбуватись короткочасне виникнення вибухонебезпечних сумішей горючих газів або парів горючої рідини з повітрям або з іншим окисником при нормальних технологічних режимах.

До класу В-Іа відносять установки, на яких вибухонебезпечні суміші парів та газів можуть утворюватись тільки при аваріях і несправності обладнання.

Установки класу В-Іб характерні лише місцевим утворенням вибухонебезпечних концентрацій парів та газів в повітрі й в незначних об'ємах при надійно діючій вентиляції.

Зовнішні установки, небезпечні по утворенню вибухових концентрацій горючих газів чи парів, відносять до класу В-Іг.

В установках класу В-ІІ можуть утворюватись в повітрі вибухонебезпечні концентрації зваженого горючого пилу при нормальних режимах роботи технологічного обладнання, а в установках класу В-ІІа – лише при аваріях або несправностях.

Інші зовнішні установки розділяють на нормальні та вогнебезпечні класів П-ІІІ. В останніх переробляють або зберігають горючі речовини або

тверді горючі речовини (відкриті склади мінеральних масел, вугілля, торфу, дерева і т.д.). Приміщення класифікують по найбільш високому класу вибухонебезпечності розташованих в них установок.

Агресивні, сирі, пильні та схожі їм середовища не тільки погіршують умови роботи електрообладнання, але й збільшують небезпеку електроустановок для обслуговуючого персоналу. Тому приміщення у відношенні ураження людей електричним струмом підрозділяють на три групи: зі збільшеною небезпекою, особливо небезпечні й без збільшеної небезпеки. Більшість виробничих приміщень відносять до збільшено небезпечних.

Приміщення з підвищеною небезпекою характеризуються одною із наступних умов: сирістю (відносна вологість довгий час перевищує 75%) або провідним пилом; струмопровідною підлогою (металевими, земляними, залізобетонними, цегляними); високою температурою (довгий час перевищує 35 °С); можливістю одночасного доторкання людини до з'єднаних із землею металоконструкцій будівель, технологічним апаратам, механізмам, з однієї сторони, та металічним корпусам електрообладнання – з іншої.

Особливо небезпечні приміщення характеризуються особливою сирістю або хімічно активним середовищем, або двома і більше умовами підвищеної небезпеки.

Приміщення без підвищеної небезпеки характеризуються відсутністю умов, утворюючих підвищену або особливу небезпеки.

В залежності від технологічних характеристик приміщень та їх категорій по ступеню ураження людей електричним струмом, ПУЕ визначається допустима напруга, характер виконання електрообладнання, застосованого для даного середовища, види та способи виконання електричних мереж.

### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. В чому відмінність ПУЕ і БНіП
2. Розкажіть про класифікацію електроустановок і приміщень за характером середовища і ступенем ураження людей електричним струмом, за кліматичним виконанням і категорією розміщення.

## ЛЕКЦІЯ №10

# КОМПЛЕКТАЦІЯ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯМ І МАТЕРІАЛАМИ

### План лекції

1. Зберігання матеріалів і обладнання.
2. Приймання устаткування.

### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

### 1. Зберігання матеріалів і обладнання

Умови зберігання електрообладнання, кабельної продукції і матеріалів залежать від багатьох факторів навколишнього середовища. Висока температура і різкі її зміни, зайва або недостатня вологість повітря, пил, дія сонячної радіації, корозійне або хімічний вплив - ці та інші фактори навколишнього середовища впливають на термін служби електрообладнання та кабельних виробів. При недотриманні правил зберігання погіршуються умови роботи електроустаткування, скорочується термін його служби, виникають пошкодження і аварії. Особливо сильно позначаються несприятливі кліматичні умови на електроізоляційних матеріалах, без яких не обходиться жодне електричний пристрій.

Через високу температуру повітря в електрообладнанні і кабельних виробів можливі значні пошкодження, прискорення старіння ізоляційних матеріалів, зменшення в'язкості ізоляційних та мастильних масел, а також деяких заливальних мас.

Для нормальної роботи електрообладнання необхідно, щоб його температура не перевищувала допустимої і теплота, що виділяється у вигляді втрат, розсіювалися або відводилася в навколишнє середовище, в якій воно експлуатується. Різке коливання температури також шкідливо позначається на працездатності електроустаткування, особливо поміщеного під відкритим небом. Різні види електротехнічних матеріалів та обладнання вимагають різних температурних умов зберігання.

Підвищена вологість повітря шкідливо впливає на електричні і механічні властивості ізоляційних матеріалів, призводить до корозії металів. Випав волога, осіла на обмотках та інших частинах електрообладнання, може призвести до пошкодження ізоляції. При короткочасному впливі волога адсорбується тільки на поверхні ізоляційного матеріалу, при тривалому

впливі проникає всередину його і устаткування піддається небезпеці пошкодження (розбухання ізоляції, виникнення тріщин і міхурів).

Здатність навантаження електроустаткування залежить від різниці між його допустимою температурою і температурою навколишнього середовища. Чим вище температура середовища, тим гірші умови роботи електрообладнання.

За максимальну прийнята температура: 35 °С – повітряного середовища для машин і апаратів; 25 °С – для проводів, кабелів і шин; 15 °С – води і землі при прокладці кабелів. Тому максимальні температури нагріву (і перевищення їх над температурою навколишнього середовища) для різних частин електротехнічних пристроїв обмежуються нормами: для неізольованих струмоведучих і не струмоведучих металевих частин устаткування – на повітрі 110 і в олії 90 °С; для ізольованих металевих частин і деталей з ізоляційних матеріалів (залежно від класу ізоляції) – на повітрі 80 – 110 і в олії 90 °С, для обмоток трансформаторів – в олії 105 °С. При цьому температура масла у верхніх шарах баків трансформаторів повинна бути 90 °С і в масляних вимикачах – 75 °С.

До числа кліматичних факторів, що негативно впливають на термін служби електрообладнання, відноситься морська сіль, що міститься в повітрі приморських районів (соляний туман). Розчини солі вступають в хімічну реакцію з ізоляційними матеріалами, при цьому поверхня стає шорсткою, а в поглибленнях конденсується волога, що утворює з сіллю провідні електроліти. В результаті зменшується поверхневий опір ізоляційних матеріалів і знижується пробивна напруга.

Пошкодження обладнання і кабельних виробів відбувається від пилу і піску, що містяться в атмосфері пустельних і сусідніх з ними районах. Через проникнення пилу втрачають точність (в результаті збільшення тертя) вимірювальні прилади, обмежується обертання рухомих частин машини, підвищується їх знос, що викликає часту зміну роликів підшипників.

Пилоподібні частки вугілля та оксиду заліза в забрудненій атмосфері промислових районів, осідаючи на поверхні ізоляційних матеріалів через гігроскопічності, сприяють осадженню вологи.

Сонячна радіація і в першу чергу ультрафіолетові промені скорочують термін служби гумовій ізоляції проводів та кабелів, зменшують стійкість епоксидної смоли до струмів витоку і викликають крихкість пластмасових матеріалів.

Нарешті, при зберіганні електрообладнання та матеріалів в жарких і вологих кліматичних зонах слід враховувати їх руйнування мікроорганізмами-цвіллю і бактеріями, а також шкідниками тваринного походження.

Для зберігання обладнання і матеріалів організують складське господарство - закриті або відкриті склади, навіси, оснащені вантажно-розвантажувальними засобами.

Електричну апаратуру розподільних пристроїв та комплектні розподільчі пристрої з встановленими на них апаратами зберігають у сухих

складських приміщеннях, захищених від безпосереднього попадання вологи і пилу. Для зберігання приладів захисту, вимірювання та управління виділяють сухе опалювальне приміщення. Прилади вимірювання та захисту зберігають у заводській упаковці акуратно укладеними в один або кілька рядів один над іншим. На торцях коробок, звернених у бік проходу, повинні бути написи з позначенням основних технічних характеристик. На стелажах в місці зберігання кожного виду приладів вішають бірку з позначенням їх основних технічних характеристик.

Металеві частини апаратів, не захищені від корозії, після очищення від іржі змащують технічним вазеліном. Деталі апаратів, що надходять із заводу в обгортці з паперу або толю, зберігають на складі в тому ж вигляді.

Умови зберігання розподільних щитів і щитів управління повинні відповідати умовам зберігання змонтованих на них апаратів і вимірювальних приладів. При зберіганні великих апаратів (наприклад, вимикачів і реакторів) слід встановлювати їх на дерев'яних настилах. Не допускається ставити апарати безпосередньо на землю (навіть в упаковці) щоб уникнути проникнення вологи в упаковку і корозії їх деталей.

Прохідні ізолятори та трансформатори струму укладають на полиці стелажів в один ряд горизонтально або на спеціальні стелажі у вертикальному положенні. Трансформатори напруги ставлять на полиці або дерев'яний настил на підлозі в один ряд.

Масляні вимикачі розміщують на дерев'яному настилі на підлозі, бакові - у нормальному положенні (втулками вгору), а горшкові і автогазовий - горизонтально.

Роз'єднувачі і трубчасті запобіжники встановлюють на полицях на цоколі, а за відсутності цоколів - на опорні ізолятори.

Бетонні реактори зберігають у заводській обрешітці, яку знімають тільки на місці установки, а розрядники - у нормальному робочому положенні, не допускаючи їх перекидання. Порядок зберігання трансформаторів до початку монтажу регламентований спеціальною інструкцією.

При зберіганні статичних паперово-масляних конденсаторів необхідно захищати їх від місцевого нагріву радіаторами опалення, а також прямого нагріву сонячними променями. Температура в приміщеннях, де зберігаються конденсатори, повинна бути не нижче  $-35$  і не вище  $+35$  °С.

Обов'язковими умовами зберігання барабанів з кабелями є справність їх обшивки і підкладки під ними, а також зупинено кінці кабелів.

## **2. Приймання устаткування**

При отриманні електрообладнання та апаратів перевіряють їх комплектність, справність і відповідність характеристикам, зазначеним у проекті і пакувальних відомостях, а при прийманні матеріалів - відповідність їх якості і розмірів встановленим стандартам та чинним технічним умовам.

При прийманні електроустаткування для монтажу проводять зовнішній огляд, перевіряючи його комплектність в відповідності з пакувальною відомістю і стан в цілому (відсутність видимих дефектів), а також окремі конструктивні вузли та деталі (при необхідності частково розкривають упаковку). Повністю технічний стан прийнятого електрообладнання виявляється в процесі монтажу, ревізії та випробування; виявлені дефекти фіксуються актом для пред'явлення рекламації заводу-виробнику.

Попередній зовнішній огляд апаратів проводять без їх розбирання, при цьому перевіряють: наявність механічних ушкоджень (чи немає тріщин, подряпин, сколів на деталях, виготовлених з порцеляни й іншого ізоляційного матеріалу); справність армування ізоляторів (міцність армувального шва, відсутність напливів цементу на порцеляні і викришіння цементних швів, відсутність хитання головок і фланців ізоляторів); справність і цілість деталей зі скла; цілість пломб на запломбованих апаратах; відсутність течі масла з маслonaповнених апаратів; справність забарвлення зовнішніх поверхонь апарату; відсутність іржі, наявність паспортних табличок на апаратах.

Перевіряють різьбу отворів, гайок, болтів, шпильок та інших кріпильних деталей; підтягують болтові з'єднання; оглядають струмопровідні частини (ножі, рухомі та нерухомі контакти). Виявлені в контактній системі дефекти (раковини, вм'ятини, іржу, окалину) усувають пришлифовкою і обпилюванням, покриваються тонким шаром технічного вазеліну, обгортають порцелянові деталі папером. Перевіряють також комплектність кожного апарату відповідно до пакувальної відомістю.

Таким чином, обладнання для монтажу повинно прийматися комплектом, справним, повністю відповідним за своїми характеристиками проекту і документації заводу-виробника.

Інвентарні контейнери постійно знаходяться на складі, мають свої номери та групові знаки у вигляді прямокутника, квадрата або круга, пофарбовані в різні кольори відповідно до забарвленням цього знаку на планшетах. Така система обліку полегшує відбір матеріалів та виробів при комплектуванні зворотних контейнерів.

**Комплектація.** При підготовці виробництва та розробці ППР складають лімітні карти, які передають на склад для відпускання по них матеріалів, виробів.

#### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Які можливі несправності пускорегулюючої апаратури?
2. Які причини виникнення міжвиткових замикань?
3. Опишіть порядок ремонту контактора.

## ЛЕКЦІЯ №11

# ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ПРИ МОНТАЖІ

### План лекції

1. Загальні відомості.

### Хід проведення

I. Організація групи

II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.

III. Викладення нового матеріалу.

IV. Підведення підсумкі.

### 1. Загальні відомості

Безпечне виконання електромонтажних робіт забезпечується дотриманням правил і вимог техніки безпеки, викладених у БНіП Ш-4-80 «Техніка безпеки в будівництві» і в «Інструктивних вказівках з техніки безпеки», вимогах до безпечного виконання робіт та інших документах.

Правильно організована пропаганда безпеки попереджає травматизм і сприяє підвищенню продуктивності праці і кваліфікації електромонтажників. Застосовують різні форми навчання та методи пропаганди безпеки і в першу чергу інструктаж, курси, семінари, куточки та кабінети, плакати, фільми та ін.

Всі знову прийняті працівники незалежно від освіти, кваліфікації та виробничого стажу зобов'язані прослухати необхідний інструктаж і пройти навчання безпечним методам виробництва за затвердженою програмою не пізніше місяця з дня зарахування до штату.

До початку навчання робітники не допускаються до самостійного виконання робіт (без спостереження з боку досвідчених робітників).

Після закінчення навчання і надалі щорічно проводять перевірку знань робітниками безпечних методів виконання робіт.

Виробничий інструктаж за характером і часом проведення розділяють на первинний, періодичний, позачерговий і повторний.

**Первинний інструктаж** (на робочому місці) проводить керівник робіт, у розпорядження якого спрямований працівник, щоразу при уточненні безпечних проходів до робочого місця і можливості виникнення небезпечних умов при виконанні робіт, а також при спільній роботі з іншими бригадами (організаціями) або при роботі з машинами та механізмами. При роботі бригади (ланки) з машинами і механізмами інструктаж проводять щозміни і кожного разу при зміні робочого місця.

Інструктаж проходять всі прийняті на роботу за наймом, переводу, відряджені, учні та студенти, а також працівники, які виконують нову для них роботу або роботи на території діючого підприємства.

**Періодичний інструктаж** проводить майстер (виконроб) один раз на квартал (якщо не передбачені більш короткі терміни) за програмою первинного інструктажу на робочому місці.

**Позачерговий** (позаплановий) інструктаж проводять при переведенні працівника в інший цех, на інший об'єкт або на іншу роботу, при зміні технологічного процесу, зміні обладнання або з інших причин, в результаті яких змінюються умови безпеки роботи.

При порушенні працівником правил та інструкцій з техніки безпеки незалежно від інших заходів, прийнятих до порушника, а також при перервах у роботі (60 дн) проводять повторний інструктаж.

Розрізняють два види інструктажу: **вступний** – для всіх знову прийнятих робітників (до початку роботи) і **виробничий** – безпосередньо на робочому місці.

**Завдання вступного інструктажу** – ознайомлення новоприбулих робітників із загальними правилами техніки безпеки при виконанні електромонтажних робіт. Вступний інструктаж проводиться з окремими робітниками чи з групою у вигляді популярної бесіди з демонстрацією ілюстрованих наочних посібників (плакати, моделі, зразки інструментів та захисних засобів). Рекомендується також розбір нещасних випадків, що сталися раніше. Наказ про зарахування до штату організації видається лише після проведення вступного інструктажу про допуск до роботи – після первинного інструктажу на робочому місці. Відповідальний за проведення інструктажу – інженер з техніки безпеки або інший інженерно-технічний працівник.

Вступний інструктаж студентів, учнів старших класів середньої школи і практикантів профтехучилищ проводить головний інженер підприємства, у розпорядження якого вони надходять.

Завдання виробничого інструктажу – роз'яснення правил техніки безпеки при виконанні конкретної роботи, ознайомлення з безпечними прийомами робіт, безпечної організацією робочого місця і заходами попередження нещасних випадків. Виробничий інструктаж обов'язковий для робітників, що знову приступили до роботи, переведених з однієї роботи на іншу і при роботах з підвищеною небезпекою (на висоті, пов'язаних з переміщенням вантажів в діючих цехах), а також для працюючих на одному і тому ж об'єкті після закінчення 3 міс.

Навчання правилам і нормам безпеки обов'язково для всіх робітників і проводиться після закінчення курсів за певною програмою з перевіркою їх знань спеціальною комісією.

Для попередження травматизму необхідна організація медоглядів працюючих. Медичний огляд проходять електромонтажники при вступі на роботу і періодично під час роботи в електромонтажній організації (один раз на 2 роки).

Для електромонтажників, зайнятих на спеціальних роботах, наприклад у діючих установках, а також при роботах на висоті, електрозварювальних та ін., потрібно висновок про їх придатності до них. Вони проходять спеціальні

медичні обстеження та навчання. Всі електромонтажники вивчають прийоми надання першої допомоги при нещасних випадках.

Організаційні та технічні заходи щодо безпечних умов праці розробляються в проектах виробництва електромонтажних робіт. В умовах суміщеної роботи на об'єктах будівництва з іншими будівельно-монтажними організаціями потрібні підвищена уважність і дотримання заходів особистої обережності усіма працюючими для здійснення спільних узгоджених для всіх організацій заходів з техніки безпеки.

Особливо ретельної організаційної підготовки вимагає виробництво робіт у діючих електроустановках поблизу частин електрообладнання, що знаходиться під напругою, і при використанні електрифікованого інструменту щоб уникнути ураження електричним струмом. Виконання робіт в установках, що знаходяться під напругою або з частково знятою напругою, дозволяється у виняткових випадках. При цьому робітники-електромонтажники повинні пройти спеціальне навчання та інструктаж щодо виконання робіт в умовах діючих електроустановок з обов'язковим виконанням додаткових заходів, передбачених правилами техніки безпеки.

У діючих електроустановках роботи виконують тільки за нарядом-допуском після інструктажу з безпеки на робочому місці з боку експлуатаційного персоналу і обов'язково під його наглядом. У наряді-допуску перераховані всі монтажні операції, які повинні виконати робочі монтажники, і заходи, вжиті для забезпечення безпеки виробництва робіт.

Забороняється допускати до роботи в діючих електроустановках та цехах, а також з електроінструментом на напругу 220 В робітників, які не досягли 18-річного віку, та учнів, а також виконувати роботи в цих установках робітником що, вперше прийшов на монтаж, до проходження ним річного стажу в електромонтажній організації.

Забороняється здача в експлуатацію електроустановок з великою кількістю недоробок, що вимагають продовження монтажу при експлуатації.

### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Розкажіть про організацію безпеки праці.
2. Пошкодження та ремонт внутрішньо-цехових електромереж, джерел світла.
3. Дайте перелік захисних засобів, що застосовуються при обслуговуванні ТП.
4. Які основні правила техніки безпеки при обслуговуванні ТП?
5. Які правила перевірки та випробування захисних засобів, що застосовуються при обслуговуванні ТП?
6. Хто несе відповідальність за організацію правильного зберігання захисних засобів?
7. Які основні елементи протипожежного обладнання?

## ЛЕКЦІЯ №12

### ЕЛЕКТРОМОНТАЖНІ МАТЕРІАЛИ

#### План лекції

1. Електромонтажні матеріали.
2. Номенклатурні данні.

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### 1. Електромонтажні матеріали

При монтажі розподільних пристроїв і підстанцій застосовують різноманітні матеріали, вироби і деталі. Це шини, проводи та кабелі, електроізоляційні матеріали та вироби, метал і труби, велика номенклатура конструкцій, виробів і деталей для встановлення апаратів і приладів, а також для прокладки і кріплення шин, проводів та кабелів.

Основним матеріалом для ошиновки РУ і підстанцій є алюміній і його сплави, рідше - мідь через її дефіцитність, хоча вона - кращий провідниковий матеріал для шин. Електропровідність алюмінію складає 60% електропровідності міді. При рівній електропровідності маса алюмінієвих шин менше приблизно в два рази, але механічні властивості алюмінію значно нижче, ніж у міді. Тому поряд з алюмінієвими шинами при необхідності використовують шини з алюмінієвих сплавів, наприклад сплав АД31Т1, який на відміну від алюмінію володіє меншою тикучістю і повзучістю, що створює стабільний перехідний опір контакту при болтових з'єднаннях шин та приєднання до виводів апаратів.

Для ошиновок застосовують в основному прямокутні алюмінієві *смуги*, а в спеціальних випадках (обґрунтованих проектом) - мідні. При змінному до 200 А і постійному струмі використовують також плоску, круглу і трубчасту сталь. Монтаж ошиновки акумуляторних приміщень виконують круглими мідними шинами. Прямокутні алюмінієві шини застосовують для струмопроводів, РУ, зборок і інших електротехнічних пристроїв. Ці шини випускають шириною від 10 до 120 мм і товщиною від 3 до 12 мм, а мідні шини - шириною від 16 до 120 мм завтовшки від 4 до 30 мм.

**Провід** – це кабельний виріб, який містить одну неізольовану або одну і більше ізольованих жил, поверх яких залежно від умов прокладки може бути неметалічна оболонка і (або) обплетення, або один ізольований дріт або декілька ізольованих один від одного дротів, які мають спільне обплетення

або обмотку з ізолюючого матеріалу. **Шнур** – це провід з особливо гнучкими ізольованими жилами, кожна перерізом не більше 1,5 мм<sup>2</sup>.

## 2. Номенклатурні данні

Номенклатура проводів для електропроводок досить різноманітна. Їх поділяють на ізольовані і неізольовані, захищені і незахищені. Ізольовані дроти виготовляють з алюмінієвими і мідними струмопровідними жилами, з гумовою або пластмасовою ізоляцією. Крім того, окремі типи (види) проводів, що зветься захищеними, мають зовнішнє покриття у вигляді оболонки з гуми, пластмаси, металевих стрічок з фальцованим швом або легкий захисний покрив з обплетення бавовняної пряжі, просоченої протигнільним складом.

У відповідності з конструкцією проводів (шнурах) присвоюють марку, що складається з буквених позначень. У маркуванні перша літера А (алюміній) означає матеріал струмопровідної жили (при її відсутності струмопровідна жила виконана з міді); друга літера П – провід, третя – матеріал ізоляції (Р – гума, В – полівінілхлорид, П – поліетилен). У марках дротів і шнурів можуть бути й інші букви, що характеризують інші елементи конструкції: О – обплетення, Т – прокладка в трубках, П – плоский з роздільною основою, Ф – металева фальцована оболонка, Г – гнучкий і т. д.

**Кабель** складається з однієї або більше ізольованих жил (провідників), ув'язнених у герметичну (металеву або неметалічну) оболонку, поверх якої є або можуть бути відсутні броня і захисний покрив.

Залежно від призначення та умов експлуатації кабелів окремі елементи в їх конструкції можуть бути відсутні. Струмопровідні жили кабелів виготовляють з алюмінію і міді, а для електричної ізоляції жил застосовують просочений кабельний папір, гуму і пластмасу.

Оболонки кабелів, захищають ізоляцію жил від впливу світла, вологи, хімічних речовин та інших факторів навколишнього середовища, а також від механічних ушкоджень, можуть бути свинцевими, алюмінієвими, гумовими і пластмасовими. Броню кабелів виконують звичайно сталевими стрічками, а захисні покриття, що забезпечують їх надійність і довговічність, - з волокнистих матеріалів, пластмаси. Нормальний зовнішній покрив поверх броні кабелів складається з шару бітуму або бітумного складу, шару просоченої кабельної пряжі, другого бітумного шару і крейдяного покриття, що оберігає витки кабелів від злипання.

У відповідності з конструкцією кабелів надається марка, що складається з буквених позначень. У марці кабелів оболонка характеризується літерами С (свинцева), А (алюмінієва), Н (негорюча гума), В (полівінілхлорид), захисне покриття - літерами Б (броня зі стрічок), П (броня з плоских дротів), А (асфальтоване). Відсутність зовнішнього покриття вказується буквою Г (голий). У марках кабелів можуть бути ще літери, що вказують на наявність інших елементів конструкції, наприклад, якщо

позначення починається з букви О, це означає окремо освинцьовані жили кабелів (кожна жила укладена в окрему свинцеву захисну оболонку).

**Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Яким чином класифікують матеріали, що використовуються в електротехніці?
2. Які бувають види зв'язку атомів у молекулах?
3. Які види провідності ви знаєте?
4. Як ширина забороненої зони впливає на провідність матеріалів?

## ЛЕКЦІЯ №13

### ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНІ ВИРОБИ

#### План лекції

1. Електроізоляційні вироби
2. Електроізоляційні матеріали

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### 1. Електроізоляційні вироби

Електроізоляційні матеріали та вироби застосовують у великому асортименті - тканини, стрічки, трубки, гетинакс, текстоліт, ацеїд, фібру та ін., а також лаки, емалі, заливальні маси та вироби з порцеляни, скла і пластмас.

Електроізоляційні лакотканини виготовляють на основі бавовняних, шовкових або скляних тканин, просочених органічними і синтетичними лаками. Найчастіше застосовують у вигляді стрічок, призначених для ізоляції проводів та кабелів, обмоток електричних машин, монтажу кабельної арматури, а також для захисту ізоляції від пошкоджень.

Залежно від використовуваних матеріалів розрізняють лакотканини на бавовняної або шовкової основі, просочені органічними лаками, і на основі скляних тканин, просочених органічними, кремнійорганічними і синтетичними лаками.

Випускають лакотканини декількох марок: ЛХС і ЛХЧ (бавовняна світла і чорна), ЛХСМ (маслостійка), ЛШС (шовкова світла), ЛКС (капронова світла) та ін. Бавовняні і шовкові лакотканини виготовляють відповідно товщиною 0,15-0,30 і 0,08 - 0,15 мм в рулонах завдовжки 40 м і шириною від 700 до 1000 мм. Залежно від лаку (масляний, бітумно-масляний) склотканина має марки ЛСМ, ЛСБ, ЛСК та інші і випускається товщиною 0,15-0,24 мм в рулонах завдовжки 40 м.

При монтажі електричних мереж застосовують різні електроізоляційні стрічки-полівінілхлоридні, бавовняні, прогумовані, смоляні та ін, призначені для ізоляції проводів та кабелів.

Полівінілхлоридні стрічки (ПХВ) виготовляють на основі світлотермостійкого ізоляційного пластикату з нанесенням на одну сторону липкого клею. Вони морозостійкі, еластичні, володіють хорошими механічними властивостями і адгезією до металу, полівінілхлориду. Їх випускають шириною від 15 до 50 мм і товщиною від 0,2 до 0,45 мм.

## 2. Електроізоляційні матеріали

Ізоляційні бавовняні (непросочені) стрічки поділяють на кіперні, міткалеві і батистові. Їх застосовують в основному в якості верхнього захисного шару ізоляції котушок електричних машин і апаратів. Міткалеві і батистові стрічки, як найбільш тонкі, використовують переважно в малогабаритних конструкціях. Кіперному стрічку випускають шириною від 10 до 50 мм і товщиною 0,45 мм, міткалеві - шириною від 12 до 40 мм і товщиною 22 мм, батистову - шириною від 10 до 20 мм і товщиною 0,12-0,18 мм. Довжина бавовняної стрічки в рулоні 50 м. Для цього виду стрічок характерна значна гігроскопічність, зволоження при порушенні умов зберігання.

Ізоляційна прогумована стрічка буває односторонньою (гумова суміш нанесена з одного боку тканини) і двосторонньою (гумова суміш нанесена з двох сторін тканини) чорного або світло-сірого кольору шириною від 15 до 50 мм, товщиною 0,25-0,35 мм і довжиною в одному рулоні 55-85 м. Ця стрічка гігроскопічна.

Смоляна чорна стрічка служить для ущільнення місць введення кабелів і проводів, а також для підмотки ізоляції проводів в місцях в'язки при зовнішніх роботах. Її виготовляють з бавовняної тканини, просоченої бітумом, сплави з мінеральними маслами, шириною від 30 до 50 мм і товщиною 0,6; 0,8 і 1 мм. Вона нетеплостійка і невологостійка, має відносно низьку електричну міцність.

Для з'єднання і окінцювання кабелів з паперовою і пластмасовою ізоляцією використовують нові самозліпаючі стрічки двох груп - на основі поліолефінів марки А і Б і на основі кремнійорганічного каучуку марки ЛЕТСАР (електроізоляційна термостійка самозліплююча гумова радіаційної вулканізації), а також її різновиди - ЛЕТСАР ЛПМ (ізоляційна) і ЛЕТСАР ЛППМ (напівпровідна). Найбільш поширена друга група стрічок, що володіють високими електричними і фізико-механічними властивостями, підвищеною теплостійкістю (до 250 °С) і стійкістю до дії агресивних середовищ.

Самозліплюючі стрічки використовують в якості ізоляції, адгезійного прошарку до металу і пластмас, напівпровідного екрану і герметизуючої підмотки. Підмотки, виконані з цих стрічок з певним натягом, утворюють монолітну ізоляцію.

Термоусаджувальні трубки ТТШ виготовляють чорного кольору, решта - різних кольорів (кольори вказуються в умовному позначенні). Наприклад, ТТВ 40/20К розшифровується так: термоусаджувана трубка полівінілхлоридна діаметром 40 мм до усадки і 20 мм при вільній усадці, червоного кольору.

При прихованій прокладці ізольованих проводів, а також при проходах проводів через стіни і міжповерхові перекриття використовують ізоляційні напівтверді гумові (ебонітові) трубки з діаметром умовного проходу від 9 до 36 мм і товщиною стінок від 2,2 до 3,5 мм.

Тверді електроізоляційні матеріали - гетинакс, текстоліт, ацеїд, фібра та ін. - широко використовують в електроустановках.

Листовий електротехнічний гетинакс - шаруватий пресований матеріал з волокнистих наповнювачів (целюлозна ізоляційна папір), просочених смолою, - застосовують при виготовленні електроконструкцій і виробництві електромонтажних робіт. Гетинакс всіх марок допускає різну механічну обробку без утворення тріщин і сколів. Він відрізняється від інших матеріалів теплостійкістю, високими електротехнічними і механічними характеристиками.

Текстоліт – шаруватий пресований матеріал з бавовняної тканини, просоченої штучною смолою. Застосування таке що і у гетинакса.

Ацеїд випускають у вигляді електротехнічних дугостійкості дощок, використовуваних для виготовлення деталей електротехнічних машин і апаратів, що піддаються дії високих температур і електричної дуги (стілки іскрогасників камер, перегородки поблизу місць виникнення електричної дуги та ін), а також (після відповідної сушіння і просочення) в якості електроізоляційного матеріалу для виготовлення панелей, щитів і підстав електричних апаратів. Дощки піддаються розпилюванню, фрезеруванню й свердління без їх розшарування.

Фібру випускають у вигляді трубок і аркушів і використовують як електро-і теплоізоляційний матеріал. Він піддається механічній обробці: розпилюванню, свердління, штампуванню, фрезеруванню і обточуванню без утворення тріщин, викрошування і розшарування. Під дією вологи фібра розбухає, а при висиханні піддається усадці. Тому фібру не можна застосовувати, коли від деталей потрібна точність розмірів.

При виробництві електромонтажних робіт застосовують лаки та емалі як електроізоляційного, так і загального призначення. Електроізоляційні лаки, що містять пігменти, називають емаліями. Пігменти посилюють механічну міцність, твердість і щільність лакової плівки, покращують її адгезійну здатність і теплопровідність і надають їй бажаний колір. Лаки загального призначення використовують для захисту виробів від корозії, а також надання їм необхідного зовнішнього вигляду.

Розрізняють лаки масляні та олійно-бітумні, бакелітові, гліфтальові, гліфталево-масляні, асфальтобітумні, кремнійорганічні та ін. Різноманітна також номенклатура емалей: нітро-і нітрогліфталеві, перхлорвінілові, пентафталеві і ін.

Під час роботи, а також при тривалому або неправильному зберіганні лаки загусають через випаровування розчинників, тому перед застосуванням їх розбавляють відповідними розчинниками. Оскільки лаки, емалі та розчинники зазвичай виділяють шкідливі пари, їх зберігають у герметично закритій тарі в окремих добре вентильованих приміщеннях.

До виробів з фарфору, скла і пластмаси відносять ізолятори, клищі, трубки та ін. При монтажі електропроводок в якості ізолюючих опор застосовують ізолятори і клищі, для окінцювання ізоляційних трубок у проходах стін і перекриттів використовують втулки (для сухих приміщень) і воронки (для сирих приміщень). Порцелянові втулки мають буквене маркування ЛФД або

ВФК (втулка порцелянова довга і коротка) з цифрою після букв, що вказує діаметр ізоляційної трубки; воронки позначають В-6, В-10, В-16 і т.д.

Вертикальну установку ізоляторів в мережах напругою 1,6 і 10 кВ виконують на гаках, якорях, полуякорях, штирях, виготовлених з круглої сталі діаметром від 10 до 20 мм. Один кінець деталі закріплюють у підставі, а на інший кінець наворачують ізолятор.

При електромонтажних роботах використовують також метал і труби. Прокат чорних металів у вигляді кутової, смугової, листової і круглої сталі застосовують для виготовлення в майстернях різних монтажних виробів, деталей і конструкцій, які не випускаються заводами, а також для заземлення елементів електроустановок. Найчастіше при електромонтажних роботах використовують: кутову рівнобічну сталь малих і середніх перерізів розміром від 20X20X3 до 70X70X6 мм; смугову сталь товщиною від 4 до 8 мм і шириною від 20 до 80 мм; листову сталь товщиною від 0,8 до 4 мм і довжиною листа до 2000 мм, а також сталевий дріт діаметром від 2,5 до 8 мм. Рідше застосовують швелерну і круглу сталь.

Для електропроводок використовують сталеві водогазопровідні звичайні і полегшені труби в комплекті з муфтами і контргайками діаметром від 3/4 до 2,5" (20–70 мм). Сталеві водогазопровідні звичайні труби дозволяється застосовувати лише у випадках, передбачених проектом, коли за умовами середовища неприпустимий інший вид проводки. У сухих, вологих, жарких, запилених та інших приміщеннях переважно використовують сталеві тонкостінні електрозварні і неметалеві труби.

Труби з полімерів (поліетиленові, вінілпластові та поліпропіленові) отримують все більше поширення, оскільки мають переваги порівняно зі сталевими: невелику масу, зручність в монтажі, високі ізоляційні властивості, підвищену корозійну стійкість (у цехах з агресивними середовищами). При монтажі полімерних труб значно знижуються трудові витрати. Однак поліетиленові труби горючі і допущені до застосування тільки в прихованих проводках в будівлях не нижче другого ступеня вогнестійкості. Вінілпластові труби мають більш широку область поширення, їх можна прокладати при прихованій проводці не тільки безпосередньо по негорючих і важкогорючих будівельним підставах, а й по горючих по шару листового азбесту. Поліпропіленові труби, так само як і поліетиленові, прокладають в підлогах і фундаментах під устаткування без механічного захисту.

### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Назвіть характеристики діелектриків, які залежать від кліматичного впливу.
2. Як визначаються основні механічні властивості діелектриків?
3. Яким чином агресивні середовища впливають на основні властивості діелектрика?
4. Назвіть основні теплові властивості діелектриків.

## ЛЕКЦІЯ №14

### ЕЛЕКТРОМОНТАЖНІ ВИРОБИ І ДЕТАЛІ

#### План лекції

1. Електромонтажні вироби.
2. Електромонтажні деталі.

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумки.

#### 1. Електромонтажні вироби

Для підготовки трас прокладання проводів, кабелів, шин, їх монтажу, закріплення, з'єднання і приєднання до приладів та апаратів, захисту від впливу навколишнього середовища і механічних пошкоджень, а також для установки апаратів, приладів і світильників застосовують різноманітні монтажні вироби та деталі заводського виготовлення, що сприяють розвитку індустріальних методів монтажу.

Перфоровану сталь (рис. 14.1, а - ж) випускають у вигляді С-образних профілів з використанням закладних гайок; швелерів для виготовлення каркасів, обхватів, а також для закріплення труб, проводів та кабелів, апаратів на електроконструкціях і будівельних підставах; Z-образних профілів для закріплення на основах труб, проводів, кабелів та апаратів; кутів в якості деталі каркаса для кріплення проводів, кабелів; смужок з пряжками для закріплення прив'язкою труб або кабелів (пряжки мають вирізи для закріплення в перфорації смуги і прямокутні отвори для смужок, що кріплять кабелі або труби).

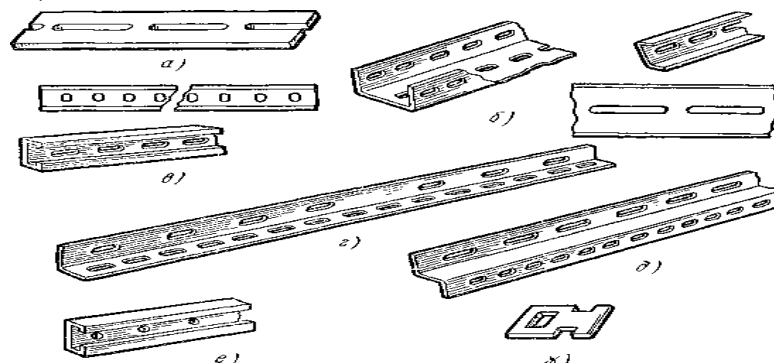


Рис 14.1. Вироби із перфорованої сталі

- а – монтажна смуга, б U – подібний профіль, в – С-образний профіль, г – нерівнобічний кут, д – Z -подібний профіль, е – рейка, ж – пряжка до перфорованих смуг

## 2. Електромонтажні деталі

З перфорованої сталі виготовляють рами і каркаси для складання блоків щитків і пускових пристроїв, для підвіски зібраних у блоки світильників, кріплення проводів та кабелів на клицях. З перфорованої смуги легко виконати планки, скоби, траверси. При використанні монтажного профілю з заставної гайкою отримують зручне кріплення для проводів, кабелів, труб, апаратів без попередньої підготовки отворів. Застосування перфорованих профілів і монтажних виробів показано на рис. 14.1, а, б, в.

Для бандажування проводів або закріплення одиночних проводів або пучків до конструкцій або перфорація монтажних профілів застосовують: сталеві смужки довжиною 80, 120 і 180 мм з пряжкою; алюмінієві смужки-пряжки довжиною від 50 до 110 мм; поліетиленові зубчасті смужки-пряжки довжиною від 75 до 200 мм, перфоровану рулонну полівінілхлоридну монтажну стрічку з поліетиленовими кнопками

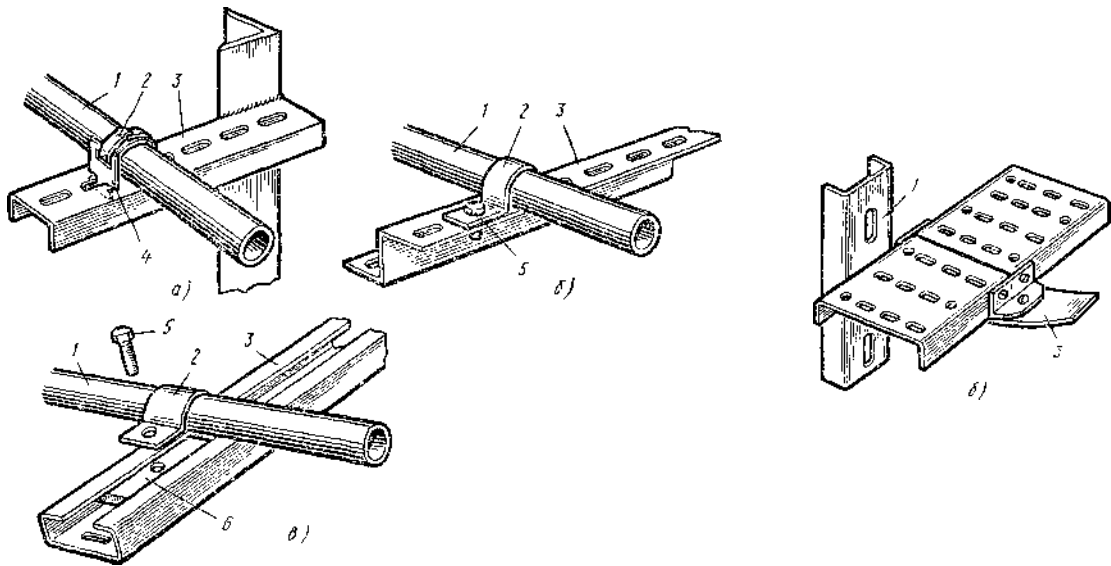


Рис.14.2. Перфоровані профілі і монтажні вироби для кріплення труб

Бандажні смужки і стрічки зручні для кріплення проводів і неброньованих кабелів до попередньо заготовлених і закріплених безпосередньо до основи металевих смуг, струн, стрічок. Випускають також пластмасові деталі для кріплення проводів і виробів клейким складом на основі акрилової смоли БМК-5 з наповнювачем з каоліну. Проводи через приклеєні монтажні перехідні деталі з рифленням кріплять бандажуванням або насадженням плоских проводів на пластмасовий тримач з кнопкою.

Сталеві, чавунні та пластмасові коробки та ящики використовують для з'єднання і відгалуження проводів, монтуються в трубах.

Лотки (рис. 14.2, а, б) і короби у вигляді легких металевих конструкцій для прокладання проводів та кабелів мають переваги в порівнянні з дефіцитними і дорогими сталевими трубами. Вони зручні в монтажі забезпечують прокладку по складних трасах, вільний доступ і легку заміну проводів та кабелів.

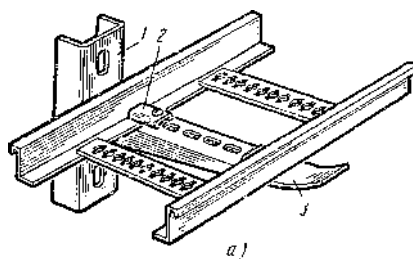


Рис 14.3. Кріплення лотків

Для відкритих і прихованих електропроводок в полімерних трубах випускають комплекти нормалізованих виробів, розраховані на 500 м траси трубопроводів з зовнішнім діаметром труб 25, 32, 40 і 50 мм.

До складу комплекту входять сполучні куточки (без розтруба) для повороту траси трубопроводу на 90 і 150 °; протяжні коробки для протягання і відгалуження проводів, розраховані на введення до 4 і до 8 труб; двухлапкові або однолапкові дужки для кріплення трубопроводів до будівельних підстав; втулки для ущільнення місць введення труб у протяжні коробки; муфти для з'єднання ділянок трубопроводу; накладки для кріплення трубопроводу до конструкцій; клей БМК-5К у тубах для склеювання місць з'єднання трубопроводів. Основною частиною комплекту є труба з розтрубом довжиною 3 м для прокладки прямих ділянок трубопроводу.

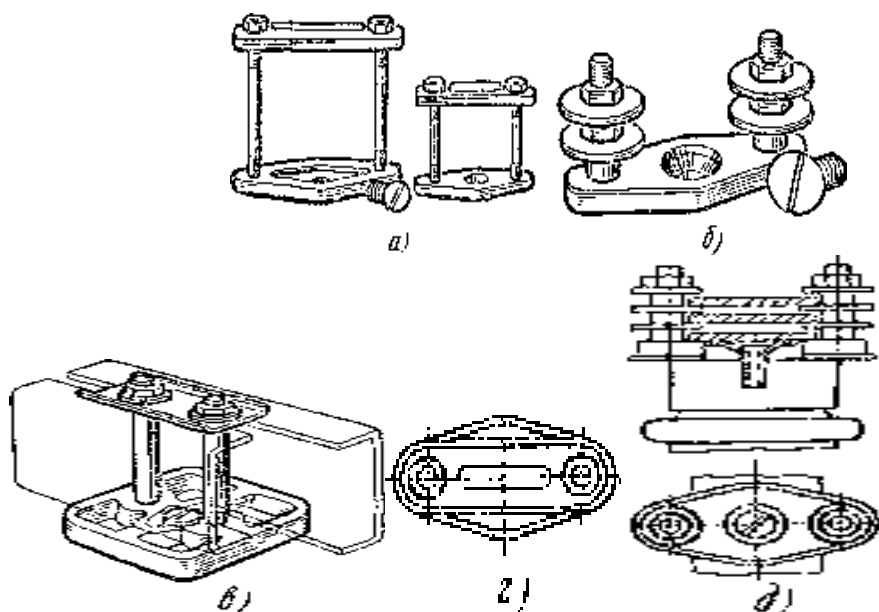


Рис 14.4. Шинотримачі (а, б, в) для кріплення шин (г-плоских на площину, д – плоских на ребро, е – профільних)

До виробів для монтажу шин відносяться шинодержаки, перехідні пластини, шинні компенсатори, міжшинні прокладки, ізоляційні вставки, шайби і ін. Шинодержаки ШП і ШР для кріплення плоских шин (одиначних і по 2-3 шт. У пакеті різних перетинів шириною від 40 до 120 мм і товщиною від 4 до 12 мм) на площину і ребро, а також шинодержаки для кріплення профільних шин (коробчатого перетину) показані на рис. 14.4, а - д. Для

приєднання алюмінієвих шин до мідних плоских стрижневих виводів електричних апаратів і машин застосовують перехідні мідно-алюмінієві пластини МА, а також АП зі сплаву АД31Т1. Розміри шин від 4Х40 до 10Х120 мм, довжина пластин від 100 до 190 мм, з'єднання зварне.

Для компенсації температурних подовжень протяжних ділянок ошиновки, виконаних алюмінієвими шинами, використовують шинні компенсатори шириною від 50 до 120 мм і товщиною 6-10 мм. З'єднання з шинами зварне.

Для фіксації зазорів в пакеті плоских мідних і алюмінієвих шин служать міжшинні прокладки 110Х28Х8 мм і 150Х22ХЮ мм, для секціонування шинних магістралей з плоских шин - ізоляційні вставки. Для болтових з'єднань алюмінієвих шин застосовують спеціальні сталеві шайби А8, А10 і А12 товщиною 3-4 мм і діаметром 18, 22, 28 мм, а також АС12 і АС16 товщиною 4 і 6 мм і діаметром 34, 38 мм.

### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. У чому відмінність проводів від кабелів і яка їх конструкція?
2. Розкажіть про конструкції кабелів.
3. Назвіть основні електроізоляційні матеріали та вироби і розкажіть про їх призначення та застосування.
4. Які ви знаєте ізоляційні стрічки? Наведіть їх короткі технічні характеристики.
5. Для чого служать кабельні конструкції і як вони влаштовані? Як з окремих елементів збирають збірні кабельні конструкції?
6. Розкажіть про застосування шин в електромонтажному виробництві та про товари для їх монтажу.

## ЛЕКЦІЯ №15

# ЕЛЕКТРОМОНТАЖНІ МЕХАНІЗМИ, ІНСТРУМЕНТИ ТА ПРИСТОСУВАННЯ

### План лекції

1. Загальні відомості
2. Електромонтажні інструменти, пристосування, засоби малої механізації.

### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

### 1. Загальні відомості

При виробництві електромонтажних робіт, у тому числі при монтажі електроустаткування розподільних пристроїв і підстанцій, в майстернях електромонтажних заготовок (МЕЗ) і безпосередньо в зоні монтажу застосовують багато механізмів, інструментів, пристосувань як загальнобудівельного призначення, так і спеціалізовані електромонтажні.

У МЕЗ з окремих верстатів і механізмів створюють потокові технологічні лінії з індустріальної обробки та заготівлі трубних ліній, конструкцій і заготовок з листової і сортової сталі, ошиновки і елементів заземлюючих пристроїв, елементів електропроводок, мірних відрізків кабелів і т. п.

Для виконання монтажних робіт безпосередньо на об'єктах комплектують інструментами і засобами малої механізації спеціалізовані автомашини або автопричепи і пересувні майстерні.

Засоби механізації, які використовуються при електромонтажних роботах, можна розділити на кілька груп: механізований і ручний інструмент, пристосування та інші засоби малої механізації (електрифіковані, пневматичні та піротехнічні інструменти і механізми, слюсарно-монтажний і ріжучий інструменти, монтажні інвентарні пристосування); металообробні верстати і механізми (ножиці, преси, шинотрубогиби, вальці, листозагибні, свердлильні, обдирні, заточувальні, токарні та інші верстати і механізми), якими комплектують монтажні майстерні і розташовані в них потокові технологічні лінії, а також ремонтні цехи служб головного механіка; зварювальне обладнання (зварювальні трансформатори, генератори постійного струму, напівавтомати для дугового зварювання в середовищі захисних газів, обладнання для газового зварювання та ін); монтажні механізми для вантажно-розвантажувальних, транспортних та інших такелажних робіт (автомобільні крани, гідропіднімачів, телескопічні вишки, авто-ямбури, автомобільні та акумуляторні навантажувачі, талі і лебідки,

блоки й поліспасти), а також загальнобудівельні механізми (трактори, бульдозери і т. д.).

Загальнобудівельні, вантажно-розвантажувальні і великі монтажні механізми, металообробні та інші верстати тут не розглядаються.

## **2. Електромонтажні інструменти, пристосування, засоби малої механізації**

Для пробивних і кріпильних робіт застосовують різні інструменти і застосування. Електросверльні машини широко використовують для виконання отворів в різноманітних матеріалах і виробках. Ці машини представляють собою переносний електрифікований інструмент і складаються з корпусу з вбудованим в нього електродвигуном, зубчастої передачі (редуктора), шпинделя й пристрої управління і регулювання режиму роботи. У торці шпинделя мається конічний отвір для закріплення в ньому сверла з конічним хвостовиком або патрона для затиску циліндричного сверла.

Електросверльні машини розрізняють по конструкції, напрузі, режиму роботи, принципом дії і регулювання швидкості. Виготовляють їх на напругу 220 В промислової частоти (50 Гц) з одинарної і подвійний ізоляцією і на 42 В підвищеної частоти (200 Гц).

Робота з електросверлильною машиною, живиться безпосередньо від мережі 220 В, сполучена з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом. Електросверльні машини на напругу 220 В і частотою 200 Гц безпечні в роботі, але для їх живлення потрібні переносні перетворювачі частоти великої маси, що обмежило їх застосування. Для підвищення безпеки роботи з електросверлильними машинами на напругу 220 В (що мають тільки один ступінь ізоляції) поряд із захисним заземленням застосовують спеціальний розділовий трансформатор (з коефіцієнтом трансформації 1:1), через який здійснюють живлення від мережі. Обмотки розділового трансформатора мають посилену ізоляцію і виконані так, що пошкодження первинної обмотки не призводять до появи потенціалу мережі у вторинній обмотці. Отже, виключається і поява потенціалу мережі на металевих частинах свердлильної машини навіть у разі пробією ізоляції на її металевий корпус.

В даний час застосовують в основному електросверлильні машини на напругу 220 В з подвійною ізоляцією - робочої та додаткової. Ці два ступеня ізоляції (незалежні одна від іншої) виконані так, що пошкодження однієї з них не призводить до появи потенціалу на доступних дотику металевих частинах машини. Робочою називають основну ізоляцію, необхідну для роботи машини і захисту оператора від ураження електричним струмом. В якості основної ізоляції можуть бути обплетення обмотувальних проводів і емаль для них, пазова ізоляція обмотки машин, просочувальні лаки і компаунди, ізоляція жил кабелю і проводів внутрішніх з'єднань та ін. Додатковою ізоляцією є пластмасовий корпус машини, ізолююча втулка.

Пневматичний інструмент відрізняється легкістю (маса в 2,5-3 рази менше, ніж електроінструменту однакової потужності), простотою

конструкції, надійністю і відносною безпекою. Він має низький рівень шуму і простий в обслуговуванні.

Пневматичні та електричні молотки для пробивання отворів і гнізд в цегляних і бетонних підставах, включаючи бетон з твердими наповнювачами, оснащують наступним робочим інструментом: спіральними бурами з пластинами з твердого сплаву для пробивання отворів діаметром до 12 мм; шлямбурами і трубчастими пробійником з пластинами з твердого сплаву для пробивання отворів діаметром 20-30 мм; скарпеля і піками для пробивання борозен в цегляних і бетонних підставах. За допомогою цих інструментів виконують також вибірку борозен в бетонних підставах з будь-яким наповнювачем.

Для згинання мідних і алюмінієвих шин на площину і ребро, а також труб застосовують ручні (рис. 15.1) і приводні шино-і трубогиби.

Для згинання на площину шину закладають у щілину 6 коробки 5 і притискають гвинтами до стінки коробки; для згинання на ребро шину встановлюють в зазорі 8 між шаблоном-прокладкою 3 і плитою 10 і притискають ребром до шаблону-прокладці. При повороті важеля 12 навколо його осі відповідний рухливий ролик тисне на шину і згинає її. Зігнувши шину на заданий кут, відводять важіль, відкручують гвинти притискних пристосувань і знімають шину з шиногиба.

Приводні шино-і трубогиби дозволяють згинати шини і труби відповідно великих перетинів і діаметрів. За допомогою універсального шинотрубогиба УШТМ-2 можна згинати на площину і ребро мідні й алюмінієві шини перерізом до  $100 \times 10$  мм, а також водогазопровідні труби з внутрішнім діаметром до 50 мм і тонкостінні труби діаметром до 60 мм на кут до 90°. Шинотрубогиб комплектується знімними пристосуваннями для згинання шин і труб різних перетинів і діаметрів

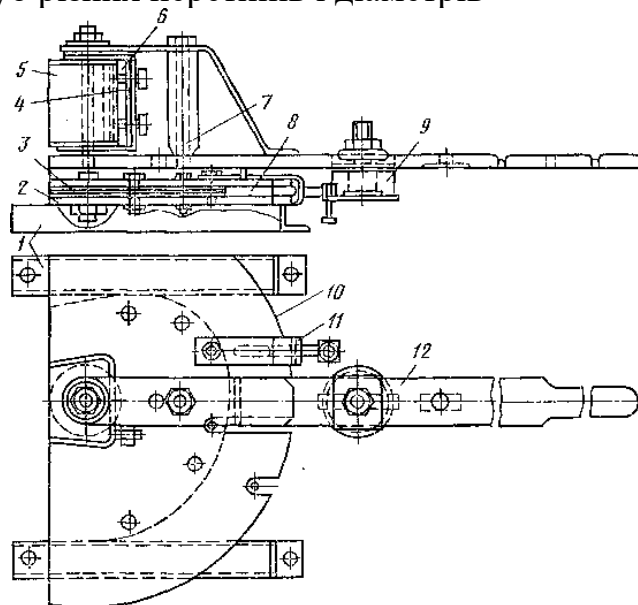


Рис.15.1. Ручний шиногиб

1-опорні швелери, 2,10- нижня (опорна) і верхня плита, 3- шаблон-прокладка, 4 та 11- прижимні прилаштування,5 – коробка,6 – щіль, 7 та 9 – рухомі ролики, 8– зазор, 12 – ричаг.

Для перерізання кабелів і проводів служать секторні ножиці НС-1, НС-2 і НС-3 (рис. 15.2, а, б, в), що складаються з двох секторних ножів (нерухомого 6 і рухомого 1 із зубами), двох рукояток (рухомий 3 і нерухомою 4) і двох песиків (що подає 2 і що фіксує 5).

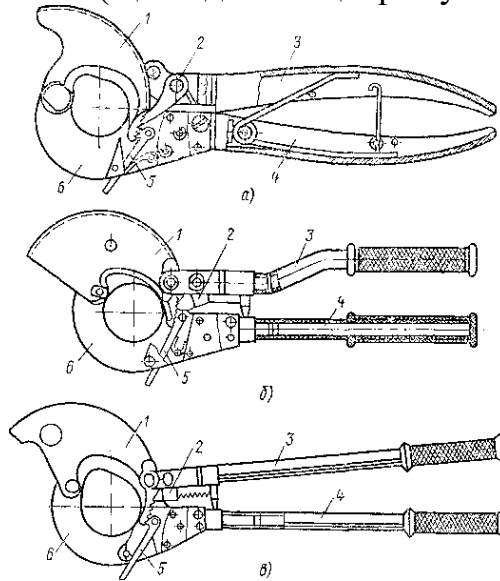


Рис. 15.2. Секторні ножиці:

а-НС-1, б-НС-2, в – НС-3; 1 та 6 – рухомі та не рухомі секторні ножі, 2,5-подаваюча і фіксуюча собачка, 3,4- рухомі та нерухомі рукоятки

Ножиці НС-1 призначені для перерізання кабелів з мідними і алюмінієвими жилами перерізом відповідно  $3 \times 10$  і  $3 \times 25$  мм<sup>2</sup> (найбільший діаметр ріжеться кабелю 25 мм), а також алюмінієвих однодротових і багато дротяних проводів перерізом відповідно 50 і 70 мм<sup>2</sup> і мідних багато дротяних перетином 50 мм<sup>2</sup>, ножиці НС -2 - для перерізання кабелів з мідними і алюмінієвими жилами перерізом відповідно  $3 \times 25$  і  $3 \times 70$  мм<sup>2</sup> (найбільший діаметр пере-Позика кабелю 40 мм), а також алюмінієвих однодротових і багато дротяних проводів перерізом відповідно 120 і 240 мм<sup>2</sup> і мідних багато дротяних перетином 150 мм<sup>2</sup>, ножиці НС-3 - для перерізання броньованих кабелів з мідними і алюмінієвими жилами перерізом відповідно  $3 \times 150$  і  $3 \times 240$  мм<sup>2</sup> (найбільший діаметр ріжеться кабелю 70 мм<sup>2</sup>).

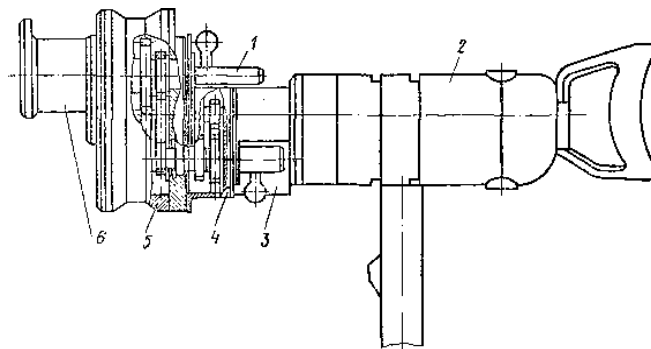


Рис. 15.3. Універсальний монтажний електропровід:

1 – механізм переключення швидкостей, 2 – електрична сверлильна машина, 3 – механізм переключення реверса, 4 – реверсивний редуктор, 5 – редуктор швидкостей, 6 – перехідне прилаштування.

Для приводу ряду механізмів (лебідки ЛБ-500, пристосування для зтягування проводів в труби ПМТ-500), робочий орган яких має обертовий рух і вимагає зміни швидкостей, призначений універсальний монтажний електропривод (рис. 15.3), що складається з електросверлильної машини 2, реверсивного редуктора 4, редуктора швидкостей 5, механізму перемикання швидкостей 1, механізму перемикання реверсу 3 та перехідного пристосування 6, що з'єднує електропривод з робочим механізмом.

Від електродвигуна сверлильної машини через реверсивний редуктор обертає момент передається на шестерню редуктора швидкостей, яка знаходиться в постійному зачепленні з безперервно обертаються чотирма парами шестерень, а потім на вихідний вал електроприводу.

### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Перелічіть інструменти, що служать для з'єднання та окінцівки кабелю.
2. Для чого застосовуються кліщі кзі-1?
3. Для чого призначені інструменти мб-2?
4. Для чого служать прес-кліщі?
5. Для чого призначені трубогиби та шиногиби?
6. Для чого служать ручні гідравлічні преси?
7. Для чого призначений ручний механічний прес?
8. Для чого служать терموкліщі?
9. Для чого застосовуються піротехнічні преси?

## ЛЕКЦІЯ №16

# ІНСТРУМЕНТИ І ПРИСТРОЇ ДЛЯ З'ЄДНАННЯ І ОКІНЦЮВАННЯ ЖИЛ ПРОВІДІВ І КАБЕЛІВ

### План лекції

1. Інструменти і пристрої для з'єднання і окінцювання жил проводів і кабелів
2. Пристрої для зєднань.

### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

### 1. Інструменти і пристрої для з'єднання і окінцювання жил проводів і кабелів

Інструменти МБ-1м (рис. 16.1, а), МБ-2 (рис. 16.1,б) і М-1 (рис. 16.1.) призначені для зняття ізоляції з кінців проводів і жил кабелів. Інструмент МБ-1м модернізований на основі МБ-1, має поліпшену конструкцію з додатковими ножами для перекушування дротів і жил кабелів перетином 0,75; 1 і 1,5 мм<sup>2</sup> і масою 0,25 кг. Довжина ділянки зняття ізоляції може бути від 5 до 30 мм. Інструмент виконаний у вигляді кліщів з двома ручками 7 і 9 і робітниками губками 5 і І. В останніх розміщені нерухомий 1 і рухливий 2 ножі, а також рухливий притиск 10.

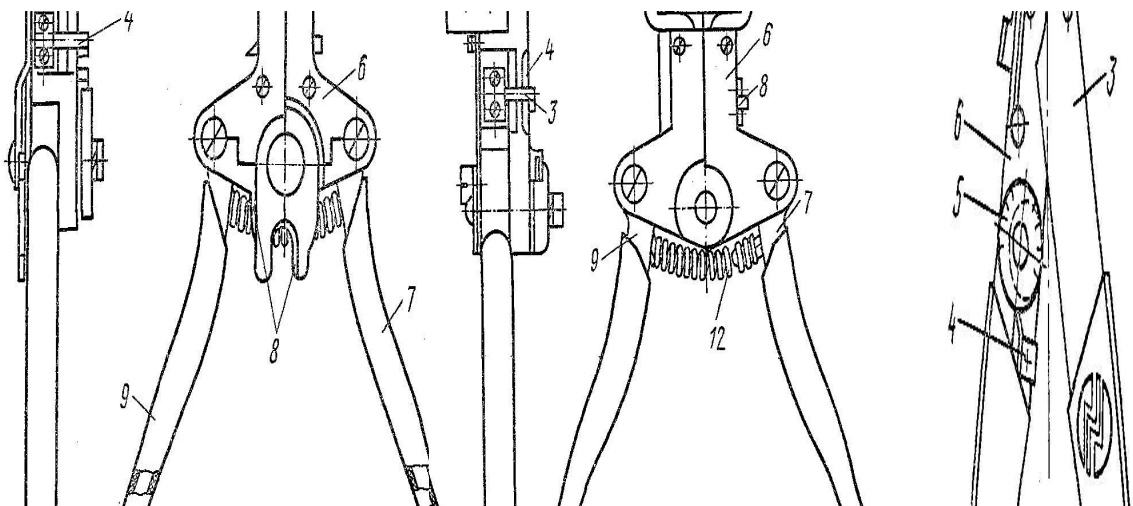


Рис. 16.1. Інструмент МБ-1м, МБ-2:

1 – пружина, 2 – вісь, 3, 6 – ручки, 4 – фіксатор, 5 – ексцентрик

Інструмент МБ-2 використовують для зняття ізоляції з двожильних плоских проводів АППВС з одночасним поділом струмопровідних жил шляхом розрізання перемички. Перетин проводів 0,5-4 мм<sup>2</sup>, маса інструменту

0,6 кг. Інструменти М-1 застосовують для зняття ізоляції з проводів малих перетинів.

## 2. Пристрої для з'єднань

Прес-кліщі ПК-3 (рис. 16.2.) і ПК-4 призначені для з'єднання і окінцювання жил проводів та кабелів опресування.

Прес-кліщі ПК-3 складаються з двох рукояток 11, бугелі 6, штовхача 1, двох тяг 7 і блокуючого пристрою, що включає гребінку 8, скобу з собачкою 10 і пружиною 9, встановлених на рукоятці двох комплектів блок-пу-Ансона 3 та блок-матриць 4. Максимальний робочий зусилля на пуансоні може бути 12,5 кН, на ручці - 200 Н, хід пуансона становить 12 мм. Кліщі мають габаритні розміри 325x60x33 мм, масу 1,16 кг і служать для опресування алюмінієвих жил в гільзах ДАТ-4, ДАТ-5, ДАТ-6 і мідних жил перетином 4-6 мм<sup>2</sup> в наконечниках Т і гільзах ГМ, а також для окінцювання мідних жил перерізом 1,5 і 2,5 мм<sup>2</sup> в кабельних кінцевих наконечниках П.

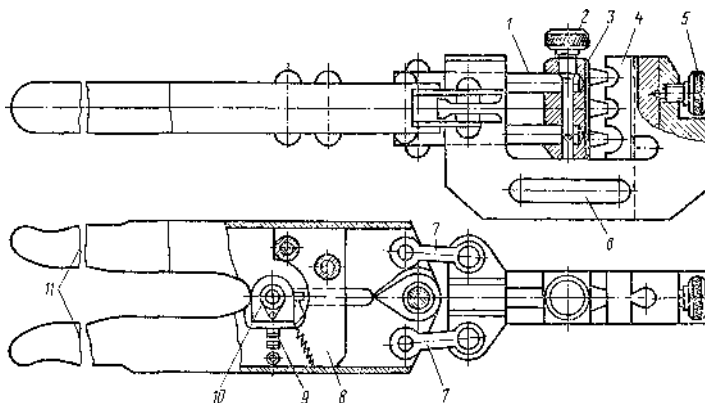


Рис. 16.2. Прес-кліщі ПК-3:

- 1 – толкатель, 2 – винт, 3 – блок-пуансон, 4 – блок-матрица,  
5 – шариковый фиксатор, 6 – бугель, 7 – тяги, 8 – гребенка,  
9 – пружина, 10 – собачка, 11 – рукоятки

Кліщі ПК-4 призначені для опресування вручну кабельних наконечників і з'єднувальних гільз перетином 16-35 мм<sup>2</sup> на проводах і кабелях з алюмінієвими жилами.

Кліщі ПК-3 і ПК-4 забезпечені блокуючим пристроєм, який не дозволяє розкривати їх під час опресування і знімати наконечник або гільзу до його закінчення на необхідну глибину. Повернення важелів у початкове відкрите положення відбувається після спрацювання блокуючого пристрою.

Ручний механічний прес РМП-7м і ручний гідравлічний прес РГП-7м призначені для опресування кабельних наконечників на жилах проводів та кабелів перетином 16-240 мм<sup>2</sup> з однозубим вдавливанием і перетином 16-95 мм<sup>2</sup> з двозуб вдавливанием.

Прес РМП-7м (рис. 16.3.) має форму кліщів і складається з корпусу 10 і двох важелів 9 із зубчастим сектором, відкидний скоби 11 для встановлення матриць 1, рейки 2 для установки пуансона, рухомий 6 і нерухомою 7 ручок. При опресування рухом ручки вгору і вниз трос 8 намотується на барабани 4,

при цьому важелі 9 зближуються до моменту зіткнення заплічок пуансона з матрицею і вдавлюють пуансон в трубчасту частину наконечника, утворюючи зуби. Ручний прес РМП-7м виконує ті ж операції, що й прес РГП-7м. Для зменшення зусиль на ньому важелі стискаються за допомогою сталевого троса, намотаного на барабан правого важеля. Опресовування здійснюється хитанням рукоятки до зіткнення заплічки пуансона з матрицею.

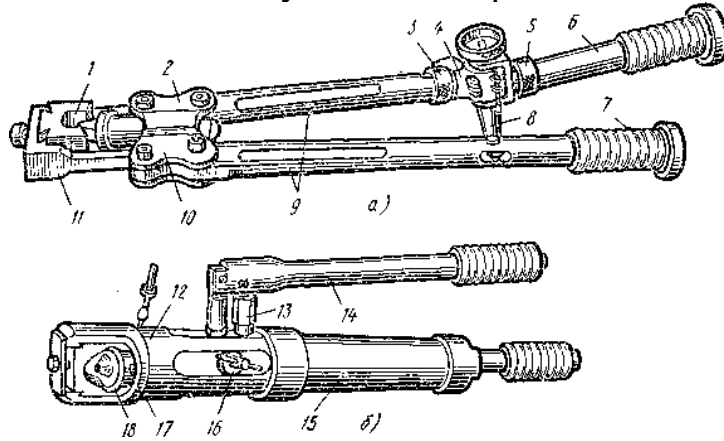


Рис. 16.3. Ручні преси:

а – механічний РМП-7м, б – гідравлічний РГП-7м; в – матриця,  
 2– рейка для пуансона, 3,5 – кільця, 4 – барабан з тросом, 6,7 – рухома та  
 нерухома ручка, 8 – трос, 9 – ричаг, 10, 12 – корпуси, 11 – відкидна скоба, 13  
 – насос, 14 – ричаг насоса, 15 – резервуар для масла,  
 16 – запорний кран, 17 – вилка, 18 – поршень з пуансоном

Ручний гідравлічний прес РГП-7м (рис. 16.4, б) складається з корпусу 12, насоса 13 з клапанами, поршня 18 з пуансоном, резервуара для масла 15, вилки 17 з матрицею і важеля 14 насоса. При гойданні важеля насоса під дією тиску масла переміщується поршень з пуансоном і відбувається опресування.

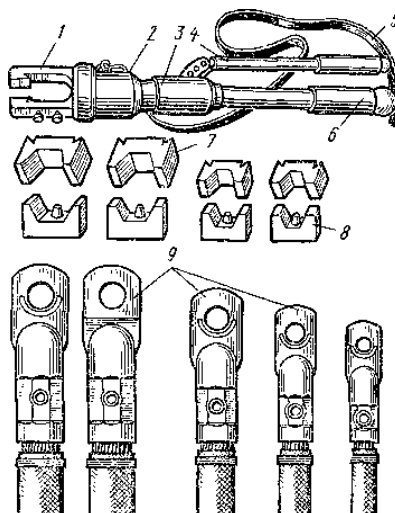


Рис. 16.4. Ручний гідравлічний прес РГП-20М1:

1 – скоба для установки матриць та пуансонов, 2 – корпус (робочий циліндр),  
 3 – стакан, з'єднуючий корпус з ручкою, 4 – ричаг, 5 – ремінь, 6 – рукоятка,  
 7 – пуансони, 8 – матриці, 9 – опресовані кабельні наконечники.

Ручний гідравлічний прес ПГР-20М1 (рис. 16.4) призначений для опресування наконечників і з'єднувальних гільз на мідних і алюмінієвих жилах проводів та кабелів перетином 16-240 мм<sup>2</sup> багатогранним обтисненням (Шестигранне обтиснення і місцеве вдавнення). Прес може бути використаний для скруглення секторних комбінованих жил проводів перетином до 185 мм<sup>2</sup>, а також секторних однодротових алюмінієвих кабелів перетином 25-240 мм<sup>2</sup>.

Прес складається з корпусу 2, що є робочим циліндром, бугелі, службовця для кріплення за допомогою гвинтів матриць 8 і пуансонів 7, запірної клапана, рукоятки 6, склянки 3, що з'єднує корпус з рукояткою, важеля 4, встановленого шарнірно на склянці, масляного балона і ременя 5 для зручності роботи й перенесення преса. Поршень переміщається під тиском, який створюється в циліндрі при гойданні рукоятки насоса, для чого запірний клапан попередньо загортають до відмови. Щоб поршень зайняв вихідне положення, запірний клапан відкручують на 2-3 обороту. Прес забезпечений запобіжним клапаном, відрегульованим на максимально допустимий тиск.

Для виконання опресування в прес встановлюють пуансон і матрицю, відповідні перетину і конструкції, жили кабелю або проводу. У матрицю укладають наконечник (або гільзу), насаджений на жилу, і закривають клапан. Після цього рукоятку насоса качають до тих пір, поки буртик пуансона не ввійде в зіткнення з матрицею. Потім відкривають клапан, внаслідок чого поршень з пуансоном повертається у вихідне положення, і знімають обпресований наконечник. При опресуванні на трубчастій частині наконечника (гільзи) утворюються зуби місцевого вдавнення і обтиснення. Таким же способом здійснюють закруглення секторних алюмінієвих однодротяних жил кабелів і секторних комбінованих жил проводів.

Гідравлічний ручний прес ПГЕ-20 з електроприводом виробляє опресування багатогранним обтисненням з'єднань і окінцювання алюмінієвих жил ізольованих проводів та кабелів перетином від 16 до 240 мм<sup>2</sup>, заокруглення секторних однодротових алюмінієвих жил перетином від 25 до 240 мм<sup>2</sup> і секторних комбінованих жил перетином 120-185 мм<sup>2</sup>. Приводом преса служить електросверлильна машина з подвійною ізоляцією ІЕ1022А потужністю 250 Вт

Робоче зусилля преса становить 200 кН, час опресування - 10-12 хв, маса (без кабелю) - 6,5 кг. Для роботи преса випускають набір інструментів НІСО і НІОМ. Застосовувані для опресування ручні преси з механічним, гідравлічним і електричним приводами уніфіковані: мають єдині посадочні місця для установки робочих інструментів.

Набір НІСО складається з матриць і пуансонів, покладених у комірці панелі футляра, на якій зазначено їх маркування. Універсальний набір НІОМ містить 10 комплектів (пуансон - матриця) для опресування з'єднань і окінцювання мідних жил кабелів перетином 16-240 мм<sup>2</sup>.

Інструменти набору забезпечують опресування із застосуванням стандартних гільз і наконечників для з'єднання і окінцювання мідних жил

кабелів усіх конструкцій (у тому числі секторної і сегментної форм). При цьому номенклатура гільз і наконечників скорочується до 10 типорозмірів, відпадає необхідність у спеціальному інструменті для скруглення секторних однодротяних жил.

**Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Де і як користуються електросверлильні машини?
2. Де і як застосовують спіральні й кручені сверла з напаяними пластинами з твердих сплавів?
3. Як влаштовані і використовуються ручні шино-і трубогиби?
4. Перерахуйте пристрої для роботи на висоті з їх короткою характеристикою.
5. Які інструменти і пристосування служать для з'єднання і окінцювання жил проводів та кабелів?

## ЛЕКЦІЯ №17

### ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ МОНТАЖУ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ

#### План лекції

1. Зміст електромонтажних робіт
2. Вимоги до електрообладнання.

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### 1. Зміст електромонтажних робіт

Електромонтажні роботи підрозділяються на роботи по монтажу: розподільчих пристроїв та підстанції: електросилових установок; електричного освітлення; електропроводок; повітряних ліній електропередачі; кабельних ліній та струмопроводів.

**Електрообладнання** – це сукупність електроустановок і електротехнічних виробів (проводів, вимикачів, розеток та ін.).

Поділяються за призначенням:

- загального призначення;
- спеціального призначення.

**Електроустановка** – це сукупність машин, апаратів, ліній та допоміжного обладнання, призначених для виробництва, перетворення, трансформації, передачі та розподілу.

Вони поділяються:

- за умовами електробезпеки;
  - електроустановки до 1000В, та вище 1000В
- за виконанням;
  - відкриті (зовнішні), закриті (внутрішні).

#### 2. Вимоги до електрообладнання

Конструкція, спосіб установки та клас ізоляції застосовувальних машин, апаратів, проводів та іншого електрообладнання, а також проводів та кабелів повинні відповідати параметрам мережі або електроустановки, умовам навколишнього середовища та вимогам ПУЕ.

В електроустановках повинна бути забезпечена можливість легкого розпізнавання частин, що відносяться до окремих їх елементів (простота та наглядність схем, належне розміщення електрообладнання, надписи маркування, колір).

Буквино-цифрове та кольорове позначення одноіменних шин в кожній електроустановці повинно бути однойменним.

Для кольорового та цифрового позначення окремих ізолюваних та неізолюваних провідників повинно використовуватися наступні кольори та цифри.

Провідники захисного заземлення, а також нульові захисні провідники в електроустановках напругою до 1 кВ з глухо заземленою нейтралю, в тому числі щини, повинні мати буквені позначення РЕ та кольорове позначення продольними або поперечними рівними по ширині полосами жовтого та зеленого кольору.

Нульові робочі (нейтральні) провідники позначають буквою N та блакитним кольором. Суміщені нульові захисні та нульові робочі провідники повинні мати буквене позначення PEN та кольорове позначення, блакитний колір по всій довжині та жовто-зелені полоси на кінцях.

Шини повинні бути позначені:

1. При трифазному струмі:

A – жовтий;

B – зелений;

C – червоний;

2. При постійному струмі: додатня шина (+) – червоним кольором, від’ємна (-) – синім та нульова робоча M – блакитним кольором.

Безпечність обслуговуючого персоналу повинна забезпечуватися шляхом:

– надійного та швидкодіючого автоматичного відключення частей електрообладнання, що випадково опинилися під напругою, та пошкоджених ділянок мережі, в тому числі захисного відключення;

– заземлення та занулення корпусів електрообладнання та електроелементів електроустановок, які можуть виявитися під напругою в разі пошкодження ізоляції;

– вирівнювання потенціалу.

**Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Що являє собою лоток?

2. Що таке кабельна конструкція?

3. Які вироби застосовуються для окінцівки жил кабелю?

4. Які вам відомі вироби для монтажу шин?

## ЛЕКЦІЯ №18

### ОСНОВНІ ВИДИ ТА ТИПИ СХЕМ

#### План лекції

1. Основні види та типи схем
2. Загальні вимоги до виконання електричних схем.
3. Загальні правила виконання схем з'єднання
4. Способи виконання схем з'єднання

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### 1. Основні види та типи схем

##### Види схем:

- схеми електричні Е
- схеми гідравлічні Г
- схеми пневматичні П
- схеми газові Х
- схеми кінематичні К
- схеми вакуумні В
- схеми оптичні П
- схеми енергетичні Р
- схеми комбіновані С

Види схем в залежності від основного призначення поділяється на типи.

##### Типи схем:

- схема структурна – 1. Документ, що визначає основні функціональні частини виробу, їх призначення та взаємозв'язок;
- схема функціональна – 2. Документ, що пояснює процеси, що протікають в окремих функціональних ланцюгах виробу (установки) або виробу (установки) в цілому;
- схема принципова – 3. Документ, що визначає повний склад елементів та взаємозв'язку між ними та як правило, дає повне представлення про принцип роботи виробу;
- схема з'єднань (монтажна) – 4. Документ, що показує з'єднання складових частин виробу та визначаючий провода, кабелі або трубопроводи, якими здійснюється ці з'єднання, а також місце їх з'єднання та вводу;
- схема підключення – 5. Документ, що показує зовнішні підключення виробу;
- схема загальна – 6. Документ, що визначає складові частини комплексу та з'єднань їх між собою на місце експлуатації;

– схема розміщення – 7. Документ, що визначає розміщення складових частин виробу, а при необхідності, також проводів, кабелів, трубопроводів, світловодів;

– схема об'єднана – 0. Документ, що містить в собі елементи різних типів схем одного виду у напрямку зліва на право.

## 2. Загальні вимоги до виконання електричних схем

**Схема** – документ на якому показані у вигляді умовних зображень або позначень складові частини виробу та зв'язки між ними.

До складу проектної документації поряд з іншими документами входять принципіальні електричні схеми та схеми з'єднань, які виконують згідно з ГОСТ 2.702-75 (правила виконання електричних схем)

### Принципові схеми

Принципіальні схеми включають всі елементи і зв'язки між ними і як правило, дають уявлення про принцип роботи установки. Ці схеми є основою для розробки інших конструкторних документів. Принципіальними схемами користуються при вивченні принципу роботи, налагодженні і ремонтах установки. На схемах повинні бути позначенні всі елементи, що входять до складу виробу.

Позиційні позначення на принципових електричних схемах проставляють з права при вертикальному розміщенні схеми або зверху при горизонтальному розміщенні умовного графічного позначення елемента. Якщо у схемі кілька однакових елементів, то після буквеного позначення додають цифру (QF1, QF2 і т.д.). Окремі елементи можуть мати кілька електричних контактів. Їх позначають після позиційного позначення через дві крапки цифрами (SB1:1, SB1:2, SB1:3).

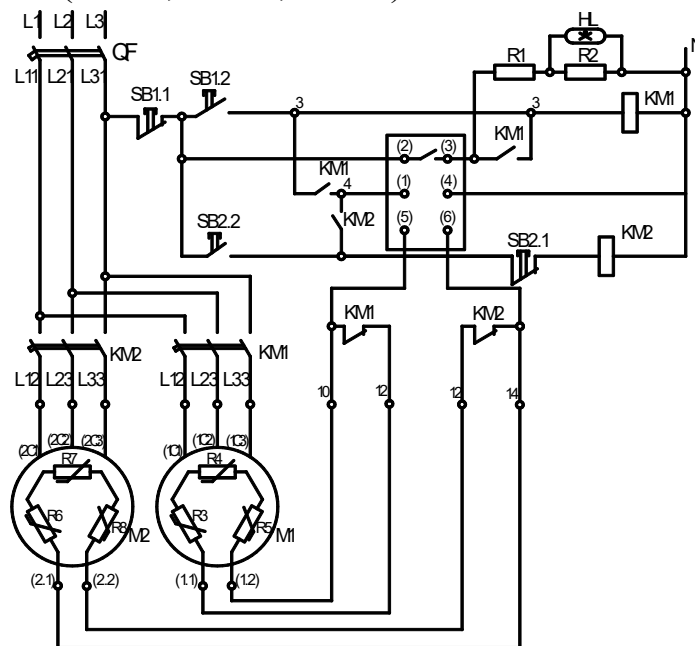


Рис. 18.1 Електрична принципіальна схема ящика для керування двигуном транспортером ТСН – 160

Послідовність позначень повинна бути від вводу джерела живлення до споживача, а розгалужені ділянки кола позначають зверху-вниз.

Для позначень застосовують арабські цифри і великі літери латинського алфавіту однакового шрифту.

У силових колах змінного струму фази позначають  $L1$ ,  $L2$ ,  $L3$  і послідовними числами  $L11$ ,  $L12$ ,  $L13$  і т.д.

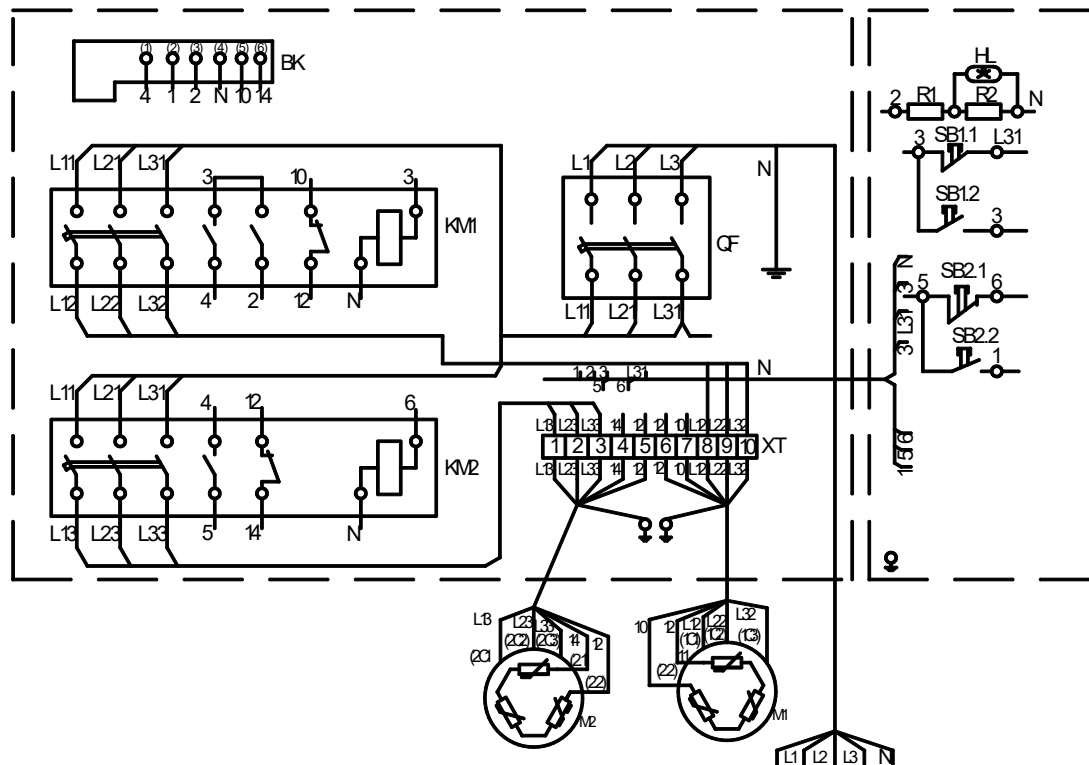


Рис. 18.2. Електрична схема з'єднань ящика для керування двигунами транспортера ТСН – 160

Допускається позначення фази буквами А, В, С, N і відповідно цифрами. Буквено-цифрові позначення кіл проставляються з лівого боку або зверху провідників.

Схеми з'єднань називають такі схеми, на яких показані електричні з'єднання усіх складових частин установки, конструктивні ознаки-марки і перерізи проводів і кабелів, якими здійснюють з'єднання, а також місце їх приєднання і вводу. Схемами з'єднання користуються при проектуванні низьковольтних комплексних пристроїв, їх монтажі та експлуатації.

Електричну схему з'єднань складають на основі принципіальної з тими ж позиціями позначеними елементів і кіл.

Допускається вказувати на схемі з'єднань лише ті елементи вибору, що використовуються.

У реальних низьковольтних комплектних пристроїв позначення кіл виконують частіше написами на трубках із полівінілхлоридного пластику.

### 3. Загальні правила виконання схем з'єднання:

– розробляються на один щит, пульт, станцію управління;

- усі типи апаратів, приладів та арматури, передбаченні принциповою електричною схемою, повинні бути повністю відображенні на схемі з'єднань;
- позиційне позначення приладів та засобів автоматизації, а також маркування ділянок ланцюгів, що прийняті на принципових схемах, необхідно зберегти на схемі з'єднань;
- щит або шкаф управління розвертають в одній площині, позначаючи лише ті їх конструктивні елементи на яких розміщуються прилади та засоби автоматизації, при цьому зберігають взаємне розміщення приладів та засобів автоматизації;
- прилади та засоби автоматизації зображують спрощено без збереження масштабу у вигляді прямокутників над якими розташовують коло розділене рисою навпіл. Цифри над рисою вказують порядковий номер вибору (відносно до принципової електричної схеми);
- при потребі показують внутрішню схему апаратів;
- для кількох реле, розміщених в одному ряду, внутрішню схему показують лише один раз (якщо у них одна й та ж сама);
- вивідні затискачі приладів умовно зображуються колами, у середині яких показують заводське маркування, якщо у вивідних затискачів апаратів заводського маркування немає, їх маркують умовно арабськими цифрами, про що повідомляють у пояснюючих написах, маркування проводів і позначення затискачів на схемах з'єднань незалежні;
- платі на якій розміщують резистори, конденсатори та інші елементи, присвоюється лише порядковий номер (проставляється в колі над рисою);
- позиційне позначення елементів розміщують безпосередньо біля їх умовного графічного позначення.

#### 4. Способи виконання схем з'єднання

**Адресний спосіб** найбільш поширений і полягає в тому що лінії зв'язку між окремими елементами апаратів, що встановлюються на щиті або пульті не показують. Замість цього у місці приєднання провода на кожному апараті або елементі проставляють цифрову адресу того апарату чи елемента з яким він електрично повинен бути з'єднаний (позиційне позначення відповідно до принципової схеми або порядкового номеру елемента). Це, не згромаджує креслення лініями зв'язку і дозволяє її легко читати.

**Графічний спосіб** полягає в тому, що на кресленні умовними лініями показано усі з'єднання між елементами апаратів. Цей спосіб застосовують лише для щитів і пультів відносно мало насичених апаратурою.

**Табличний спосіб** застосовують у двох варіантах. Для першого складають монтажну таблицю де зазначають номери кожного електричного ланцюга послідовно переміщують умовні літерно-цифрові позначення приладів, апаратів та їх контактів до яких ці ланцюги під'єднанні.

Другий варіант відрізняється від першого тим, що в таблицю вписують по зростанню номери маркування ланцюгів принципових електричних схем.

**Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Дайте визначення функціональної та структурної схем.
2. Що представляє собою принципова схема?
3. Дайте визначення електричної схеми.
4. Які види електричних схем ви знаєте?
5. Що вказує схема підключення та розрахункова схема?
6. Які умовні графічні позначення в схемах електричних машин ви знаєте?
7. Які умовні графічні позначення в схемах електропостачання та підстанцій ви знаєте?
8. Які умовні графічні позначення в схемах контактних з'єднань ви знаєте?

## ЛЕКЦІЯ №19

### ПРИЙМАННЯ ОБ'ЄКТУ ПІД МОНТАЖ

#### План лекції

1. Вимоги до об'єктів під монтаж
2. Виробництво монтажних робіт

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумки.

#### **1. Вимоги до об'єктів під монтаж**

До початку монтажу системи автоматизації в будівлях та приміщеннях, що здаються під монтаж повинні бути виконані будівельні роботи, що передбачені СНіП 3.01.01 – 85, ПОС та ППР.

В будівельних конструкціях споруд (підлоги, покриття, стінах, фундаментах обладнання) у відповідності з архітектурно-будівельними кресленнями повинні бути:

- встановлені закладні конструкції під щити, пульти, прилади, засоби автоматизації;
- виконані канали, тунелі, ніші, борозди, закладні труби для скритих проводок, прийому для проходу трубних та електричних проводок з встановленням в них сталевих плит, коробів, гільз, патрубків;
- встановлені площадки для обслуговування приладів та засобів автоматизації.

Спеціальні приміщення, що призначені для систем автоматизації, повинні бути обладнані опаленням ( $t$  не менше  $+5^{\circ}\text{C}$ ), вентиляцією, освітленням, при необхідності – кондиціонуванням.

Після здачі вказаних приміщень під монтаж систем автоматизації в них не допускається виконання будівельних робіт та монтаж санітарно-технічних систем.

#### **2. Виробництво монтажних робіт**

При виробництві робіт по монтажу та налагоджуванні систем автоматизації повинні дотримуватися вимоги СНіП 3.05.07 – 85, СНіП 3.01.01 – 85, СНіП III-4-80, СНіП III-3-81 та відомствених документів, затверджених в порядку, встановленому СНіП 1.01.01 – 82.

Монтаж систем автоматизації виконують у відповідності з робочою документацією з врахуванням вимог підприємств – виробників приладів,

засобів автоматизації агрегатних та обчислювальних комплексів, що передбачені технічними умовами або інструкціями по експлуатації цього обладнання.

**Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Хто має право приймати в експлуатацію заново змонтованого електроустаткування і мереж?
2. Що перевіряє приймальна комісія при прийманні в експлуатацію заново змонтованого електроустаткування і мереж?
3. Що приймальна комісія виконує після приймання в експлуатацію заново змонтованого електроустаткування і мереж?
4. Хто входить до складу приймальної комісії?
5. Хто має право приймати в експлуатацію особливо важливі об'єкти?

## ЛЕКЦІЯ №20

### ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРОВОДОК

#### План лекції

1. Електропроводка
2. Виробництво монтажних робіт
3. Проводи та кабелі, що застосовуються при монтажі електропроводок і підключенні електрообладнання
4. Структури умовного позначення установочних проводів

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### 1. Електропроводка

До електропроводок відносять силові, освітлювальні та вторинні мережі змінного та постійного струму з застосуванням ізолюваних проводів всіх перерізів, а також неброньованих силових кабелів з резиною або пластмасовою ізоляцією в металевій, резиновій або пластмасовій оболонці з перерізом фазних жил до 16 мм<sup>2</sup>.

**Електропроводка** – сукупність проводів та кабелів з кріпленнями, підтримуючими та захисними конструкціями та деталями. Розділяють відкриту, скриту та зовнішню електропроводки.

**Відкрита** – електропроводка, прикладена до поверхні стін, стель, по фермам та іншим будівельним елементам будівель та споруд, по опорам. Проводи та кабелі прикладають безпосередньо по поверхні стін, стель, на струнах, смугах, тросах, роликах, ізоляторах, в трубах, коробах, гнучких металевих рукавах, на лотках, в електротехнічних плінтусах та лиштвах, вільною підвіскою та ін. Відкрита електропроводка може бути стаціонарною, передвижною та переносною.

**Скрита** – електропроводка, прикладена в середині конструктивних елементів будівель та споруд (в стінах, підлогах, фундаментах, перекриттях), а також по перекриттях. Проводи та кабелі прокладають в трубах, гнучких металевих рукавах, коробах, в замкнених каналах та пустот будівельних конструкцій, в заштукатурених борознах, під штукатуркою, а також замоноличені в будівельні конструкції при їх виготовленні.

**Зовнішня** – електропроводка прокладена по зовнішнім стінам споруд та будівель, під навісом, а також між будівлями на опорах (не більше чотирьох прольотів довжиною до 25 м кожний) за межами вулиць, доріг та ін.

Ввод від повітряної лінії електропередачі (ПЛ) – електропроводка, що з'єднує відгалуження від ПЛ з внутрішньою електропроводкою, вважаючи від ізоляторів, установлених на зовнішній поверхні (стіни, криши) будівлі або споруди, до зажимів ввідного пристрою.

**Струна** – стальна проволока, натягнута щільно до поверхні стін, стелі та іншим конструкціям для закріплення до неї проводів та кабелів.

**Смуга** – металева смуга, прикріплена щільно до поверхні стіни, стелі для кріплення до неї проводів, кабелів.

**Трос** – стальна проволока (стальний канат), натягнута в повітрі для підвіски до неї проводів, кабелів.

**Короб** – закрита пола конструкція прямокутного чи іншого перерізу для прокладки в ній проводів та кабелів. Він повинен служити захистом від механічних пошкоджень. Короба можуть бути глухими або з відкриваючими кришками. Короба можна використовувати в приміщеннях та із зовнішнім встановленням.

## 2. Правила влаштування електропроводок

При монтажу електропроводки необхідно, щоб:

– сховане та відкрите прокладення електропроводки по поверхнях, що нагріваються, не допускалося;

– у місцях перетину електропроводки, закріпленої до основи, яка може зміщуватися за рахунок зміни температури або осідання, були передбачені компенсуючі пристрої;

– відстань від відкрито прикладених всередині приміщень проводів і кабелів, а також від розпаювальних коробок схованого прокладення проводів до сталених трубопроводів при паралельному прокладенні була не менше 100 мм, а до трубопроводів з паливними рідинами і газами – не менше 250 мм.

При прокладенні проводів у вертикально прокладених трубах (стояках) повинно бути передбачено їх кріплення на кінцях труб.

Проводи неброньованих кабелів, захищених і незахищених проводів через неспалимі стіни і міжповерхові перекриття виконують у відрізках пластмасових труб, а через спалимі – у відрізках сталених.

При прокладенні проводів та кабелів у трубах, глухих коробах, гнучких металевих рукавах і замкнутих каналах повинна бути передбачена можливість заміни проводів так кабелів.

## 3. Проводи та кабелі, що застосовуються при монтажі електропроводок і підключенні електрообладнання

**Провід** – одна неізольована або одна і більше ізольованих жил поверх яких в залежності від умов прокладання та експлуатації може бути неметалева оболонка, обмотка або обгортка волокнистим матеріалом або проволокою.

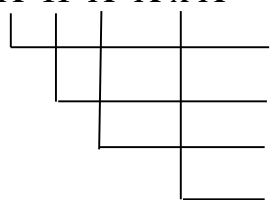
**Кабель** – одна або більше ізолюваних жил (провідників), розміщених, як правило, в металеву або неметалеву оболонку, поверх якої в залежності від умов прокладки та експлуатації може бути відповідне захисне покриття, в яке може входити броня.

**Шнур** – дві або більше ізолюваних гнучких або особливо гнучких жил поперечним перерізом до 1.5 мм<sup>2</sup>, які скручені або укладені паралельно, поверх яких в залежності від умов експлуатації можуть бути неметалева оболонка і захисне покриття.

**Шнур** призначений для підключення електропобутових приладів до електричної мережі.

#### 4. Структури умовного позначення установочних проводів

X П X X x X



Буква характеризує матеріал струмопровідної жили (А – алюміній, мідь – буква опускається).

Буква П – провід або ПП – плоский провід 2-х або 3-х жильний.

Букви характеризують матеріал ізоляції (В – ПВХ;

П – поліетиленова; Р – резинові; Н – неритова).

Цифри, показують число жил та переріз.

#### Правила влаштування електропроводок

Внутрішні електропроводки монтують згідно з проектом. Монтажні роботи виконують в такій послідовності:

- розмічають місця встановлення освітлювального та силового обладнання: світильників, штепсельних розеток, вимикачів силових щитів тощо;

- розмічають лінії прокладання проводів, шнурів і кабелів або труб, місця кріплення та проходи їх через стіни, перегородки та перекриття;

- пробивають наскрізні та гніздові отвори та борозди в стінах, перегородках та перекриттях;

- встановлюють ізоляційні проводи (ізолятори, ролики), натяжні та підтримувальні конструкції (у тросових проводах), заготовляють і прокладають труби;

- прокладають проводи шнури і кабелі, закріплюють, з'єднують, окільцьовують та приєднують їх до електроприймачів, комутаційних апаратів тощо.

Місце встановлення вимикачів і штепсельних розеток розмічають так, щоб центри вимикачів були на висоті 1,6 – 1,7 м, розеток у виробничих приміщеннях 0,8 – 1,0 м та розеток у житлових та адміністративно-господарських приміщеннях 0,3 – 1,0 м над рівнем підлоги.

При розмічені місць встановлення щитків та іншого електрообладнання, що кріпиться за допомогою штирів, визначають і наносять на стіни центри отворів під штирі. Для зручності обслуговування щити, силові ящики, тощо встановлюють на висоті 1,4 – 1,8 м над рівною підлогою.

Лінії прикладання проводів, кабелів або труб відкритих електропроводок розмічають так, щоб проводки розміщувались паралельно до архітектури ліній приміщення.

Прокладати незахищені ізольовані проводи на ізоляторах та роликах при напрузі 127 В і вище в приміщеннях без підвищеної безпеки, а при напрузі до 42 В – у будь-яких приміщеннях треба на висоті не менше 2 м від рівня підлоги або площадки обслуговування. В усіх інших випадках висота прокладання повинна бути не менше 2,5 м.

Точки кріплення захищених ізольованих проводів кабелів і гнучких металевих проводів треба розміщувати з інтервалом 0,5 – 0,7 м, а точки кріплення ізоляційних трубу з металевою оболонкою 0,8 – 1 м. Біля електричних машин і апаратів труби кріплять на відстані від них не більше 0,8 м, а біля світильників, коробок, ящиків – на відстані, що не перевищує 0,3 м.

Лінії прокладання ізоляційних труб, а також проводів марок АППВ, АППВС і т.д. у схованих електропроводках розмічають на стелі по найкоротшій відстані, на стінах і перегородках – горизонтально, а на спусках до вимикачів, розеток – вертикально. При цьому лінії прикладання цих проводів потрібно розміщувати на відстані 100 – 200 мм від стелі і 50 – 100 мм від карнизів, а вертикально – не менше 100 мм від обрамування вікон і дверей.

Монтаж тросової електропроводки починають із закріплення кінцевих опорних конструкцій, які вмуровують у стіни, або кріплять болтами. Трос кріплять на кінцях лінії та по її довжині через кожні 12- 18 мм, при цьому відстань між точками кріплення залежить від маси конструкції і стріли провисання. Стріла провисання не повинна перевищувати 3 – 3,5 % довжини між кріпленнями. Вертикальні струни – підвіски виготовляють зі сталюого дроту діаметром 2 – 3 мм для силових і 1,5 – 2 мм для освітлювальних електропроводок.

Відстань між точками кріплення незахищених ізольованих проводів, підвішених до троса, повинна становити не більше 1 м при перерізі проводу 1 і 1,5 м при перерізах 1,5 – 6 мм<sup>2</sup>, захищені проводи і кабелі кріплять через кожні 0,5 м.

Для прискорення монтажу до тросу спочатку закріплюють проводи і арматуру на висоті 1,5 – 2 м, а потім всю систему за допомогою блоків піднімають на відповідну робоче місце. Трос натягують за допомогою струбцинок та натяжних болтів.

### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Які бувають електропроводки?
2. Які застосовуються проводи для відкритих електропроводок?
3. Що являє собою струнна електропроводка?
4. Із чого виготовляються несучі сталеві смуги?
5. Де використовують електропроводки на ізоляторах?
6. Де роблять прокладку проводів і кабелів на струнах?
7. Поясніть, чому не можна використовувати струну для її заземлення?

## ЛЕКЦІЯ №21

### ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ КОНТАКТНИХ З'ЄДНАНЬ

#### План лекції

1. Технологія контактних з'єднань електрозварюванням.
2. Технологія контактних з'єднань термітним і пропанокисневим зваренням.
3. Технологія контактних з'єднань опресуванням
4. Технологічна послідовність операцій опресування.
5. Технологія контактних з'єднань пайкою

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### 1. Технологія контактних з'єднань електрозварюванням

Процес отримання нероз'ємного з'єднання твердих металів, що здійснюється при використанні міжатомних сил зчеплення, називають зварюванням. Воно являється одним з самих високопродуктивних і економічних видів механізації електромонтажних операцій.

Міжатомне зчеплення відбувається при розплавленні металів і послідовному охолодженні (зварювання плавленням), а також при стисненні елементів, які зварюються (зварювання тиском).

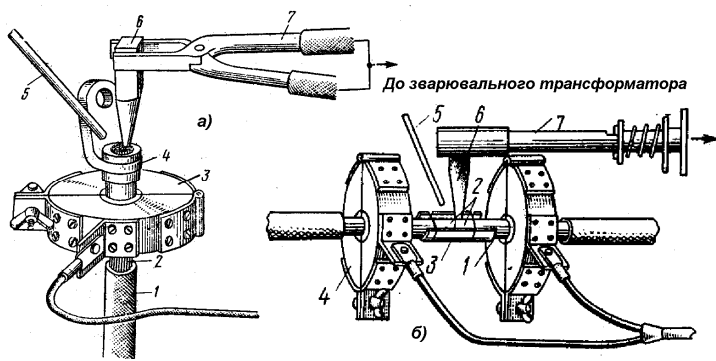
При електромонтажних роботах і виготовленні конструкцій для кріплення електрообладнання і прокладки мереж заземлення, проводив і кабелів широко використовується ручне електродугове зварення.

В монтажній зоні ручне зварення сталі виконують на змінному струмі штучними електродами марок УОНИ; МР-3; АНО-8; ОММ-5; ЦМ-5 та ін. Для робіт в монтажній зоні часто використовують мобільні зварювальні комплекти.

В умовах МЕЗ при виготовленні тонколистових конструкцій (листою товщиною 2—3 мм) широко розповсюджене напівавтоматичне електрозварювання сталі в середовищі захисного газу (вуглекислоти).

Зварювання алюмінію в середовищі аргону виконують алюмінієвим плавким електродом, зварювання міді — мідним.

Зварювання неплавким вольфрамовим електродом в середовищі аргону використовують для з'єднання алюмінію і міді.



Технологічні схеми окінцювання і з'єднання в стик жил кабелів показано на рис.21.1.

Рис.21.1. Окінцювання і з'єднання жил електродуговим зваренням:

а – окінцювання: 1– жила кабелю, 2– жила без ізоляції,

3– охолоджувач; 4– наконечник, 5– присадний пруток, 6– вугільний електрод, 7– електродний тримач. б – з'єднання жил: 1– очищені кінці жил, 2– сплавлені жили, 3– форма, 4– охолоджувач, 5– присадний пруток, 6– вугільний електрод, 7– електродний тримач.

Електрозварювання контактним розігрівом використовують при окінцюванні і з'єднанні алюмінієвих жил проводів і кабелів. Електрозварювання з'єднань і отворів алюмінієвих жил сумарним перерізом в скрутці до  $12,5 \text{ мм}^2$  виконують апаратом ВКЗ без флюсу вугільним електродом.

В монтажній зоні зварювання алюмінієвих однодротових жил контактним розігрівом виконують кліщами з двома вугільними електродами, підключеними до полюсів обмотки трансформатора (рис.21.2.). Потужність трансформатора  $0,5 \text{ кВА}$ , вторинна напруга  $9 — 12 \text{ В}$ .

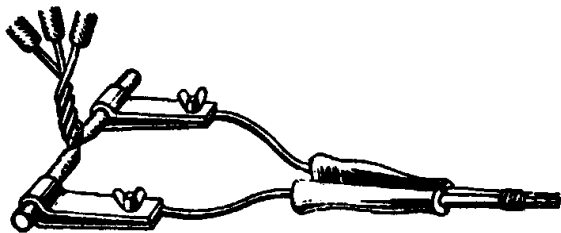


Рис.21.2. Зварювання контактним розігрівом алюмінієвих жил кліщами з вугільними електродами.

З'єднання і відгалуження багатодрових жил сумарним перерізом  $35—240 \text{ мм}^2$  здійснюють сплавленням їх в монолітний стержень. Для зварювання використовується трансформатор потужністю до  $2 \text{ кВА}$  з вторинною напругою  $8—9 \text{ В}$ . До трансформатору підключають електродотримач з вугільним електродом і охолоджувач; по перерізу підбирають відповідні циліндричні форми; з алюмінієвого прутка перерізом  $2,5 — 4 \text{ мм}^2$  заготовляють присадний пруток. Поверхні з'єднання ретельно очищують наждачним папером і знежирюють їх серветкою, змоченою в бензині.

Присадні прутки перед зварюванням покривають шаром флюсу. З кінців жил знімають ізоляцію на довжині:  $60 \text{ мм}$  — при сумарному перерізі жил до  $50 \text{ мм}^2$ ;  $65 \text{ мм}$  — при  $75 \text{ мм}^2$ ;  $72 \text{ мм}$  — при  $150 \text{ мм}^2$ ,  $75 \text{ мм}$  — при  $240 \text{ мм}^2$ .

Якщо до зварювання підготовляють жили кабелю з паперовою просоченою ізоляцією, то на ізоляцію біля її зрізу накладають нитяний бандаж, потім плоскогубцями ослаблюють повив проволочок жили і з їх поверхні видаляють маслосодержачий склад тканиною, змоченою в бензині. Оброблені жили розташовують вертикально торцями ввверх. На жили

надівають роз'ємну циліндричну форму, яку підбирають по сумарному перерізу жил, але для ближчого більшого перерізу. На жилах роблять підмотку азбестовим шнуром товщиною 1—1,5 мм таким чином, щоб кінець жил виступав з азбестового бандажу і торець його був врівень з верхнім краєм форми. Обидві половинки форми скріплюють дротяним бандажем або хомутом з тонкої жерсті. На жилу ставлять охолоджувач між формою і зрізом ізоляції. Торці жил обмазують тонким шаром флюсу. Після цього виконують зварювання.

В якості присадного металу використовується зварювальний дріт СВАК5, СВАК5С або проволочка з жил.

Для з'єднання жил проводів і кабелів з іншими струмоведучими частинами електро – установок використовують контактні наконечники, пістони (кільцеві наконечники), гільзи і пластини. Зовнішній вигляд наконечників з алюмінієвих сплавів показано на рис.21.3.

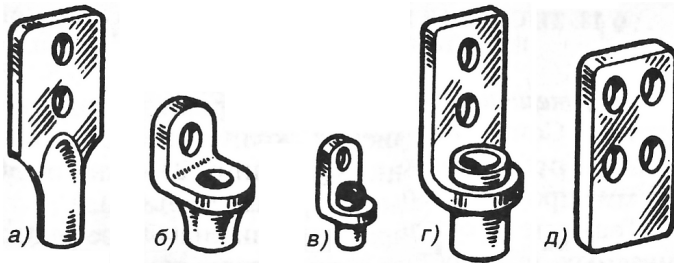


Рис.21.3. Типи наконечників з алюмінієвого сплаву:  
а – ЛС, б – А, в, г – Л,  
д – контактна пластина.

## 2. Технологія контактних з'єднань термітним і пропанокисневим зваренням

Термітне зварювання жил використовується багатьма монтажними організаціями. Термітне зварення має високу якість з'єднання, а також зручне тим, що при виконанні робіт немає необхідності в зварювальній апаратурі і відповідному джерелі струму.

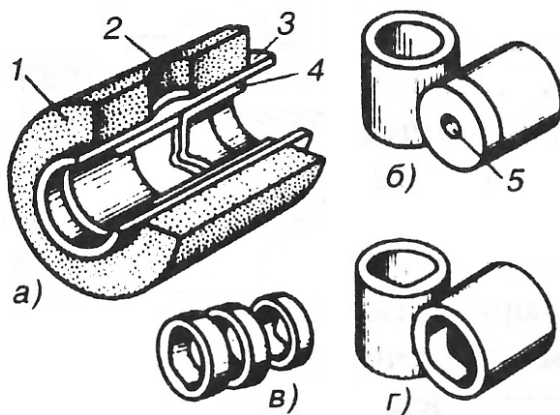


Рис. 21.4. Патрон ПА (а) і деталі до нього для термітного зварювання:

б – алюмінієві ковпачки до патрону, в, г – алюмінієві шайби і втулки: 1 – термітний муфель, 2 – ливниковий отвір, 3 – сталевий кокіль, 4 – втулка, 5 – отвір в дні втулки для контролю глибини входження в нього жил кабелю.

При термітному зваренні використовують патрони різних конструкцій. З'єднання алюмінієвих жил перерізом 16—800 мм<sup>2</sup> в стик і приварку наконечників ЛС на жилах перерізом 300— 800 мм<sup>2</sup> виконують термітними патронами ПА. (рис.21.4).

Термітні патрони підбирають в залежності від перерізу жил, перед зварюванням знімають на необхідну довжину ізоляцію з жил. Технологічні операції, що виконуються при термітному зварюванні, показані на рис.21.5.

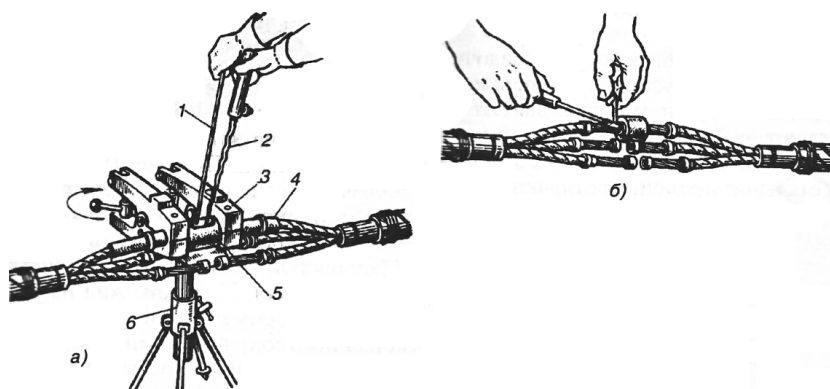


Рис.21.5. Термітне зварювання жил: а – введення присадного прутка, б – ущільнення кокілів шнуровим азбестом. 1 – мішалка; 2 – присадний пруток; 3 – охолоджувач; 4 – тепловий екран; 5 – термітний патрон; 6 – штатив.

Жили зачищають, знежирюють і покривають тонким шаром флюсу ВАМІ (хлористий

калій — 50%, хлористий натрій — 30%, кріоліт — 20% по масі). На кінці жил насаджують алюмінієві ковпачки або секторні втулки, які запобігають поверхню жил від безпосереднього торкання з кокілем патрону). Потім крейдою покривають внутрішню поверхню кокілю, встановлюють охолоджувачі і екрани, виконують ущільнення азбестовим шнуром. Для підпалювання термітних патронів використовують спеціальні сірники.

По мірі горіння муфелю в кокіль сплавляють присадний пруток, а створену зварювальну масу ретельно перемішують. Після кристалізації розплавленого металу видаляють ливникове наплавлення і закругляють кромки монолітної циліндричної частини зварного з'єднання. Місце з'єднання зачищають сталюю щіткою, протирають серветкою, змоченою в бензині або ацетоні, до повного видалення шлаків і ошукрок.

Газове зварювання проводять в пропан-ацетиленовому, або бензин-кисневому полум'ї. Підготовку жил, зварювання і обробку місць з'єднання виконують так саме, як і при електричному зварюванні. Технологічний процес газового зварювання алюмінієвих жил перерізом до 35 мм<sup>2</sup> показаний на рис.21.5.

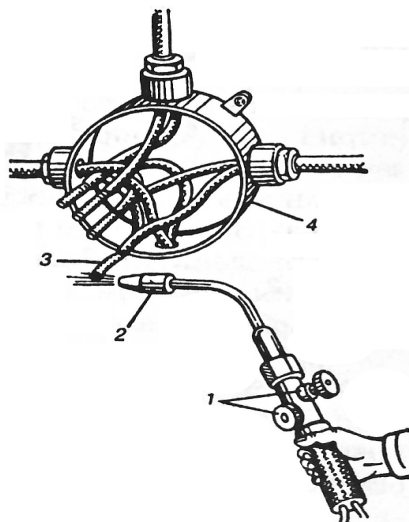


Рис.21.5. Газове зварювання алюмінієвих жил: 1 – вентилі пальника; 2 – пальник; 3 – скрутка проводив; 4 – відгалужувальна коробка.

При ацетилен-кисневому зварюванні вибирають наконечник для пальника, а при бензин-кисневій — мундштук. При пропан-кисневому зварюванні використовують теж саме обладнання і пристосування, що і при ацетилен-кисневому зварюванні. Для пропан-бутану використовують спеціальні балони.

В останні роки широко використовують пропан-кисневе зварювання.

Технологічна послідовність виконання операцій: ножем або інструментом знімають ізоляцію жил на довжині 30—40 мм, кінці жил зачищають сталлю щіткою і скручують. Кінці скрутки покривають тонким шаром флюсу ВАМІ, до кінця скрутки підводять ядро полум'я і нагрівають його до розплавлення. Створення на кінці скрутки краплі рідкого металу у вигляді кульки свідчить про закінчення зварювання, а потім гасять пальник, закриваючи кисень. Залишки флюсу з місця зварювання видаляють сталлю щіткою, з'єднання протирають чистою серветкою і ізолюють скрутки.

Види зварювальних з'єднань і відгалужень для прямокутних шин показано на рис.4.6.

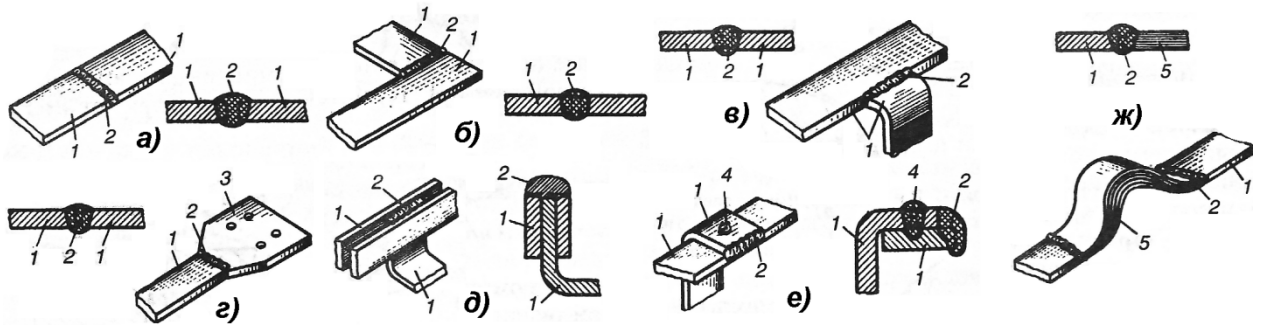


Рис.21.6. Зварювальні з'єднання прямокутних шин і відгалужень: а – з'єднання в стик; б – з'єднання в стик під кутом; в – відгалуження; г – приєднання до апарату; д, е – відгалуження від шин; ж – температурний компенсатор. 1 – шина, 2 – шов, 3 – косинка, 4 – «заклепка», 5 – пакет гнучких стрічок.

Окінцевання, з'єднання і відгалуження мідних жил проводів і кабелів електричним, термітним або газовим зварюванням не виконують.

### 3. Технологія контактних з'єднань опресуванням

Окінцевання і з'єднання жил алюмінієвих і мідних ізольованих проводів і кабелів методом опресування виконують ручними кліщами, механічним, піротехнічним або гідравлічним пресом за допомогою змінних пуансонів і матриць. Пуанسونи і матриці підбирають по діаметру трубчатої частини наконечника або з'єднувальної гільзи.

Існує два способи опресування: місцевим втисненням і суцільним обтисненням.

При місцевому втисненні слідкують за тим, щоб лунки були розташовані співвісно опресованій жилі і одна одній. При окінцеванні лунки роблять на лицевій стороні наконечника. Для контролю якості з'єднання при місцевому втисненні або ступінь суцільного обтиснення перевіряють шляхом вимірювання глибини лунки або діаметру наконечників і гільз.

При використанні гідропресу з автоматичним контролем глибини втиснення або обтиснення вибірний контроль якості опресування не проводять.

#### 4. Технологічна послідовність операцій опресування

Однодротові алюмінієві жили 2,5—10 мм<sup>2</sup> опресовують в гільзах ГАО. Гільзу вибирають у відповідності з перерізом жил, інструмент, механізми, пуансони і матриці — по інструкції або довіднику. Кінці жил зачищають на довжині 20, 25 і 30 мм для гільз ГАО-4, ГАО-5, ГАО-6 і ГАО-8, внутрішню поверхню гільз зачищають до металевго блиску і змащують їх кварцевазеліноювастою і жили вставляють в гільзу. При сумарному перерізі з'єднаних жил менше діаметру внутрішнього отвору гільзи вводять додаткові проволочки жил для ущільнення місця з'єднання. Опресування виконують до торкання пуансона з матрицею. Після опресування остаточна товщина матеріалу **h** в гільзах ГАО-4 повинна бути 3,5 мм; ГАО-5 і ГАО-6 – 4,5 мм; ГАО-8 – 6,5 мм. Перед ізолюванням і виконане контактне з'єднання протирають серветкою, змоченою в бензині. Місце опресування ізолюють ізоляційною стрічкою.

Послідовність операцій опресування показана на рис.21.7.

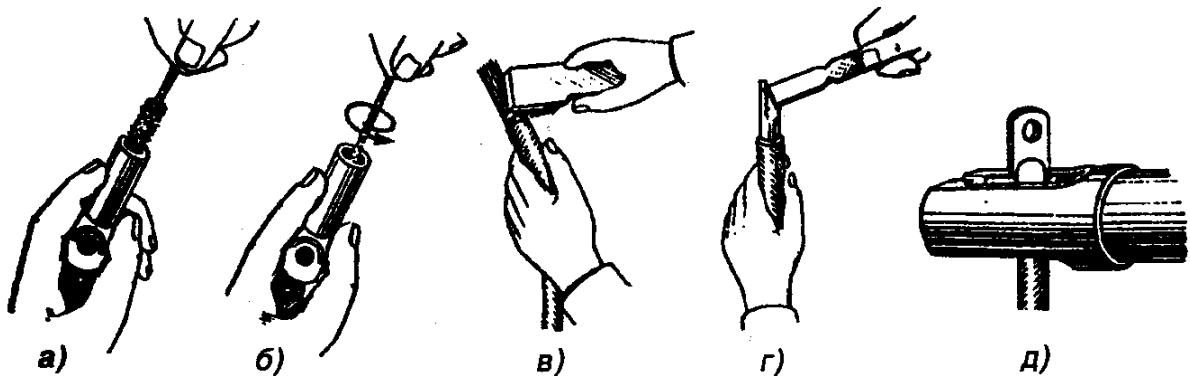


Рис.21.7. Окінцювання алюмінієвих жил опресуванням: а – зачистка наконечника, б – змащування наконечника кварцевазеліноювастою, в – зачистка жил, г – змащування жил кварцевазеліноювастою, д – опресування.

При опресуванні алюмінієвих жил в наконечниках роблять дві лунки, в гільзах – чотири.

При опресуванні мідних жил в наконечниках роблять одну лунку, в гільзах – дві.

Окінцювання і з'єднання мідних жил виконують мідними наконечниками і гільзами.

Механізми і інструмент для опресування жил. Для опресування використовують наступний інструмент: прес-кліщі типу ПК, гідравлічні монтажні кліщі типу ГKM, ручні механічні преси типу РМП, гідравлічні преси типу РПГ і ПГР, гідравлічний прес з електричним приводом типу ПГЕЛ.

## 5. Технологія контактних з'єднань пайкою

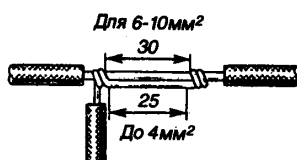
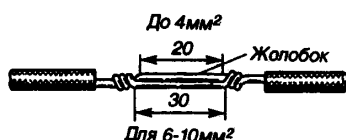
У випадках, коли відсутні можливості використання зварення і для з'єднання і окінцювання жил проводів і кабелів використовують пайку. Для пайки алюмінієвих жил використовують припої і флюси (табл.21.1, 21.2) і паяльник (для однодротових жил 2,5— 10 мм<sup>2</sup>) або пропанокисневий пальник (для великих перерізів).

Таблиця 21.1. Припої для пайки алюмінію і його сплавів

Марка	Температура плавлення °С	Температура пайки °С	Галузь використання
П250А	250	300	Лудіння і пайка кінців алюмінієвих проводів Пайка з'єднань, зрощування алюмінієвих проводів круглого і прямокутного перерізу Пайка заливкою алюмінієвих проводів Пайка виробів з алюмінію і його сплавів
П300А	310	360	
П300Б	410	750	
31А	525	650	

Таблиця 21.2. Флюси для пайки м'якими припоями

Марка	Галузь використання	Хімічний склад, %
КЕ	Пайка струмоведучих частин з міді, латуні і бронзи	Каніфоль – 30, спирт етиловий – 70
ВТС		
ФВ-3	Пайка провідникових виробів з міді, латуні, алюмінію, бронзи, константану, манганіну, срібла	Вазелін – 63, триетаноламін – 6,5, кислота саліцилова – 6,3, спирт етиловий – 24,2 Фтористий натрій – 8, хлористий літій – 36, хлористий цинк – 16, хлористий калій – 40 Хлористий цинк – 40, вода – 60 Фтороборат кадмію – 10, фтороборат амонію – 8, триетаноламін – 82
Водний розчин хлористого цинку		
ФТКА		
	Пайка виробів зі сталі, міді, латуні, бронзи	
	Пайка алюмінієвих проводів з мідними	



Пайку з'єднань і відгалужень однодротових алюмінієвих жил

перерізом 2,5—10 мм<sup>2</sup> виконують подвійною скруткою з жолобком (рис.21.8).

Рис.21.8. З'єднання і відгалуження алюмінієвих проводів пайкою з подвійною скруткою з жолобком.

З жил знімають ізоляцію, зачищають до металевого блиску, нагрівають полум'ям пропанокисневого пальника до початку плавлення припою. Потираючи жолобок паличкою припою А, що введена в полум'я пальника, лудять жили і заповнюють жолобок припоєм, спочатку з одного, а потім з другого боку.

З'єднання і відгалуження мідних жил до 10 мм<sup>2</sup> виконують пропаяною скруткою без жолобка. С жили видаляють ізоляцію на довжину до 35 мм, зачищають її наждачним

папером, пропаяють паяльником в ванночці з розплавленим припоєм ПОССу 40-0,5.

З'єднання і відгалуження мідних жил 4 – 240 мм<sup>2</sup> виконують в гільзах пайкою способом поливу: відгалуження – в гільзах ГПО, з'єднання, – в гільзах ГМ.

Після підготовки жил полив припою виконують протягом 1,5 хв. (рис.21.9). Протягом цього часу гільза повинна бути повністю полуджена.

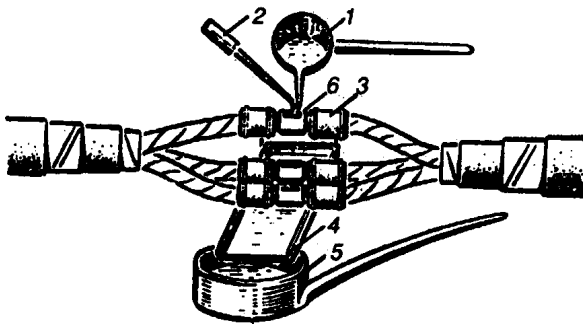


Рис.21.9. З'єднання жил способом поливу розплавленим припоєм. 1 – паяльна ложка, 2 – гачок, 3 – підмотка азбестом, 4 – лоток, 5 – тигель, 6 – форма.

З'єднання і відгалуження алюмінієвих жил перерізом 16 – 240 мм<sup>2</sup> з мідними жилами виконують так саме, як з'єднання пайкою двох алюмінієвих жил. Кінці алюмінієвих жил спочатку лудять припоєм А, а потім припоєм ПОССу, а кінці мідних жил і мідні з'єднувальні гільзи – припоєм ПОССу. Пайку з'єднання виконують безпосереднім сплавленням припою А в форму або способом полива припоєм.

### Контрольні запитання для самоперевірки:

- 1 Опишіть технологію з'єднання пластмасових оболонок кабелів.
- 2 У якому випадку виконують з'єднання опресуванням?
- 3 Опишіть технологію з'єднання опресуванням.
- 4 У якому випадку виконують з'єднання паянням?
- 5 Опишіть технологію з'єднання паянням способом подвійної скрутки.
- 6 Опишіть технологію з'єднання паянням способом поливу розплавленим припоєм.

## ЛЕКЦІЯ №22

### ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЖИЛИХ БУДІВЕЛЬ

#### План лекції

1. Електротехнічні комплекси в жилих будівлях
2. Прокладка проводки в будинках.

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### 1. Електротехнічні комплекси в жилих будівлях

Електрообладнання жилих будівель представляє собою електротехнічний комплекс, що складається з вводно-розподільчого пристрою, внутрішньої мережі електроосвітлення, установчих пристроїв (вимикачів та розеток), освітлювальних та силових електроприймачів.

Ввід в будівлю частіше всього роблять у вигляді відгалужень від найближчої повітряної лінії електропередачі. Для цього застосовують проводи різних марок, що мають атмосферостійку ізоляцію. Довжина відгалуження повинна становити не більше 25 м. При більшій довжині необхідно вкапувати допоміжні столби (рис.22.1.).

Ввід можна зробити крізь стіну будівлі так: а.

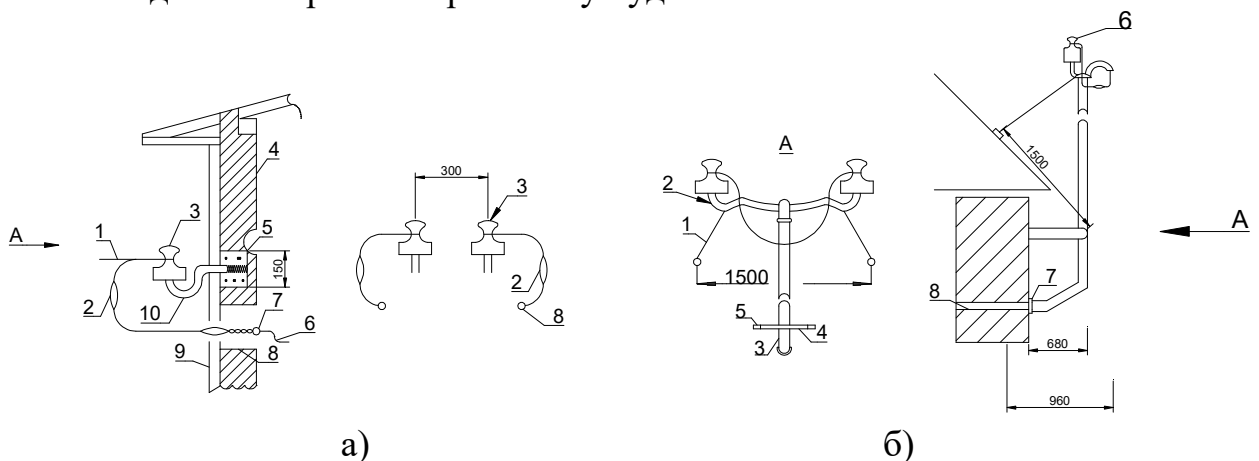


Рис.22.1. Ввід електромережі:

а) безпосередньо крізь стіну; 1 – провід відгалуження; 2 – затискач; 3 – ізолятор; 4 – стіна; 5 – спіраль з проволочки; 6 – ізоляційна трубка; 7 – втулка; 8 – воронка; 9 – цементно-гіпсовий розчин; 10 – крюк (гак);

б) в металевій трубі: 1 – відтяжка зі сталі діаметром 5 мм; 2 – траверса з ізоляторами; 3 – трубостійка; 4 – кронштейн; 5 – шнур 10x100 мм; 6 – провід відгалуження від повітряної лінії; 7 – упорне кільце; 8 – ізоляційна труба

Але краще для цього використовувати спеціальну стійку (б). Її виготовляють з сталеві труби діаметром не менше 32 мм. Крізь неї протягують провід марки АПРТО, які захищають хлорвініловою трубкою діаметром 7 мм, щоб з боку вводу вона виступала з трубостійки на 50 мм, а на виході з неї доходила до місця підключення до лічильника.

Перед затягуванням проводів трубостійку необхідно очистити від заусенців та пофарбувати з середини та зовні.

При встановленні вводу в будівлю необхідно, щоб в трубостійці не накопичувалася вода та не попадала в приміщення.

Відстань від ізолятора на стіні, до яких кріпляться проводи вводу, до поверхні землі повинно складати не менше 2,75 м, а між проводами, а також проводами та виступаючими частинами будівлі (наприклад, звисання даху) – не менше 200 мм.

Для зменшення небезпеки ураження електричним струмом трубостійку необхідно заземлювати.

В якості ввідно-розподільних пристроїв в будівлях використовують квартирні щити з електролічильником та системою захисту (автоматичні вимикача та ПЗВ).

Вид електропроводки та марку вимикачів групової системи електроосвітлення обирають в залежності від матеріалу будівельних конструкцій та характеру призначення приміщення.

## **2. Прокладка проводки в будинках**

В будівлях електропроводку, як правило, виконують скритою, а в неопалювальних приміщеннях, відкритою. Для скритої проводки використовують проводи марок АППВ та АВП, а для відкритих – марок АППР, АПРФ, АПР та АППВ.

Скрита проводка по цегляним стінам виконується безпосередньо під шаром штукатурки, по гіпсобетонним та шлакобетонним стінам та перегородкам – в каналах (штробах) та швах; по перекриттях з незгоряючими та згоряючими основами – в швах та в штробах з нанесенням суцільного шару штукатурки повинно складати не менше 5 мм.

В ванних кімнатах та вбиральнях, крім скритої, допускається також відкрита проводка захищених проводів та кабелів. Не можна використовувати проводи з металевою оболонкою та прокладати їх в сталевих трубах. Це може призвести до ураження електричним струмом.

Групова мережа будівлі, як правило, виконується однофазними лініями, що приєднані до захисних апаратів на квартирному щитку. Частіше передбачається три однофазні групи: дві для загального освітлення та живлення штепсельних розеток на струм 6 та 10 А та одну – для підключення побутових електроприладів потужністю 4 кВт.

Групові лінії загального освітлення та штепсельних розеток повинні розділятися.

До розеток з заземлюючим контактом на струм 10 та 25 А, що встановлюються на кухні, прикладається окремий провід з такою ж площею перерізу, як і фазного. Його приєднують до нульового проводу перед лічильником (до вимикаючого апарату).

Траса електропроводки розмічається з врахуванням розміщення світильників, вимикачів та штепсельних розеток.

В ванних кімнатах корпуси світильників повинні бути з ізоляційного матеріалу. Необхідно застосовувати освітлювальну арматуру з заглибленими патронами та високим ізолюючим кінцем.

В жилих кімнатах звичайно встановлюють не менше однієї штепсельної розетки на струм 6 А на кожні повні та не повні 6 м<sup>2</sup> площі кімнати.

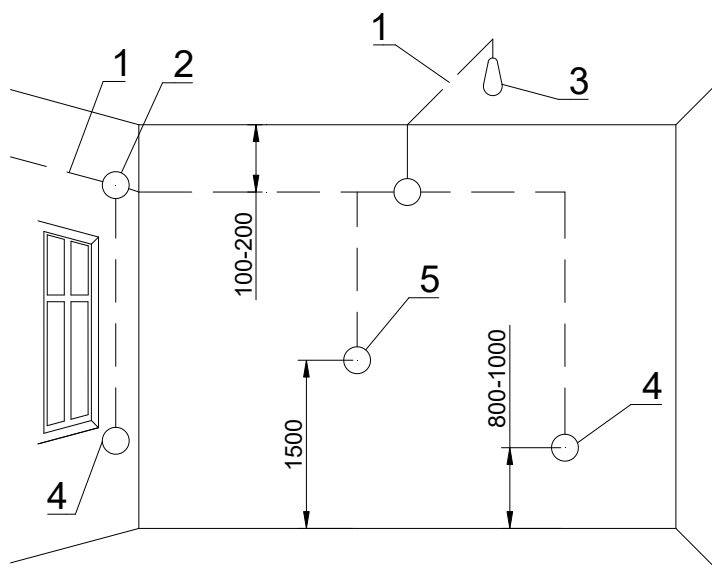


Рис.22.2. Розмітка траси електропроводки в кімнаті

Електрична енергія виробляється на електричних станціях, на яких в електричну переводять в інші види енергії: тепла, водна, атомна, вітрова, сонячна. В залежності від виду енергії електричні станції розділяють на теплові, гідравлічні, атомні, вітрові.

Електропостачання споживачів електричною енергією здійснюється від електричних мереж, об'єднуючих ряд електростанцій. Паралельна робота електричних станцій на загальну електричну мережу забезпечує раціональне розподілення навантаження між ними, найбільш економічне вироблення електроенергії, краще використання встановленої потужності станцій, підвищення надійності електропостачання споживачів та відпущення електричної енергії з нормальними якісними показниками по частоті та напрузі.

Постачання електроприймачів повинно відбуватися від електричної мережі з глухо заземленою нейтраллю 380/220 В, з системою заземлення TN–S або TN–C–S.

На вводі в будівлю повинно бути встановлено один чи декілька ВП (Вводний пристрій – сукупність конструкцій, апаратів та приладів, встановлених на вводі лінії живлення в будівлю від ГРШ) або ВРП.

**Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Який існує поділ величин струму в залежності від його дії?
2. Розкрити поняття «електричні травми» та «електричні удари».
3. Вплив електричного струму на організм людини? Фактори, які визначають ступень ураження при проходженні струму через тіло людини? Який вплив частоти струму на ураження людини?
4. Причини ураження струмом? Опір тіла електричному струму?
5. Класи приміщень за електронезбезпекою.
6. Напруга непрямого дотику до корпусу ЕУ?
7. Ураження електричним струмом при дотику до струмоведучих частин?

## ЛЕКЦІЯ №23

### ОСОБЛИВОСТІ МОНТАЖУ ЕЛЕКТРОПРОВОДОК ОБ'ЄКТА

#### План лекції

1. Особливості монтажу.
2. З'єднання і зачищення жил, проводів і кабелів.
3. Технічний догляд за електроустаткуванням.
4. Технічний догляд за внутрішніми електропроводками.
5. Вибір перерізу проводів.

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### 1. Особливості монтажу

Тип електропроводки і способи її прокладання виявляють номінальною напругою мережі, характером приміщення, станом навколишнього середовища, в якому вона буде знаходитись, вимогами техніки безпеки і пожежної безпеки. Навколишнє середовище характеризується вологістю, температурою, пилом, шкідливих хімічних активних парів і газів.

Ізоляція проводів і кабелів повинна відповідати напрузі мережі і умовам навколишнього середовища. Для мереж напругою до 500 В проводи повинні мати ізоляцію, розраховану на напругу не нижчу 500 В.

Проводи електропроводок віддаляють від печей і труб опалення для запобігання перегріву і передчасного старіння ізоляції.

Нульовий провід повинен мати відповідне забарвлення або біля місця відгалуження, або при вводі в арматуру його помічають бандажем із кольорових ниток, а головки роликів чи ізоляторів нульового проводу фарбують емалевою фарбою. На прямих ділянках пофарбовані ролики встановлюють з інтервалом через два або три звичайних ролика.

Для надійного і швидкого відключення при короткому замиканні необхідно, щоб струм короткого замикання був не менше ніж в 3 рази більший за номінальний струм запобіжника.

#### 2. З'єднання і зачищення жил, проводів і кабелів

Від правильно виконаних контактних з'єднань залежить надійність і безпека експлуатації електроустановок. Контактні з'єднання повинні бути стійкими до різних коливань температури, вологості, впливу навколишнього

середовища. Надійні електричні контактні з'єднання можуть бути виконані одним із наступних основних способів: опресуванням, зваркою, пайкою, скручуванням.

Опресування приміняють для з'єднання та окінцюванню проводів і кабелів будь-якої площі перерізу на напругу від 10 (з'єднання) до 35 кВ (окінцювання), а також мідних (для всіх категорій електроустановок) і алюмінієвих жил (за винятком міських кабельних мереж столичних і обласних міст та електростанцій з агрегатами потужністю від 50000 кВт і більше). З'єднання багатопроволочних мідних жил площею поперечного перерізу до 10 мм<sup>2</sup> в силових і освітлювальних мережах виконують шляхом обгортання з'єднувальних жил двома шарами тонкої мідної або латунної стрічки товщиною 0,2...0,3 мм і опресовкою місця з'єднання за допомогою пуансонів і матриць, які вставляються в малі одноручні клещі.

### **3. Технічний догляд за електроустаткуванням**

Технічні догляди дозволяють підтримувати парк електроустаткування в робочому стані. При технічних доглядах електроустаткування очищають, перевіряють, регулюють, змазують і замінюють деякі деталі. Крім того, визначають технічний стан електроустаткування і при наявності несправностей дають заключення про необхідність поточного або капітального ремонту.

Операції технічного догляду проводять відповідно складеному графіку через суворо встановлені періоди роботи електроустаткування.

Максимальна ефективність технічних доглядів досягається в тому випадку, коли періодичність і номенклатура робіт, виконаних при кожному технічному догляді, в найбільшій степені відповідає конструктивним особливостям електроустаткування, його технічному стану, вимогам експлуатації та ін..

Режим технічних доглядів, що застосовується для середніх умов експлуатації, слід корегувати в кожному конкретному випадку з врахуванням умов, в яких працює електроустаткування. Неякісне і несвоєчасне проведення технічних доглядів знижує працездатність електроустаткування, збільшує витрати на проведення ремонтів і підвищує собівартість сільськогосподарської продукції.

Особливо важливе значення має перевірка і налагодження електроустаткування перед вводом в експлуатацію, а також спостереження за його технічним станом в перший період роботи.

Навіть при самих високих вимогах до випробувань електроустаткування перед відправленням споживачу частину недоліків виявляють і виправляють за деякий час з початку його роботи. В більшій мірі це відноситься до регулюючих параметрів електроустаткування.

При технічних доглядах по можливості мають бути виявлені всі несправності як механічного, так електричного походження. Причинами несправностей також можуть бути порушення регулювання.

Несправності механічного походження частіше всього виникають внаслідок зношення, ударів і деформації, корозії деталей. Їх зазвичай виявляють при огляді і шляхом вимірювань.

Несправності електричного характеру виникають внаслідок пробою ізоляції, протікання струмів короткого замикання, дії електричної дуги, перенапруження та ін. Ці несправності при технічних доглядах також виявляють в більшості випадків зовнішнім оглядом. Якщо конструкція електричної машини чи апарату не дозволяє провести зовнішній огляд, електричні несправності виявляють за допомогою приладів (мегомметр, омметр та ін..).

#### **4. Технічний догляд за внутрішніми електропроводками**

При проведенні технічних доглядів за електропроводками виконують наступні роботи:

1. В сухих приміщеннях волосяною щіткою очищують проводи від пилу; в сирих приміщеннях користуються вологим матеріалом. Кабелі, зовнішню частину труб з електропроводкою і корпуси освітлювальних коробок очищають обтираючим матеріалом. Масляні плями з трубопроводів видаляють обтираючим матеріалом, змоченим в бензині.

2. Очищають ізолятори обтираючим матеріалом, змоченим в 5%-вому розчині каустичної соди.

3. Похитуванням руки перевіряють надійність кріплення труб, протяжних і відокремлених коробок, якорів, крюків, штирів, а також кутів, які захищають кабелі і проводи від механічних пошкоджень. Послаблені місця укріплюють.

4. Оглядом впевнюються в цілості ізоляторів, а похитуванням руки – в надійності їх кріплення на крюках, якорях чи штирях. Ізолятори, які мають тріщини, замінюють новими.

5. Уважно оглядають ізоляцію проводів. Ділянки проводів, що мають незначні порушення ізоляції, ізолюють.

#### **5. Вибір перерізу проводів**

При виборі перетину дроту ми повинні розуміти, що обраний нами провід повинен витримувати навантаження, яке необхідне для приладів, що живляться від нього. На вибір перерізу кабелю впливає:

- матеріал з якого зроблені жили, алюміній або мідь;
- умови прокладки проводки;
- навантаження, яке він повинен витримувати.

Матеріалом приводу, звичайно, краще використовувати мідні дроти через те, що вони при тому ж перерізі жили, в порівнянні з алюмінієвими, можуть витримувати велике навантаження, а також, вони не так легко переламуються при згинанні, як алюмінієві.

Знаючи навантаження, яке повинен витримувати обраний нами провід, ми можемо скористатися таблицею з вибору перетину дроту:

Открытая проводка						Сечение кабеля мм <sup>2</sup>	Закрытая проводка					
Медь			Алюминий				Медь			Алюминий		
Ток А	Мощность кВт		Ток А	Мощность кВт			Ток А	Мощность кВт		Ток А	Мощность кВт	
	220 в	380 в		220 в	380 в			220 в	380 в		220 в	380 в
11	2,4	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-
15	3,3	-	-	-	-	0,75	-	-	-	-	-	-
17	3,7	6,4	-	-	-	1,0	14	3,0	5,3	-	-	-
23	5,0	8,7	-	-	-	1,5	15	3,3	5,7	-	-	-
26	5,7	9,8	21	4,6	7,9	2,0	19	4,1	7,2	14	3,0	5,3
30	6,6	11	24	5,2	9,1	2,5	21	4,6	7,9	16	3,5	6,0
41	9,0	15	32	7,0	12	4,0	27	5,9	10	21	4,6	7,9
50	11	19	39	8,5	14	6,0	34	7,4	12	26	5,7	9,8
80	17	30	60	13	22	10	50	11	19	38	8,3	14
100	22	38	75	16	28	16	80	17	30	55	12	20
140	30	53	105	23	39	25	100	22	38	65	14	24
170	37	64	130	28	49	35	135	29	51	75	16	28

Якщо вибрати перетин дроту меншим ніж потрібно, то він буде постійно грітися, контакти будуть підгорати, так само, можливі неприємності в розподільних коробках, коли в результаті сильного нагрівання проводів ізоляція втратить свої властивості і може статися коротке замикання і т.д. Тому, при виборі перетину дроту виберіть перетин із запасом, щоб у разі збільшення навантаження, через додавання споживачів, кабель не перегрівався.

### Контрольні запитання для самоперевірки:

1. Що таке ПВР та ПВЕР і для чого вони служать?
2. З чого складається проект електроустановки?
3. Що містить пояснювальна записка?
4. Що таке кошторис?
5. Що таке специфікація?
6. Які роботи виконують на першій стадії електромонтажних робіт?
7. Які роботи виконують на другій стадії електромонтажних робіт?

## ЛЕКЦІЯ №24

# ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА МОНТАЖ УСТАНОВОК ДЛЯ ОСВІТЛЕННЯ ТА ОПРОМІНЕННЯ

### План лекції

1. Класифікація та основні характеристики світильників.
2. Загальні характеристики опромінювачей.
3. Стробоскопічний ефект та способи його усунення.
4. Монтаж групових ліній освітлення з люмінесцентними лампами.
5. Складання плану освітлювальної мережі приміщень сільськогосподарських споруд.
6. Приклад монтажу проводок освітлення з врахуванням вимог чинних нормативів надійності зручності та безпечності.
7. Зниження втрат електроенергії в освітлювальних мережах.

### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

### 1. Класифікація та основні характеристики світильників

Конструкція електричних джерел світла, така, що потік випромінювання розподіляється майже по всім напрямкам. В практиці випромінювання необхідно направляти на робочу поверхню, об'єкт. Самі лампи можуть бути уражені руйнівному впливу несприятливих факторів навколишнього середовища. Ось чому електричні джерела випромінювання використовують в сукупності з пристроєм, призначеним для їх кріплення, включення в мережу, перерозподілу потоку випромінювання, захисту від механічних пошкоджень та несприятливих факторів навколишнього середовища. Такий прилад називається світловим (світильник).

**Світильник** – світловий прилад, перерозподіляючий світло лампи всередині значних тілесних кутів (до  $2\pi$ ).

**Прожектор** – прилад перерозподіляючий світло лампи всередині малих кутів.

По характеру світлорозподілу світильники підрозділяються на п'ять класів, а в кожному класі на сім типів. Класи світильників визначається відносним значенням потоку  $\Phi$ , випромінюючого в нижню на півсферу, по відношенню до світлового потоку  $\Phi_{\text{св}}$  всього світильника.

У світильників прямого світіння (П) відносне значення потоку в нижню напівсферу  $\Phi \cup > 80\%$ , у світильників переважно прямого світіння (Н) –  $\Phi$

$\cup = 60...80\%$ , світильників розсіяного світіння (Р)  $\cup \Phi = 60...40\%$ , у світильників переважно відбитого світіння (В)  $\Phi \cup = 20...40\%$  та у світильників відбитого світіння (О)  $\Phi < 20\%$ .

За призначенням світильники розподіляють на виробничі, транспортні, для суспільних споруд, для освітлення приміщень, відкритих просторах та ін.

За умовами експлуатації світильники класифікують в залежності від способу встановлення (підвісні, поточні, настільні, настінні та інш.) та виконання.

Світильники характеризуються наступними основними світлотехнічними показниками: світло розподілення, ККД, захисним кутом).

**ККД світильника** – відношення світлового потоку  $\Phi_{св}$  світильника до світового потоку  $\sum \Phi_{л}$  всіх ламп в цьому світильнику:

$$\eta_{св} = \Phi_{св} / \sum \Phi_{л}.$$

Захисний кут світильника характеризує зону, в межах якої око спостерігача захищене від прямого випромінення лампи. Його значення визначається кутом, що лежить в межах горизонталі та лінією, що з'єднує крайню точку випромінюючого тіла з протилежним краєм відбивача або розсіювача, що послаблює яскравість.

## 2. Загальні характеристики опромінювачей

Опромінювальні прилади відрізняються від світильників лише функціональним призначенням при однотипних джерелах. Елементи конструкцій та основні характеристики опромінювачей ті ж, що й у світильників.

Опромінювачі, що застосовують в сільському господарстві, підрозділяються на три групи в залежності від складу випромінення; для УФ, видимого та ІЧ випромінення. Існують також комбіновані опромінювачі для комплексної дії на біологічні об'єкти випромінення.

В опромінювачах для УФ опромінення використовують ртутно-розрядні лампи низького (ДБ, ЛЕ, ЛЕР) та високого (ДРТ, ДРТЕД) тиску.

Прилади видимого випромінювання призначені для опромінення рослин. В цих опромінювачах застосовують практично всі освітлювальні розряди лампи та розрядні спеціального призначення типу ЛФ (люмінесцентна фотосинтезна), ДРФ (дугова ртутна фотосинтезна високого тиску з гологенними добавками), ДМУ (дугова металогологенна трифазна).

В інфрачервоних опромінювачах використовують лампи розжарювання спеціальної конструкцій та темні випромінювачі типу ТЕН (трубчасті електронагрівачі), які не створюють видимого випромінення.

## 3. Стробоскопічний ефект та способи його усунення

Стробоскопічний ефект в люмінесцентних лампах визивається частими (100 раз в секунду) невловимими для бачення миганнями в такт з коливанням

змінного струму в освітлювальній мережі, що може призвести до викривлення дійсної картини руху освітлювального приладу.

Стробоскопічний ефект може бути майже повністю ліквідувати парним включенням ламп, при якому одна з них вмикається крізь додатковий конденсатор великої потужності (до 2.5мкФ). За допомогою цього конденсатора між токами в лампах притупає, інша горить максимально яскраво та освітленість вирівнюється.

#### 4. Монтаж групових ліній освітлення з люмінесцентними лампами

Групові щітки, від яких починається групові освітлювальні мережі, повинні розміщатися в приміщеннях, зручних для обслуговування.

Щітки керування освітленням необхідно розмістити в зоні бачення ламп, що управляються цим щитом.

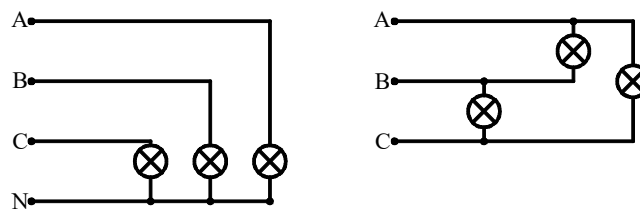
ПУЕ обмежує граничний струм апаратів, що захищає групові лінії, значенням 25А, а кількість світильників з лампами розжарювання, ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, що обслуговується групою - 20 на фазу.

При живленні групою газорозрядних ламп потужністю 125 Вт і більше або ламп розжарювання потужністю 500 Вт та більше струм апаратів захисту може бути збільшений до 63А. Лампи потужністю 10 кВт та більше повинні живитися окремими лініями кожна та захищатися відповідно їх струму.

Для ліній живлення люмінесцентних ламп, допускається до 50 ламп на фазу.

Групові лінії можуть бути одно, двох, або трьохфазними. Останні обов'язкові, коли чередування фаз в лінії використовується для зменшення пульсації освітленості. Трифазні групи можуть прийняти втричі більше навантаження, та обслужити в три рази більше світильників ніж однофазні.

Частіше лампи вмикаються в мережу трифазного струму по схемі зірка, чи наприклад коли від мережі 380/220 В живляться лампи 380 В, – по схемі трикутник.



#### 5. Складання плану освітлювальної мережі приміщень сільськогосподарських споруд

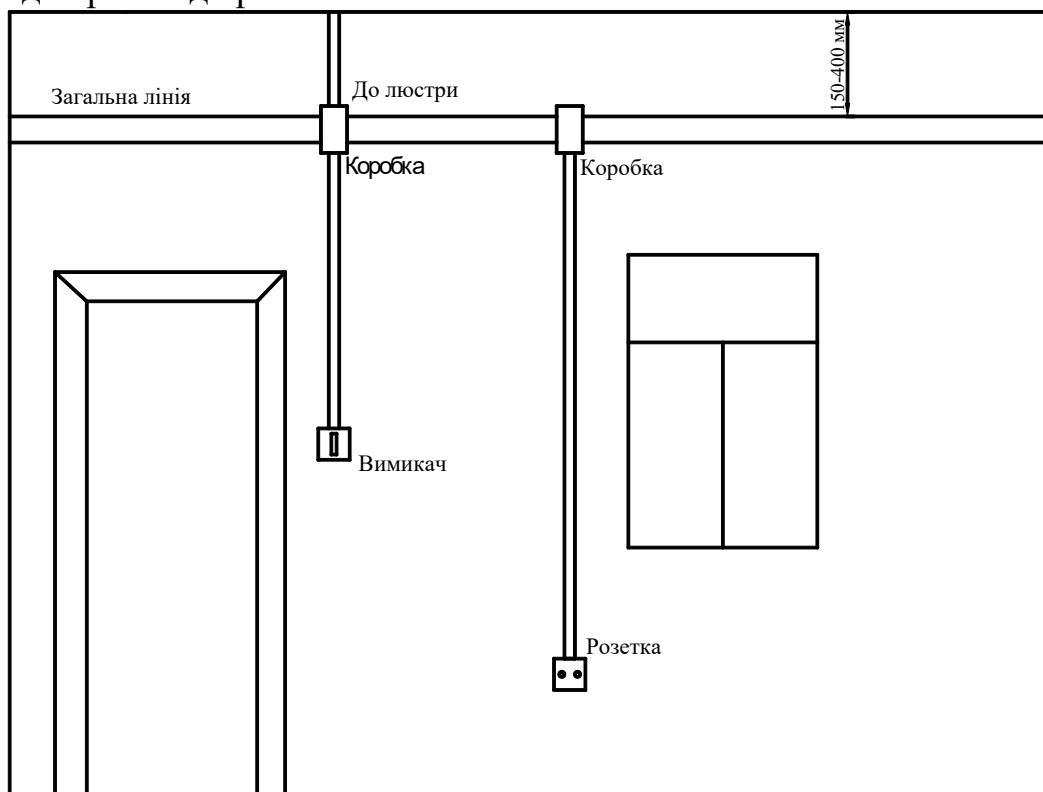
Електричні мережі взагалі, та особливо освітлювальні мережі, є найбільш розповсюдженим видом інженерних комунікацій, так як вони прокладаються в усіх приміщеннях. За характером та призначенню вони повинні відповідати цілому ряду вимог:

1) забезпечувати безперебійність та надійність живлення освітлювальних установок;

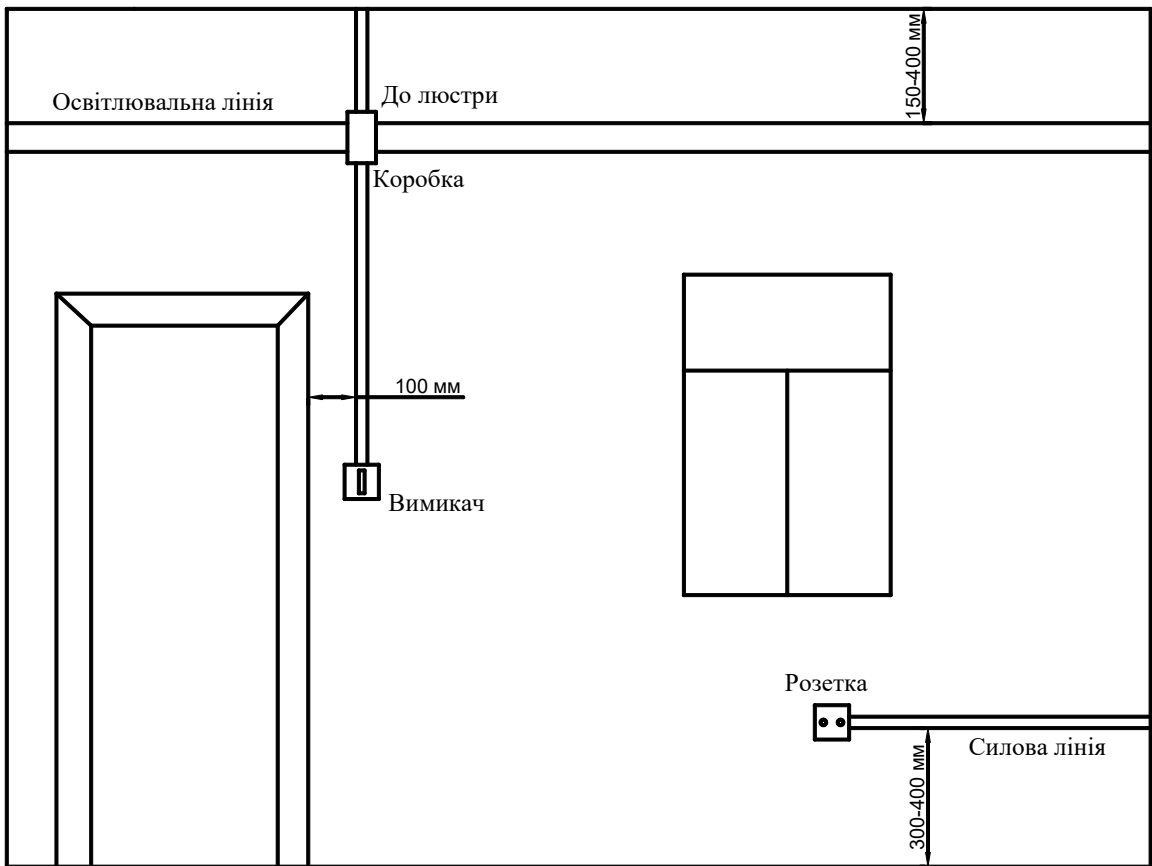
- 2) вимагати для свого виконання найменших затрат засобів та дефіцитних матеріалів (мідь та сталевих труб);
- 3) забезпечувати безпечність у відношенні пожежі, вибуху та ураженням електричним струмом;
- 4) по можливості допускати заміну пошкоджених або зношених проводів в процесі експлуатації;
- 5) по можливості бути наглядними, доступними для обслуговування та не погіршувати зовнішнього виду приміщення;
- 6) мати достатньою міцністю та стійкістю до можливим механічним впливом.

## 6. Приклад монтажу проводок освітлення з врахуванням вимог чинних нормативів надійності зручності та безпечності

При класичній прикладці в утробу підстелю штроба ведеться горизонтально на відстані 150..400мм від стелі з відгалуженнями вертикально вниз від коробок до розеток та вимикачем.

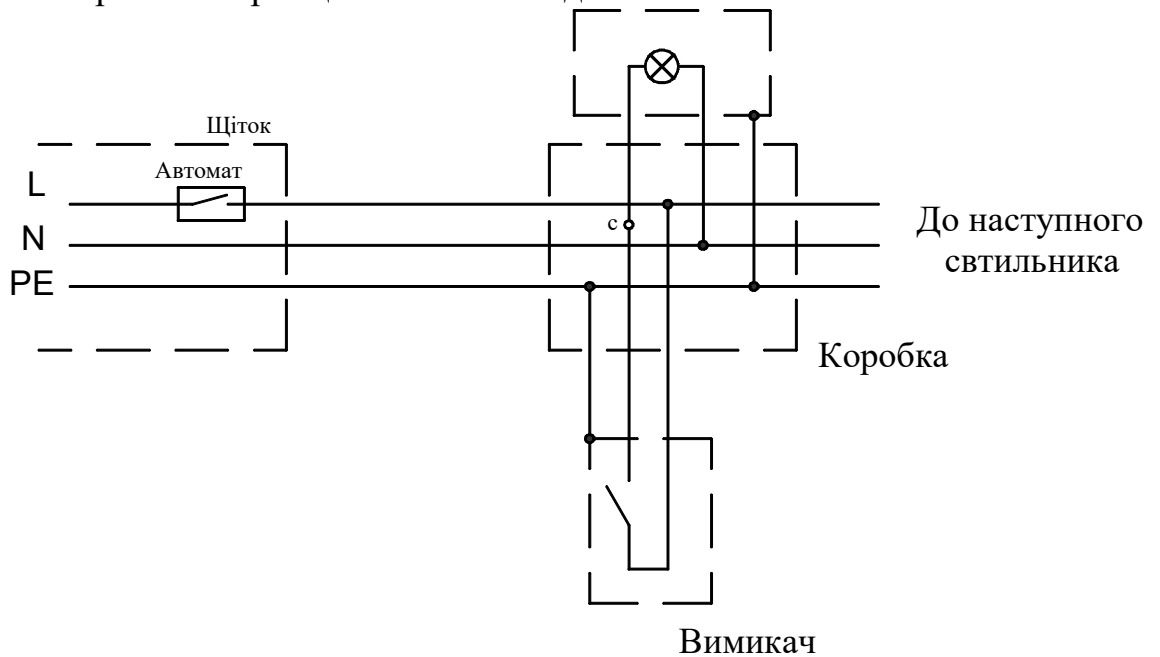


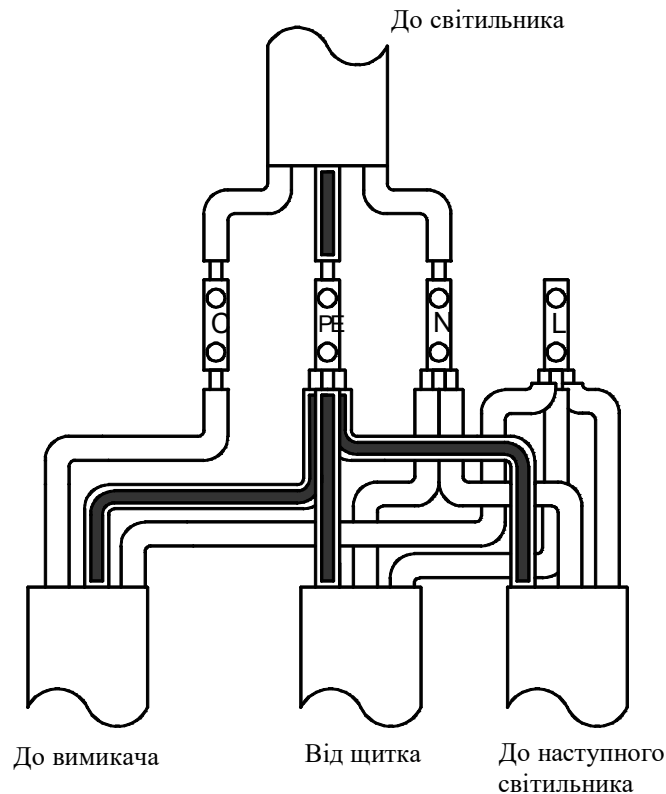
Як варіант існує спосіб прокладання проводів в якому, освітлювальну гілку прокладають під стелею, а силову прокладають над підлогою на висоті (300...400мм).



Прокладання скритої проводки на стінах повинна бути мінімізована та мати зрозумілу геометрію. Орієнтиром поворотів та відгалужень служать щітки, коробки, розетки, вимикачі, світильники. Проводка між ними повинні лежати прямими лініями, паралельними або перпендикулярними підлозі.

Найпростіша принципова схема підключення світильника





**Організація монтажу систем освітлення.** Значна частка електромонтажних робіт пов'язана з електровстановлювальними виробами:

- з установкою вимикачів, перемикачів, штепсельних розеток, вилок, запобіжників тощо;
- з установкою освітлювальних щитків світильників, апаратів управління, приладів обліку витрати електроенергії.

Монтаж внутрішньої проводки умовно ділять на дві стадії:

- **підготовчу**, під час якої виконують розмічувальні та заготівельні роботи;
- **основну**, під час якої прокладають проводи й роблять всі необхідні з'єднання.

До підготовчих робіт належать:

- ознайомлення з робочими кресленнями проекту електроустановки та монтажними схемами;
- розмітка місць установки електроустаткування, світильників, арматури, комутаційних апаратів, електричних щитків і ліній прокладання проводів;
- виконання в будівельних основах отворів і гнізд;
- свердління проходів через стіни та інші елементи будівельних конструкцій, виготовлення борозд (штроб) для прихованої проводки;
- встановлення та закріплення електрообладнання щитків, комутуючих апаратів, освітлювальних приладів.

Розмітка є відповідальним видом підготовчих електромонтажних робіт.

Етапи розмітки:

- визначення точок закріплення світильників, вимикачів;

– розмітка траси електропроводки, починаючи від групового щитка.

Одиночні світильники розміщують в центрі стелі. Якщо світильників декілька, їх розташовують на перетині діагоналей однакових прямокутників, на які розбивають площу стелі. У деяких випадках розмітку проводять на підлозі, переносячи потім точки підвісу світильників з підлоги на стелю за допомогою схилів (нитка на кінця якої знаходиться не великий вантаж, схил застосовується для визначення перпендикулярності).

Незахищену відкриту проводку, розраховану на напругу вище 42 В, розташовують на висоті не менше 2 м в приміщеннях без підвищеної небезпеки і не менше 2,5 м у приміщеннях з підвищеною небезпекою і в особливо небезпечних. Висота прокладки захищених проводів, кабелів і проводів в трубах, металлорукавах не нормується.

Вимикачі, встановлювані біля входу в приміщення (всередині або поза ним), розміщують зазвичай так, щоб їх не закривала двері що відкриваються. Ставлять вимикачі на висоті 1,5 м від підлоги.

При виконанні підготовчих робіт кріплять установчі вироби: вимикачі та перемикачі; штепсельні розетки; стельові та настінні патрони для ламп; відгалужувальні коробки для з'єднання і відгалуження проводів при прихованій електропроводці.

В освітлювальних мережах відкриту проводку найчастіше здійснюють за допомогою плоских проводів, що мають роздільну оснву. Їх кріплять до поверхонь за допомогою цвяхів. Проте у ряді випадків така проводка виявляється неприйнятною.

## 7. Зниження втрат електроенергії в освітлювальних мережах

В сільськогосподарській галузі затрачується на електричне освітлення в середньому біля 10% споживної електроенергії.

**Лампи розжарювання** мають просту схему включення, що робить ці лампи найбільш надійними джерелами світла: вони не чутливі до змін умов навколишнього середовища, включаючи температуру, але дуже чутливі до відхилення підведеної електроенергії. Недоліки – низький ККД  $\approx 2\%$

**Кварцеві галогенні лампи** є різновидом ламп розжарювання, потужність від 1 до 5 кВт.

**Газорозрядні лампи** застосовуються для освітлення основними типами яких є: трубчасті люмінесцентні лампи низького тиску, ртутні лампи високого тиску, металогалогенні, натрієві та ксенонові лампи.

– **люмінесцентні лампи низького тиску** працюють при температурі  $+15 - 25^{\circ}\text{C}$ ; середній термін 10000 год. Термін роботи лампи скорочується при значному зниженні напруги та частому вмиканні.

– **ртутні лампи високого тиску** широко використовуються ДРЛ (дугові ртутні люмінесцентні); зміни зовнішньої температури на ці лампи практично не впливають; середній термін роботи 10000 год; при зоровій роботі високої точності ці лампи застосовуватися не можуть;

– **трубчасті ксенонові лампи**, в яких параметри практично не залежить від температури навколишнього середовища мають велику потужність, застосовуються при освітленні великих площ.

– **металогалогенні лампи** (ДРІ – дугова ртутна з добавками іодидів металів); мають високу світлову віддачу та гарну світло передачу; параметри ламп сильно залежать від коливань напруги мережі; строк служби ламп 1000 – 5000 год.

– **натрієві лампи високого тиску** є дуже ефективними джерелами світла: вони мало чутливі до зміни температури навколишнього середовища та працюють в діапазоні від -60 до +50 °С; електричні параметри лампи сильно залежать від напруги мережі; мають високу світловіддачу та термін служби, є перспективними джерелами світла.

Основними шляхами економії електроенергії в освітлювальних мережах є:

1) застосування найбільш надійних та економічних джерел світла пускорегулюючої апаратури, систем комбінованого освітлення;

2) раціональне побудування освітлювальних мереж;

3) нормалізація режимів напруги в освітлювальних мережах;

4) перехід де це доцільно та можливо, на живлення світильників напругою 380 В;

5) застосування раціональних режимів роботи освітлювальних установок;

6) належна експлуатація освітлювальних мереж (періодична чистка світильників та ін..)

Одна з проблем, що визначає економічність внутрішнього освітлення, є правильний вибір системи освітлення (загальне, комбіноване), який залежить в більшості від технічних особливостей виробничих приміщень.

Важливим при цьому є застосування джерел світла з високою світловою віддачею (метало галогенних, натрієвих та ін.)

## **8. Стробоскопічний ефект**

Стробоскопічний ефект в люмінесцентних лампах визивається частими (100 раз в секунду) невольними для бачення миганнями в такт з коливанням змінного струму в освітлювальній мережі, що може призвести до викривлення дійсної картини руху освітлювального приладу.

Стробоскопічний ефект може бути майже повністю ліквідований парним включенням ламп, при якому одна з них вмикається крізь додатковий конденсатор великої потужності (до 2.5 мкФ). За допомогою цього конденсатора між токами в лампах притухає, інша горить максимально яскраво та освітленість вирівнюється.

### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Що таке освітлювальні електроустановки?

2. Перелічіть пристрої для приєднання джерел світла до електричної мережі.
3. Яка основна вимога до освітлення?
4. Які види освітлення ви знаєте?
5. На які основні групи підрозділяються джерела світла?
6. Як працює лампа розжарювання?
7. Поясніть принцип роботи ДРЛ.
8. Як працюють люмінесцентні лампи?

## ЛЕКЦІЯ №25

# ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ЗАЗЕМЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

### План лекції

1. Основні визначення.
2. Заземлювачі та заземлюючі провідники.
3. Типи заземлення.

### Хід проведення

- I. Організація групи.
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

### *1. Основні визначення*

**Заземлення** – електричне з'єднання якої-небудь точки системи електроустановки або обладнання з заземлюючими пристроями.

**Головна заземлююча нейтраль** – шина, що є частиною заземлюючого пристрою електроустановки до 1 кВ та призначена для приєднання декількох провідників з метою заземлення та вирівнювання потенціалу.

**Глухозаземлена нейтраль** – нейтраль трансформатора або генератора, приєднана безпосередньо до заземлюючого пристрою. Глухозаземленим може бути також вивід джерела однофазного змінного струму або полюс джерела постійного струму в двопровідних мережах, а також середня точка в три провідних мережах постійного струму.

**Ізольована нейтраль** – нейтраль генератора або трансформатора, що не приєднана до заземлюючого пристрою або приєднана до нього крізь великий опір приладів сигналізації, вимірювання, захисту та інших аналогічних їм пристроїв.

**Заземлена нейтраль** – нейтраль трансформатора або генератора, що приєднана до заземлюючого пристрою безпосередньо або крізь малий опір (трансформатори струму та ін.)

**Заземлення** – електричне з'єднання якої-небудь точки системи електроустановки або обладнання з заземлюючими пристроями.

**Заземлюючий пристрій** – сукупність заземлювача та заземлюючих провідників.

**Заземлюючий провідник** – провідник, що з'єднує заземлюючу частину (точку) з заземлювачем.

**Заземлювач** – провідна частина або сукупність з'єднаних між собою провідних частин, що знаходяться в електричному контакті з землею безпосередньо або крізь проміжне провідне середовище.

**Робоче заземлення** – заземлення точки або точок струмоведучих частин електроустановки, що виконане для забезпечення роботи електроустановки (не з метою електробезпеки).

**Природній заземлювач** – стороння провідна частина, що знаходиться в електричному контакті з землею безпосередньо або крізь проміжне середовище, що використовується з метою заземлення.

**Захисне занулення** – в електроустановках напругою до 1 кВ проводиться з'єднання відкритих провідних частин з глухозаземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трифазного струмом з глухозаземленим виводом джерела однофазного струму, з заземленою точкою джерела в мережах постійного струму, що виконується з метою безпеки.

**Зона нульового потенціалу** (відносна земля) – частина землі, що знаходиться поза зоною впливу якого-небудь заземлювача, електричний потенціал якого приймається рівним нулю.

**Зона розтікання** (локальна земля) – зона землі між заземлювачем та зоною нульового потенціалу.

**Зона розтікання** – область землі, в межах якої виникає помітний градієнт потенціалу при стіканні струму з заземлювача.

**Захисне заземлення** – заземлення частин електроустановки з метою забезпечення електробезпеки.

**Занулення** – з'єднання металевих не струмоведучих частин електричного приладу або пристрою з нульовим проводом (нейтраллю) живильної трифазної мережі. Застосовується для захисту від ураження струмом при замиканні фази на металеві не струмоведучі частини.

Принцип дії оснований на виникненні короткого замикання при прибої фази, що приведе до спрацювання системи захисту (автоматичний вимикач або перегорання плавких запобіжників).

**Замикання на землю** – випадкове зєднання частин електроустановки що знаходяться під напругою з конструктивними частинами не ізольованими від землі або безпосередньо з землею.

**Замикання на корпус** – випадкове з'єднання частин електроустановки що знаходяться під напругою з їх конструктивними частинами, що нормально не знаходяться під напругою.

**Нульовий провідник** – провід мережі який з'єднаний з глухо заземленою нейтраллю трансформатора або генератора.

**Опір заземлюючого пристрою** – відношення напруги  $U_3$  на заземлюючому пристрої до струму  $I_3$ , що стікає з заземлювача в землю, тобто

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3}$$

Опір заземлюючого пристрою повинен бути не більше 4 Ом, а при потужності генераторів та трансформаторів 100 кВ·А та менше – не більше 10 Ом.

**Вирівнювання потенціалу** – електричне з'єднання провідних частин для досягнення рівності потенціалу

### До частин які потребують заземлення відносять:

- корпуса електричних машин, трансформаторів, апаратів, світильників;
- вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів;
- каркаси розподільчих щитів управління та шаф;
- металеві конструкції розподільчих пристроїв, металеві, кабельні конструкції, металеві корпуси кабельних муфт, металеві оболонки та броня контрольних та силових кабелів, металеві оболонки проводів, сталеві труби що пов'язані з установкою електрообладнання;
- металеві корпуса пересувних та переносних електроприймачів.

### 2. Заземлювачі та заземлюючі провідники

В якості природних заземлювачів можуть бути застосовані:

- прокладені під землею водопровідні та інші металеві трубопроводи, за винятком трубопроводів горючих рідин та газів, а також трубопроводів що покриті ізоляцією від корозії;
- обсадні труби;
- металеві конструкції та арматура залізобетонних конструкцій будівель які мають з'єднання з землею.

**В якості штучних заземлювачів необхідно застосовувати:**

- вертикально занурені сталеві труби, кутову сталь, металеві стержні.

**В якості заземлювальних проводів можуть бути застосовані:**

- нульові провідні мережі;
- металеві конструкції будівель (ферми, колони).

В мережах з глухим заземленням нейтралі необхідно застосовувати занулення, а в мережах з ізолюованою нейтраллю заземлення.

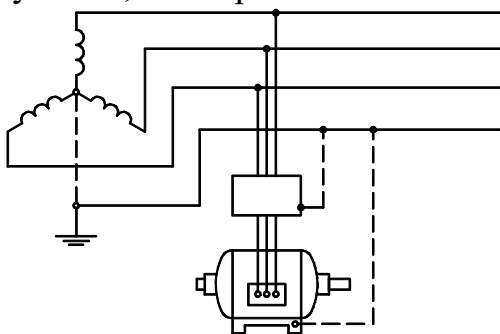


Рис.25.1. Схема занулення електроустановки з заземленою нейтраллю

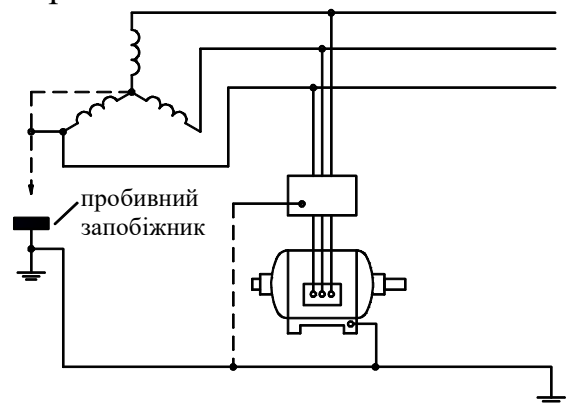


Рис.25.2 Схема захисного заземлення електроустановки з ізолюованою нейтраллю

### 3. Типи заземлення

**Захисне заземлення.** Захисне заземлення знижує до безпечних значень напругу доторкання. Це відбувається шляхом зменшення опору заземлення, а

також вирівнювання потенціалів заземленого обладнання та основи на якій стоїть людина. Тобто потенціал основи, на якій стоїть людина, піднімається до значення, близького до значення потенціалу заземленого обладнання.

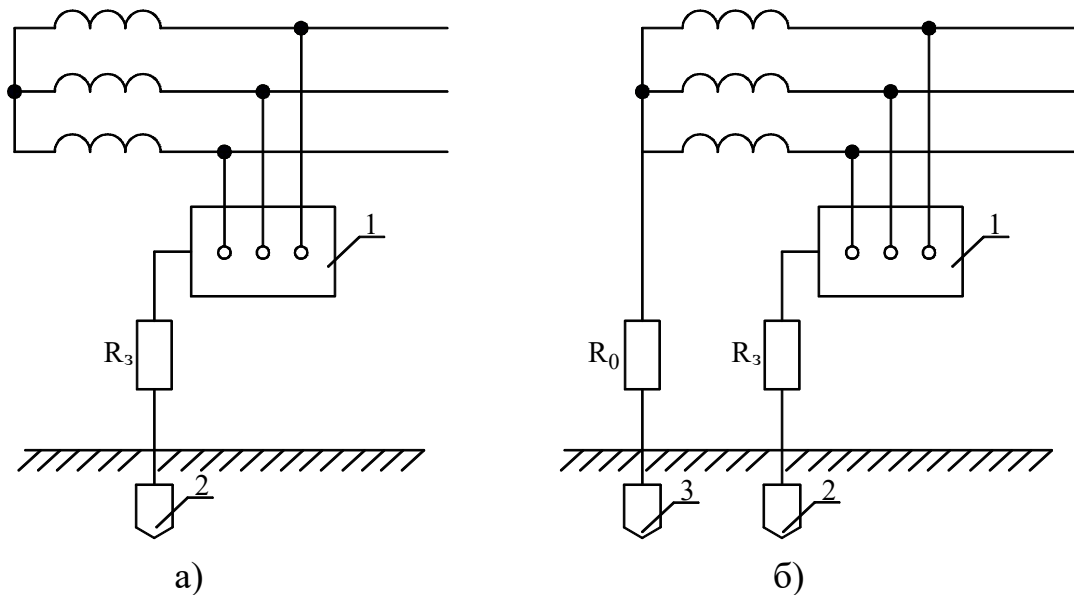


Рис. 25.3. Принципова схема захисного заземлення: а) в мережі з ізолюваною нейтраллю; б) в мережі з заземленою нейтраллю; 1– обладнання що заземлюється; 2 – заземлювач захисного заземлення; 3 – заземлювач робочого заземлення;  $R_3$  та  $R_0$  – опір захисного та робочого заземлень.

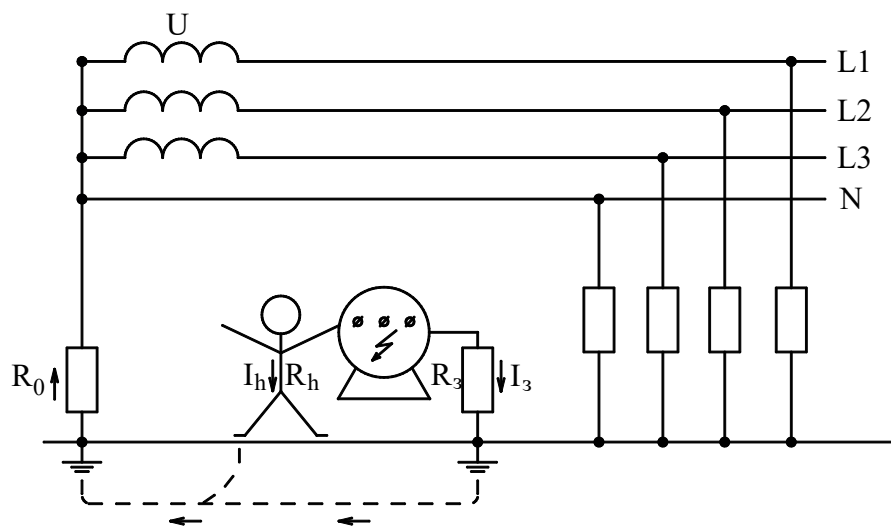


Рис. 25.4. Схема мережі з заземленою нейтраллю та захисним заземленням споживача електроенергії: 1) пробивний запобіжник; 2) розрядники; 3) резистори.

Напруга корпусу електроустановки ( $U_3$ ) відносно землі зменшиться та стане рівною:

$$U_3 = I_3 R_3 \quad (1)$$

Напруга доторкання ( $U_h$ ) та струм, що проходить крізь тіло людини ( $I_h$ ) буде визначатися як:

$$U_h = I_3 R_3 \alpha_d \quad (2)$$

$$I_h = I_3 \frac{R_3}{R_h} \alpha_d \quad (3)$$

де  $\alpha_d$  – коефіцієнт напруги доторкання.

При зменшенні значення опору заземлення розтіканню струму  $R_3$  зменшується напруга корпусу електроустановки відносно землі та як наслідок напруга доторкання та струм крізь тіло людини.

**Типи заземлюючих пристроїв.** В залежності від місця розміщення заземлювача відносно заземлюючого обладнання розрізняють два типи заземлюючих пристроїв:

- виносні;
- контурні.

Заземлювач виносного заземлюючого пристрою винесений за межі площадки, на якій знаходиться заземлююче обладнання.

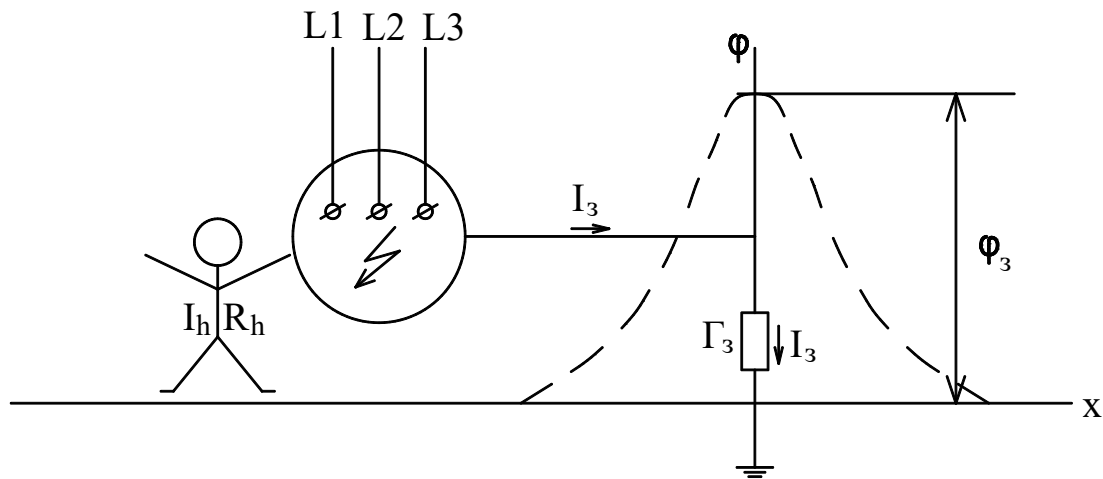


Рис. 25.5 Виносний заземлюючий пристрій

Заземлюючий пристрій цього типу застосовують при малих струмах замикання на землю в установках до 1 кВ, де потенціал заземлювача не перевищує значення допустимої напруги доторкання  $U_{\text{дот.доп}}$  (з врахуванням коефіцієнту напруги доторкання, що враховує падіння напруги в опорі розтіканню основи на якій стоїть людина  $\alpha_d$ ).

$$\phi_3 = I_3 \cdot R_3 \leq \frac{U_{\text{дот.доп}}}{\alpha_d} \quad (4)$$

де  $I_3$  – струм, що стікає в землю крізь заземлюючий пристрій;

$R_3$  – опір розтікання струму заземлюючого пристрою.

Двофазне доторкання: крізь тіло людини проходить лінійна напруга мережі, як наслідок великий струм;

$$I_h = \frac{U_{\text{л}}}{R_h} \quad (5)$$

де  $U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\phi}$  – лінійна напруга тобто напруга між фазними проводами мережі, В;

$U_{\phi}$  – фазна напруга тобто напруга між початками та кінцем однієї обмотки.

Опір людини  $R_h=1000$  Ом струм людини буде рівний:

$$I_h = 1.73 \cdot 220 / 1000 = \frac{380}{1000} = 0,38 A = 380 \text{ mA}$$

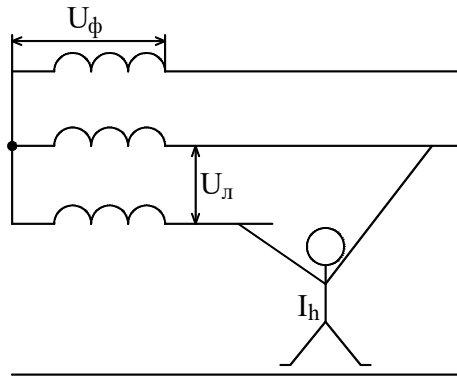


Рис. 25.6. Доторкання людини до двох фаз

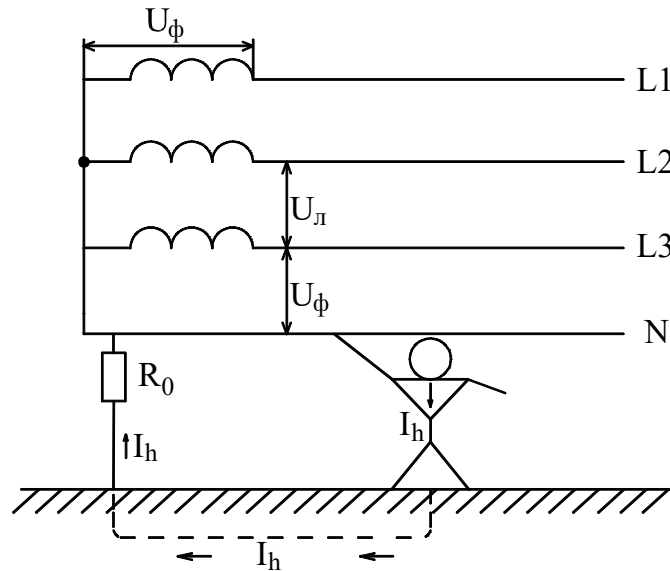


Рис. 25.7. Доторкання людини до однієї фази трифазної мережі з заземленою нейтраллю

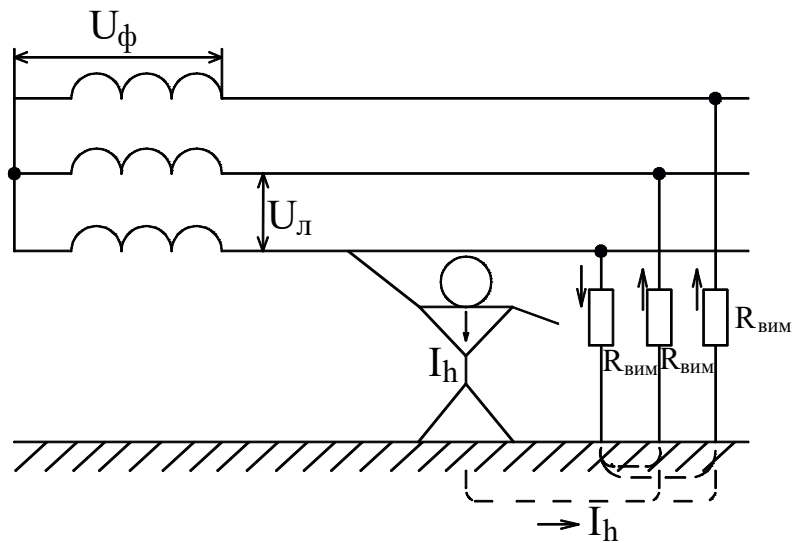


Рис. 25.8. Доторкання людини до однієї фази трифазної мережі з заземленою нейтраллю

В мережі з ізольованою нейтраллю струм, що проходив крізь людину повертається до джерела струму крізь ізоляцію провідників мережі, яка в справному стоні має великий опір. В мережі з ізольованою нейтраллю умови безпеки знаходяться в прямій залежності від опору ізоляції провідників відносно землі; чим краща ізоляція тим менше струм що проходить крізь людину.

При великій відстані до заземлювача може значно рости опір заземлюючого пристрою за рахунок опору заземлюючого провідника.

Електроди заземлювача контурного заземлюючого пристрою розміщуються по контуру (периметру) площадки, на якій знаходиться обладнання, що заземлюється а також всередині цієї площадки.

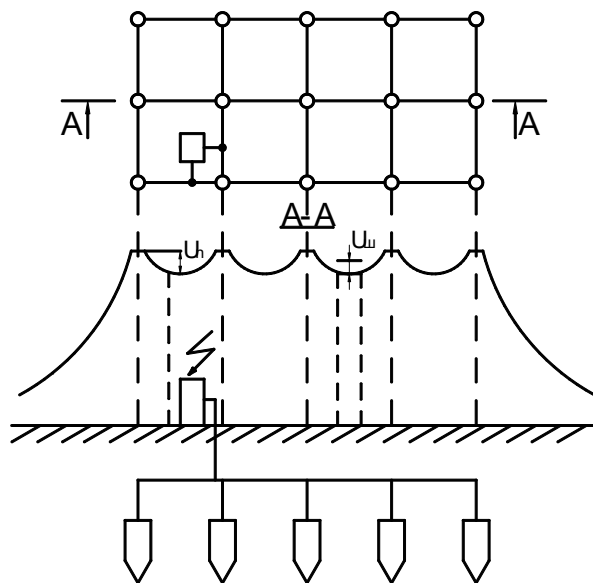


Рис. 25.8. Контурний заземлюючий пристрій

Безпечність при контурному заземлюючому пристрої може бути забезпечена не тільки зменшенням потенціалу заземлювача, але і вирівнюванням потенціалів на території що знижується до значень, при яких максимальна напруга доторкання та крок не перевищує допустимих. Це досягається за рахунок відповідного розміщення однакових заземлювачів на території що захищається.

**Захисне занулення** Занулення забезпечує захист від ураження електричним струмом при непрямому доторканні за рахунок зниження напруги корпусу відносно землі та швидкого відключення електроустановки від мережі.

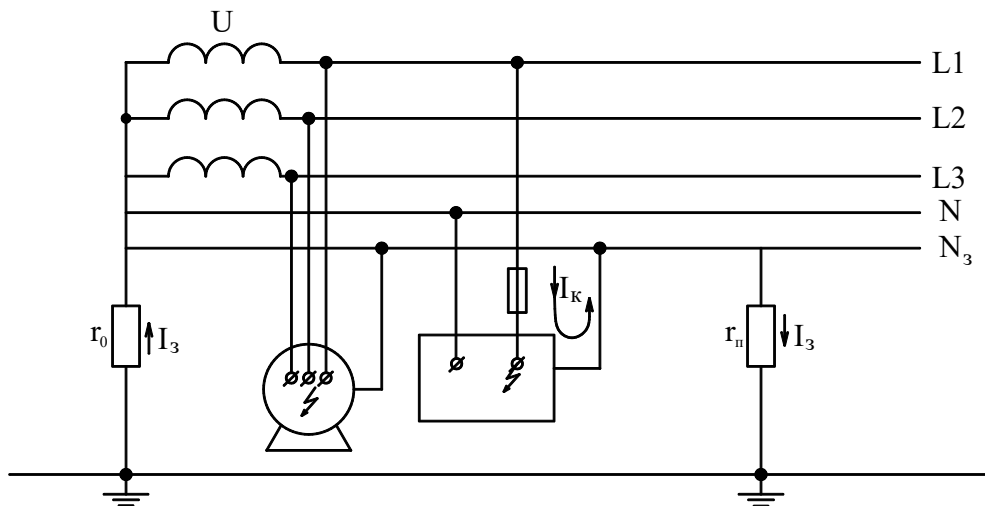


Рис. 25.9 Принципова сема занулення

При замиканні фазного проводу на занулений корпус електроспоживача утворюється ланцюг струму однофазного короткого замикання, або замиканням між фазним та нульовим захисним провідником. Струм однофазного короткого замикання визиває спрацювання максимального струмового захисту, в результаті відбувається відключення пошкодженої електроустановки від живлячої мережі. Крім того до спрацювання максимального струмового захисту відбувається зниження напруги пошкодженого корпусу відносно землі, що пов'язано з захисною дією повторного заземлення нульового захисного проводу та перерозподілення напруг в мережі при протіканні струму короткого замикання.

### Контрольні запитання для самоперевірки:

- 1 Що включає в себе огляд заземлювальних пристроїв?
- 2 Який обсяг поточного ремонту заземлювальних пристроїв?
- 3 Який обсяг капітального ремонту заземлювальних пристроїв?

## ЛЕКЦІЯ №26

### СИСТЕМИ ЗАЗЕМЛЕННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

#### План лекції

1. Системи заземлення електроустановок

2. Виробництво монтажних робіт

#### Хід проведення

I. Організація групи

II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.

III. Викладення нового матеріалу.

IV. Підведення підсумкі.

#### 1. Системи заземлення електроустановок

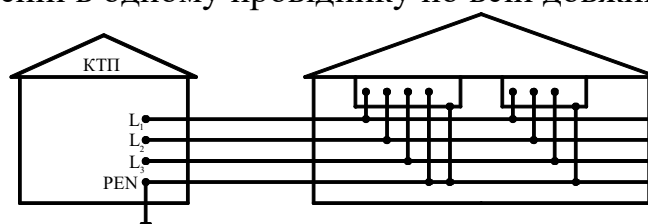
Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК) розробила єдину систему, по якій класифікуються системи заземлення. В даний момент застосовуються наступні системи заземлення:

- система TN (підсистеми TN-C, TN-S, TN-C-S);
- система TT;
- система IT.

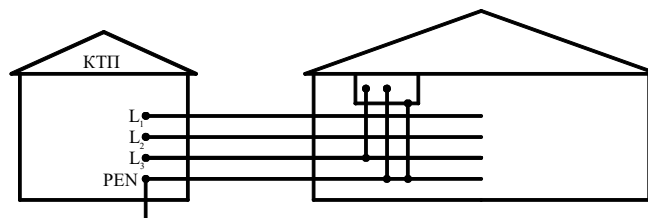
*Система TN* – система в якій нейтраль джерела живлення глухо заземлена, а відкриті провідні частини електроустановки приєднані до глухо заземленої нейтралі джерела за допомогою нульових захисних провідників.

Глухо заземлена означає, що нейтраль безпосередньо приєднується до заземлюючого контуру, а не через дугогасильний реактор, резистор та ін.

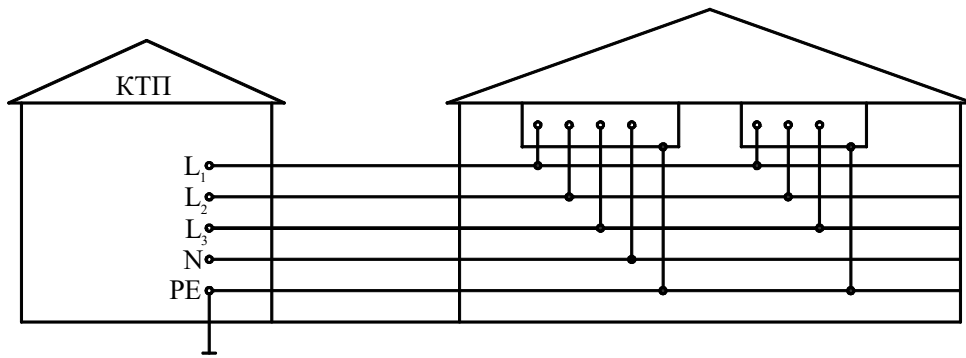
*Підсистема TN-C* – нульовий захисний та нульовий робочий провідники суміщенні в одному провіднику по всій довжині.



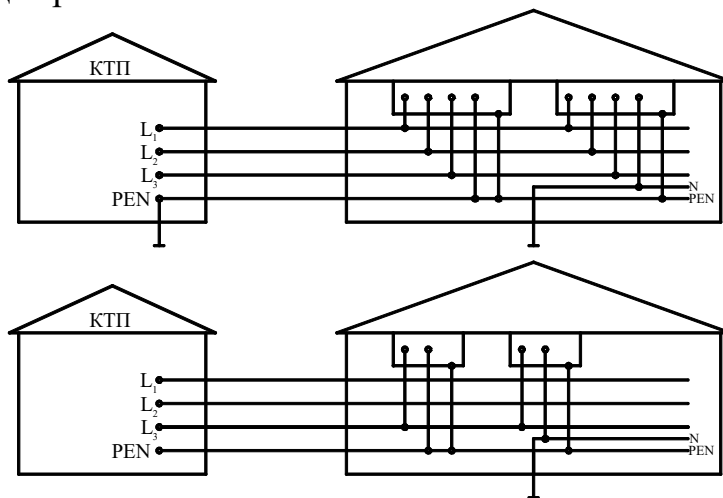
Система заземлення TN, підсистема TN - C



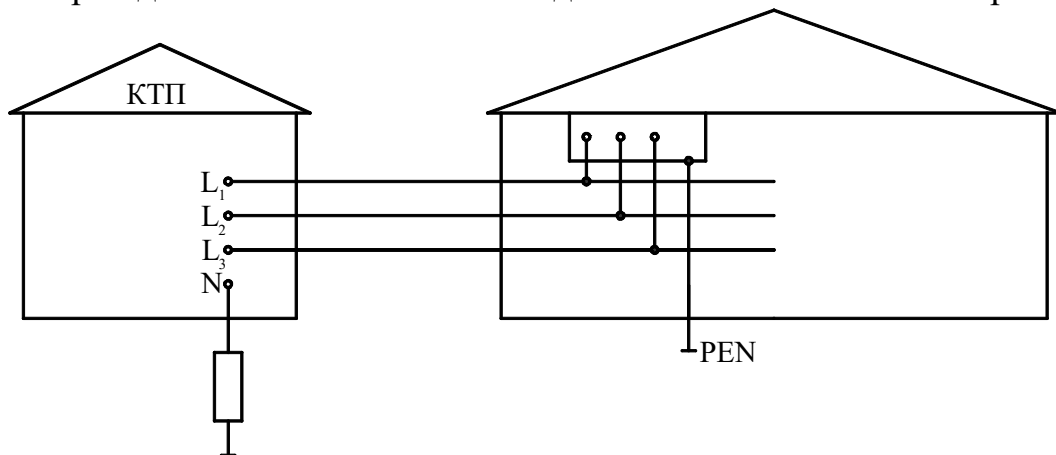
*Підсистема TN-S* – нульовий захисний та нульовий робочий провідники розділені на всій довжині.



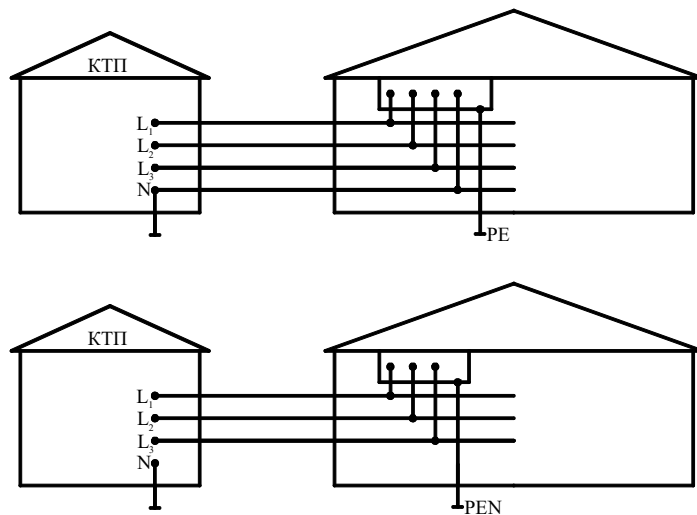
*Підсистема TN-C-S* – функції нульового захисного та нульового робочого провідників суміщені в одному провіднику в якійсь її частині, починаючи від джерела живлення.



*Система IT* – система в якій нейтраль джерела живлення ізольована від землі або заземлена, через прилади або пристрої, що мають великий опір, а відкриті провідні частинки заземлені за допомогою заземлюючих пристроїв.



*Система TT* – система в якій нейтраль джерела живлення глухо заземлена, а відкриті провідні частинки електроустановки заземлені за допомогою заземлюючого пристрою, електрично-незалежного від глухо заземленої нейтралі джерела.



**Опір заземлюючого пристрою** – відношення напруги на заземлюючому пристрої до струму, що стікає з заземлювача в землю.

**Вирівнювання потенціалу** – електричне з'єднання провідних частин для досягнення рівності потенціалу.

**Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Які терміни оглядів та поточного ремонту заземлювальних пристроїв?
2. Який обсяг випробувань заземлювальних пристроїв?
3. Яка технологія вимірювання перехідного опору заземлювальних пристроїв?
4. Яка технологія вимірювання опору петлі «фаза-нуль»?

## ЛЕКЦІЯ №27

### ПРИСТРІЙ ЗАХИСНОГО ВІДКЛЮЧЕННЯ

#### План лекції

1. Вступ.
2. Пристрій захисного відключення ПЗВ  
Хід проведення
  - I. Організація групи
  - II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
  - III. Викладення нового матеріалу.
  - IV. Підведення підсумкі.

#### **1. Вступ**

Основним функціональним блоком ПЗВ є диференційний трансформатор. Він уловлює різницю в силі струму в фазному та нульовому провідниках. В нормальному режимі, при відсутності струму замикання на землю, струм в фазному та нульовому робочому провіднику (проводах) рівні по значенню, але протилежні по знаку. В диференціальному трансформаторі знаходяться дві первинні обмотки: одна підключена до фазного провідника, друга – до нульового, плюс одна вторинна обмотка. В нормальному режимі обидві первинні обмотки створюють абсолютно однакові магнітні потоки в магнітному осерді диференційного трансформатора, які направлені назустріч один одному. Ці потоки гасять один одного та всумі дають нуль. В результаті струм у вторинній обмотці дорівнює нулю.

#### **2. Пристрій захисного відключення ПЗВ**

При пробі ізоляції чи доторканні людини з'являється струм замикання на землю. Сили струмів в фазному та нульовому робочому провідниках стають різними. Відповідно магнітні потоки що створювалися первинними обмотками, перестають бути рівними. І у вторинній обмотці створюються струми небалансу (він же диференціальний струм). Цей струм і впливає на механізм розщеплення ПЗВ та ланцюг відключається.



## ЛЕКЦІЯ № 28

# ЗАГАЛЬНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

### План лекції

1. Способи зниження втрат електроенергії
2. Способи і засоби енергозбереження в електроприводах.

### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

### 1. Способи зниження втрат електроенергії

Енергозбереження – це система заходів, спрямована на зменшення споживання енергії шляхом впровадження нових енергозберігаючих технологій та раціонального використання енергоресурсів.

У процесі транспортування, розподілу і споживання електроенергії мають місце її непродуктивні втрати, які складаються з неминучих і додаткових.

Додаткові втрати електроенергії обумовлені:

- недосконалістю системи електропостачання;
- передачею реактивної потужності;
- погіршенням якості електроенергії;
- технологічними втратами;
- недоліками в організації виробництва.

До основних заходів щодо зниження втрат електроенергії відносяться:

- заміна проводів на лініях різних напруг проводами великих перетинів;
- заміна трансформаторів з підвищеними втратами холостого ходу і короткого замикання більш економічними тієї ж або іншої потужності;
- установка шунтових конденсаторних батарей;
- застосування додаткових пристроїв регулювання напруги;
- переведення ліній на підвищену напругу;
- впровадження регульованих електроприводів на механізмах із змінним навантаженням;
- впровадження енергоефективних світильників і автоматичних систем управління освітленням.

Самий результативний і дорогий напрямок енергозбереження – модернізація і реконструкція. Найбільш поширені такі види робіт:

- впровадження систем регульованого електроприводу для зниження витрати енергії;

- заміна освітлювальних ламп на більш економічні типи;
- заміна вентиляторів застарілого типу новими і впровадження систем автоматичного управління для зниження витрати електроенергії на вентиляцію;
- впровадження прогресивних виробничих технологій.

Проведення енергозберігаючих заходів неминуче пов'язано з додатковими витратами. Тому економічний ефект енергозберігаючого заходу визначається виразом

$$E_e = \Delta E_e - \Delta E_z,$$

де  $\Delta E_e$  – зниження витрат, яке досягається в результаті економії енергії після проведення енергозберігаючого заходу;

$\Delta E_z$  – додаткові витрати, пов'язані з проведенням енергозберігаючого заходу.

Наприклад, в  $\Delta E_z$  можуть входити витрати на установку приладів обліку енергії, експлуатаційні витрати на обслуговування цих приладів тощо.

## 2. Способи і засоби енергозбереження в електроприводах

Більше 60 % всієї виробленої у світі електроенергії споживається саме електродвигунами в електроприводах робочих машин, механізмів, транспортних засобів. Тому заходи з економії електроенергії в електроприводах найбільш актуальні.

У процесі експлуатації електроприводу значні втрати енергії спостерігаються в перехідних режимах і в першу чергу при його пуску.

Втрати енергії в перехідних режимах можуть бути помітно знижені за рахунок застосування двигунів з меншими значеннями моментів інерції ротора, що досягається зменшенням діаметра ротора при одночасному збільшенні його довжини, так як потужність двигуна при цьому повинна залишатися незмінною. Наприклад, так зроблено в двигунах краново-металургійних серій, призначених для роботи в повторно - короткочасному режимі з великим числом включень на годину.

Підвищення ККД двигунів приводів досягається застосуванням нових конструкційних і магнітних матеріалів, поліпшенням технології виробництва, підвищенням якості проектування двигунів.

Використання в статичних перетворювачах частоти нових напівпровідників і діелектриків, що працюють в умовах підвищених температур, також сприяє мінімізації втрат в електроприводі і підвищенню його ККД.

Ефективним засобом зниження втрат енергії при пуску двигунів є пуск при поступовому підвищенні напруги, що підводиться до обмотки статора. Такий енергозберігаючий спосіб пуску двигуна можливий тільки при роботі цього двигуна в системі з регульованим перетворювачем: для асинхронних двигунів це пристрої плавного пуску або перетворювачі частоти, а для двигунів постійного струму це електронні (тиристорні) пристрої управління.

Тиристорний регулятор напруги (ТРН) включається між мережею та асинхронним двигуном і змінює напругу на двигуні при зміні навантаження таким чином, щоб оптимізувати якийсь енергетичний показник-втрати, споживану потужність,  $\cos\varphi_1 = f(P)$  і т.д.

Зниження напруги на затискачах асинхронного двигуна при пуску зменшує вплив на мережу, механічну частину двигуна і виконавчого механізму. Електропривод з регулюванням по напрузі простий, надійний в експлуатації, має низькі масогабаритні показники, зручний і користується попитом споживачів.

Енергозберігаючий ефект при гальмуванні залежить від способу гальмування. Найбільший енергозберігаючий ефект відбувається при генераторному рекуперативному гальмуванні з віддачею енергії в мережу. При динамічному гальмуванні двигун відключається від мережі, тому втрати енергії при динамічному гальмуванні не відбувається. Найбільші втрати енергії відбуваються при гальмуванні противмиканням, коли витрата електроенергії дорівнюють триразовому значенням енергії, що розсіюється в двигуні при динамічному гальмуванні.

При сталому режимі роботи двигуна з номінальною навантаженням втрати енергії визначаються номінальним значенням ККД. Але якщо електропривод працює зі змінним навантаженням, то в періоди її спаду ККД двигуна знижується, що веде до зростання втрат. Ефективним засобом енергозбереження в цьому випадку є зниження напруги, що підводиться до двигуна в періоди його роботи з недовантаженням. Це можливо реалізувати при роботі двигуна в системі з регульованим перетворювачем при наявності в ньому зворотного зв'язку по струму навантаження.

Використання системи регулювання ПЧ-АД (регуляторів частоти) для електроприводів насосів, вентиляторів і компресорів за умови розвитку мікроелектроніки та зменшення вартості силових напівпровідникових приладів дає, за публікаціями провідних зарубіжних фірм, суттєву економію електроенергії і швидко окупність дорогої системи управління.

Поряд з економією електроенергії при застосуванні регульованих електроприводів за системою ПЧ-АД і підвищенням ККД насосів і вентиляторів зростає термін служби електричного та механічного обладнання.

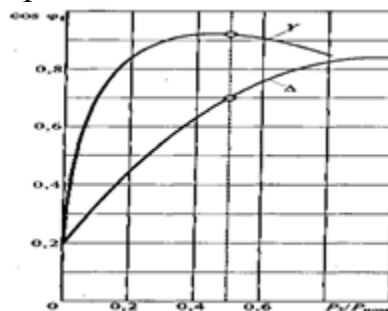


Рис. 28.1. Залежність  $\cos\varphi_1 = f(P)$  асинхронного двигуна при з'єднанні обмотки статора "трикутником" і "зіркою"

При проектуванні електропривода важливим є правильний вибір потужності двигуна. Так, вибір двигуна завищеною потужності призведе до зниження його техніко-економічних показників (ККД і коефіцієнт потужності), викликаних недовантаженням такого двигуна, а отже, до зростання експлуатаційних витрат електроприводу, оскільки із зменшенням ККД і коефіцієнта потужності зростає непродуктивна витрата електроенергії. Таке рішення при виборі двигуна веде також до зростання капітальних витрат (вартість двигуна із збільшенням його номінальної потужності зростає).

Застосування двигунів заниженою потужності викликає їх перевантаження в процесі експлуатації. Внаслідок цього підвищується температура перегріву обмоток, що сприяє зростанню витрат і викликає скорочення терміну служби двигуна. Зрештою виникають аварії та непередбачені зупинки електроприводу, і, отже, зростають експлуатаційні витрати. Найбільшою мірою це відноситься до двигунів постійного струму через наявність у них щітково-колекторного вузла, найбільш чутливого до перевантажень.

Велике значення має раціональний вибір пускорегулювальної апаратури. З одного боку, бажано, щоб процеси пуску, гальмування, реверсу і регулювання частоти обертання не супроводжувалися значними втратами електроенергії, оскільки це веде до подорожчання експлуатації електроприводу. Але, з іншого боку, бажано, щоб вартість пускорегулюючих пристроїв не була б надмірно високою, що призвело б до зростання капітальних витрат. Якщо електропривод не потрібно часто регулювати, запускати, реверсувати і т.п., то підвищені витрати на дороге пускорегулююче обладнання можуть виявитися невиправданими, а витрати, пов'язані з втратами енергії - незначними. І навпаки, при інтенсивній експлуатації електропривода в перехідних режимах застосування напівпровідникових пускорегулюючих пристроїв стає виправданим.

Вирішенню проблеми енергозбереження сприяє застосування синхронних двигунів, що створюють в живильній мережі реактивні струми, випереджаючи по фазі напругу. У підсумку мережа розвантажується від реактивної (індуктивної) складової струму, підвищується коефіцієнт потужності на даній ділянці мережі, що веде до зменшення струму в цій мережі і, як наслідок, до енергозбереження. Ці ж цілі переслідують включення в мережу синхронних компенсаторів.

Прикладом доцільного застосування синхронних двигунів є електропривод компресорних установок, що постачають підприємство стисненим повітрям. Для цього електроприводу характерний режим: пуск при невеликому навантаженні на валу, тривалий режим роботи при стабільній навантаженні, відсутність гальмувань і реверсів. Такий режим роботи цілком відповідає властивостям синхронних двигунів. Використовуючи в синхронному двигуні режим перезбудження, можна досягти значного енергозбереження в масштабі всього підприємства.

З аналогічною метою застосовують силові конденсаторні установки ("косинусні" конденсатори). Створюючи в мережі струм, що випереджає по фазі напруга, ці установки частково компенсують індуктивні (відстаючі по фазі) струми, що веде до підвищення коефіцієнта потужності мережі, а, отже, до енергозбереження.

**Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Аспекти виникнення енергозбереження.
- 2 Загальні засади Закону України про енергозбереження.
- 3 Основні поняття енергозбереження.

## ЛЕКЦІЯ №29

# ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

### План лекції

1. Види монтажу кабелю
  - 1.1. Зовнішній монтаж кабелю
  - 1.2. Прихований монтаж кабелю
  - 1.3. Прокладка кабелю в коробі (кабельканали)
  - 1.4. Підземна прокладка кабелю
  - 1.5. Монтаж повітряної лінії
2. Монтаж силових і контрольних кабелів.
3. Примітка! Що впливає на вибір перерізу проводів ?

### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумки.

### **1. Види монтажу кабелю**

#### **1.1 Зовнішній монтаж кабелю**

Даний спосіб є одним з найбільш недорогих, і його монтаж здійснюється досить швидко. У разі пошкодження кабелю не потрібно великих зусиль для ремонту. Елементом кріплення проводів до стін є скоби і скріпи. Цей метод майже ніколи не використовується при прокладанні кабелів у квартирах, і останнім часом стає все менш популярним при електрифікації замських будинків.

#### **1.2 Прихований монтаж кабелю**

Для даного виду прокладки кабелю потрібно штроблення стін. Штроба – це спеціальна вибірка в стіні, ширину і глибину якої визначають габарити закладаємих в неї проводів або труб. Основним завданням при прихованій прокладці кабелю є не тільки гарний зовнішній вигляд приміщення, але й забезпечення безпеки при його експлуатації. Прихований монтаж електропроводки є найпопулярнішим, але, у свою чергу, має ряд переваг і недоліків перед іншими способами прокладки проводів. До переваг можна віднести : відсутність проводів на стінах, їх недоступність для дітей, тварин і різних гризунів, а також захищеність кабелю від побутових механічних пошкоджень, вологи і сонячних променів. До недоліків відноситься «невидимість» кабелю, що підвищує ризик його випадкового просвердлювання при облаштуванні приміщення. Без наявності проекту електропостачання або хоча б схеми електропроводки цей ризик значно підвищується. Пошкодження провода в стіні сильно ускладнює його ремонт і

часто призводить до додаткового прокладання кабелю або руйнування поверхні стіни.

### 1.3 Прокладка кабелю в коробі (кабельканали)

Цей спосіб монтажу кабелю особливо популярний при електрифікації офісних приміщень, і досить часто його використовують для прокладання проводів у замських будинках, магазинах і виробничих приміщеннях. Короба бувають з кришками що відкриваються і глухими. Прокладка кабелю в коробах не займає багато часу і коштів. Розмір кабельканал підбирається відповідно за кількістю проводів, що в нього закладається. До зручностей експлуатації коробів можна віднести можливість швидкого додавання в них додаткових ліній і безперешкодного ремонту кабелю.

### 1.4 Підземна прокладка кабелю

Для підземного монтажу кабелю потрібні досить великі затрати коштів на земляні роботи. Кабель прокладають або в підземній кабельній каналізації, або закопують. Ступінь захищеності кабелю і метод його прокладки визначаються при розробці електропроекту. Обов'язково враховуються умови експлуатації кабелю. Роботи можуть здійснюватися вручну або за допомогою спеціального плуга укладальника для прокладки кабелю в траншеях.

## 2. Монтаж силових і контрольних кабелів

Кабелі укладають в траншеях глибиною 700 мм в один горизонтальний ряд, на шар піску або просіяної землі (рис.29.1). Зверху кабель засипають таким же шаром.

Земля щільно облягає кабель і добре відводить від нього тепло. Для захисту кабелю від механічних пошкоджень на нього кладуть ряд цегли уздовж напрямку траншеї.

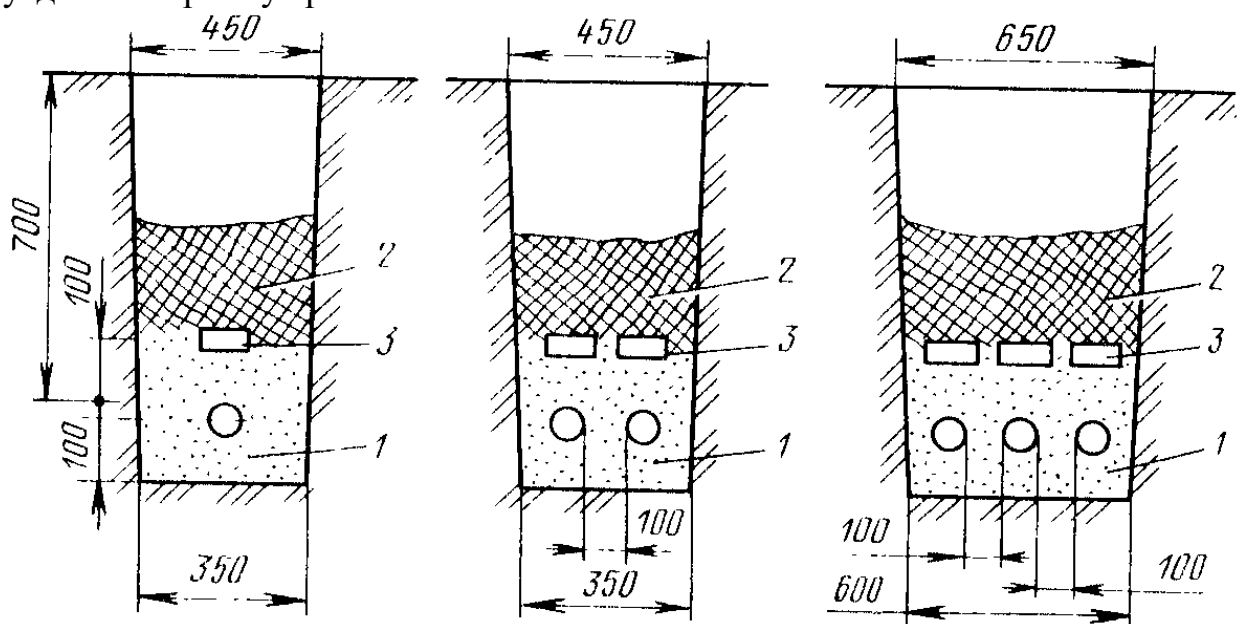


Рис. 29.1 Переріз траншеї для прокладки кабелю напругою до 10 кВ: 1 – пісок або просіяна земля; 2 – ґрунтова земля; 3 – цегла

При прокладанні кабелів в землі більше 75 % часу йде на риття і засипання траншей, якщо цю роботу виконувати вручну. При виконанні земляних робіт застосовують багатоковшовий екскаватор для риття траншеї і бульдозер для їх засипки.

При механізованій прокладці кабелів їх можна не захищати від пошкоджень цеглою, але тоді глибина траншеї повинна бути збільшена до 1000 ... 1200 мм.

На поворотах траншею риють так, щоб радіус заокруглення трижильного освинцьованого кабелю з паперовою ізоляцією був не менше 15 зовнішніх діаметрів (одножильного – 25 діаметрів), з алюмінієвою оболонкою - не менше 20 зовнішніх діаметрів. У місцях з'єднання кабелів у муфтах траншеї розширюють до 1,5 м на ділянці довжиною 2 м.

Кабель можна укласти в траншею вручну. Для полегшення цієї роботи, а також для скорочення часу на її проведення застосовують механізовану прокладку. При механізованій прокладці кабельний барабан встановлюють на домкрати й піднімають на потрібну висоту. Кабель переміщують вручну або лебідкою на автомобілі за спеціальними роликами, які встановлюються на дні траншеї, і укладають на дно траншеї змійкою. Довжина кабелю має бути приблизно на 1% більше довжини траншеї.

У населених місцях при переході через дорогу і т. п. доцільно укласти кабелі в блоках з керамічних або азбоцементних труб. Застосовують також бетонні блоки з одним і декількома отворами. Діаметр отвору в блоці повинен перевищувати зовнішній діаметр кабелю не менш ніж в 1,5 рази.

Блоки кладуть на дно траншеї і з'єднують рідким цементним розчином, гудроном або смолою. Через кожні 70 ... 100 м роблять колодязі, які служать для протягання кабелів в отвори блоків, для з'єднання і відгалуження кабелів у муфтах. Блоки укладають з деяким ухилом, щоб вода з них стікала.

Попередньо через блоки простягають спеціальний циліндр, щоб перевірити, чи немає в трубах виступів. Якщо виступи є, їх очищають, протягуючи металеву щітку. Потім в блоки втягують кабель, змастивши його поверхню технічним вазеліном. Зазвичай при складанні блоків у них залишають дріт для протягання кабелю. Укладають кабелі відрізками від одного колодязя до іншого, де їх з'єднують муфтами.

У приміщеннях кабелі прокладають відкрито на скобах або в хомутах. Відстань між сусідніми кріпленнями кабелю складає 800 ... 1000 мм при горизонтальній і до 2000 мм при вертикальній прокладці. Застосовують кабелі без захисного покриття. Зовнішню поверхню свинцевої оболонки кабелю покривають бітумом або його фарбують. Відстань між силовими кабелями повинно бути не менше 35 мм. У проходах через стіни і перекриття кабелі укладають у відрізках сталевих або азбоцементних труб. У місцях, де можливі механічні пошкодження кабелів, їх захищають сталевими трубами або відрізками кутової сталі на висоті до 2 м від рівня полу.

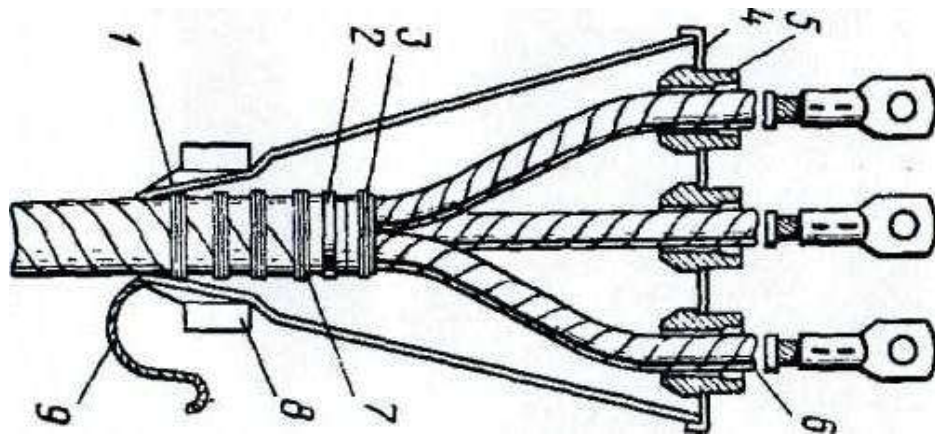


Рис.29.2. Заділка кабеля в сталевій кінцевій воронці:

1. Толева бумага та просмолена стрічка; 2. Свинцева оболонка; 3. Бандаж з нитки на пояській ізоляції; 4. Кришка воронки; 5. Фарфорова втулка; 6. Жила, обмотана ізоляційною стрічкою; 7. Місце припайки заземлюючого проводу; 8. Сталевий хомут для кріплення воронки; 9. Заземлюючий провід

У приміщеннях застосовують також приховану прокладку кабелів у каналах або в сталевих трубах. Зверху канали закривають залізобетонними або сталевими плитами. Для кращого охолодження відстань між кабелями в каналах має бути не менше 50 мм.

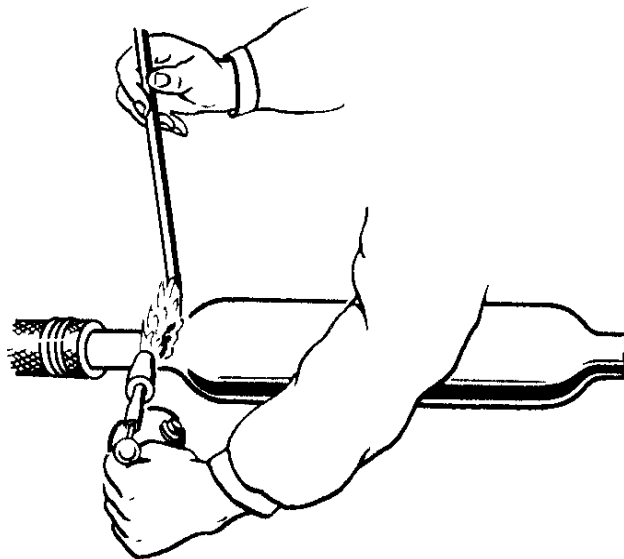


Рис. 29.3. Припайка свинцевої муфти до свинцевої оболонки кабеля

Всі з'єднання і відгалуження кабелів роблять в муфтах, які захищають кабель від попадання вологи і оберігають місце з'єднання від механічних пошкоджень. Перед установкою муфти кабель обробляють, тобто з нього знімають захисні оболонки, попередньо наклавши на кабель два дротяних бандажа на відстані 150 ... 200 мм один від іншого. Жили кабелю розводять і згинають так, щоб радіус вигину жили був не менше десяти її діаметрів. Потім їх вводять в отвори розпірних порцелянових пластинок (містків).

З'єднують жили гільзами з подальшою пропайкою або обпресуванням гідравлічним пресом. Металеві оболонки кабелю заземлюють. Муфту заливають кабельною масою.

Кінцевик закладання кабелю при напрузі 6 і 10 кВ виконують у сталевій воронці (рис. 29.2). Воронку заливають кабельною масою. Для кабелів напругою вище 1 кВ використовують свинцеві муфти, виконані у вигляді відрізка свинцевої труби, що насувається на місце з'єднання і припаюється з двох сторін до свинцевої оболонки кабелю (рис.29.3.). У верхній частині муфти прорубують два отвори, через одне з яких заливають муфту кабельною масою. Жили кабелю в свинцевій муфті ізолюють паперовою стрічкою або пряжею. Порцелянові містки не застосовують.

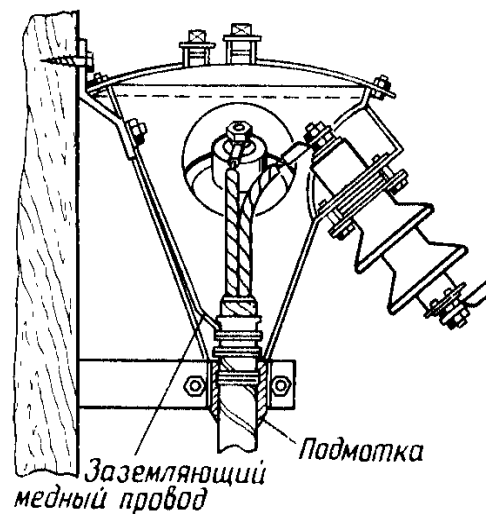


Рис.29.4. Щоглові муфти що застосовуються при переході з кабельної лінії на повітряну або навпаки

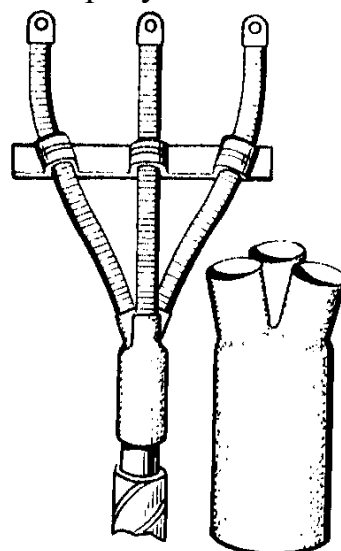


Рис. 29.5. Суха заділка кабеля в свинцевій рукавиці

При переході з кабельної лінії на повітряну або навпаки використовують щоглові муфти (рис. 29.5.). Муфти такого типу встановлюють на опорах на відкритому повітрі.

Заливка муфт кабельною масою – складна і відповідальна операція, яку можуть виконувати тільки робітники високої кваліфікації. Вона вимагає ретельного дотримання правил техніки безпеки. Щоб уникнути застосування громіздких кінцевих муфт, залитих кабельною масою, застосовують кінцеву заділку кабелів з паперовою ізоляцією без муфт - сухе закладення. При цьому способом панцирами жили кабелю ізолюють бавовняною стрічкою лакотканини. Кожен шар стрічки покривають ізоляційним лаком. На жили, обмотані стрічкою, надягають свинцевий ковпачок-рукавичку з відростками-пальцями (рис.29.5.). Нижню частину рукавички припаюють до свинцевої оболонки кабелю. Жили кабелю, частина пальців і кабельних наконечників обмотують тафтяною стрічкою, покривають лаком, а свинцеву рукавичку заливають маслоканіфольною масою. У деяких випадках не застосовують і свинцеву рукавичку, а обмежуються обмотуванням жил кабелю стрічками з Лакотканини з подальшим покриттям лаком. Останнім часом сухі закладення кабелів виконують із застосуванням хлорвінілової стрічки, яка не вимагає покриття лаком кожного шару обмотки. Всю закладення покривають поліхлорвінілової емаллю.

Кабелі напругою до 10 кВ з'єднують епоксидними муфтами. На місце з'єднання надягають форму і заливають епоксидний компаунд. Через добу компаунд твердне і перетворюється на монолітне з'єднання кабелю. Тоді форму видаляють - і закладення готове. Необхідно мати на увазі, що епоксидні компаунди отруйні і поводитися з ними слід з обережністю.

### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Призначення електропривода.
2. Основні частини електропривода.
3. Принцип дії електропривода.

## ЛЕКЦІЯ №30

# МОНТАЖ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ

### План лекції

1. Установка опор.
2. Натяг дротів повітряної лінії електропередач.

### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

### 1. Установка опор

При проектуванні лінії спочатку визначають трасу (трасою називають смугу поверхні землі, по якій проходить повітряна лінія) на карті, прагнучи вибрати її напрямком можливо більш прямолінійним, але в той же час уникаючи прокладки лінії в лісі, по болотах і іншої незручним місцях, а також зайвих переходів через інші лінії, дороги та інші перешкоди. Лінії високої напруги, крім випадку сумісної підвіски їх з низьковольтними лініями, не слід прокладати по населених місцевостях. При виборі траси передбачають наявність доріг в безпосередній близькості від неї для зручності монтажу та обслуговування майбутньої повітряної лінії. Остаточний напрямок траси лінії вибирають при обстеженні місцевості.

При проходженні повітряної лінії напругою понад 1 кВ в лісі прорубують просіку. Ширина просіки для повітряних ліній напругою до 35 кВ включно при висоті лісу  $H < 4$  м повинна бути не менше ніж  $D + 6$  м, а при висоті лісу  $H > 4$  м - не менше ніж  $D + 2H$ , де  $D$  - відстань між крайніми проводами лінії, м. При висоті лісу  $H < 4$  м дерева, що ростуть на краю просіки, необхідно вирубати, якщо їх висота більше висоти основного лісового масиву. Для повітряних ліній напругою до 1 кВ просіку в лісі вирубувати не потрібно. При цьому вертикальні і горизонтальні відстані від проводів до вершин дерев, кущів та іншої рослинності повинні бути не менше 1 м.

Найбільш трудомістка частина споруди повітряних ліній - це земляні роботи. На рис. 30.1. показаний котлован для одностоечної опори, виритий вручну (розміри дані в метрах). Для зручності при роботі і полегшення подальшої установки опори його риють уступами. На прямих ділянках котловани риють вздовж лінії. Для кутових опор риють так, щоб незаймана стінка була з боку натягування проводів. На дно кладуть великий камінь, а при слабкому ґрунті зміцнюють дно кількома каменями. Для складних опор

котловани риють так само, як для одностоечної. Якщо складна опора не має підземних стяжок, то для кожної її ноги заготовляють окремий котлован. Дерев'яні опори розвозять вздовж траси і укладають біля виритих котлованів. Попередньо на опори закріплюють гаки або штирі з ізоляторами. На гаки або штирі навивають кабельну пряжу або прядиво, просочену суриком, змішаним з оліфою. Для цих цілей застосовують також пластмасові ковпачки.

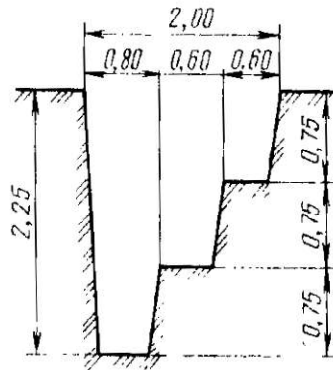


Рис.30.1. Котлован для установки одностоечної опори

Гаки із закріпленими на них ізоляторами ввертають в стійку опори. Для цього в опорі свердлом висвердлюють отвори, в які спеціальним ключем ввертають гаки. Ізолятори на штирях встановлюють на траверсах, до яких штирі прикріплюють гайками.

При спорудженні окремих ліній невеликої довжини роботи ведуть вручну. Всі лінії значної протяжності споруджують за допомогою механізмів.

Одностійкові опори встановлюють вручну – баграми і рогачами, бригадою в 6 ... 7 робочих або за допомогою різної техніки (трактор, кран, автомобіль або бурильно-кранова машина). Важкі і складні опори встановлюють нерухомою стрілою у вигляді стовпа довжиною близько 10 м. Підйомний трос натягують трактором або лебідкою. Можна також використовувати «падаючу стрілу», тобто щоглу, яку піднімають разом з установлюваною опорою.

Правильність установки піднятих опор перевіряють схилом, а також по осі лінії. Вивірені опори закріплюють у ямі вибитим з неї ґрунтом. Ґрунт засипають шарами товщиною 150 ... 200 мм. Кожен шар ретельно утрамбовують.

## 2. Натяг дротів повітряної лінії електропередач.

Після установки опор під ними вздовж траси лінії розкочують дроти, які зазвичай доставляють на барабанах. Розкочують їх на піднятих барабанах, щоб уникнути закручування проводи й утворення петель.

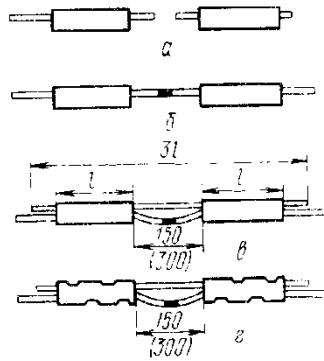


Рис. 30.2. З'єднання алюмінієвих та сталєалюмінієвих проводів термозваркою: а) підготовлені кінці проводів; б) кінці проводів після зварки; в) в з'єднувачі вставлений шунт з відрізка провода; г) провід та шунт після обжиму з'єднувачів

З'єднувати проводи у прольоті скруткою можна лише на лініях напругою до 1 кВ. В інших випадках проведення з'єднують овальними обтискними з'єднувачами. Сполучаються дроти вводять в овальну гільзу - з'єднувач і скручують 3,5 ... 4 рази або спеціальними кліщами на гільзі роблять у шаховому порядку насічки.

Алюмінієві і сталєалюмінієві проводи з'єднують також термітною зваркою. Потім за допомогою з'єднувачів зміцнюють шунт з дроту тієї ж марки (рис. 30.2.), щоб розвантажити місце зварювання від механічних зусиль. Зварювання ведуть термітними патронами, підпалюючи спеціальними термітними сірниками.

З'єднання проводів повинні мати механічну міцність, що становить не менше 90% міцності цілого проводу. Місця з'єднання проводів захищають від вологи. Для цього кінці з'єднувачів зафарбовують суриком. Зрощування проводу в прогоні, що перетинає інші лінії, не допускається.

Розкатані по землі дроти піднімають на опори жердинами або мотузками, для чого монтер вилазить на опору. Підняті дроти укладають на гаки ізоляторів або на спеціальні монтажні ролики. Після цього провода закріплюють на одній з анкерних опор і натягують у всьому анкерному прольоті.

Дроти ліній низької напруги натягують вручну - поліспастом, ліній високої напруги з великими прольотами - трактором або лебідкою. Алюмінієві дроти при цьому затискають в спеціальному дерев'яному затискача, а сталеві і мідні захоплюють металевими клиновими затискачами.

Стрілу провисання проводів встановлюють відповідно до монтажної таблиці в залежності від температури повітря або визначають по зусиллю, з яким натягують дріт. Зусилля вираховують по динамометру, приєднаному до дроту. Стрілу провисання визначають візуванням з однієї опори на іншу. Для цього на двох суміжних опорах зміцнюють рейки з поділками. На одну з опор піднімається монтажник. По його команді натягування проводу припиняють, коли стріла провисання досягне заданого значення.

На повітряних лініях низької напруги, якщо на одній і тій ж опорі закріплюють дроти різних перетинів, стрілу провисання у всіх проводів роблять однаковою.

Коли провід натягнуть, його кріплять до кінцевої анкерної опори, а потім до ізоляторів всіх проміжних опор. До штирьових ізоляторів дроти прикріплюють спеціальними зажимами або дротом-в'язкою (рис. 30.3.).

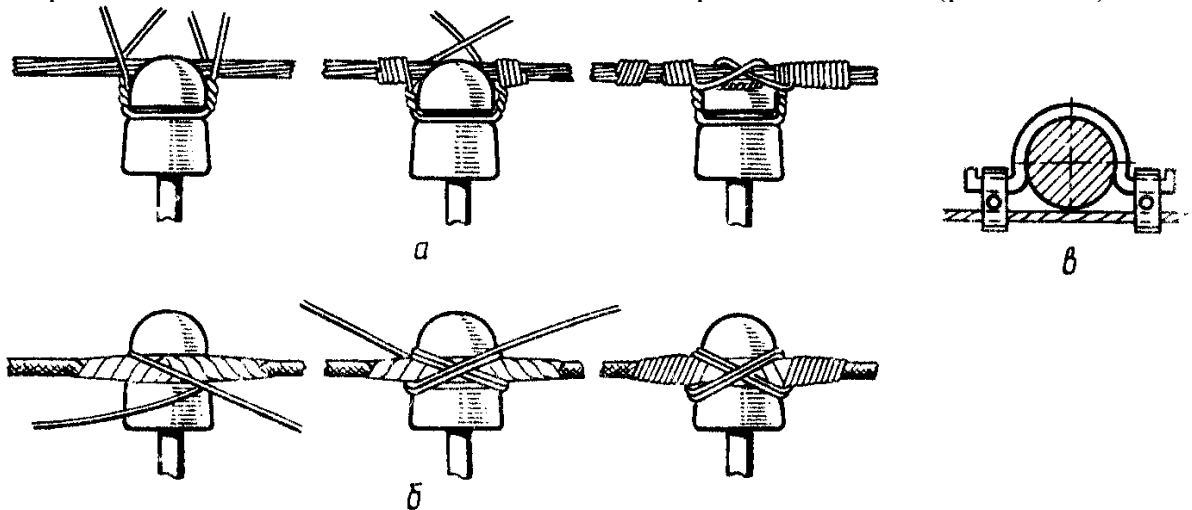


Рис. 30.3. Закріплення проводу до штирьовог ізолятора на проміжній опорі:

Алюмінієвий дріт прив'язують до ізолятору алюмінієвим дротом, сталевий дріт - м'яким сталевим оцинкованим дротом діаметром відповідно 3,5 мм і 2,0 ... 2,7 мм.

На штирьових ізоляторах проводи прикріплюють до шийки або головки ізолятора. На кутових опорах проводи прикріплюють тільки до шийки ізолятора. Застосовують також затискачі. На гірляндах підвісних ізоляторів дроти закріплюють тільки затискачами. Для захисту зовнішньої поверхні алюмінієвих і сталевих алюмінієвих проводів їх обмотують алюмінієвою стрічкою товщиною 1 мм.

При укладанні проводів на гаки, прив'язуванні їх до ізоляторів, установці ліхтарів вуличного освітлення користуються підйомною вишкою, що виготовлена з декількох труб різних діаметрів. У похідному положенні труби входять одна в іншу, тому вишку називають телескопічною. У робочому положенні її встановлюють відвісно і розсовують двигуном автомобіля. Два монтера стають на майданчик з сітчастими стінками і піднімаються на висоту до 26 м.

Для підйому на висоту до 20 м застосовують гідропідйомник також на автомобілях. Гідропідйомник складається з обертової вежі-турелі і двох трубчастих колін, на кінцях яких поміщені дві люльки для монтерів. Повертають вежу і приводять в робочий рух коліна за допомогою гідроциліндрів. Управління дистанційне як із землі, так і з люльки підйомника. Завдяки цьому, а також великому вильоту люльок з однієї стоянки машини можна виконувати всі верхові роботи на опорі при монтажі повітряних ліній напругою до 35 кВ.

### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Що являє собою ПЛ?
2. Які переваги ПЛ?
3. Що таке габарит проведення?
4. Що таке габарит перетинання?
5. Що таке габарит зближення?
6. Які габарити ПЛ, що проходить по населеному пункті?

## ЛЕКЦІЯ №31

### МОНТАЖ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

#### План лекції

1. Завантаження, транспортування і вивантаження трансформаторів.
2. Контроль технічного стану трансформаторів.

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### **1. Завантаження, транспортування і вивантаження трансформаторів**

Оскільки трансформатори мають великі маси, при їх монтажі велике місце займають такелажні роботи. Трансформатори перших трьох груп перевозять повністю зібраними і залитими маслом до нормального рівня, за винятком трансформаторів потужністю 2600 кВ•А і вище, які транспортують з демонтованими радіаторами. Відвантаження трансформаторів здійснюють, як правило, залізничним або автомобільним транспортом, а перевезення від залізничної платформи на склад або до місця монтажу – колісним транспортом відповідної вантажопідйомності (автомашинами, тракторними причепами) по шосейних або ґрунтових дорогах. Допускається застосовувати спеціальні сани, конструкція яких повинна відповідати нормам на перевезення, схемами навантаження та способам кріплення при безрейковому транспорті. Перевезення трансформаторів волоком або на металевих листах забороняється. Вивантаження трансформаторів здійснюють підйомними кранами. Знявши всі розпорки, упори, розтяжки, його піднімають за чотири гаки, приварених до стін бака, а невеликий трансформатор – за підйомні рими на кришці.

Стропи для підйому трансформаторів підбирають такої довжини, щоб кут розбіжності його гілок не перевищував  $60^\circ$ , а кут нахилу до вертикалі –  $30^\circ$ . Збільшення кута розбіжності стропів і нахилу до вертикалі викликає посилення натягу. При відхиленні від цієї умови застосовують траверсу.

У місцях зіткнення стропів з гострими краями вантажу підкладають прокладки для запобігання від перетирання тросів. Останні не повинні стосуватися виступаючих частин трансформаторів (вентилів, радіаторів, введів, вихлопної труби). По готовності стропування спочатку роблять пробний підйом трансформатора на висоту – до 200 мм, потім опускають на місце і, якщо не виявлено жодних відхилень, приступають до розвантаження.

Перед початком розвантаження краном необхідно переконатися, що допустиме навантаження відповідає масі розвантажувється трансформатора, а також випробувати гальмівні пристрої крана. За відсутності крана трансформатори вивантажують за допомогою лебідок і домкратів. Після вивантаження і транспортування трансформатор готують до монтажу або тривалому зберіганню, якщо монтаж переносять на пізніший термін. Дотримання умов доставки і зберігання трансформаторів забезпечує можливість їх включення без сушіння. Трансформатор приймає замовник разом з представником транспортної організації. При зовнішньому огляді перевіряють надійність кріплення на платформі, наявність і справність всіх місць за накладною постачальника та відомості демонтажу, відсутність вм'ятин на баку, радіаторах, розширювачі, вихлопній трубі, герметичність ущільнень, цілість зварних швів, відсутність тріщин і відбитих країв у порцелянових ввідів, а також збереження пломб на всіх кранах для масла. Результати приймання оформляються актом.

Трансформатори, які транспортуються з заводу з встановленими розширниками і заповнені маслом, зберігають як резервні, підготовлені до експлуатації. У них перевіряють рівень масла в розширювачі і при його зниженні доливають чистим і сухим маслом; періодично відкривають пробку грязьовика розширювача і випускають скупчений там осад; перевіряють електричну міцність масла і при необхідності очищають його.

На трансформаторах, що транспортуються заповненими маслом нижче рівня кришки (від 100 до 200 мм), але з демонтованими розширниками, встановлюють розширювач в найкоротший термін, не пізніше ніж через 6 місяців після відправки з заводу-виробника, і доливають чисте сухе масло, що задовольняє нормам.

Якщо монтаж трансформатора затримується і його зберігання перевищує 6 міс, встановлюють тимчасово розширювач і доливають масло, при цьому монтують повітря-сушник, через який в порожнину розширювача надходить з повітрям. У період зберігання контролюють рівень масла в розширювачі і при необхідності доливають його. При зберіганні трансформатора більше року проводять не рідше одного разу на 3 міс випробування проби масла на електричну міцність (пробій).

Герметичність ущільнень перевіряють перед початком монтажу або перед доливанням масла. Якщо трансформатор прибув з розширювачем і заповнений маслом, про герметичність його ущільнень свідчить наявність масла в межах відміток масло-вказівника.

До перевірки герметичності заборонено підтягувати ущільнюючі болти. Герметичність трансформаторів, які прибули з маслом, але без розширювача, перевіряють тиском масла протягом 3 годин, для чого встановлюють на кришці трубу висотою 1,5 м і діаметром 1 – 1,5" з різьбою і ущільнюючої гайкою на нижньому кінці і лійкою на верхньому. Трансформатор вважають герметичним, якщо при перевірці не спостерігалось протікання в місцях, розташованих вище рівня масла, з яким прибув трансформатор. Допускається перевіряти герметичність

трансформатора створенням в баку надлишкового тиску 15 кПа. Трансформатор вважається герметичним, якщо за 3 години тиск знизиться не більше ніж на 2 кПа.

Радіатори повинні зберігатися під навісом. Оскільки внутрішнє іржавіння усунути неможливо, необхідно простежити за надійністю ущільнення торців заглушками на гумових прокладках.

Розширювач, який прибув окремо, при неможливості негайної його установки на трансформатор звільняють від залишків масла, промивають сухим маслом і ретельно ущільнюють всі пробки і заглушки. Допоміжну апаратуру (газове реле, термометри, обладнання для охолоджувального пристрою, запасний ізоляційний матеріал) зберігають у закритому сухому місці в заводській упаковці. Вихлопну трубу, каретку з катками та інші деталі, транспортуються без спеціальної упаковки, можна зберігати на дерев'яних настилах під навісом, що захищає від прямого попадання опадів.

При прийнятті в монтаж трансформатори ретельно оглядають. Перевіряють кріплення, цілість зварних швів, відсутність течі масла з бака, комплектність деталей, відповідних заводським пакувальним відомостями, специфікаціям і технічним умовам на поставку. Оглядають і перевіряють стан радіаторів, ввідів, розширювача, допоміжних деталей та ін.. Переконаються у відсутності полумок, пошкоджень, заводських дефектів, у цілісності забарвлення, наявності пломб на масляних кранах. Поверхня порцелянових деталей повинна бути повністю покрита глазур'ю, не мати тріщин і відбитих країв. При прийманні трансформаторів в монтаж складають акт за певною формою. Одночасно зі здачею їх в монтаж замовник передає технічну документацію заводу-виробнику: паспорт, протоколи випробувань, відомість демонтажу та ін.

## **2. Контроль технічного стану трансформаторів**

Силкові трансформатори в даний час все рідше піддають ревізії. Для цих трансформаторів на напругу до 35 кВ ревізія активних частин ДСТом не передбачає за умови дотримання вимог, викладених у ньому та «Інструкції по транспортування, зберіганню, монтажу і вступ в експлуатацію трансформаторів на напругу до 35 кВ без ревізії їх активних частин».

Умовами монтажу без ревізії є: дотримання вимог з розвантаження, транспортування и зберігання трансформатора; відсутність зовнішніх пошкоджень (за результатами огляду) і внутрішніх дефектів (за вимірюваннями в процесі приймання трансформатора в монтаж). Рішення про монтаж трансформатора без ревізії приймається на підставі документів, складених при розвантаженні, транспортуванні, зберіганні та прийманні трансформатора в монтаж із складання відповідного акту. При порушенні вимог ГОСТу та інструкції, виявлення несправностей, які не можуть бути усунені без розбирання трансформатора, проводять ревізію активної частини.

Ревізія полягає в розбиранні, огляді та перевірці трансформатора, усуненні несправностей та герметизації його активної частини по закінченні

ревізії. Якщо в час огляду розкритого трансформатора виявлять дефекти, питання про спосіб проведення ревізії вирішується на місці монтажу в залежності від конструкції трансформатора и характером дефекту.

Якщо всередину трансформатора потрапили які-небудь металеві деталі (болти, гайки, шайби), потрібно підняти активну частину и повністю злити масло з бака. Тому при роботах, пов'язаних з розкриття трансформатора, треба обережно поводитися з гайками, болтами, шайбами, шплінтами та іншими деталями, а ручний інструмент прив'язувати, щоб НЕ впустити в трансформатор.

Якщо по стану ізоляції трансформатора її необхідно, піддата сушці, ревізію проводять після закінчення сушіння. Розглянуті трансформатори дуже рідко піддають ревізії, але при необхідності її виконують не електромонтажники, а спеціалізована організація або електромонтери-експлуатаційники у відповідності з інструкцією.

Після ревізії (якщо вона проводилася) очищають раму бака від іржі та залишків старих ущільнень. Пошкоджені прокладки замінюють новими з масло-стійкої гуми або інших видів ущільнювачів. Гумову прокладку за допомогою гумового клею встановлюють на поверхні, протертою бензином. Пробкові, клінгерітові та інші прокладки ставлять на будь-якому маслостійкому лаку.

Внутрішню поверхню і дно бака очищають від бруду і промивають сухим трансформаторним маслом. Радіаторні крани оглядають, очищають і щільно закривають. У підготовлений бак плавно опускають активну частину, суворо дотримуючись горизонтального положення її на стропях. При виявленні забруднення обмоток активну частину промивають сухим трансформаторним маслом і опускають в бак. Остаточо встановлюють кришку бака на ущільнюючих прокладках, затягуючи рівномірно болти по периметру кришки. Для перевірки співпадань отвори в баку, кришці і прокладці користуються конусними оправками, які вставляють в отвори рами бака. Після ревізії бак трансформатора заповнюють через нижній край сухим і чистим трансформаторним маслом.

Транспортуємі окремо розширювачі, вихлопні труби, радіатори повинні бути на заводі-виробнику промиті, випробувані і загерметизовані. Їх піддають випробуванню і промивають на місці монтажу тільки тоді, коли виявляють пошкодження або порушення герметизації. У цьому випадку радіатори до установки промивають трансформаторним маслом і випробовують тиском масла в трубі, що рівної по висоті відстані від нижньої точки кріплення радіатора до верхньої точки маслорозширювача плюс 0,5 м. Тривалість випробування 30 хв. При появі течі дефектне місце заварюють автогеном і випробування повторюють. Після випробування радіатори промивають підігрітим трансформаторним маслом (температура його 40-50 °С) через центрифугу (сепаратор) або фільтр-прес до зникнення слідів бруду на його фільтрувальному папері. Фланці радіаторів закривають заглушками на прокладках. При перевірці зварних з'єднань масловказівника і розширювача на тіч зливають через грязьовик залишки олії і промивають

його внутрішню поверхню сухим і чистим маслом. Пробки і масломірне скло прополіскують в олії. Перевіряють наявність контрольних смуг, відповідних рівням масла при 35 °С. Внутрішня порожнина розширювача повинна бути очищена від іржі і ретельно промита сухим маслом.

У трансформаторах нових конструкцій чистку проводять через знімну бічну кришку. Перевіряють справність скляній мембрани, вихлопної труби, ущільнення, надійність місць зварювання. Скляний диск мембрани затиснутий між двома гумовими прокладками товщиною 4-5 мм. Несправну мембрану замінюють новою, вирізаної зі скла товщиною 2,5-4 мм. Внутрішню поверхню труби очищають від пилу і іржі. З нижнього фланця труби видаляють старі ущільнення, перевіряють пробку для випуску повітря, що знаходиться під верхнім фланцем труби. Після цього перевіряють герметичність труби, заповнюючи її трансформаторним маслом протягом 3 годин.

### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

- 1 Опишіть правила транспортування, приймання та зберігання трансформаторів.
- 2 У чому полягає ревзія ТР?
- 3 Опишіть методи вимірювання кута діелектричних втрат.
- 4 Опишіть порядок збірки радіаторів ТР?
- 5 Як виконується монтаж перемикаючих пристроїв ТР, розширювача і газового реле?
- 6 Опишіть монтаж реле рівня масла.
- 7 Які правила установки повітроочисного фільтра та термометрів ТР?
- 8 Опишіть монтаж ошиновки ТР.
- 9 В чому полягає монтаж вторинних кіл?
- 10 Опишіть техніку безпеки при монтажу ТП

## ЛЕКЦІЯ №32

### МОНТАЖ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

#### План лекції

1. Поняття електроприводу.
2. Загальна схема електроприводу.

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### 1. Поняття електроприводу

**Електропривод** – електромеханічна система, що складається в загальному випадку із взаємодіючих електричних, електромеханічних та механічних перетворювачів, керуючих та інформаційних пристроїв та пристроїв з'єднання з зовнішніми електричними, механічними, керуючими та інформаційними системами, призначеними для приведення в рух виконавчих органів робочої машини та керування цим рухом з метою здійснення технологічного процесу.

В склад електропривода входять два основних канали: силовий та інформаційний.

#### 2. Загальна схема електроприводу

По першому каналу здійснюється передача потоку перетвореної енергії ( $\Leftrightarrow$ ), а по другому здійснюється управління цим потоком енергії, а також збирання та опрацювання інформації про стан та функціонування системи, діагностика її несправностей ( $\rightarrow$ ).

Силовий канал, в свою чергу, складається з двох частин: електричної та математичної – та обов'язково містить сполучну ланку – електромеханічний перетворювач.

В електричну частину силового каналу входять пристрої, що передають електричну енергію від джерела та здійснює перетворення електричної енергії в електричному перетворювачі.

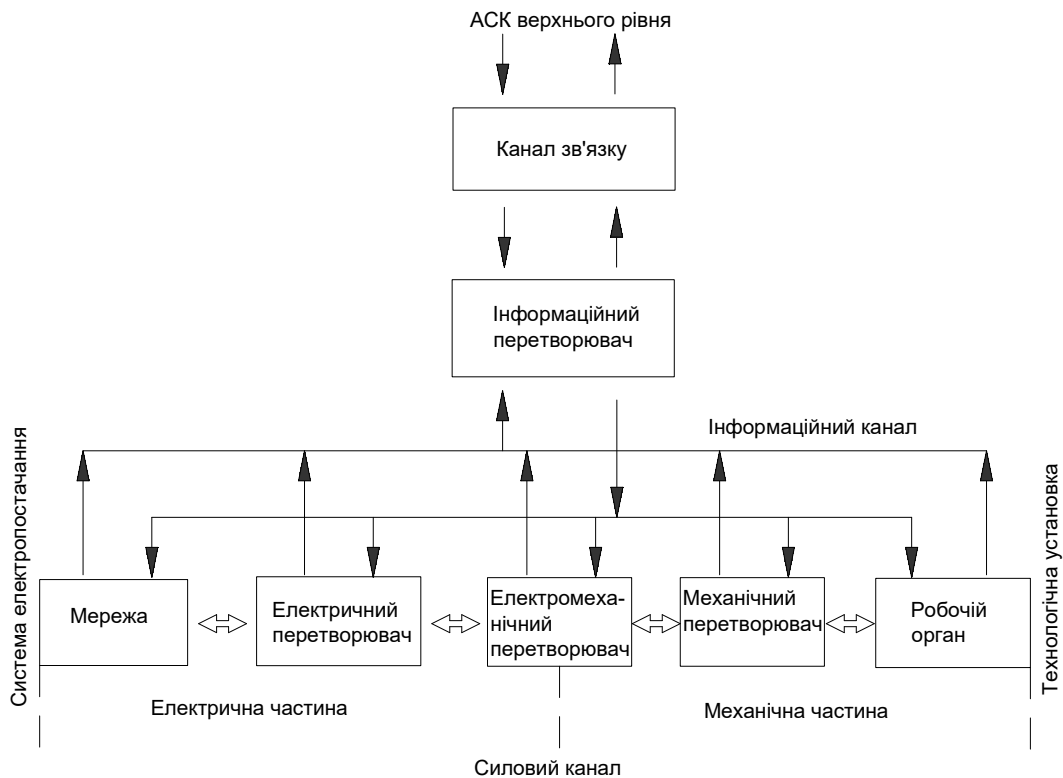


Рис. 32.1 Загальна схема електроприводу

Механічна частина складається з рухомого органу електромеханічного перетворювача, механічної передачі та робочого органу технологічної установки, в якому механічна енергія реалізується в корисну роботу.

Інформаційний канал містить пристрій вводу, виводу, інформаційного перетворювача, зв'язку з силовим каналом.

### Контрольні запитання для самоперевірки:

- 1 Який порядок визначення несправностей асинхронних двигунів?
- 2 Який персонал визначає несправності електродвигунів?
- 3 Які причини перегріву електродвигунів?
- 4 Як виконується ремонт електродвигуна, якщо він не запускається?
- 5 Який порядок визначення несправностей двигунів постійного струму?
- 6 Наведіть основні правила техніки безпеки при ремонті електродвигунів.

## ЛЕКЦІЯ №33

### СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ

#### План лекції

1. Функції систем керування електроприводами.
2. Способи управління електроприводами.

#### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумкі.

#### 1. Функції систем керування електроприводами

Функції систем керування електроприводами, їх класифікація та вимоги до них:

Завданнями управління електроприводами є: здійснення пуску, регулювання швидкості, гальмування, реверсування робочої машини, підтримка її режиму роботи відповідно до вимог технологічного процесу, управління становищем робочого органу машини. При цьому повинні бути забезпечені найбільша продуктивність машини або механізму, найменші капітальні витрати і витрата електроенергії.

Конструкція робочої машини, вид електроприводу і система його управління пов'язані між собою. Тому вибір, проектування і дослідження системи керування електроприводом повинні здійснюватися з урахуванням конструкції робочої машини, її призначення, особливостей та умов роботи.

Крім основних функцій системи управління електроприводами можуть виконувати деякі додаткові функції, до яких належать сигналізація, захист, блокування і пр. Звичайно системи управління одночасно виконують кілька функцій.

Системи керування електроприводами ділять на різні групи залежно від головного ознаки, покладеної в основу класифікації.

#### 2. Способи управління електроприводами

За способом управління розрізняють системи ручного, напівавтоматичного (автоматизованого) і автоматичного управління.

**Ручним** називається управління, при якому оператор безпосередньо впливає на найпростіші апарати управління. Недоліками такого управління є необхідність розташування апаратів поблизу електроприводу, обов'язкову присутність оператора, низькі точність і швидкодію системи управління. Тому ручне управління знаходить обмежене застосування.

Управління називається **напівавтоматичним**, якщо його здійснює оператор шляхом впливу на різні автоматичні пристрої, що виконують окремі операції. При цьому забезпечується висока точність управління, можливість дистанційного керування, знижується стомлюваність оператора. Однак при такому управлінні обмежена швидкодія, так як оператор може затрачати час на ухвалення рішення про необхідний режимі управління залежно від змінених умов роботи.

Управління називається **автоматичним**, якщо всі операції управління здійснюються автоматичними пристроями без безпосередньої участі людини. У цьому випадку забезпечуються найбільші швидкодію і точність управління системи автоматичного управління в міру розвитку засобів автоматизації отримують все більше поширення.

**За родом виконуваних у виробничому процесі основних функцій** системи напівавтоматичного та автоматичного управління електроприводами можна розділити на кілька груп.

До першої групи відносяться системи, що забезпечують автоматичні пуск, зупинку і реверсування електроприводу. Швидкість таких приводів не регулюється, тому вони називаються **нерегульованими**. Такі системи застосовуються в електроприводах насосів, вентиляторів, компресорів, конвеєрів, лебідок допоміжних механізмів і т. п.

До другої групи відносяться системи управління, які крім виконання функцій, забезпечуваних системами першої групи, дозволяють регулювати швидкість електроприводів. Подібного роду системи електроприводів називаються **регульованими** і застосовуються у вантажопідійомних пристроях, транспортних засобах та інше.

До третьої групи відносяться системи управління, що забезпечують крім вищевказаних функцій можливість регулювання та підтримки певної точності, постійності різних параметрів (швидкості, прискорення, струму, потужності і т. д.) при змінюються виробничих умовах. Такі системи автоматичного управління, що містять зазвичай зворотні зв'язки, називаються **системами автоматичної стабілізації**.

До четвертої групи відносяться системи, які забезпечують стеження за сигналом управління, закон зміни якого заздалегідь не відомий. Такі системи управління електроприводами називають **слідкуючими системами**. Параметрами, за якими зазвичай здійснюється стеження, є лінійні переміщення, температура, кількість води або повітря і пр.

До п'ятої групи відносяться системи управління, що забезпечують роботу окремих машин і механізмів або цілих комплексів за заздалегідь заданою програмою, названі **програмними системами**.

Перші чотири групи систем управління електроприводами зазвичай входять як складові частини в систему п'ятої групи. Крім того, ці системи забезпечуються програмними пристроями, датчиками та іншими елементами. До шостої групи відносяться системи управління, які забезпечують не тільки автоматичне керування електроприводами, включаючи системи перших п'яти груп, але і автоматичний вибір найбільш раціональних режимів роботи

машин. Такі системи називаються **системами оптимального управління або самоналаштуванням**. Вони зазвичай містять обчислювальні машини, які аналізують хід технологічного процесу і виробляють командні сигнали, що забезпечують найбільш оптимальний режим роботи.

Іноді класифікацію систем автоматичного управління здійснюють **по типу застосовуваних апаратів**. Так, розрізняють системи релейно - контакторні, електромашинні, магнітні, напівпровідникові. Найважливішою додатковою функцією управління є **захист електроприводу**.

**До систем автоматичного управління пред'являються такі основні вимоги:** забезпечення режимів роботи, необхідних для здійснення технологічного процесу машиною або механізмом, простота системи управління, надійність системи управління економичність системи управління, яка визначається вартістю апаратури, витратами енергії, а також надійністю, гнучкість і зручність управління, зручність монтажу, експлуатації та ремонту систем управління.

За необхідності пред'являються додаткові вимоги: вибухобезпечність, іскробезпека, безшумність, стійкість до вібрації, значним прискоренням та інше.

#### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Загальні відомості про створення автоматизованих електроприводних систем.
2. Структурна робота електромеханічних систем.
3. Сукупність елементів електромеханічних комплексів і систем.
4. Сучасні автоматизовані електроприводи за ступенем автоматизації

## ЛЕКЦІЯ № 34

# МОНТАЖ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ КОМПЛЕКТНИХ ПРИБОРІВ

### План лекції

1. Загальні відомості
2. Ручні та шляхові куматаційні апарати
3. Автоматичні вимикачі та ПЗВ
4. Характеристики автоматичних вимикачів

### Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумки.

### 1. Загальні відомості

Щити і пульти повинні поставлятися підприємством - виготівельником повністю змонтованими, з апаратами і приладами, що пройшли ревізію, регулювання та випробування.

Перевіряють встановлення розподільних пунктів, станцій і пультів керування, щитів захисту та автоматики відносно основних осей приміщення.

Відстань між шафою і стіною повинна бути такою, щоб дверцята відкривалися не менш як на  $100^\circ$ . Поворот бокової рукоятки рубильника вгору повинен відповідати вмиканню апарата, а вниз – вимиканню. Губки рубильників і трубчастих запобіжників встановлюють так, щоб ножі входили в них легко і щільно, без зазорів, перекосів і заїдань.

Збірні шини і відгалуження від них з'єднують зварюванням або болтами. При цьому витки болта вільного кінця не повинні мати менше двох ниток.

Для розбірних приєднань шин (провідників) до плоских виводів і стержневих затискачів апаратів залежно від їх матеріалу і навколишнього середовища використовують спеціальні матеріали.

Всі вироби для кріплення повинні мати захисні металеві покриття. Розбірні приєднання провідників до виводів апаратів захищають від само відкриття пружними шайбами, контр-гайками.

Зовнішні і внутрішні поверхні щитів, а також їх металеві деталі, що не мають цинкового або іншого металевих покриття, призначені для кріплення апаратів, приладів, шин, проводів і кабелів, покривають лаком чи фарбою залежно від умов навколишнього середовища.

Дверці силових пунктів, ящиків шаф керування та іншої апаратури закриваються спеціальними замками.

Електромагнітні пускачі встановлюють вертикально на жорсткій основі. Ввід проводів через оболонку пускачів пилебризконепроникного виконання що стоять окремо, роблять у трубках, а кабелів – через сальники.

Ящики резисторів монтують так, щоб елементи резисторів знаходилися у вертикальній площині. Повітря повинно вільно надходити в ящик знизу, а виходити зверху.

Ізоляцією проводів перед приєднанням до ящиків резисторів знімають на відстані не менше 100 мм від затискача. Ізольовані проводи не повинні знаходитися над резисторами.

Панелі станції керування щитів і пультів, пускорегулювальні апарати повинні мати написи, які вказують, до якого двигуна або іншого електроспоживача вони відносяться.

У розподільних пристроях встановлених у сирих і особливо сирих приміщеннях і відкритих електроустановках, застосувати гігроскопічні ізоляційні матеріали не дозволяється.

У сучасних електроустановках для розподілу електроенергії, захисту від коротких замикань і тривалих перенавантажень, вмикань і вимикань електричних використовують низьковольтні комплектні пристрої (НКП), які завдяки оболонкам відповідними ступенями захисту подовжують строк служби комутаційних і захисних апаратів дають можливість скоротити строки електромонтажних робіт та знизити їх вартість.

Для розподілу електроенергії у виробничих сільськогосподарських приміщеннях найчастіше використовують розподільні пункти серії ПР11, які працюють при напрузі 220 В постійного струму і до 660 В змінного струму, частотою 50 і 60 Гц.

Шини у розподільчих пунктах фарбуються у такі кольори:

Фаза А – жовтий

Фаза В – зелений

Фаза С – червоний

Нульовий – зелено-жовтий

Піл час монтажу корпуси НКП з'єднують із нульовим проводом мережі або контуру заземлення зварюванням або болтовим з'єднанням. Місце зварювання зачищають і фарбують, Болтові з'єднання покривають шаром мастила.

## **2. Ручні та шляхові комутаційні апарати**

Рубильники і перемикачі серії Р і РП призначені для неавтоматичної комутації силових електричних кіл з номінальною напругою до 660 В змінного струму частотою 50 Гц і до 440 В постійного струму в пристроях для розподілу електричної електропостійного струму для розподілу електричної енергії.

Умовне позначення рубильників і перемикачів:

Р/1 ХХ/2 ХХ/3 Х/4 Х/5 Х/6 ХХ/7 Х/8 Х/9

Розшифровується так:

- 1 серія
- 2 2-вид рукоятки; (11 – бокова незнімна)  
(15- бокова винесена незнімна)  
(16- бокова винесена змінна у положенні «Вимкнуто»)  
(19 – передня незнімна)  
(20 – важіль)  
(26- без рукоятки)
- 3- номінальна сила струму;
- 4- кількість полюсів: 1, 2, 3;
- 5- позначення площини приєднувальних затискачів у поєднанні з дугогасильними камерами; 1,3,5 і 7 – з камерами, 2,4,6 і 8 – без камер;
- 6- наявність допоміжних контактів; 0 – немає; 1-є;
- 7- ступінь захисту: 00-ІР00, 32-ІР32, 54-ІР54;
- 8- кліматичне виконання; У,Х,Л,Т;
- 9- категорія розміщення: 1(для ІР54) або 3

Пакетні перемикачі серії ПКП призначені для комутації електронних кіл змінного струму частотою від 50 до 100 Гц при напрузі 380 В. Можуть використовуватись як ввідні, вимикачі, перемикачі головних кіл і як пускові апарати асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором.

Пакетно-кулачкові перемикачі серії ПКУЗ призначені для комутації електричних кіл змінного струму частотою 50,60 і 400 Гц з номінальною напругою від 24 до 500 В і номінальною робочою силою струму 1-10 А у схемах для керування багатьма швидкохідними асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором.

Пакетні перемикачі і перемикачі серії ПП, ПВ використовують як ввідні перемикачі у низьковольтних комплектних пристроях розподілу електроенергії, для ручного керування асинхронними двигунами, для комутації електричних кіл напругою 220 і 380 В змінного струму частотою 50 Гц. Розраховані для роботи при температурі оточуючого середовища – 40 + 50 °С та відносній вологості 95% при температурі 25 °С

Пускачі ручні ПНВ та ПНВС призначені для пуску безпосереднім вмиканням в мережу і зупинки трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором потужністю до 4,5 кВт при напрузі 380В і частоті 50 Гц (ПНВ), для пуску і зупинки однофазних короткозамкнених двигунів з пусковою обмоткою потужністю до 0,6 кВт при напрузі 380 В.

Кнопочці пости серії ПКЕ призначені для комутації кіл керування у колах змінного струму напругою до 660 В, частотою 50 і 60 Гц та постійного струму напругою до 440 В. Номінальний струм контактів 10 А.

#### Автоматичні вимикачі

Електричні установки повинні мати захист від коротких замикань, перенавантажень та мінімальної напруги. За виконуваними функціями їх поділяють на дві групи: автоматичні вимикачі, в яких установка струму неспрацювання теплових розподільвачів не регулюванням установок струму.

Автоматичні вимикачі першої групи мають шкалу номінальних сил струмів теплових розчіплювачів, узгоджену з доступними тривалими силами струмів навантаження для проводів з гумовою чи полівінілхлоридною ізоляцією. Вимикачі цієї групи використовують як ввідні в комплектних пристроях керування електрообладнанням, а також як групові в розподільних пунктах.

#### Електромагнітні контактори

Електромагнітні контактори – це двопозиційні комутаційні апарати для комутацій кіл постійного та змінного струмів.

#### Електромагнітні пускачі

Електромагнітні пускачі призначені для дистанційного пуску безпосередньо приєднаних до мережі, зупинки і реверсування трифазних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором потужністю до 18,5 кВт при напрузі 380 і 660 В змінного струму частоти 50 і 60 Гц. У випадку наявності теплових реле пускачі захищають двигуни від перенавантажень недопустимої тривалості. Пускачі, що комплектуються обмежувачами перенапруг, використовуються для робіт у системах керування із застосуванням мікропроцесорної техніки.

#### Теплові струмові реле

Теплові реле – це електричні апарати, які призначені для захисту електродвигунів від струмового перенавантаження. Найбільш поширені типи теплових реле – ТРП, ТРН, РТП та РТТ.

Довговічність електрообладнання залежить від перенавантажень під час його роботи. Для будь-якого об'єкту можливо визначити залежність довго тривалості протікання струму від її величини, при яких забезпечується надійна та довготривала експлуатація обладнання.

При номінальному струмі допустима довготривалість його протікання дорівнює безкінечності. Протікання струму більшого ніж номінальний призводить до додаткового підвищення температури та додатковому старінню ізоляції. Тому чим більше перенавантаження тим короткочасніше воно допустиме.

До захисту від перенавантажень, найбільш широке розповсюдження отримали теплові реле з біметалевою пластиною. Біметалева пластина теплового реле складається з двох пластин, одна з яких має більший температурний коефіцієнт розширення, друга менший. В місці прилягання один до одного пластини жорстко скріпленні зварюванням. Якщо закріпили нерухомо таку пластину та нагріти, то відбудеться згиб пластини в сторону матеріалу з меншим температурним коефіцієнтом.

### **3. Автоматичні вимикачі та ПЗВ**

Автоматичний вимикач (автомат) – захисний комутаційний пристрій, призначений для захисту електричного кола (тобто кабелів і проводів, електроустановочних виробів) від короткого замикання і перевантажень. Забезпечений спеціальним виконавчим механізмом – **розчеплювачем**, який

безпосередньо здійснює розмикання електричного ланцюга. Більшість сучасних побутових автоматичних вимикачів – комбіновані. Вони мають електромагнітний і тепловий розчеплювачі і можуть одночасно захищати і від перевантажень мережі, і від коротких замикань (КЗ). **Електромагнітний розчеплювач** – це електромагніт, здатний захистити ланцюг від короткого замикання, коли струм миттєво зростає до критичних значень, в 5-10 разів (категорія С) перевищуючи номінальні показники. Автомат при цьому повинен відключити ланцюг за час порядку 0,01 секунди. **Тепловий розчеплювач** - біметалічна пластина, яка змінює свою форму при нагріванні. Цей елемент попереджає критичні перевантаження, що супроводжуються значним розігрівом провідників. Автомат з таким механізмом при навантаженні, що перевищує номінальне значення на 13%, повинен відключити ланцюг протягом години.

Автоматичний вимикач слід розглядати як апарат захисту і управління («ПУЕ», 7- е видання, глава 7, п. 7.1.25 ). Автоматичні вимикачі призначені для захисту від надструмів систем в будівлях та аналогічних установок (ГОСТ Р 50345-99, п. 1.1). **Надструм** (МЕМ 441-11-06): Будь-який струм, що перевищує номінальний (ГОСТ Р 50345-99, п. 3.2.1).

Апаратом захисту називається апарат, який автоматично відключає електричний ланцюг при ненормальних режимах («ПУЕ », 7- е вид., Гл. 3, п. 3.1.2). В якості апаратів захисту повинні застосовуватися автоматичні вимикачі або запобіжники («ПУЕ», 7- е вид., Гл. 3, п. 3.1.5).

Апарати захисту слід встановлювати, як правило, в місцях мережі, де переріз провідника зменшується (у напрямку до місця споживання електроенергії) або де це необхідно для забезпечення чутливості і селективності захисту («ПУЕ», 7- е вид., Гл. 3, п. 3.1.15).

**Автоматичний вимикач** (механічний) (МЕМ 441-14-20): Механічний комутаційний апарат, здатний включати, проводити і відключати струми при нормальному стані ланцюга, а також включати, проводити протягом заданого часу і автоматично відключати струми в зазначеному аномальному стані ланцюга, таких як струми короткого замикання (ГОСТ Р 50345-99, п. 3.1.4).

**Струмообмежувальним автоматичний вимикач** (МЕМ 441-14-21): Вимикач з надзвичайно малим часом відключення, протягом якого струм короткого замикання не встигає досягти свого максимального значення (ГОСТ Р 50030.2-99, п. 2.3).

**Повітряний автоматичний вимикач** (МЕМ 441-14-27): Вимикач, контакти якого розмикаються і замикаються в повітрі при атмосферному тиску (ГОСТ Р 50030.2-99, п. 2.7).

**Полюс (автоматичного вимикача)**: Частина автоматичного вимикача, пов'язана виключно з одним електрично незалежним струмопровідним шляхом головного ланцюга і має контакти, призначені для замикання і розмикання головного ланцюга, і не включає елементи, призначені для монтажу і оперування усіма полюсами (ГОСТ Р 50345-99, п. 3.2.7).

**Граничний струм селективності ( $I_s$ )**: Координата точки перетину часо-струмової характеристики в зоні найбільшої відключаючої здатності

захисного апарату на стороні навантаження і переддуговою характеристикою (для запобіжника) або час-струмової характеристики розчеплювача (для автоматичного вимикача) іншого захисного апарату.

**Примітка:**

Граничний струм селективності – це граничне значення струму:

– нижче якого при наявності двох послідовно з'єднаних апаратів захисту від надструмів апарат з боку навантаження встигає завершити процес відключення до того, як його почне другий апарат (тобто забезпечується селективність);

– вище якого за наявності двох послідовно з'єднаних апаратів захисту від надструмів апарат з боку навантаження може не встигнути завершити процес відключення до того, як його почне другий апарат (тобто селективність не забезпечується). (ГОСТ Р 50345-99, п. 3.5.14.1).

**Електроустановка** – будь-яке поєднання взаємозалежного електроустаткування в межах даного простору або приміщення (ГОСТ Р 50571.1-93, п. 3.2).

**Рубильник** – найпростіший електричний вимикач з ручним приводом і металевими ножовими контактами, що входять в нерухомі пружні контакти (гнізда). Застосовується в електричних ланцюгах напругою до 500 В.

**Рубильник**, електричний комутаційний апарат з ручним управлінням, призначений для включення, відключення і перемикання електричних ланцюгів - або під навантаженням (при напрузі до 220 В на постійному струмі і до 380 В на змінному), або у відсутності струму; відрізняється характерною формою рухомих контактів (ножевидні, або «рублячі»). За кількістю контактів рубильник підрозділяють на одно-, двох-, трьох і багатополюсні. Для підвищення граничного відключається струму потужні рубильники забезпечуються дугогасильними камерами. При замиканні однополюсного рубильник контактний ніж під дією рукоятки повертається навколо осі і «включається» в нерухому контактну стійку, що підпружинюєця. При відключенні електричного кола під навантаженням, між контактним ножом і контактною стійкою виникає електрична дуга, яка гаситься в дугогасильній камері. Щоб уникнути обгорання контактів електрична дуга повинна бути погашена швидко. Гасіння дуги при струмах до 75 А відбувається внаслідок її механічного розтягування; при цьому час гасіння залежить від швидкості переміщення контактного ножа. У рубильниках, розрахованих на більш високі струми, визначальним фактором при гасінні дуги є розриваючі її електродинамічні сили, величина яких прямо пропорційна відключаючого струму і приблизно обернено пропорційна довжині ножа. Для того щоб зробити швидкість розмикання контактних ножів не залежним від швидкості повороту рукоятки, застосовують так зване моментное вимкнення (з використанням додаткових розривних ножів), що значно полегшує гасіння дуги. Рубильник розраховують таким чином, щоб в номінальному режимі його роботи контакти не нагрівалися вище допустимої температури, а при коротких замиканнях в ланцюзі не зварювалися між собою і мимоволі не розмикалися.

**Диференціальний автомат** (ПЗВ електронного типу) являє собою виріб, що складається з двох функціонально узгоджених між собою модулів: автоматичного вимикача (2-4 - х полюсного виконання) і модуля захисного відключення, в якому розташований: регулюючий блок - диференційний трансформатор, підсилювальний блок – електронний пристрій, що містить кілька десятків елементів (резистори, транзистори, тиристри, мікросхеми). Якщо підсилювач розроблений з урахуванням більшості факторів, що впливають на його надійність (стабільність у часі, зміна параметрів навколишнього середовища, заводські та ін), його експлуатація не викликатиме жодних нарікань. Однак навіть при добре відпрацьованій схемотехніці пристрою, із за випадкового поєднання параметрів вхідних електронних компонентів, що мають певне розкидання, можливі «провали» в характеристиках підсилювачів по перешкодостійкості на деяких частотах спектру перешкод. Джерелом цих перешкод може бути випромінювання самого обладнання, що працює в мережі, в якій встановлено диф. автомат. У цьому випадку найпростішим способом усунення «провал» є шунтування вихідних затискачів диф. автомата **конденсатором типу К73 -17- 400В -0, 47 мкФ** (в 4- полюсному - двома однаковими конденсаторами, включеними між фазними затискачами).

#### **4. Характеристики автоматичних вимикачів**

1. **Номінальна напруга  $U_e$**  – установлене виробником значення  $U$ , при якому забезпечується працездатність автоматичного вимикача, особливо при КЗ.

2. **Номінальна напруга ізоляції  $U_i$**  – установлене виробником значення  $U$ , за яким визначається величина випробувальної  $U$  при випробуванні автоматичного вимикача на електричну міцність ізоляції і відстані витоків.

3. **Номінальний струм  $I_n$**  – встановлений виробником струм, який автоматичний вимикач здатний проводити в тривалому режимі при вказаній контрольній температурі навколишнього повітря.

4. **Номінальна частота** – частота, на яку розрахований даний автоматичний вимикач для забезпечення заданих характеристик.

5. **Нормальна струмо-часова зона** (або характеристика, що не зовсім правильно) – характеристика розчеплення автоматичного вимикача, повинна забезпечувати надійний захист провідників електричних ланцюгів від надструмів.

6. **Стандартні діапазони струмів миттєвого розчеплення** (при яких автоматичний вимикач може розчепитися без витримки часу): **тип В** – понад  $3 I_n$  до  $5 I_n$ ; **тип С** – понад  $5 I_n$  до  $10 I_n$ ; **тип D** – понад  $10 I_n$  до  $50 I_n$ .

7. **Номінальна відключна здатність  $I_{cp}$**  – установлене виробником значення граничної найбільшої відключної здібності  $I_{cp}$  автоматичного вимикача, для якої приписані умови відповідно до встановленого циклу випробувань не передбачають здатності автоматичного вимикача проводити

протягом умовного часу струм, рівний 0,85 струму нерозчеплення. Своїми словами: Струм КЗ, який автомат може відключити і при цьому залишитися в цілості (без пошкоджень).

#### 8. Робоча відключна здатність

9. **Характеристика  $I^2t$**  (струм в квадраті  $t$ ) – крива, що відображає максимальні значення  $I^2t$  як функцію очікуваного струму в зазначених умовах експлуатації.

**Струм розчеплювача, струм вставки** – це номінальний струм автоматичного вимикача, який є найменшим при розрахунку в даному колі, але таким чином, щоб автоматичний вимикач не спрацював при пускових струмах.

### 5. Буквені характеристики розчеплювачів модульних вимикачів

Таблиця.34.1 Буквені характеристики розчеплювачів модульних вимикачів

Характеристика спрацювання вимикачів ГОСТ Р 50345-99 (М ЭК60898)				Характеристика спрацювання вимикачів промислового призначення		
Х- ка	>0.1 с без розчеплення	<0.1 с з розчепленням		Х- ка	без розчеплення	з розчепленням
B	$3I_n$	$5 I_n$		L	$2.5I_n$	$10 I_n$
C	$5 I_n$	$10 I_n$		K	$7 I_n$	$14 I_n$
D	$10 I_n$	$50 I_n$		Z	$2 I_n$	$4 I_n$
	Без розчеплення >1год (при $I_n \leq 63A$ ) >2 год (при $I_n > 63A$ )	Розчеплення <1год (при $I_n \leq 63A$ ) >2 год (при $I_n > 63A$ )	Розчеплення $1 c < t < 60c$ (при $I_n \leq 32A$ ) $1c < t < 120c$ (при $I_n > 32A$ )	G	$8 I_n$	$12 I_n$
B, C, D	$1.13I_n$	$1.45I_n$	$2.55I_n$	Зі зворотньою залежною витримкою часу по ГОСТ Р 50345-99		
	Не розчеплення 2 год при $I_n > 63A$ 1 год при $I_n \leq 63A$	Розчеплення 2 год при $I_n > 63A$ 1 год при $I_n \leq 63A$			$1.05I_n$	$1.3I_n$

С – застосовується для освітлювальних мереж.

В – застосовується для освітлювальних мереж з віддаленим споживачем.

Д – забезпечують захист установок з високими значеннями пускових струмів (двигуни, лампи з пуско-регулюючим приладом, трансформатори)

## 6. Характеристики спрацювання автоматів

Параметри стандартної **струмо-часової зони** в ГОСТ Р 50345-99 встановлені для контрольної температури калібрування, рівної 30 С. Для стандартної **часо-струмової зони** встановлено наступні умовні параметри: а) умовний час, що рівний 1год для вимикачів з номінальним струмом до 63А включно, і 2 год з номінальним струмом понад 63 А, б) умовний струм нерозчеплення; с) встановлене значення струму, яке вимикач здатний проводити за умовний час без розчеплення:  $I_{nt} = 1,13 I_n$ ; д) умовний струм розчеплення ( $I_t$ ) – встановлене значення струму, що викликає розчеплення вимикача в межах умовного часу:  $I_t = 1,45 I_n$ .

**В** – спрацювання електромагнітного захисту між 3 - і 5 – кратним значенням номінального струму

**С** – спрацювання електромагнітного захисту між 5 - і 10 – кратним значенням номінального струму

**Д** – спрацювання електромагнітного захисту між 10 - і 14 – кратним значенням номінального струму

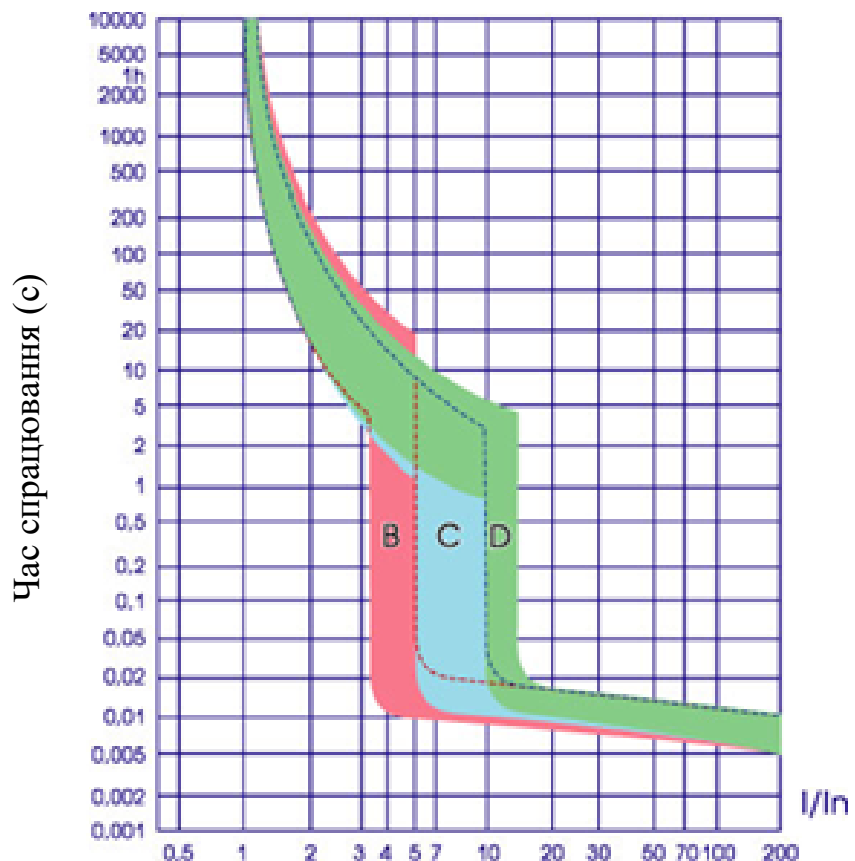


Рис. 34.1. Діаграми спрацювання автоматів

### **Контрольні запитання для самоперевірки:**

1. Наведіть основні операції при проведенні капітального ремонту масляного вимикача.
2. Які основні операції виконуються перед початком ремонту вимикача?
3. Опишіть порядок розборки циліндрів вимикача.
4. Опишіть порядок ремонту розеткового контакту вимикача.
5. На що необхідно звертати увагу при огляді дугогасної камери вимикача?
6. Як перевірити відсутність тертя в підшипниках?
7. Який порядок перевірки масляного буфера вимикача? 8 Як виконується перевірка установки дугогасної камери вимикача?

## Зміст

Вступ.....	2
Лекція №1. Поняття електричного струму та електричного ланцюга.....	5
Лекція №2. Змінний однофазний струм.....	11
Лекція №3. Змінний трьохфазний струм.....	16
Лекція №4. Основні поняття та визначення в електроенергетичній галузі.....	20
Лекція №5. Умовні графічні та буквені позначення на електричних схемах...	24
Лекція №6. Виробництво, передача та розподілення електричної енергії.....	29
Лекція №7. Електротехнічні та будівельні правила і норми .....	33
Лекція №8. Класифікація електроустановок .....	35
Лекція №9. Класифікація приміщень.....	39
Лекція №10. Комплектація монтажу обладнанням і матеріалами.....	42
Лекція №11. Організація безпеки праці при монтажі .....	46
Лекція №12. Електромонтажні матеріали.....	49
Лекція №13. Електроізоляційні матеріали .....	52
Лекція №14. Електромонтажні вироби і деталі .....	56
Лекція №15. Електромонтажні механізми, інструменти та пристосування.....	60
Лекція №16. Інструменти і пристрої для з'єднання і окінцювання жил проводів і кабелів.....	65
Лекція №17. Загальні поняття монтажу енергообладнання.....	70
Лекція №18. Основні види та типи схем .....	72
Лекція №19. Приймання об'єкту під монтаж .....	77
Лекція №20. Технологія монтажу електричних проводок.....	79
Лекція №21. Технологія виконання контактних з'єднань .....	83
Лекція №22. Електрообладнання жилих будівель .....	91
Лекція №23. Особливості монтажу електропроводок об'єкта .....	95
Лекція №24. Основні характеристики та монтаж установок для освітлення та опромінення .....	99
Лекція №25. Технологія монтажу заземлюючих пристроїв.....	108
Лекція №26. Системи заземлення електроустановок .....	116
Лекція №27. Пристрій захисного відключення .....	119
Лекція №28. Загальні напрямки розвитку енергозберігаючих технологій .....	121
Лекція №29. Технологія монтажу електроприводів.....	126
Лекція №30. Монтаж повітряних ліній .....	132
Лекція №31. Монтаж силових трансформаторів.....	137
Лекція №32. Монтаж електроприводу.....	142
Лекція №33. Системи керування електроприводами .....	144
Лекція №34. Монтаж низьковольтних комплектних пристроїв .....	147
Зміст.....	157

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Монтаж і експлуатація електрообладнання : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форми навчання / уклад. Ю.В. Грицюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2020. 48 с.
2. Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв : навч. посіб. / В. В. Грабков та ін. Вінниця : ВНТУ, 2020. 173 с.
3. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Київ : ДП НТУКЦ «АсЕнерго», 2020. 304 с.
4. Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 № 1556-VII : станом на 11 берез. 2026 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text>
5. Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні : Постанова Каб. Міністрів України від 30.04.2024 № 476. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/476-2024-п#Text>
6. Про наукову і науково-технічну діяльність : закон України від 26.11.2015 № 848-VIII : станом на 30 берез. 2026 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text>
7. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с.
8. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. [Чинний від 2017-07-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 31 с.
9. Дзьобань О. П. Методологія, організація та технологія наукових досліджень : навч. посіб. для аспірантів. Київ : Фенікс, 2025. 283 с.
10. Методологія і організація наукових досліджень : навчальний посібник / А. О. Азарова та ін. Вінниця : ВНТУ, 2022. 117 с.
11. Бхаттачарджи А., Ситник Н. Методологія та організація наукових досліджень: дослідження в соціально-економічних науках. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 173 с.
12. Невлюдов І. Ш., Олександров Ю. М., Андрусевич А. О., Чала О. О. Основи наукових досліджень : навчальний посібник. Prague : OKTAN PRINT, 2024. 468 с.
13. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. URL: <https://www.nerc.gov.ua/sferi-diyalnosti/elektroenergiya/yakist-elektropostachannya/yakist-elektrichnoyi-energiyi>.

14. Ethics guidelines for trustworthy AI. *Shaping Europe's digital future*. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>.
15. Creswell J. W., Creswell J. D. Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 6th ed. thousand oaks. SAGE Publications, 2023. 289 p.

Навчальне видання

**Технологія електромонтажних робіт**

**конспект лекцій**

Методичні рекомендації

Укладач: **Ставинський Андрій Андрійович**  
**Циганов Олександр Миколайович**

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 10

Тираж 20 прим. Зам. № \_\_\_\_\_

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.