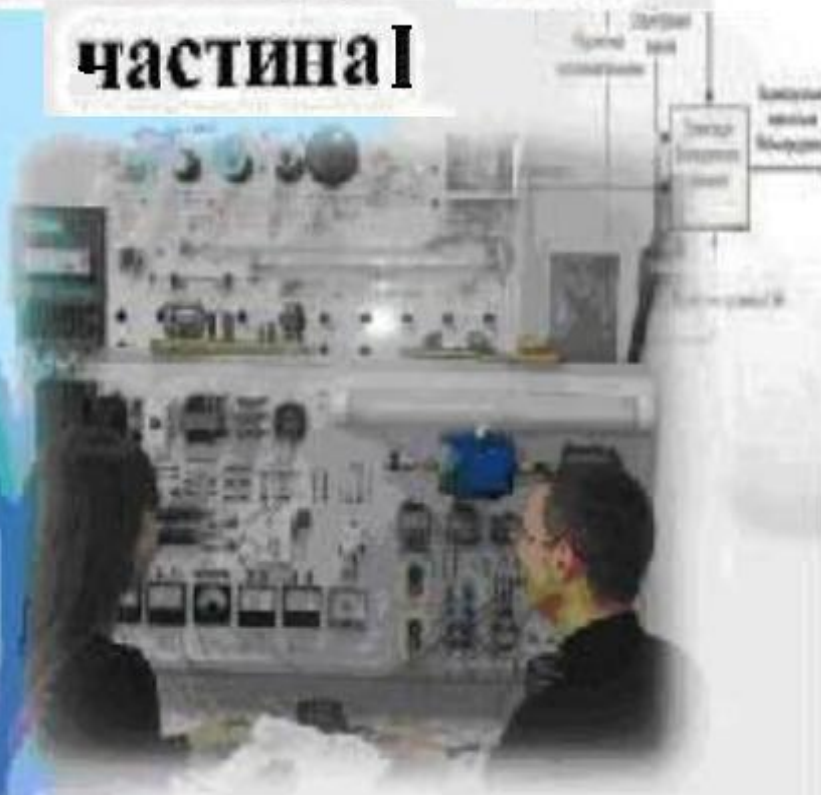


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ**

**Кунденко М. П., Федюшко Ю. М., Плахтир О. О.,  
Кошкін Д. Л., Вахоніна Л. В., Циганов О. М., Садовий О. С.**

**МОНТАЖ  
енергообладнання та  
систем керування  
частина I**



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

Кунденко М. П., Федюшко Ю. М., Плахтир О. О.,  
Кошкін Д. Л., Вахоніна Л. В., Циганов О. М., Садовий О. С.

**МОНТАЖ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ**  
**ЧАСТИНА І**

*Рекомендовано*  
*використовувати в освітньому процесі аграрних навчальних закладів*  
*для підготовки здобувачів вищої освіти спеціальності 141 –*  
*електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*

Харків  
2017

**УДК 631.3-83(073)**

**ББК 40.76**

**Е 45**

*Витяг з протоколу Науково-методичної ради Державної установи «Науково-методичний центр інформаційно-аналітичного забезпечення діяльності вищих навчальних закладів «Агроосвіта» від 19 травня 2017 р. № 5.*

**Рецензенти:**

**Косуліна Н. Г.**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Біомедичної інженерії та теоретичної електротехніки Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка)

**Піротті Є. Л.**, доктор технічних наук, професор кафедри Комп'ютерної математики та аналізу даних Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

**Е 45 Монтаж енергообладнання та систем керування. Частина І:** навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко, О. О. Плахтир, Д. Л. Кошкін, Л. В. Вахоніна., О. М. Циганов, О. С. Садовий – Харків: ХНТУСГ, 2017. - 282 с.

Виконано монтаж електричних схем, щоб 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.

Для підготовки здобувачів вищої освіти спеціальності 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

**УДК 631.3-83(073)**

**ISBN 978-617-7229-98-7**

© Кунденко М. П., Федюшко Ю. М., Плахтир О. О., Кошкін Д. Л., Вахоніна Л. В., Циганов О. М., Садовий О. С., 2017.

© Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (м. Харків), 2017; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків), 2017

## ВСТУП

«Монтаж енергообладнання та засобів автоматизації» є навчальною дисципліною професійної підготовки, яка передбачена для підготовки здобувачів вищої освіти спеціальності 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Метою навчальної дисципліни є: формування наукового мислення і пізнання дійсності; засвоєння необхідного обсягу теоретичних знань щодо монтажу енергетичного обладнання та засобів автоматизації, характеристик енергетичного обладнання та засобів автоматизації сільськогосподарського виробництва. 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 (ДСТУ, ПУЄ, СНіП та інших) до технології монтажу енергетичного обладнання, літерних та графічних позначень електричних схем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Монтаж енергообладнання та засобів автоматизації» 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: рубильників, перемикачів, командоапаратів, електромагнітних і теплових реле, магнітних пускачів, контакторів, автоматичних вимикачів та пристроїв захисту, у тому числі диференціальних, принцип роботи, вимоги до монтажу.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні вміти: 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.

## РОЗДІЛ №1

### 1. УМОВНІ ГРАФІЧНІ ТА БУКВЕНІ ПОЗНАЧЕННЯ НА ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМАХ

**Буквене позначення – найменування елемента**








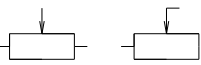
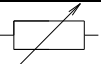
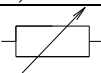


- EK** – нагрівний елемент;
- EJ** – освітлювальна лампа;
- EU** – плавкий запобіжник;
- EV** – розрядник;
- HA** – прилад звукової сигналізації;
- H** – прилад світлової сигналізації;
- KA** – струмове реле;
- KK** – електро-теплове реле;
- KM** – контактор, магнітний пускач;
- KT** – реле часу;
- K** – реле напруги;
- LL** – дросель люмінесцентного освітлення;
- PA** – амперметр;
- P** – частотомер;
- 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.
- TA** – 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.

**Таблиця 1.1 - 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   |  |

Продовження таблиці 1.1

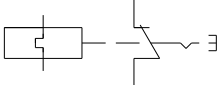




| №пп  | Найменування                     | Позначення  |
|--|----------------------------------|---|
| 13   | Діод                             |    |
| 14   | Тунельний діод                   |    |
| 15   | Транзистор типу р-n-p            |    |
| 16   | Фоторезистор                     |    |
| 17   | Фотодіод                         |    |
| <b>Комутаційні пристрої та контактні з'єднання</b>   |                                  |   |
| <b>Контакт комутаційного пристрою:</b>               |                                  |   |
| 18   | а) Замикаючий                    |    |
| 19   | б) Розмикаючий                   |    |
| 20   | в) Перемикаючий                  |    |
| <b>Контакт замикаючий зі сповільнювачем, що діє:</b> |                                  |   |
| 21   | а) при спрацюванні               |  |
| 22   | б) при поверненні                |  |
| 23   | в) при спрацюванні та поверненні |  |

Продовження таблиці 1.1

| №пп   | Найменування   | Позначення  |
|---|--|---|
| <b>Контакт розмикаючий зі сповільнювачем, що діє:</b> |  |   |
| 24  | а) при спрацюванні   |    |
| 25  | б) при поверненні  |    |
| 26  | в) при спрацюванні та поверненні                               |    |
| 27  | Контакт автоматичного вимикача                                 |    |
| 28  | Контакт з механічним зв'язком                                  |    |
| 29  | Контакт теплового реле при рознесеному способі зображення реле |   |
| 30  | Вимикач триполюсний автоматичний                               |  |
| <b>Вимикач кнопковий натискаючий</b>                  |  |   |
| 31  | а) з замикаючим контактом                                      |  |
| 32  | б) з розмикаючим контактом                                     |  |



Продовження таблиці 1.1

| №пп | Найменування  | Позначення  |
|-----|---|---|
|     |   |   |
| 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                                  |  |

## РОЗДІЛ № 2

### 2. ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ

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

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

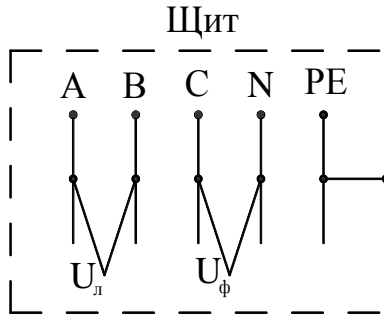


Рисунок 2.1 - А, В, С – фази, N – робочий нуль, нейтраль, PE – захисний нуль

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 змінні напруги однаковою частотою, здвинуті по фазі один відносно одного. Найбільш розповсюдженими є симетричні трифазні системи (рис. 2.2), напруги в яких синусоїдальні, рівні по величині та мають зсув фаз, що дорівнює  $120^\circ$  тобто на  $1/3$  періода.

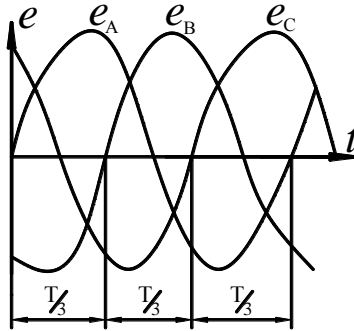


Рисунок 2.2 - Симетрична трифазна система

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) **Електроустановка** – 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 ввіді 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 поверххах 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 ізолюваними 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** – дрот мережі, який з'єднаний з глухо-заземленою нейтраллю трансформатора або генератора.

## РОЗДІЛ № 3

### 3. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ЛАНЦЮГИ

**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, хімічної 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.

### 3.1 Постійний струм

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

За напрямком струму приймають напрямок руху позитивно заряджених частин.

Найбільш розповсюдженні 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 перемістила кількість електроенергії  $Q$ , то сила струму

$$I = \frac{Q}{t}. \quad (3.1)$$

Одиниця виміру сили струму – ампер (А).

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

$$\delta = I/F. \quad (3.2)$$

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

В замкненому 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/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  $F$ ):

$$R = \rho \frac{l}{F}. \quad (3.3)$$

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

Питомий опір в одиницях СІ чисельно дорівнює опору провідника, який має 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  $t$ :

$$R = R_0 (1 + \alpha t) . \quad (3.4)$$

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

Властивість провідників змінювати опір при зміні температури використовується в дротових 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

$$I = U/R . \quad (3.5)$$

де  $U$  – напруга на зажимах ланцюга, (В);

$R$  – опір, (Ом);

$I$  – сила струму, ампер (А).

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

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} . \quad (3.6)$$



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

$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3. \quad (3.7)$$

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

$$P = \frac{W}{t} = \frac{UIt}{t} = UI. \quad (3.8)$$

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:

$$W = Pt. \quad (3.9)$$

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:

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}. \quad (3.10)$$

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.

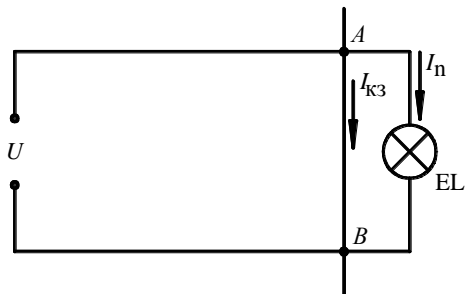


Рисунок 3.1. Схема, що пояснює виникання короткого замикання

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

$$Q = I^2 R t. \quad (3.11)$$

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. 3.1. 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 дроти, 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 формули (11) струм, проходячи по провідникам, виділяє тепло, і дроти 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 дротів, руйнуванню електровимірвальних приладів, оплавлення контактів вимикачів, ножів рубильників і т.д. Джерело електричної енергії живлячий такий ланцюг, також може бути пошкоджений. Перегрів дротів 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;

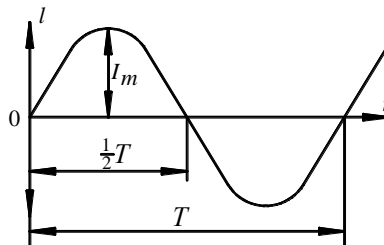


Рисунок 3.2. Графік синусоїдального змінного струму

- місця з'єднання і розгалуження дротів повинні бути добре ізольовані;

– в приміщенні дроти повинні бути прокладені так, щоб вони були захищені від механічних і хімічних пошкоджень, від вогкості 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.

### 3.2 Змінний однофазний струм

Струм, який змінюється в часі по значенню 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 Гц=1 коливанню в одну секунду.

Період та частота зв'язані залежністю

$$T = 1/f. \quad (3.12)$$

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, напруги 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

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi), \quad (3.13)$$

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 зсунуті по фазі. Різниця початкових фаз  $\phi = \psi_u - \psi_i$  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  $\phi = 0$  (рис. 3.4).

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

$$u = U_m \sin \omega t, \quad i = I_m \sin \omega t. \quad (3.14)$$

Наряду з аналітичним зображенням періодично змінюючих 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. 3.5 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:

$$I = U_L / x_L. \quad (3.15)$$

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

Індуктивний опір обчислюють за формулою

$$x_L = \omega L, \quad (3.16)$$

де  $\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50$  – кругова частота;

$L$  – індуктивність котушки, Г.

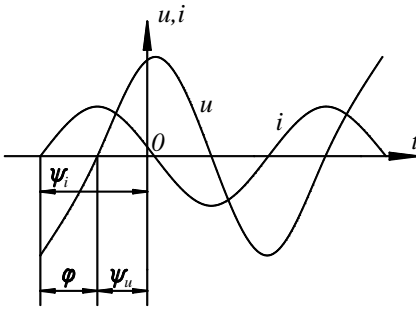


Рисунок 3.3 - Графік синусоїдальних напруги  $u$  і струму  $i$ , зсунутих по фазі

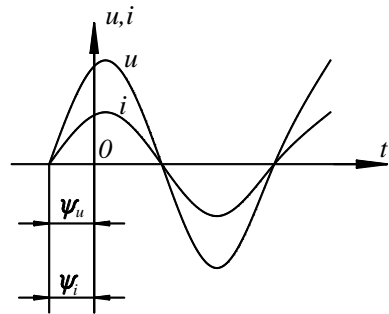


Рисунок 3.4 - Графік синусоїдальних напруги  $u$  і струму  $i$ , маючих однакові фази

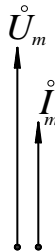


Рисунок 3.5 - Векторна діаграма струму та напруги для ланцюга з резистором

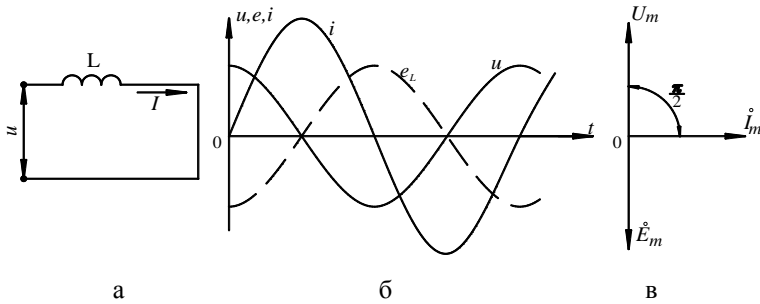


Рисунок 3.6 - Електричний ланцюг з котушкою індуктивності:  
*a* – схема; *б* – графіки струму, напруги і ЕРС самоіндукції; *в* – векторна діаграма

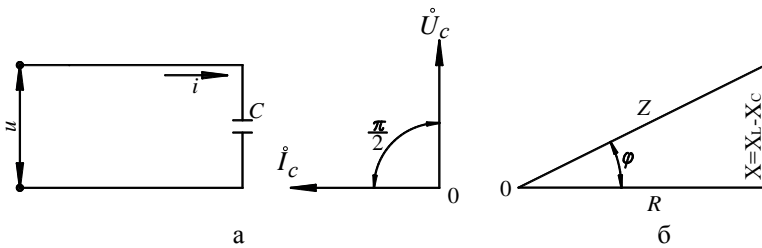


Рисунок 3.7 - Електричний ланцюг з конденсатором:  
*a* – схема; *б* – векторна діаграма

Рисунок 3.8 - Трикутник опору електричного ланцюга змінного струму

При включенні в ланцюг змінного струму конденсатора (рис. 3.7) відбувається неперервне переміщення електричних зарядів. При збільшенні напруги, струм в ланцюзі 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. 3.3 та 7.

На векторній діаграмі (рис. 3.7, б) вектор струму  $I$  випереджує вектор прикладеної напруги  $\vec{U}$ .

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

$$I = U_c / x_c. \quad (3.17)$$

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

$$x_c = 1/2\pi fC = 1/\omega C. \quad (3.18)$$

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

$$x = x_L - x_c. \quad (3.19)$$

Ця величина називається реактивним опором ланцюга.

Геометрична сума активного і реактивного опору дорівнює повному опору електричного ланцюга

$$R^2 + x^2 = R^2 + x_L - x_c^2 = z^2. \quad (3.20)$$

Ця залежність показує, що використовуючи значення  $R$ ,  $x$  і  $z$  можна побудувати трикутник опору (рис. 3.8).

При множенні значення сторін цього трикутника на силу струму в ланцюзі отримують трикутник напруги. При множенні опору 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

$$P = UI \cos \varphi \quad (3.21)$$

та вимірюється в ватах (Вт).

Реактивну потужність визначають за формулою

$$Q = UI \sin \varphi \quad (3.22)$$



та вимірюють в вольт-амперах реактивних (вар).

Повну потужність визначають за формулою

$$S = UI \quad (3.23)$$

та вимірюють в Вольт – Амперах (В·А).

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

$$\cos \varphi = P/S = P/\sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (3.24)$$

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

### 3.3 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  $P$  (рис. 3.9).

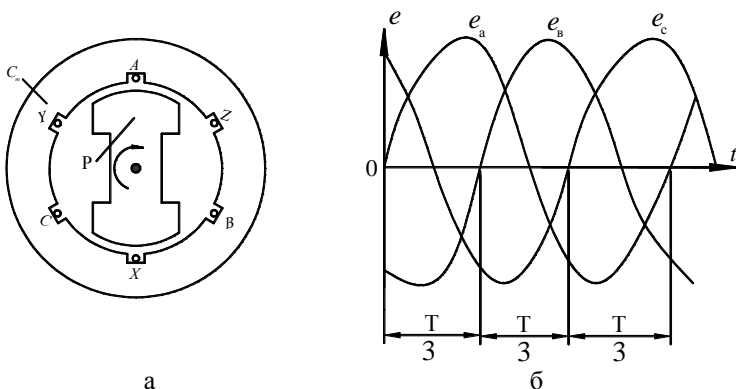


Рисунок 3.9 - Будова трьохфазного генератора:  
а – схематичне зображення; б – графіки ЕРС обмоток

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. В

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 ізолюваних 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. 3.9, б.

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

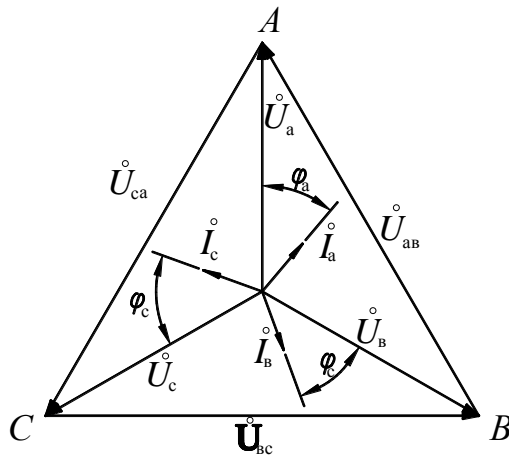


Рисунок 3.10 - Векторна діаграма трьохфазної чотирьохпровідної системи

Кожна з обмоток трьохфазного генератора може слугувати самостійним джерелом енергії та насичувати окремий електроприймач. При цьому виходить так зване 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 дріт, 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. 3.10).

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

$$U_L = \sqrt{3}U_\phi. \quad (3.25)$$

Значення лінійних струмів визначають із виразів:

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A}; \quad I_B = \frac{U_B}{Z_B}; \quad I_C = \frac{U_C}{Z_C}, \quad (3.26)$$

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:

$$I_N = I_A + I_B + I_C. \quad (3.27)$$

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:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{Z_{AB}}; \quad I_{BC} = \frac{U_{BC}}{Z_{BC}}; \quad I_{CA} = \frac{U_{CA}}{Z_{CA}}. \quad (3.28)$$

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

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}; \quad \dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}; \quad \dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}. \quad (3.29)$$

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

$$I_L = \sqrt{3}I_\phi. \quad (3.30)$$

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

$$P = P_A + P_B + P_C. \quad (3.31)$$

При рівномірному навантаженні фаз

$$P = 3P_\phi. \quad (3.32)$$

Потужність, що споживається трьохфазним електроприймачем, розраховується за формулою

$$P = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi. \quad (3.33)$$

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.

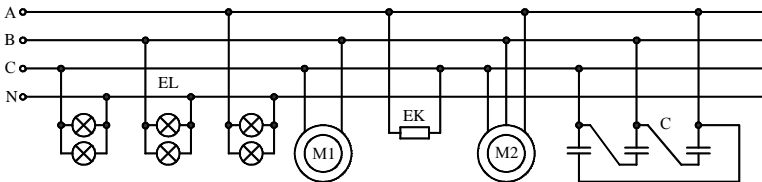


Рисунок 3.11 - Схема включення однофазних та трьохфазних електроприймачів в трьохфазну мережу

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. 3.11 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  $U_{ac} = 380$  В, нагрівальний елемент ЕК також включений на лінійну напругу  $U_{ac}$ , трифазний електродвигун M2 включений зіркою, батарея конденсаторів С включена трикутником.

### 3.4 Електротехнічні матеріали

Для виготовлення електричних машин, апаратів та приладів, для спорудження електричних установок і монтажу електричних ліній застосовують різноманітні матеріали, значна частина яких називається електротехнічними. Електротехнічні матеріали поділяють на провідникові, електроізоляційні, напівпровідникові та магнітні.

**Провідникові матеріали** діляться на дві основні групи: матеріали високої провідності та сплави високого опору.

Матеріали високої провідності застосовують для виконання обмоток, з'єднувальних проводів, електричних ліній і проводок і в інших випадках, де потрібний малий опір. Найнижчим питомим опором при 20 °С володіє срібло  $\rho = 1,60 \cdot 10^{-8}$  Ом·м, його застосовують для виготовлень контактів реле і апаратів.

Найбільш поширений провідниковий матеріал - мідь, що володіє рядом цінних властивостей: високою електропровідністю, стійкістю до окиснення, досить високою механічною міцністю, крім того, вона легко піддається обробці, зварюванню і пайці. Питомий електричний опір міді  $\rho = 1,8 \cdot 10^{-8}$  Ом·м. Застосовують сплави міді з оловом і іншими металами, бронза, а також сплави міді з цинком - латунь. Наступний по провідності алюміній, який у ряді випадків замінює мідь. Його питомий електричний опір  $\rho = 2,65 \cdot 10^{-8}$  Ом·м. На повітрі алюміній покривається плівкою окису, яка захищає його від подальшого окислення. Ця плівка також

перешкоджає пайці алюмінію, тому при з'єднанні алюмінієвих проводів їх зварюють або паяють за допомогою особливих припоїв.

Матеріали високого опору застосовують для виготовлення деталей приладів, електронагрівальних приладів, резисторів, реостатів та ін. До числа найбільш поширених матеріалів високого опору відносяться: константан, що має питомий електричний опір  $\rho = 43,5 \cdot 10^{-8}$  Ом·м і температуру плавлення 1260 °С, манганін з  $\rho = 48 \cdot 10^{-8}$  Ом·м і температурою плавлення 960 °С, ніхром з  $\rho = 11,2 \cdot 10^{-7}$  Ом·м і температурою плавлення 1390 °С.

**Електроізоляційні матеріали** (діелектрики) призначені головним чином для ізоляції струмоведучих частин електроустановок. Станом при звичайній температурі ці матеріали можна розділити на газоподібні, рідкі та тверді; за походженням – на органічні, неорганічні, природні та штучні; по області застосування – для напруг до і вище 1000 В, для низької і високої частоти.

Електроізоляційні матеріали характеризуються значенням діелектричної проникності, тобто проникністю електричного поля всередину діелектрика. Якщо ізоляція знаходиться під впливом електричного поля, що збуджується змінним струмом, то деяка кількість електричної енергії перетворюється на теплову. Поглинаюча потужність називається діелектричними втратами. При надмірному збільшенні напруги, прикладеної до ізоляційного матеріалу, відбувається його пробій. При цьому матеріал втрачає електроізоляційні властивості, що може призвести до виникнення короткого замикання між струмоведучими частинами електроустановки. Напруга, при якій відбувається пробій ізоляції, називається пробивною.

З газоподібних електроізоляційних матеріалів найбільш поширеним є повітря, яке використовується в електричних приладах, апаратах і електроустановках. Електрична міцність повітря становить 3 ... 5 кВ/мм.

В якості ізоляційних матеріалів використовують трансформаторні, кабельні та конденсаторні масла, які застосовують для заповнення відповідних конструкцій: трансформаторів, кабелів, конденсаторів.

У електротехнічних установках широко використовують мінеральні діелектрики (слюда, мармур, шифер, скло, порцеляна), шаруваті (гетинакс, текстоліт, азбоцемент), волокнисті (дерево, папір, фібру, скловолокно), тверднуть (бакеліт, смоли), різні лаки і висихаючі масла. Для ізоляції дротів використовують каучук, а для виготовлення ряду електроізоляційних виробів - його похідне - ебоніт.

**Напівпровідники** займають проміжне місце між провідниками і ізоляційними матеріалами. Електричні властивості напівпровідників у

великій ступені залежать від температури, освітленості, наявності та інтенсивності електричного поля, кількості домішок. При звичайній температурі в напівпровідниках є деяке число вільних електронів, що утворилися внаслідок розриву електронних зв'язків. В напівпровідників розрізняють два види провідності: електронну та діркову. *Електронна* провідність здійснюється вільними електронами, а *діркова* – переміщенням зв'язків, позбавлених електронів. Для виготовлення напівпровідникових приладів найбільш широко використовують германій і кремній.

**Магнітні матеріали**, використовувані в електротехнічних пристроях, діляться на дві групи: магнітно-м'які і магнітно-тверді.

Магнітно-м'які матеріали характеризуються невеликими значеннями залишкового магнетизму (коерцитивної сили) і високою магнітною проникністю. Ці матеріали використовують для виготовлення сердечників електричних машин і трансформаторів. Найбільш широко поширена електротехнічна сталь, яка відрізняється від звичайної сталі високим вмістом кремнію (до 5%). Інший магнітно-м'який матеріал - пермалой - сплав, що містить залізо і до 80% нікелю. Для високочастотних електроустановок застосовують сердечники з фериту, що складається з подрібнених, а потім сплавлених оксидів заліза і інших матеріалів (нікелю, цинку і т. п.).

Магнітно-тверді матеріали застосовують для виготовлення постійних магнітів. Ці матеріали характеризуються великими значеннями коерцитивної сили і високим залишковим магнетизмом. Кращі магнітні властивості мають леговані сталі з присадками нікелю, вольфраму, алюмінію та кобальту (сплави магніко, альніко та ін.) Ще більш високими магнітними властивостями володіють сплави заліза з платиною.

## РОЗДІЛ №4

### 4. ВИРОБНИЦТВО, ПЕРЕДАЧА ТА РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

#### 4.1 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. При будівництві ГЕС окрім питань вироблення електроенергії вирішують і інші задачі народногосподарського значення – покращення судоходства річок, зрошення засушливих земель, водопостачання і т.д.

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.

## 4.2 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 електро- і теплоенергії, 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, простоем 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 елементу 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.

#### **4.3 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 установки 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, а підстанція, на якій електроенергія перетворюється в знижену напругу безпосередньо для живлення електричних приймачів одного або декількох цехів, - цеховою трансформаторною підстанцією (ЦТП).

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

Джерелом електропостачання більшості промислових підприємств, як правило, є електричні системи. Лише деколи підприємства отримують енергію від особистих заводських електростанцій. Електропостачання і розподіл енергії в межах підприємства від особистих електростанцій проводиться в основному на генераторній напрузі 6 і 10 кВ.

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.

Схема передачі і розподілу електричної енергії показана на рис. 4.1, 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 безперебійності живлення, а також від числа приймальних і розподільчих пунктів на підприємстві.

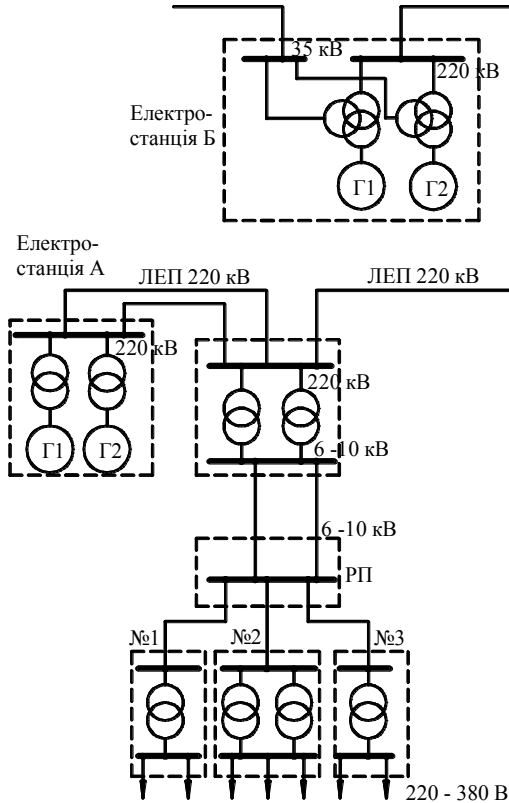


Рисунок 4.1 - Схема передачі і розподілу електричної енергії:  
Г1, Г2 - генератори; РП – розподільчий пункт

#### 4.4 Електротехнічні та будівельні правила і норми

**Загальні відомості.** Основні принципи організації і вимоги до проведення монтажу електротехнічних установок регламентуються Правилами устрою електроустановок (ПУЕ) і Будівельними 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 за умов 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 транспортування обладнання, порядок і умови його приймання, зберігання і здачі в монтаж.

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 термін 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.

**Класифікація електроустановок і приміщень.** В залежності від характеру навколишнього середовища і вимогам по захисту від її впливу електроустановки поділяються на внутрішні і зовнішні. Внутрішні приміщення поділяються на сухі, вологі, вогкі, особливо вогкі, 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°C, 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.

**Вогкі** 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 вогких.

На окремих виробництвах металургійних та інших галузей промисловості, наприклад в литьових, прокатних і домених цехах, температура довгий час перевищує 30°C. 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-I, П-II, П-III.

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 пилю 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-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-II та В-IIa.

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

Установки класу В-Iб 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-Iг.

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

Інші зовнішні установки розділяють на нормальні та вогнебезпечні класів II-III. 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, вогка, 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: вогкістю (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 вогкістю 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.

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), холодним (позначають буквами Хл) і тропічним кліматом ( позначають буквами ТВ для вологого и ТС для сухого).

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).

За місцем розташування при експлуатації електрообладнання установки розглянутого кліматичного виконання ділять на п'ять великих 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 пилу чи пилю 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 ЯБПВУ-1У3 (У-кліматичне виконання, а 3 – категорія розміщення).

При класифікації за ступенем захисту умовне позначення електротехнічних установок складається із двох букв IP (International Protection), вказуючи на міжнародну систему позначень, і двох цифр, із яких перша характеризує степінь захисту персоналу від доторкання до струмопровідних і частин електрообладнання, що рухається, знаходяться 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 *x*.

Відкриті IP000 – 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, зазначених 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;

– пилозахисні IP65, IP66;

– закриті IP44 – IP54, в цих двигунах внутрішній простір ізолювано від зовнішнього середовища;

– герметичні IP67, IP68. Ці електродвигуни виконані з особливо щільною ізоляцією від навколишнього середовища.

### **Контрольні запитання**

1. Як перетвориться 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?

5. В чому відмінність ПУЕ і БНіП

6. Розкажіть про класифікацію електроустановок і приміщень за характером середовища і ступенем ураження людей електричним струмом, за кліматичним виконанням і категорією розміщення.

## **4.5 Підготовка і організація монтажу розподільчих пристроїв і підстанцій**

### **4.5.1 Підготовка електромонтажних робіт до індустріального монтажу**

Скорочення термінів монтажу і витрат праці, а також якість виконання робіт в монтажній зоні залежать в більшій мірі від того, як підготовлене виробництво.

Підготовка виробництва складається з трьох основних етапів: інженерно-технічного, який полягає в прийомі, перевірці і вивченні проектної документації, в складенні проекту виробництва робіт (ПВР) і контролі за їх реалізацією; організаційного, який полягає в прийомі будівлі під монтаж, контролі за установкою закладних деталей та ін.; матеріально-технічного, який полягає в забезпеченні і комплектації монтажу матеріалами і виробами, електричними конструкціями і обладнанням, монтажними заготовками, в оснащенні робіт механізмами, інструментом, інвентарем і засобами безпеки праці, в організації їх контейнерної доставки на місце монтажу.

Підготовку виробництва необхідно здійснювати заздалегідь, до початку нульового циклу будівництва, щоб мати можливість вчасно організувати першу стадію монтажу.

Сучасні методи виконання електромонтажних робіт являють собою повноцінний індустріальний монтаж електроустановок з централізованим виготовленням і доставкою комплектних пристроїв і блоків, а також елементів електромереж. Повнозбірний індустріальний монтаж – це збірка і установка електрообладнання, отриманого із заводу-виробника у вигляді великих блоків, або обладнання, зібраного в майстернях електромонтажних заготовок (МЕЗ) і підготовленого для монтажу у вигляді комплектних блочних пристроїв, з'єднувальних проводок і т.д.

До об'єктів повнозбірного монтажу відносяться: комплектні підстанції і розподільчі пристрої, комплектні конденсаторні пристрої; по виробничим цехам шино-проводи, блоки комутаційної апаратури, станції керування, зібрані на заводі; комплектні заводські поставки приміщень магнітних станцій, трубні блоки, тролейні лінії для мостових кранів, гнучкі струмові проводи, мостові крани, освітлювальні пристрої і т.д.

При використанні електротехнічного обладнання в вигляді комплектних блочних пристроїв досягається значний економічний ефект: скорочується термін розробки проекту і об'єм проектної документації, наприклад проектування цехових підстанцій і розподільчих пристроїв зводиться до їх комплектації по каталогам заводів-виробників.

Об'єм будівельних робіт зменшується при спорудженні електротехнічних об'єктів і приміщень, наприклад при установці комплектних трансформаторних підстанцій КТП ,в цехах промислових підприємств не потребується будувати спеціальні приміщення. Монтаж КТП зводиться до установки їх на раніше підготовленому фундаменті.

Якщо необхідне спеціальне приміщення для окремо стоячих або прибудованих підстанцій, терміни будівництва і вартість будівничої частини значно зменшуються при зборці їх на заводах із великих панелей або об'ємних блоків. Транспортування і монтаж підстанцій із об'ємних елементів здійснюється разом з електричним обладнанням, завчасно встановленим і укомплектованим в них.

При широкій індустріалізації електромонтажних робіт найбільш трудомісткі з них виконують поза монтажною зоною, одночасно з будівельними роботами. Монтаж на об'єкті перетворюється на зборку і установку комплектних пристроїв і готових монтажних вузлів, блоків і виробів, прокладку мереж та їх приєднання до приладів та апаратів. Тривалість монтажу визначається часом, необхідним для цієї установки і виконання усіх під'єднань. Монтаж електрообладнання, електроконструкцій і проводок, попередньо скомплектованих в великі блоки і вузли, виконується меншим числом робітників і в більш короткі терміни.

Підготовка виробництва починається з розгляду робочих креслень, кошторисів та іншої проектної документації. Для монтажу електрообладнання розподільних пристроїв і підстанцій розробляють наступні креслення і схеми: поверхові плани розподільних пристроїв і розрізи по їх однотипним камерам; однолінійну схему, принципіві схеми та схеми з'єднань (монтажні); робочі креслення для видачі замовлень у майстерні на монтажні блоки, конструкції та вироби; ескізи закладних деталей для встановлення апаратів загороджень і будівельні завдання на встановлення їх при спорудженні будівлі.

Проект включає кошторис на виробництво робіт, специфікації на електрообладнання і матеріали, а також пояснювальну записку з основними положеннями, прийнятими проектами і описом конструкцій, розподільного пристрою або підстанції. Обсяг та зміст проектної документації повинні відповідати вимогам виконання електроустановок, індустріальним методом у дві стадії і сучасної технології монтажу збірними блоками і комплектними вузлами. При цьому роботи, що виконуються безпосередньо в монтажній зоні, вказуються в робочих кресленнях в мінімальних обсягах, оскільки основний обсяг робіт переноситься на заводи і в МЕЗ. У проектах повинна бути передбачена мінімальна залежність процесу виробництва електромонтажних робіт від стану будівельних та інших спеціалізованих робіт.

### **Розробка проекту виробництва електромонтажних робіт (ПВР)**

Цей проект – невід’ємна частина сучасних методів організації виробництва. Матеріали ПВР допомагають монтажному персоналу у своєчасній підготовці робіт та їх організації, правильній розстановці робочої сили, складанні графіків, заявок.

Вихідними матеріалами для розробки ПВР служать: робочі креслення і кошториси; дані про поставку електрообладнання та основних матеріалів замовником і генпідрядником для виробництва електромонтажних робіт; дані про наявність машин і механізмів та можливості їх використання; чинні нормативні документи (ПУЕ, БНіП), монтажні інструкції та інструкції з техніки безпеки.

При розгляді проекту перевіряють наявність креслень та ескізів блоків і монтажних вузлів з максимальним використанням типових виробів і деталей заводського виробництва; креслень будівельних завдань на монтажні прорізи; отворів, ніш, каналів для електричних комунікацій; закладних деталей для кріплення конструкцій і закладних пристроїв для такелажних робіт; прив’язок щитів, електродвигунів і пускових пристроїв для попередньої закладки труб і встановлення опорних конструкцій; суміщених креслень прокладки електромереж для використання загальних кабельних конструкцій.

Після перевірки складають додаткові креслення та ескізи на заставні частини, укрупнені вузли, блоки і конструкції з використанням типових виробів і деталей заводського виробництва, пов’язують на місці проведення робіт електротехнічну частину проекту з будівельною і сантехнічною, намічають траси електропроводок, зменшують трудомісткість робіт.

Проекти виробництва електромонтажних робіт складають як для великих монтажів, так і для об’єктів з невеликим обсягом робіт, але тільки

в скороченому вигляді. За часто повторюваним об'єктах (житлові будинки, типові підстанції, електричні крани) застосовують типові ПВР.

Матеріали ПВР для великих монтажів зазвичай підбирають за трьома розділами. У перший розділ входять: пояснювальна записка, яка містить загальні відомості по об'єкту, організаційну структуру монтажу, ситуаційний план (або ескіз генплану у зменшеному масштабі), суміщений зі схемою електропостачання; відомість змін і доповнень до проекту; таблицю техніко-економічних і електротехнічних показників об'єкта (відомість фізичних обсягів, вартість, вироблення, трудовитрати) окремо для заготівельних і монтажних робіт. Відомість фізичних обсягів містить: перелік обладнання, електроконструкцій і матеріалів (наприклад, для розподільних пристроїв і підстанцій – число і загальну потужність трансформаторів); кількість високовольтних камер, панелей щитів і пультів релейних та управління, панелей розподільних щитів, батарей статичних конденсаторів і т. п.

Зміст другого розділу ПВР – це найбільш економічні методи організації та виконання робіт. У ньому розглядаються методи монтажу, даються рекомендації щодо впровадження нових технологічних прийомів і механізації трудомістких операцій та пропозиції щодо суміщення монтажних та налагоджувальних робіт, вказівки з безпеки праці, що відображають специфіку об'єкта, наводяться графіки робіт без заповнення граф за календарними термінами.

У третьому розділі містяться: завдання для майстерень; відомості вузлів і блоків, конструкцій і деталей, що підлягають збірці і виготовленню в майстернях з доданням необхідних графічних матеріалів або посиланням на типові альбоми; відомість закладних деталей із зазначенням номерів креслень, ескізів і місць їх встановлення; відомості і специфікація на обладнання та матеріали для виробництва робіт роздільно на заводські поставки та заготовки МЕЗ; лімітно-забірні карти.

#### **4.5.2 Прийняття будівельної частини приміщень розподільчих пристроїв і підстанцій під монтаж**

Своєчасне приймання електромонтажниками приміщень під монтаж від будівельників є одною з основних умов правильної організації робіт. Монтаж устаткування в непідготовленому приміщенні підстанції викликає непродуктивні витрати. При прийманні перевіряють відповідність будівельної частини проекту та її готовність до монтажу електрообладнання, наявність монтажних прорізів і заставних деталей для подачі і кріплення електрообладнання та виробництва такелажних робіт. Перевіряють ширину проходів, відстані від місця установки обладнання

до стін та огорож, а також інші габаритні розміри і відстані, регламентовані ПУЕ.

У ході приймання ЗРУ і підстанцій під монтаж електрообладнання перевіряють наявність постійних або тимчасових монтажних прорізів, що забезпечують безперешкодний такелаж обладнання.

У процесі приймання ЗРУ під монтаж перевіряють розміри приміщень на відповідність схемі заповнення і габаритами монтуємого електрообладнання. Розміри, взяті з проекту, відраховують від відміток чистої підлоги і чистих стін, що нанесені будівельниками у вигляді маяків або смуг шириною 10 і довжиною 150 мм. Перевіряють також відповідність розташування закладних деталей і конструкцій щодо стін, перегородок і колон, порівнюючи ширину коридорів і проходів, які залишаються після монтажу електрообладнання, з вимогами ПУЕ. При перевірці для кожного ряду камер (шаф) за допомогою крученого шпагату 3-4 мм, натертого крейдюю, алебастром або вугіллям, відбивають одну спільну вісь симетрії, від якої роблять необхідні вимірювання.

Перевіряючи відповідність встановлених закладних конструкцій вимогам ПУЕ, використовують рівні, рулетки, лінійки. У великих приміщеннях застосовують геодезичні інструменти (нівеліри, теодоліти). Особливу увагу приділяють перевірці розташування опорних несучих поверхонь конструкцій по відношенню до позначки чистої підлоги в ЗРУ, обладнання яких має викатні частини. Нормальне переміщення візків КРУ в ремонтне положення і вкочування їх у корпус шафи без спеціальних пристосувань забезпечуються при збігу позначки чистої підлоги з площиною пересувних візків. Ділянки підлоги, обмежені периметром шаф з припуском під всі сторони на 100-150 мм, залишають з відміткою на 10-20 мм нижче позначки чистої підлоги, а після установки шаф виконують остаточну обробку.

Далі перевіряють за проектом установку заставних і опорних конструкцій, що монтуються поза шаф комплектних пристроїв.

Переміщення РУ (або підстанції) вважаються підготовленими до монтажу електрообладнання при дотриманні наступних умов: в стінах і перекриттях закладені всі отвори, виконані штукатурка (якщо вона передбачена проектом), затирка швів та фарбування (побілка); оштукатурені і пофарбовані дверні та віконні укосу; зашклені вікна; навішені двері і врізані замки; повністю закінчені підлоги, зажелезнить цементні підлоги або покладена плитка; виправлена покрівля; повністю закінчені і звільнені від опалубки, дерев'яних пробок, будівельного сміття кабельні канали, встановлені обрамлення, укладені плити; в камерах трансформаторів обшиті двері (ворота) з внутрішньої сторони, встановлені жалюзі, решітки, направляючі трансформаторів, знімні

дерев'яні поручні, засипаний гравій у маслосбірні ями; труби для виходу кабелів у кабельні канали та камери трансформаторів очищені від сміття і бруду; закінчені планування територій, вимощення та під'їзди; закінчено монтаж і випробувані вентиляція та опалення.

Прокладка кабелів у траншеях, що не підготовлені повністю до початку їх укладання, або по трасах, в межах яких не виконані планувальні роботи, часто призводить до пошкоджень кабелів, особливо при виробництві планувальних робіт. Борозди, канали, ніші в стінах і перекриттях для монтажу проводок і електроконструкцій відповідно до вимог СНіПа повинні бути передбачені в будівельних кресленнях і виконані будівельною організацією в процесі роботи, а при великопанельному будівництві - в процесі виготовлення панелей та блоків на комбінатах будіндустрії. За відсутності каналів і ніш виконують трудомісткі пробивні роботи.

Умовою приймання під монтаж ЗРУ і підстанцій є також підготовка перед входом до приміщення спеціальних майданчиків для розміщення і такелажу доставляється в монтажну зону електрообладнання. Розміри майданчиків залежать від конкретних умов (кількості і габаритів електроустаткування, розташування монтажних прорізів, умов під'їзду вантажопідйомних і транспортних засобів).

Приймання приміщень від будівельної організації під монтаж електроустановок оформлюється двостороннім актом.

#### **4.5.3 Монтаж у дві стадії**

Повнозбірний монтаж підстанцій та розподільчих пристроїв, як і монтаж інших електроустановок, проводиться у дві стадії.

На першій стадії виконуються підготовчі та заготівельні роботи безпосередньо на об'єкті монтажу і в монтажних майстернях.

Підготовчі роботи на об'єкті складаються з розмітки та виконання отворів, гнізд і отворів для кріплення конструкцій, апаратів і проводок, установки кріпильних деталей і опорних конструкцій, прокладки труб для кабелів, підготовки трас для освітлення та заземлення. Вихідними для електромонтажників є відмітки чистої підлоги, що наносяться будівельниками за допомогою гідростатичного рівня або нівеліра в декількох місцях будівлі РУ. Після цього намічають основні осі (вертикальні і горизонтальні) туго натягнутим шнуром, натертим крейдою, вугіллям.

Для розмітки отворів і гнізд застосовують прості розмічувальні шаблони, наприклад дерев'яний щит з усіма необхідними для кріплення отворами. При монтажі сучасних комплектних РУ і підстанцій обсяг



розмічальних робіт різко скорочений. По закінченні розмітки пробивають отвори, гнізда і отвори (якщо їх не зробили в процесі будівельних робіт).

При спорудженні приміщень ЗРУ і підстанцій виконують наступні електромонтажні роботи першої стадії: установку заставних деталей і конструкцій для монтажу освітлювальних щитків, панелей захисту і апаратів, передбачених проектом; монтаж кабельних конструкцій в кабельних каналах; монтаж внутрішньої мережі заземлення з приєднанням вводів від заземлювачів до заставних конструкцій для установки камер, шаф і трансформаторів; монтаж мережі загального освітлення приміщень з підведенням живлення від постійного джерела або за постійною схемою від тимчасового джерела.

Одночасно монтують зовнішній контур заземлення: ввертають електроди, прокладають і зварюють смуги. При виконанні зовнішнього контуру заземлення доцільно закладати поглиблені заземлювачі разом з фундаментами будівель, але це повинно бути передбачено в проекті. При спорудженні підстанцій закладають сталеві труби для вводу кабелів зовні в канали РУ і виведення їх від щита до електроприймачів.

Роботи першої стадії виконують після певної будівельної підготовки приміщень і конструктивних елементів. Установку заставних деталей і конструкцій виробляють при кладці стін, влаштуванні перекриттів і чорних підлог. Монтаж внутрішньої мережі заземлення виконують по закінченні штукатурних робіт у приміщеннях, установки конструкцій для кріплення комплектного устаткування і пристрої чорних підлог. Кабельні конструкції встановлюють після розміщення в кабельних каналах закладних деталей і обрамлень, штукатурки (затирання) стін і видалення будівельного сміття. Монтаж мережі загального освітлення здійснюють по закінченні штукатурних робіт (стін і перекриттів). Якщо в окремих приміщеннях передбачена прихована проводка, її укладають до початку штукатурних робіт. Завершені будівлі та споруди приймаються від будівельних організацій за актом для виробництва електромонтажних робіт другої стадії.

До початку робіт другої стадії повинні бути закінчені будівельні та оздоблювальні роботи в приміщеннях збірних розподільних пристроїв, щитів станцій управління, камерах трансформаторів, машинних залах , їх підвалах та інших електротехнічних приміщеннях.

Монтаж трансформаторів допускається після здачі фундаментів, закритих маслосбірних ям, заповнених гравієм, установки в трансформаторних камерах дверей, нижніх і верхніх вентиляційних жалюзі, побілки камер і здачі залізничних шляхів до місць встановлення трансформаторів (якщо вони передбачені проектом).

Встановлення збірних і комплектних розподільних пристроїв, ртутних випрямлячів, щитів, пультів, шаф, зборок, магнітних станцій і пускачів, акумуляторних батарей і конденсаторів допускається тільки після закінчення обробки приміщень, монтажу та випробування опалення, вентиляції та інших суміжних робіт.

Монтаж кабельних ліній у траншеях слід виконувати після здачі замовнику траншей, включаючи їх геодезичну зйомку з встановленням вертикальних відміток кабельних ліній в блокової каналізації - після здачі замовнику блоків і колодязів, кабельних ліній у кабельних напівповерхах і тунелях - після закінчення побілки стін і перекриттів.

До першої стадії монтажу відносять також роботи в МЕЗ. У них до початку монтажу РУ і підстанцій виконують ревізію апаратів, комплектування в великі блоки електроустаткування і електроконструкцій, заготівлю вузлів ошиновки, заземлення та освітлення, заготівлю та збірку труб і трубних блоків, заготівлю нестандартних конструкцій і кріпильних деталей або комплектування стандартних виробів заводського виготовлення. Одиночні шини, вузли ошиновки і комплектні шинні пристрої заготовляють і збирають в майстернях по кресленнях проекту або по знятим з природи вимірам.

Вузли ошиновки збирають разом з опорними конструкціями, ізоляторами, шинотримачами та іншими деталями. Комплектні шинні пристрої, наприклад ошиновка трансформаторів, складаються з змонтованих на каркасі роз'єднувачів з приводом, ошиновки на опорних ізоляторах і прохідної плити. Прикладами інших комплектних шинних пристроїв можуть служити шинні мости, ошиновки короткої мережі електричних печей, важкі шини електролізних цехів і ртутно-перетворювальних підстанцій, які заготовляють великими блоками і транспортують до місця установки. Відкриті шинні магістралі для каналізації електроенергії від внутрішньоцехових підстанцій до розподільних пунктів цеху заготовляють в майстернях, зварюють в рулони, намотують на касети і транспортують на монтаж в комплекті з натяжними пристроями, компенсаторами та іншими деталями.

Електрообладнання повинно передаватися в справному, придатному для монтажу стані. У майстернях усувають тільки дрібні дефекти комплектуваних виробів, наприклад відновлюють армування, замінюють порцелянові або інші ізоляційні частини, підганяють різьбу отворів, гайок, болтів, шплінтів, нарощують вали роз'єднувачів. Виявлені дефекти в контактній системі (раковини, вм'ятини, іржа, окалина) усувають прішліфовкою і обпилюванням, покривають тонким шаром технічного вазеліну. Порцелянові деталі обгортають папером.

Металоконструкції, що виготовляються в майстернях, випускають в комплекті з кріпильними деталями, повністю підготовленими до встановлення. Болти, гайки і шайби надходять з майстерень з антикорозійні покриттям.

Заготівельні і складальні роботи в майстернях виконують на механізованих поточних технологічних лініях. Механізми на лініях пов'язані між собою пристроями горизонтального транспорту (роліками, рольгангами, пересувними візками, монорельсами) для полегшення міжопераційного транспортування оброблюваних деталей. Всі елементи технологічної лінії розташовують так, щоб подача матеріалів і заготовлених деталей, що пройшли обробку на лінії, не створювала зустрічних потоків.

На другій стадії монтажу встановлюють великоблочні елементи електрообладнання та електроконструкцій, укрупнених вузлів і заготовки, прокладають по підготовлених трасах дроти та кабелі і всі передбачені проектом під'єднання. Роботи другій стадії монтажу виконують у приміщеннях із закінченими будівельно-оздоблювальними роботами.

#### **4.5.4 Комплектація монтажу обладнанням і матеріалами**

**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, корозійний або хімічний вплив - ці та інші фактори навколишнього середовища впливають на термін служби електрообладнання та кабельні вироби. 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 жодний електричний пристрій.

Через високу температуру повітря в електрообладнанні і кабельних виробках 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, розсіювалася або відводилася в навколишнє середовище, в якій воно експлуатується. Різке коливання температури також шкідливо позначається на працездатності електроустаткування, особливо,яке

розміщене 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. Волога, що 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°C – повітряного середовища для машин і апаратів; 25°C – для проводів, кабелів і шин; 15°C – 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°C; для ізольованих металевих частин і деталей з ізоляційних матеріалів (залежно від класу ізоляції) – на повітрі 80 – 110 і в олії 90°C, для обмоток трансформаторів – в олії 105 °C. При цьому температура масла у верхніх шарах баків трансформаторів повинна бути 90°C і в масляних вимикачах – 75°C.

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) вимірювальних приладів, обмежується обертання рухомих частин машини, підвищується їх знос, що викликає часту зміну роликівих підшипників.

Пилоподібні частки вугілля та оксиду заліза в забрудненій атмосфері промислових районів, осідаючи на поверхні ізоляційних матеріалів через гіроскопічність, 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 трубочасті 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  $+35^{\circ}\text{C}$ .

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

**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 рекламції 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; 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 пришліфівкою 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.

#### 4.5.5 Організація безпеки праці

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 : 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.

Монтаж розподільних пристроїв необхідно виконувати в повному обсязі за проектом, не допускаючи розбивку на черзі без узгодження з проектними організаціями. Роботи з розширення діючих розподільних пристроїв виконують виключно за ППР з ретельно розробленими заходами та умовами безпеки працюючих.

Виробництво електромонтажних робіт, пов'язаних з можливістю появи напруги, контролюють інженерно-технічні працівники або досвідчені бригадири. Організовується контроль за справним станом механізмів, електроінструменту, зварювальних апаратів та пристосувань перед видачею їх у виробництво.

Перевіряють і приводять в робочий стан всі електрозварювальні апарати, забезпечують їх справними інвентарними, зварювальними проводами з наконечниками. На апаратах виконують яскравою фарбою маркування виводів первинної та вторинної обмоток.

В інструментальній майстерні монтують стенд для профілактичної перевірки справної ізоляції та цілості з'єднувальних проводів перед видачею електроінструменту у виробництво. Всім переносним електричним апаратам та інструментам присвоюють інвентарні номери, а результати їх періодичної перевірки заносять в журнал реєстрації та обліку.

### **Контрольні питання**

1. Як здійснюють підготовку монтажу розподільних пристроїв?
2. У чому полягають індустріальні методи монтажу розподільного пристрою?
3. За яких умов приміщення розподільних пристроїв і підстанції вважають підготовленими для приймання їх під монтаж електрообладнання?
4. Що таке монтаж у дві стадії?
5. Як виготовляють і оформлюють приймання в монтаж електрообладнання та апаратів розподільних пристроїв і підстанцій?
6. Як виконують розмітку для встановлення електрообладнання та електроконструкцій в розподільчих пристроях і підстанціях?
7. Розкажіть про організацію безпеки праці.

## РОЗДІЛ №5

### 5. ЕЛЕКТРОМОНТАЖНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

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.

#### 5.1 Електромонтажні матеріали

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 сплаву АД31Т1, який на відміну від алюмінію володіє меншою тьукучістю 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.

*Дріт* – 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 дріт з особливо гнучкими ізольованими жилами, кожна перерізом не більше 1,5 мм<sup>2</sup>.

Номенклатура дротів для електропроводок досить різноманітна. Їх поділяють на ізольовані і неізольовані, захищені і незахищені. Ізольовані дрти виготовляють з алюмінієвими і мідними струмопровідними

жилами, з гумовою або пластмасовою ізоляцією. Крім того, окремі типи (види) дротів, що називаються 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 (шнурів) 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 – дріт, 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 фальцьована 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 захисне покриття.

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 кабелем надається марка, що складається з літерних 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 літерою 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).

**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 дротів та кабелів, обмоток електричних машин, монтажу кабельної арматури, а також для захисту ізоляції від пошкоджень.

Залежно від використовуваних матеріалів розрізняють лакотканини на бавовняній або шовковій 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 дротів 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 адгезію до металу, полівінілхлориду. Їх випускають шириною від 15 до 50 мм і товщиною від 0,2 до 0,45 мм.

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 (целюлозний ізоляційний 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. Дошки піддаються розпилюванню, фрезеруванню й свердлінню без їх розшарування.

Фібру випускають у вигляді трубок і листів, і використовують як електро-і теплоізоляційний матеріал. Він піддається механічній обробці: розпилювання, свердління, штампування, фрезерування 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 згущуються 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 вентиляваних приміщеннях.

До виробів з порцеляну, 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

літерне маркування ЛФД або ВФК (втулка порцелянова довга і коротка) з цифрою після літер, 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 навартають 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 20Х20Х3 до 70Х70Х6 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 контрайками 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, вініластові 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. Вініластові 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.



## 5.2 Електромонтажні вироби і деталі

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. 5.1, 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 пружками для закріплення в перфорації смуги і прямокутні отвори для смужок, що кріплять кабелі або труби).

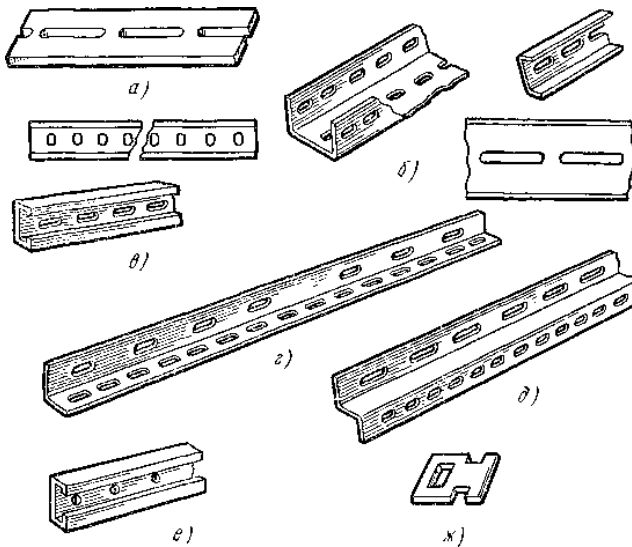


Рисунок 5.1 - Вироби із перфорованої сталі:

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

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. 5.2, 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

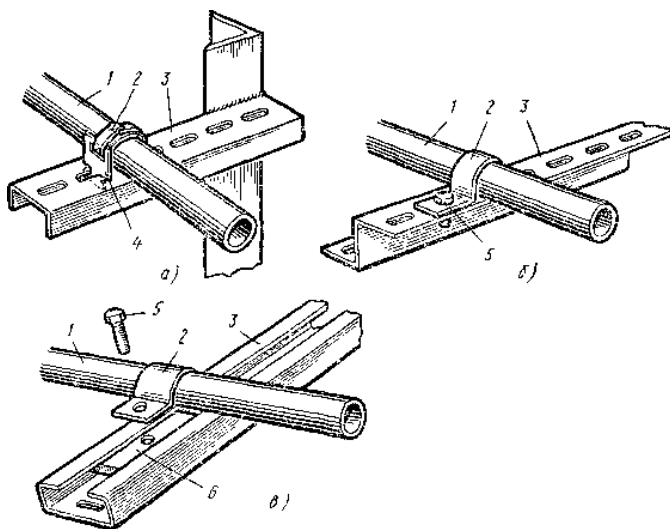


Рисунок 5.2 - Перфоровані профілі і монтажні вироби для кріплення труб

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. Дріт

через приклеєні монтажні перехідні деталі з рифленням кріплять бандажуванням або насадженням плоских дротів на пластмасовий тримач з кнопкою.

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

Лотки (рис. 5.3, 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 дротів та кабелів.

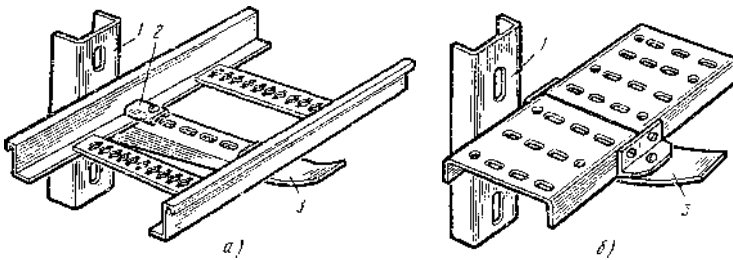


Рисунок 5.3 - Кріплення лотків

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.

До виробів для монтажу шин відносяться шинодержакі, перехідні пластини, шинні компенсатори, міжшинні прокладки, ізоляційні вставки, шайби і ін. Шинодержакі 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 шинодержакі для кріплення профільних шин (коробчатого перетину) показані на рис.

5.4, 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.

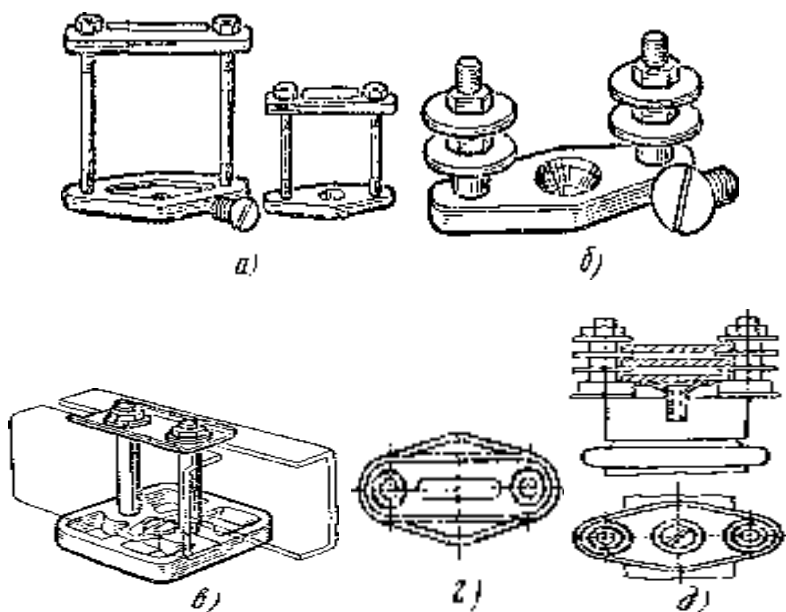


Рисунок 5.4 - Шинотримачі (а,б,в) для кріплення шин (г-плоских на площину, д – плоских на ребро, е – профільних)

Для фіксації зазорів в пакеті плоских мідних і алюмінієвих шин служать міжшинні прокладки 110Х28Х8 мм і 150Х22Х10 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 питання

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.

## РОЗДІЛ 6

### **6. ЕЛЕКТРОМОНТАЖНІ МЕХАНІЗМИ, ІНСТРУМЕНТИ ТА ПРИСТОСУВАННЯ**

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 наземлюючих 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, гідропідйомники, телескопічні вишки, авто-ямобури, 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.

## **6.1 Електромонтажні інструменти, пристосування, засоби малої механізації**

Для пробивних і кріпильних робіт застосовують різні інструменти і застосування. Електросверлильні 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.

Електросверлильні 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. Електросверлильні 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 розподільчий трансформатор (з коефіцієнтом трансформації 1:1), через який здійснюють живлення від мережі. Обмотки розподільчого 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 сверлильної машини навіть у разі пробою 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 облещення 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. 6.1) 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 шиногіба.

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°. Шинотрубогіб комплектується знімаючимися пристосуваннями для згинання шин і труб різних перетинів і діаметрів.

Для перерізання кабелів і проводів служать секторні ножиці НС-1, НС-2 і НС-3 (рис. 6.2, 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).



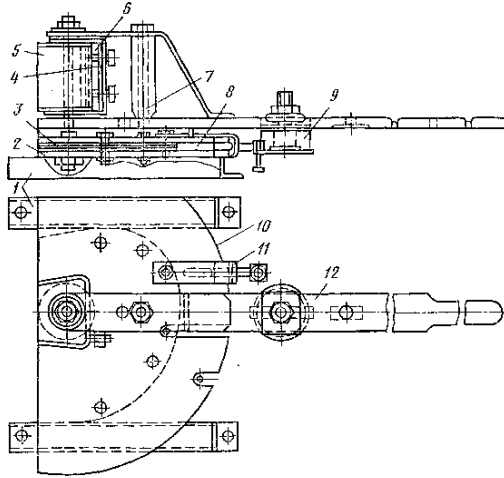


Рисунок 6.1 - Ручний шиногиб:

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

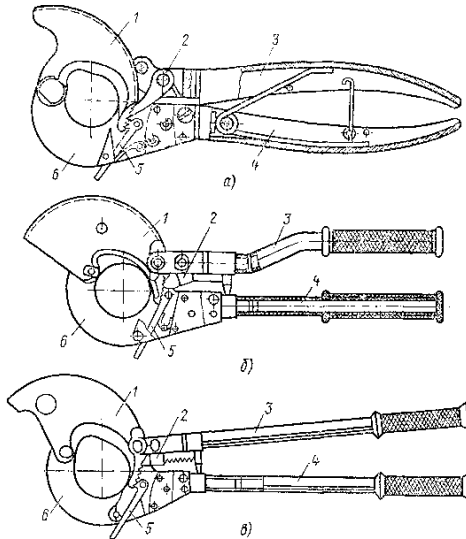


Рисунок 6.2 - Секторні ножиці:

а - НС-1; б - НС-2; в - НС-3; 1 та 6 - рухомі та не рухомі секторні ножі; 2, 5 - подаюча і фіксуєча 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 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>).

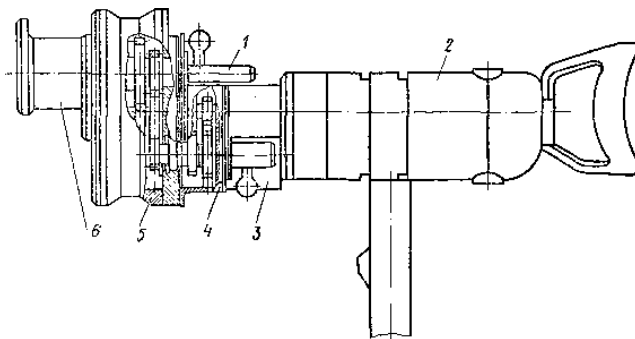


Рисунок 6.3 - Універсальний монтажний електропривід:

- 1 – механізм переключення швидкостей; 2 – електросверлильна машина;
- 3 – механізм переключення реверса; 4 – реверсивний редуктор;
- 5 – редуктор швидкостей; 6 – перехідне прилаштування

Для приводу ряду механізмів (лебідки ЛБ-500, пристосування для затягування проводів в труби ПМТ-500), робочий орган яких має обертовий рух і вимагає зміни швидкостей, призначений універсальний монтажний електропривод (рис. 6.3), що складається з електросверльної 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

обертаючимися чотирма парами шестерень, а потім на вихідний вал електроприводу.

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

Інструменти МБ-1м, МБ-2 (рис. 6.4) і М-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 і робітниками губками 5 і І. В останніх розміщені нерухомий І і рухливий 2 ножі, а також рухливий притиск.

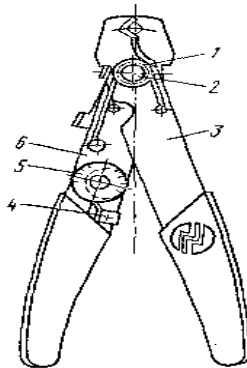


Рисунок 6.4 - Інструмент МБ-1м, МБ-2:

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

Інструмент МБ-2 використовують для зняття ізоляції з двожилкових 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.

Прес-кліщі ПК-3 (рис. 6.5) і ПК-4 призначені для з'єднання і окінцювання жил дротів 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-пуансону 3 та блок -матриць 4. Максимальне робоче зусилля на пуансоні може бути 12,5 кН, на ручці - 200 Н, хід пуансона становить 12 мм. Кліщі мають габаритні розміри 325х60х33 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 оконцевання мідних жил перерізом 1,5 і 2,5 мм<sup>2</sup> в кабельних кінцевих накінецьниках П.

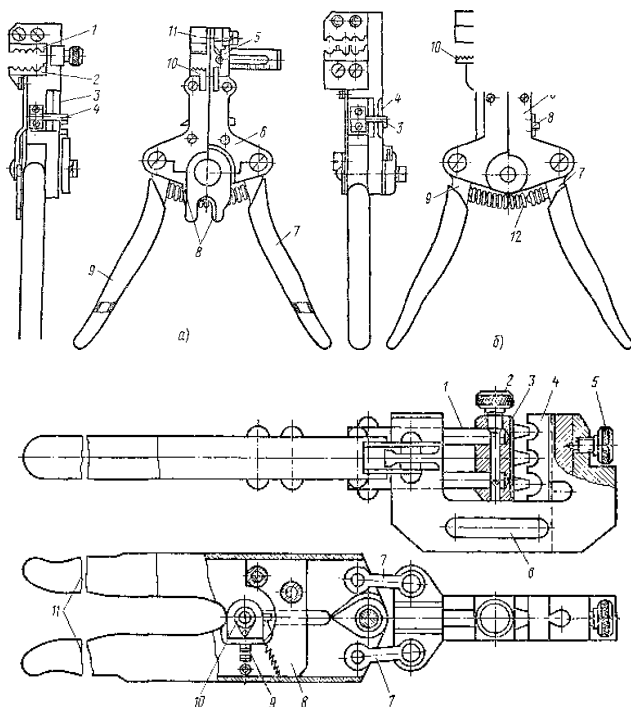


Рисунок 6.5 - Прес-кліщі ПК-3:

- 1 - штовхач, 2 - гвинт, 3 - блок-пуансон, 4 - блок-матриця, 5 - кульковий фікатор, 6 - бугель, 7 - тяги, 8 - гребінка, 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 дротах 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 спрацьовування блокуючого пристрою.

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

Прес РМП-7м (рис. 6.6, а) 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 нерухома 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. Опресування здійснюється хитанням рукоятки до зіткнення запличка пуансона з матрицею.

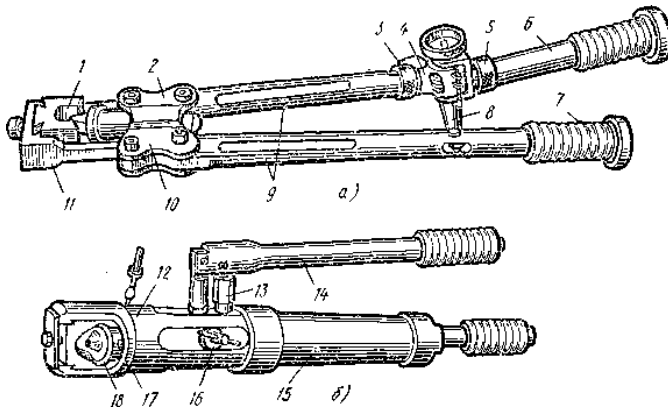


Рисунок 6.6 - Ручні преси:

- а – механічний РМП-7м, б – гідравлічний РГП-7м: 1 – матриця;
- 2 – рейка для пуансона; 3, 5 – кільця; 4 – барабан з тросом;
- 6, 7 – рухома та нерухома ручка; 8 – трос; 9 – ричав; 10, 12 – корпуса;
- 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. 6.6, 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, переміщається поршень з пуансоном і відбувається опресування.

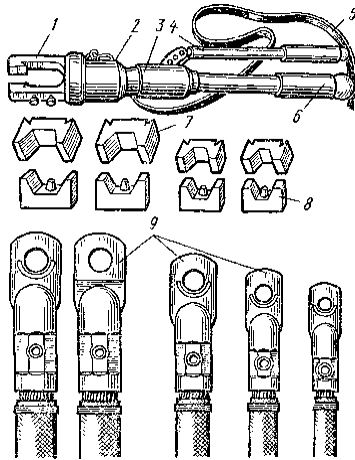


Рисунок 6.7 - Ручний гідравлічний прес ПГР-20М1:

- 1 – скоба для установки матриць та пуансонов; 2 – корпус (робочий циліндр); 3 – стакан, зєднуючий корпус з рукою; 4 – ричаг; 5 – ремінь; 6 – рукоятка; 7 – пуансон; 8 – матриці; 9 – опресовані кабельні накінецьники

Ручний гідравлічний прес ПГР-20М1 (рис. 6.7) призначений для опресування накінецьників і з'єднувальних гільз на мідних і алюмінієвих жилах дротів та кабелів перетином 16-240 мм<sup>2</sup> багатограним обтисненням (Шестигранне обтиснення і місцевий натиск). 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, запірний клапан, рукоятки 6, склянки 3, що з'єднує корпус з рукояткою, важеля 4, встановленого шарнірно на склянці, масляного балона і ремня 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 дроту. У матрицю укладають накінецьник (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 накінецьник. При опресуванні на трубчастій частині накінецьника (гільзи) утворюються зуби місцевого натиску 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 багатограним обтисненням з'єднань і окінцювання алюмінієвих жил ізольованих проводів та кабелів перетином від 16 до 240 мм<sup>2</sup>, заокруглення секторних однодротевих 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 накінецьників для з'єднання і окінцювання мідних жил кабелів усіх конструкцій (у тому числі секторної і сегментної форм). При цьому номенклатура гільз і накінецьників скорочується до 10 типорозмірів, відпадає необхідність у спеціальному інструменті для скруглення секторних однодротяних жил.

Для накінецьників і гільз введено спрощене маркування.

### **Контрольні питання**

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?



## РОЗДІЛ 7

### 7. МОНТАЖ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

#### 7.1 Дизайн та характеристики силових трансформаторів

**Конструкція масляних трансформаторів.** Силові трансформатори призначені для перетворення (трансформування) змінного струму однієї напруги в змінний струм іншої напруги-нижчої чи вищої. Трансформатори, що знижують напругу, називають знижувальними, а при підвищені напруги - підвищувальні.

Трансформатори виготовляють двохобмотувальні й трьохобмотувальні. Останні крім обмотки НН і ВН мають обмотку СН (середньої напруги). Триобмотковий силовий трансформатор здатен забезпечувати споживачів електроенергією різних напруг. Обмотка, включена в мережу джерела електроенергії, називається первинною, а обмотка, до якої приєднані електроприймачі, - вторинною.

У розглянутих розподільчих пристроях і підстанціях промислових підприємств застосовують трифазні двохобмоткові знижувальні трансформатори, що перетворюють напругу 6 і 10 кВ в 0,23 і 0,4 кВ.

Залежно від ізолюючого і охолоджуючого середовища розрізняють трансформатори масляні ТМ і сухі ТС. У масляних основне ізолююче і охолоджуюче середовище це трансформаторне масло, в сухих - повітря або твердий діелектрик. У спеціальних випадках застосовують трансформатори з заповненням баків негорючою рідиною – совтолом.

Основою конструкції трансформатора служить активна частина, що складається з магнітопровода 4 (рис. 7.1) з розташованими на ньому обмотками нижчої напруги 3 та вищої напруги 2, відводів та перемикаючих пристроїв. Магнітопровід, набраний з окремих тонких листів спеціальної трансформаторної сталі, ізольованих один від одного покриттям, складається зі стрижнів, верхнього і нижнього ярма. Така конструкція сприяє зменшенню втрат на нагрівання від перемагнічування (гістерезис) і вихрьових струмів.

З'єднувальні дроти, що йдуть від кінців обмоток і їх відгалуджень, призначені для регулювання напруги, називають відводами, які виготовляють з неізольованих мідних дротів або дротів, ізольованих кабельним папером або гетинаксовою трубкою.

Перемикаючі пристрої обмоток трансформатора служать для ступеневої зміни напруги в певних межах, підтримування номінальної напруги на затискачах вторинної обмотки при зміні напруги на первинній або вторинній обмотці. З цією метою обмотки ВН трансформаторів

оснащують регулювальними відгалудженнями, які під'єднують до перемикачів.

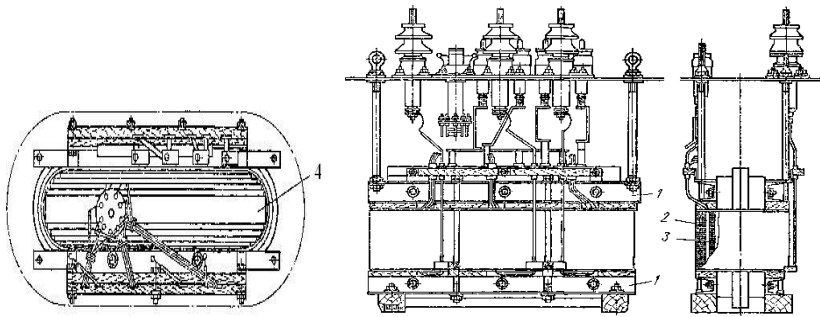


Рисунок 7.1 - Активна частина трансформатора серії ТМ:  
1 – ядро; 2 та 3 – обмотки ВН і НН; 4 – магнітопровід

Необхідність регулювання викликана тим, що в електричних системах можливі різні відхилення від нормального режиму електропостачання, що призводять до неекономічної роботи приймачів, передчасного зносу і скороченню строків їх служби.

У трансформаторах можуть бути два види перемикачів відгалужень: під навантаженням - РПН (регулювання під навантаженням) і без навантаження після відключення трансформатора-ПБЗ (перемикач без збудження). За допомогою ПБЗ і РПН можна підтримувати напругу, близькою до номінальної у вторинних обмотках трансформаторів.

Перемикач здійснює зміну числа витків за допомогою регулювальних відгалужень обмоток, тобто зміною коефіцієнта трансформації, який показує, у скільки разів напруга обмотки ВН більше напруги обмотки НН або у скільки разів число витків обмотки ВН більше числа витків обмотки НН. Межі регулювання вторинних напруг для різних трансформаторів різні: на  $\pm 10\%$  12 ступенями по 1,67% або 16 ступенями по 1,25% за допомогою РПН; на  $\pm 5\%$  чотирма ступенями по 2,5% за допомогою ПБЗ.

Бак трансформатора, в який занурена активна частина, являє собою сталевий резервуар овальної форми, заповнений трансформаторним маслом. Масло, будучи охолоджуючим середовищем, відводить теплоту, що виділяється в обмотках і магнітопроводі, і віддає її в навколишнє середовище через стінки і кришку бака. Крім охолодження активної частини трансформатора масло підвищує ступінь ізоляції між струмоведучими частинами і заземленим баком.

Для збільшення поверхні охолодження трансформатора баки виготовляють ребристими, вварюють в них труби або оснащують знімними радіаторами (тільки у трансформаторів потужністю до 25 кВ-А стінки бака гладкі). Радіатори приєднують до стінок бака патрубками зі спеціальними радіаторними кранами. У верхнього торця бака до його стінок приварюють раму з кутової або смугової сталі, до якої кріплять кришку на прокладках з маслоупорної гуми.

У нижній частині бака всіх типів трансформаторів є кран для взяття проби і зливу масла, а в його днищі (в трансформаторах потужністю вище 100 кВ-А) - пробка для спуску осадів після зливу масла через кран. Другий кран встановлюють на кришці бака, через який заливають в нього масло. Обидва крана служать одночасно для приєднання до них маслочисних апаратів.

До дна баків трансформаторів масою вище 800 кг приварюють візок з поворотними катками, конструкція кріплення яких дозволяє змінювати напрямок пересування трансформаторів з поперечного на поздовжнє. Для підйому трансформатора на баку є чотири кільця-рима. Активна частина піднімається за скоби у верхніх консолях магнітопроводу.

На кришці бака розміщені вводи, розширювач і захисні пристрої (вихлопна запобіжна труба, реле тиску, газове реле, пробивний запобіжник). До стінок бака приварюють підйомні гаки, прикріплюють манометричний сигналізатор (у трансформаторів потужністю понад 1000 кВ-А) і встановлюють фільтри. Трансформатор серії ТМ-1000-10 показаний на рис. 26.

Вводи 14 і 15 являють собою порцелянові прохідні ізолятори, через які виводи обмоток трансформатора приєднуються до електричних мереж.

Більшість трансформаторів обладнано розширювачами (рис. 7.2), що забезпечують постійне заповнення бака маслом і зменшують поверхню контакту масла з киснем, отже, захищає масло від зволоження та окислення. У розширювача є отвір для всмоктування і витіснення повітря при зміні рівня в ньому масла (дихальна пробка).

Розширювач має циліндричну форму, закріплюється на кронштейні, встановленому на кришці б трансформатора, і сполучається з баком трансформатора трубопроводом, і не виступає нижче внутрішньої поверхні кришки трансформатора та закінчується всередині розширювача вище його дна щоб уникнути попадання осаду масла в бак 1. Внутрішня поверхня розширювача має захисне покриття, що перешкоджає маслу від зіткнення з металевою поверхнею і розширювач від корозії. У нижній частині розширювача є пробка для зливу масла з нього.

Обсяг розширювача визначають так, щоб рівень масла залишався в його межах, як влітку при  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  і повному навантаженні трансформатора, так і взимку при мінімальній температурі масла і відключеному трансформаторі. Зазвичай обсяг розширювача складає 11 – 12 % обсягу масла в баку трансформатора. Для спостереження за рівнем масла на бічній стінці розширювача встановлюють маслопоказник 2, виконаний у вигляді скляної трубки в металевій оправі.

Смність розширювача повинна забезпечувати постійну наявність в ньому масла при всіх режимах роботи трансформатора від відключеного стану до номінального навантаження і при коливаннях температури навколишнього повітря, причому при допустимих перевантаженнях масло не має вилитися.

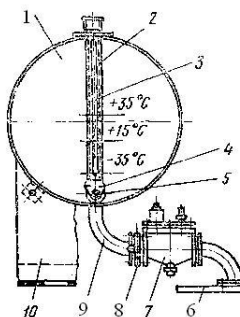


Рисунок 7.2 - Розширювач:

- 1 – бак розширювача; 2 – масло вказівник; 3 – масловказівне скло;  
4 – кут; 5 – запираючий гвинт; 6 – кришка трансформатора; 7 – газове реле; 8 – плоский кран; 9 – трубопровід; 10 – опорна пластина

У герметичних масляних трансформаторах і трансформаторах з рідким негорючим діелектриком поверхня масла захищається сухим азотом, а в заповнених совтолом-10 - сухим повітрям. Негерметичні масляні трансформатори потужністю 160 кВ·А і більше, в яких масло в розширнику стикається з навколишнім повітрям, мають термосифонний або адсорбційний фільтр, а трансформатори потужністю 1 мВ·А і більше з природним масляним охолодженням і азотною подушкою - термосифонний фільтр (крім трансформаторів з рідким негорючим діелектриком).

Масляні трансформатори потужністю 1 мВ·А і більше з розширювачем оснащують захисним пристроєм, який попереджає пошкодження бака при раптовому підвищенні внутрішнього тиску більше

50 кПа. До захисних пристроїв відносять вихлопну трубу зі скляною діафрагмою і реле тиску. Масляні трансформатори та трансформатори з рідким діелектриком з азотною подушкою без розширювача мають реле тиску, що спрацьовує при підвищенні внутрішнього тиску більше 75 кПа.

Нижній кінець вихлопної труби з'єднують з кришкою бака, а на верхній її кінець встановлюють тонку скляну мембрану (від 2,5 до 4 мм) діаметром 150, 200 і 250 мм, яка руйнується при певному тиску і дає вихід газу і масла назовні раніше, ніж відбудеться деформація бака. Реле тиску розміщують на внутрішній стороні кришки трансформатора. Основними його елементами є ударний механізм і скляна діафрагма. При досягненні певного тиску в баці механізм спрацьовує, розбиває діафрагму і забезпечує вільний вихід газам.

Трансформатори потужністю 1 мВ·А і більше, мають розширювач, оснащений газовим реле, яке реагує на пошкодження всередині бака трансформатора (електричний пробій ізоляції, виткове замикання, місцевий нагрів магнітопроводу), що супроводжуються виділенням газу або різким збільшенням швидкості перетікання масла з бака в розширювач. Виділення газоподібних продуктів відбувається в результаті розкладання масла та інших ізоляційних матеріалів під дією високої температури, що виникає в місці пошкодження. На цьому явищі заснована робота газового захисту трансформатора від внутрішніх пошкоджень, що супроводжуються виділенням газів при їх витокі, витокі масла і попаданні повітря в бак. Основний елемент цього захисту – газове реле, яке встановлюється зазвичай на трубопроводі, який з'єднує розширювач з баком, які мають нахил до горизонталі від 2 до 4°. У газовому реле є дві пари контактів для роботи на сигнал або відключення.

Пробивні запобіжники служать для захисту від пробією обмоток ВН на обмотки НН. Встановлюють їх на кришці бака і під'єднують до нульового вводу НН, а при напрузі 690 В – до лінійного вводу.

При пробіі ізоляції між обмотками ВН і НН проміжок між контактами, в якому прокладені тонкі слюдяні пластини з отворами, пробивається і вторинна обмотка виявляється з'єднаною із землею.

Для заземлення трансформаторів служить спеціальний заземлюючий контакт з різьбою не менше М12, розташований у доступному місці нижній частині бака з боку НН і позначений чітким незмивним написом «Земля» або знаком заземлення. Поверхня заземлювального контакту повинна бути гладкою і зачищеною; заземлення здійснюють підключенням сталеві шини перерізом не менше 40×4 мм.

Для вимірювання температури масла на трансформаторах містяться ртутні термометри зі шкалою від 0 до 150°С або термометричні

сигналізатори ТС зі шкалою від 0 до 100°C. Останні забезпечені двома пересувними контактами, які можна встановити на будь-яку температуру в межах шкали. Перший контакт, будучи включеним в сигнальний ланцюг, при певній температурі масла дає сигнал; в разі подальшого підвищення температури масла другий контакт, з'єднаний з реле, відключає трансформатор. На трансформаторах потужністю 6300 кВ·А і вище встановлені термометри опору.

Для сушіння та очищення зволоженого і забрудненого повітря, що надходить в розширювач при температурних коливаннях масла, всі трансформатори забезпечені повітроочисним фільтром – повітрясушиник (рис. 7.3), який являє собою циліндр, заповнений силікагелем і розміщений на дихальній трубці 1 розширювача.

У нижній частині циліндра розташований масляний затвор 5 для очищення засмоктуваного повітря, у верхній частині - патрон з індикаторним силікагелем, який при зволоженні змінює своє забарвлення з блакитною на рожевий.

Для підтримки ізоляційних властивостей масла, а отже, продовження терміну його служби існує термосифонний фільтр (рис. 7.4), що представляє собою циліндричний апарат, заповнений активним матеріалом – сорбентом (поглиначем продуктів старіння масла).

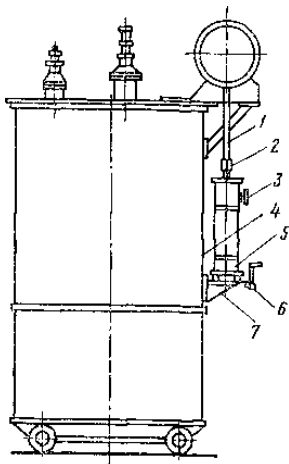


Рисунок 7.3 - Повітряочисний фільтр (повітрясушиник):

1 – дихаюча трубка; 2 – з'єднуюча муфта; 3 – оглядове вікно;

4 – бак трансформатора; 5 – масляний затвор;

6 – вказівник рівня масла в затворі; 7 – кронштейн

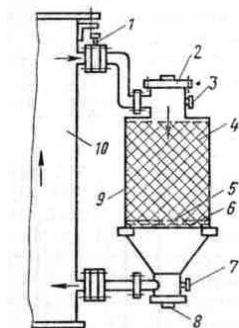


Рисунок 7.4 - Термосифонний фільтр:

- 1 – радіаторні крани; 2 – завантажувальний люк; 3 – пробка з отвором для випуску повітря; 4 – силікагель; 5 – сітка; 6 – дно з отворами; 7, 8 – пробки для відбору проби масла та його зливу; 9 – корпус фільтру; 10 – стінка

**Особливості конструкції сухих трансформаторів.** Масляний трансформатор вибухо-і пожежонебезпечний, тому, коли через пожежну безпеку неприпустимі масляні трансформатори, використовують сухі або трансформатори з негорючим заповнювачем (совтолом, піранолом, кварцовим піском). Оскільки відсутнє масло, сухі трансформатори можна встановлювати безпосередньо в цехах промислових підприємств без пристрою спеціальних трансформаторних камер.

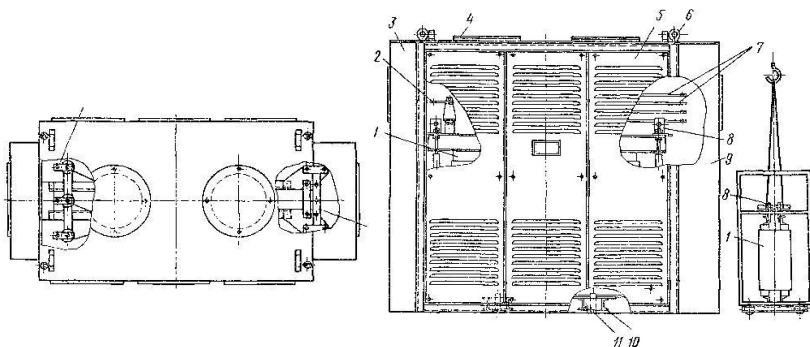


Рисунок 7.5 - Силевий трьохфазний сухий трансформатор ТСЗ:

- 1 – активна частина; 2 – введення ВН; 3, 9 – коробки введення ВН та НН; 4 – кришка люка; 5 – кожух; 6 та 8 – кільце та пластана для підйому трансформатора; 7 – шини НН; 10 – візок; 11 – каток

Силові трифазні сухі трансформатори ТСЗ (рис. 7.5) у захищеному виконанні виготовляють потужністю від 160 до 1600 кВ·А, обмотки яких мають клас напруги 6-10 кВ для ВН і 0,23; 0,4 і 0,69 кВ для НН. Застосовують також сухі трансформатори потужністю менше 160 кВ·А (25, 40, 66, 100 кВ·А).

**Умовне позначення трансформаторів.** Позначення типів трансформаторів побудовані за певною системою, що відображає конструкцію (літери) і основні електричні параметри (цифри). Літерні позначення наступні: перша літера – число фаз (О – однофазний, Т – трифазний), друга або дві – вид охолодження (М – природне масляне, С – сухе без масла, Д – дутьове, Ц – циркуляційне, ДЦ – примусове циркуляційне з дуттям), третя – число обмоток (Т – триобмотковий). В умовному позначенні можуть бути інші літери, що вказують конструктивні особливості трансформатора. Перша цифра, що стоїть після літерного позначення трансформатора, показує номінальну потужність (кВ·А), друга – номінальна напруга обмотки ВН (кВ). Останнім часом додають ще дві цифри, що означають рік розробки трансформатора даної конструкції, наприклад позначення трансформатора ТМ-1000/10-63 розшифровується так: трифазний, двохобмотувальний з природним масляним охолодженням, потужністю 1000 кВ·А і напругою обмотки ВН 10 кВ, конструкції 1963.

**Розподіл трансформаторів за габаритами.** Трансформатори умовно розподілені за габаритами на шість груп залежно від потужності і класу ізоляції обмоток. Розглянуті трансформатори напругою до 35 кВ і потужністю до 100 кВ·А відносять до першої групи, від 160 до 360 кВ·А – до другої і від 1000 до 6300 кВ·А – до третьої. Основними технічними даними, що характеризують трансформатор, є номінальна потужність (кВ·А) і напруга обмоток ВН і НН (кВ), група з'єднання обмоток, номінальні струми обмоток (А), напруга короткого замикання  $U_k$  (%).

Трифазні силові трансформатори виготовляють наступних потужностей: 10, 16, 25, 40, 63 кВ·А і кратні десяти від цих значень, тобто 100, 160, 250, 400, 630 кВ·А і т. д.

Схеми і групи з'єднання обмоток показані на рис. 7.6. Умовні позначення з'єднань обмоток трифазних трансформаторів наступні: Y – в зірку;  $\Delta$  – в трикутник; в зірку з виводом нейтралі. Знак над рисою показує схему з'єднання обмоток ВН, знак під рисою – схему з'єднання обмоток НН; число 11 – кутовий зсув векторів лінійних напруг обмоток ВН і НН в  $330^\circ$  ( $30^\circ \times 11$ ). Групи сполук визначають кутом зсуву вектора вторинного лінійного напрямку щодо вектора первинної лінійної напруги. Для зручності прийнято користуватися годинним позначенням кута зсуву векторів. При будь-якій схемі з'єднання обмоток кут зсуву може бути



кратним тільки  $30^\circ$ , тому коло ( $360^\circ$ ) ділиться на 12 рівних частин. При цьому кут зсуву відраховується тільки за годинниковою стрілкою. Якщо вказана група з'єднання 1, то зсув між векторами вторинної та первинної напруги складає  $30^\circ$ , група 6- $180^\circ$  і т.д. Група 0 відповідає групі 12, тобто кут зсуву між векторами дорівнює  $0^\circ$ .

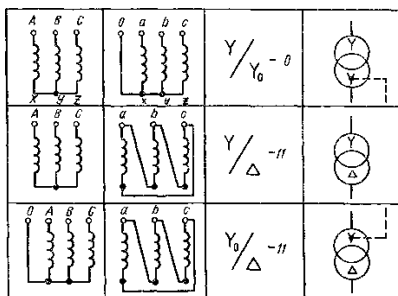


Рисунок 7.6 - Схеми та групи з'єднання обмоток трьохфазних двообмотних трансформаторів

Холостим ходом трансформатора, називають режим, при якому вторинна обмотка розімкнута, а на затискачі первинної подана напруга. Струм холостого ходу складає 3,5-10 % струму номінального навантаження трансформатора.

Напруга короткого замикання  $U_k$  характеризує індуктивний опір обмотки і виражається у відсотках від номінального. Вона показує, яку напругу потрібно подати на обмотку ВН, щоб в короткозамкненій обмотці НН проходив струм, рівний номінальному цієї обмотки. Наприклад, якщо  $U_k$  дорівнює 5,5%, а номінальна напруга обмотки ВН-10 кВ, для отримання в короткозамкненій обмотці НН номінального струму треба подати на обмотку ВН 550 В (5,5 % від 10 кВ). Для вітчизняних трансформаторів  $U_k$  становить від 5,5 до 7,5%. Напруга короткого замикання характеризує розподіл навантажень між трансформаторами при їх паралельній роботі. Якщо у включених на паралельну роботу трансформаторах  $U_k$  рівні, навантаження розподіляється між ними пропорційно їх потужностям, а при однакових потужностях трансформаторів, включених на паралельну роботу, навантаження розподіляється між ними обернено пропорційно  $U_k$ . Напругу  $U_k$  вказують на паспортних табличках, укріплених на кожусі трансформатора.

Умови паралельної роботи трансформаторів наступні: рівність номінальних первинних і вторинних напруг; потужність груп сполучення обмоток; рівність напруг короткого замикання. Рекомендується, щоб у

паралельно з'єднаних трансформаторів відношення найбільшої потужності до найменшої не перевищувало 3:1.

## **7.2 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, вводів, 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 розвантажувального 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 тривалого зберігання, 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 удавлень на баці, радіаторах, розширювачі, вихлопній трубі, герметичність ущільнень, цілість зварних швів, відсутність тріщин і відбитих країв у порцелянових введень, а також збереження пломб на всіх кранах для масла. Результати приймання оформляються актом.

Трансформатори, які транспортуються з заводу з встановленими розширювачами і заповнені маслом, зберігають як резервні, підготовлені до експлуатації. У них перевіряють рівень масла в розширювачі і при його зниженні доливають чисте і сухе масло; періодично відкривають пробку грязшовика 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 розширювачами, 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 тимчасовий розширювач і доливають масло, при цьому монтують повітрясушник, 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 масловказівника.

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 баці 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, введень, розширювача, допоміжних деталей та ін.. Переконаються у відсутності поломок, 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.

### **7.3 Ревізія 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 транспортуванню, 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 під час огляду розкритого трансформатора виявлять дефекти, питання про спосіб проведення ревізії вирішується на місці монтажу в залежності від конструкції трансформатора и характеру 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 розкриттям 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 піддати 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 маслостійкої 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 співпадінь отворів в баці, 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 рівна 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 скляної мембрани, вихлопної труби, ущільнення, надійність місць зварювання. Скляний диск мембрани затиснутий між двома гумовими прокладками товщиною 4-5 мм. Несправну мембрану замінюють новою, вирізаною 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.

## **7.4 Очищення і сушка трансформаторного масла**

Від якості трансформаторного масла залежать надійність і тривалість роботи трансформатора.

Важливе значення мають такі характеристики масла: зниження температури займання і збільшення кислотного числа, що вказують на розкладання масла в результаті надмірного місцевого нагріву трансформатора. Масло постійно окислюється, чому сприяють підвищена температура (до 80–90°С) при експлуатації, сонячне світло, хімічні речовини, що входять до складу лакової ізоляції, волога, метали, особливо мідь.

Шкода, заподіяна водою, не обмежується зниженням електричної міцності масла. Встановлено, що за наявності вологи значно швидше

відбуваються процеси окислення масла і руйнування ізоляції, особливо бавовняної.

Трансформаторне масло має задовольняти ряд вимог: добре відводити теплоту від нагрітих частин трансформатора, мати високу теплоємність і теплопровідність, а також малу в'язкість, щоб не перешкоджати потоку охолодженню; не містити кислот і сірки, оскільки навіть невеликі кількості їх, діють руйнівно на ізоляцію обмоток; мати високу електричну міцність. У маслі має бути відсутня вода, так як вона різко знижує його електричну міцність. Температура займання масла повинна бути значно вище робочої температури трансформатора (зазвичай 180°C), але допускається використовувати масла з температурою займання не нижче 150°C.

Трансформаторне масло схильне до старіння, тобто погіршення з часом його ізоляційних властивостей, тому масло періодично очищають від сторонніх речовин і через певні терміни міняють. Застосовують три методи випробування трансформаторного масла. При першому методі проводять повний хімічний аналіз, при другому – скорочений аналіз, при третьому – визначають тільки електричну міцність. Трансформаторне масло, наявне у підприємства-замовника і призначене для заливки або доливання в трансформатор, перевіряють в обсязі повного хімічного аналізу, а масло з баків трансформаторів, що прибувають із заводу-виробника, – в обсязі скороченого аналізу. Масло, яке не відповідає нормам випробування на пробій, піддають сушці.

Таблиця 7.1 - Умови відбору проб масла

| Операція          | Технологічна вказівка  |
|-------------------|--|
| Підбір посуду     | Вибрати скляну банку з широким горлом і притертою пробкою або скляну пляшку з корковою пробкою, оберненою пергаментним папером. Ємність посуду не менше 0,5 л при випробуванні на електричну міцність, 0,7 – 0,8 л – для скороченого аналізу і 1,5 л – для повного хімічного аналізу.  |
| Підготовка посуду | Добре промити з милом або лужним розчином, просушити протягом 2 год при 90 °C і закрити пробками. Зробити наклейки з маркуванням (нумерація, дата відбору, з якого апарату тощо). При повторному вживанні пляшок пробки треба міняти кожен раз. Не допускається використовувати для інших цілей посуд, призначений для відбору проб масла. |

Продовження таблиці 7.1

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Підготовка до відбору проби         | Обтерти чистою ганчіркою кран від пилу і бруду. Спустити у відро деяку кількість масла (3-5 л). Вдруге спустити трохи масла для промивання крана. Промити два рази посуд маслом з бака трансформатора.  |
| Відбір проби масла з трансформатора | Провести відбір проби з нижнього бокового крана або спеціального крана-пробки (у трансформаторів, що транспортуються без масла, - через пробку в дні бака). негайно закрити пробкою посуд після відбору проби. Залити пробки парафіном або сургучем при транспортуванні пляшок з пробами масла. Скляні банки, внесені з вулиці в приміщення (в холодний час), розкривають після їх нагрівання до температури приміщення. Відбір проби здійснюють при температурі масла не нижче 5 °С. |

\* Пробу відбирають влітку (у суху погоду) і взимку (в морозну без опадів). Температура посуду для відбору проби не повинна відрізнятись від температури заливаемого в нього масла більше ніж на 3-5°С.

Перед увімкненням під напругу з бака трансформатора знову відбирають пробу масла для скороченого аналізу, який включає такі випробування: на електричну міцність, температуру спалаху, визначення кислотного числа і реакції водної витяжки або кількісне визначення водорозчинних кислот і якісне визначення змісту зваженого вугілля і механічних домішок. Повний аналіз проводиться за всіма показниками (ДСТ 10121-76).

Для операцій з маслом в конструкції трансформаторів передбачені крани і пробки. Пробу масла треба відбирати з більшою ретельністю, так як бруд, волокна, пил і волога, що потрапили в нього при відборі, можуть призвести до спотворення результатів вимірювання та неправильного висновку про стан масла в трансформаторі. Умови відбору проб масла з трансформаторів і вимоги до нього наведено в табл. 7.1.

Для видалення шкідливих домішок і вологи з метою доведення масла до норм його піддають очищенню і сушінню за допомогою центрифуги і фільтр-преса. При центрифугуванні (сепарації) масла в барабані центрифуги під дією відцентрової сили рідина розділяється на декілька шарів: у стінок – шар важких забруднень, далі – шар легкої води і масла, в центрі – найбільш легка рідина або повітря. Залежно від характеру забруднення очищення масла в центрифугі роблять двома способами: кларифікація (освітлення) і пурифікацією (очищення).



Для сушіння масла в монтажних умовах застосовують пересувні майстерні, обладнані на базі автопричіпа, які укомплектовують сепаратором і всім необхідним інвентарем, інструментом, апаратурою. Необхідність в сушці трансформатора може виникнути тільки при порушеннях правил транспортування, зберігання і монтажу, тому питання сушіння розглядаються тут дуже коротко (більш докладно вони викладені у спеціальній літературі, зазначеної в кінці книги).

## 7.5 Контроль стану ізоляції трансформаторів

Допустимість включення трансформаторів без сушіння визначається результатами комплексу випробувань і вимірювань з урахуванням умов, в яких знаходився трансформатор до початку монтажу і в процесі його виконання.

Умови включення трансформаторів без сушіння і необхідність сушіння активної частини регламентовані «Інструкцією з контролю ізоляції трансформаторів перед введенням в експлуатацію», а також «Інструкцією транспортування, зберігання, монтажу та введення в експлуатацію силових трансформаторів на напругу до 35 кВ включно без ревізії їх активних частин».

**Коротка характеристика методів контролю вологості.** Для включення трансформатора без сушіння потрібно оцінити ступінь зволоження ізоляції, яка визначається такими характеристиками головної ізоляції трансформаторів, залитих маслом:

- виміром 15-секундного і однохвилинного опору ізоляції і знаходженням коефіцієнта абсорбції;
- виміром тангенса кута діелектричних втрат обмоток;
- виміром ємності та знаходження співвідношення  $C_2/C_{50}$  (метод «ємність - частота»);
- знаходженням відносин  $\Delta C/C$  і зміна цих значень в кінці і на початку огляду, якщо при монтажі проводився огляд активної частини трансформатора без масла (метод «ємність - час»);
- виміром ємності в нагрітому і холодному станах і визначенням відношення  $C_{гар} / C_{хол}$ , якщо за умовами монтажу необхідний підігрів трансформатора в маслі (метод «ємність - температура»).

**Коефіцієнт абсорбції.** Стан ізоляції обмоток визначають за коефіцієнтом абсорбції, тобто за співвідношенням опорів ізоляції обмоток залежно від часу прикладення напруги. Вимірюють мегаомметром опір ізоляції обмоток через 15 і 60 с після прикладення напруги і визначають коефіцієнт абсорбції, рівний відношенню  $R_{60}''/R_{15}''$ . Якщо при 10-30°C відношення  $R_{60}''/R_{15}''$  дорівнює 1,3, коефіцієнт абсорбції відповідає нормі.

**Тангенс кута діелектричних втрат.** Величина  $tg \delta$  також характеризує загальний стан ізоляції, будучи показником її зволоження і втрат в ній.

При прикладенні до ізоляції напруги з мережі споживається не тільки реактивна, а й активна потужність. Ставлення активної потужності, споживаної ізоляцією, до реактивної називається тангенсом кута діелектричних втрат, виражається у відсотках. Величина  $tg \delta$  обмоток трансформатора до 35 кВт потужністю менше 2500 кВ·А не повинна перевищувати 1,5 % при 10°C, 2 % – при 20°C, 2,6 % – при 30°C і 8 % – при 70°C.

Метод «ємність-частота». Про ступінь зволоженості обмоток судять по залежності ємності від частоти струму, що проходить по обмотках при незмінній температурі (метод «ємність-частота»). Ємність обмоток при частотах 2 Гц ( $C_2$ ) і 50 Гц ( $C_{50}$ ) вимірюють спеціальним приладом контролю вологості ПКВ при 10 – 20°C. Відношення  $C_2/C_{50}$  характеризує ступінь зволоженості ізоляції обмоток. Це відношення має бути не більше: 1,1 – при температурі обмоток 10°C; 1,2 – при 20°C і 1,3 – при 30°C.

Метод «ємність - час». Визначають відносний приріст ємності за часом  $\Delta C$  по відношенню до ємності  $C$  випробуваної обмотки при одній і тій же температурі. Метод «ємність-час»  $\Delta C/C$  дозволяє виявити навіть незначне зволоження ізоляції трансформатора.

Метод «ємність-температура». Інший ємнісний метод контролю вологості ізоляції обмоток заснований на залежності ємності обмоток від температури. Фізична основа його полягає в зміні діелектричної постійної ізоляції, а отже, і її ємності при зміні температури. Вплив температури на величину діелектричної постійної у зволоженої ізоляції проявляється сильніше, ніж у сухої. Найбільше припустиме значення відношення  $C_{\text{геп}}/C_{\text{хол}}$  обмоток в маслі становить 1,1.

Параметри ізоляції вимірюють при її температурі не нижче 10°C. Вимірювання допускається виконувати не раніше ніж через 12 год після закінчення заливання бака трансформатора маслом.

Обсяг і порядок перевірки трансформаторів для визначення можливості включення їх без сушіння та умови включення без сушіння наведені в інструкції і тут не розглядаються.

Трансформатори всіх потужностей піддають контрольному прогріванню в маслі за наявності ознак зволоження масла, з яким прибув трансформатор, або якщо час зберігання на монтажі без доливання масла перевищує час, вказаний інструкцією, але не більше 7 міс, або час перебування активної частини трансформатора на повітрі перевищує час,

визначений інструкцією, але не більше ніж удвічі, або характеристики ізоляції не відповідають нормам.

Якщо в результаті контрольного прогріву трансформатора характеристики ізоляції не приведені у відповідність з нормами або час його зберігання без доливання масла перевищує 7 міс, але не більше року, виконують контрольну підсушку ізоляції.

Сушку трансформаторів усіх потужностей проводиться обов'язково: за наявності слідів води на активній частині або в баці; тривалості перебування активної частини на повітрі, що перевищує більш ніж удвічі нормований час; зберіганні трансформатора без доливання масла більше одного року; невідповідності характеристики ізоляції нормам після контрольного підсушування.

Контрольний прогрів, який проводять у власному баці трансформатора з маслом без вакууму, продовжується до тих пір, поки температура верхніх шарів масла перевищить вищу з температур, зазначених у паспорті, на 5-15°C залежно від методу прогріву. При контрольній підсушці обмоток трансформатора прогрів здійснюється тими ж методами, що і контрольний прогрів до температури верхніх шарів масла, рівної 80 °С, при вакуумі, передбаченому конструкцією трансформатора. Режим контрольного підсушування рекомендований наступний: через кожні 12 год підсушування протягом 4 год проводити циркуляцію масла насосом через трансформатор; тривалість підсушування не повинна перевищувати 48 годин (не враховуючи часу нагрівання). Коли характеристики ізоляції досягнуть норми, підсушку припиняють, але не раніше, ніж через 24 годин після досягнення температури 80°C. Схема підсушування трансформатора показана на рис. 7.7.

Найбільш поширеним способом сушіння активної частини трансформатора є спосіб індукційних втрат в кожусі, заснований на його нагріванні вихровими струмами, що виникають при впливі на кожух змінного магнітного потоку. Магнітний потік змінюють за допомогою спеціальної намагнічуючої обмотки, намотуванню на кожух і живиться змінним струмом. Вихрові струми нагрівають кожух, в результаті чого через повітряний прошарок нагрівається і активна частина. Перед сушінням масло з бака трансформатора повністю видаляють.

Для рівномірного нагріву обмотки розташовують по нижній і верхній частинах бака, залишаючи близько 1/4 висоти вільною. У нижній частині бака укладають близько 60 – 65 % загального числа витків. Нагрівання регулюють перемиканням витків обмотки.

Перетин дроту і число витків намагнічуючої обмотки, а також необхідну потужність для нагрівання трансформатора визначають за спеціальними довідниками.

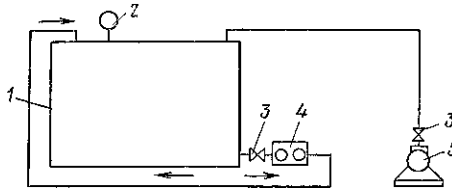


Рисунок 7.7 - Схема підсушки трансформатора:  
1 – бак трансформатора; 2 – вакуумметр; 3 – кран;  
4 та 5 – масляний та вакуумний насоси  
(стрілками позначено рух масла)

Щоб усунути відставання нагріву нижній частині бака від верхньої, додатково підігрівають дно бака трансформатора повітродувкою або закритими електропечами. Теплоізоляція бака створює сприятливі умови для прискорення сушіння та економії електроенергії. Її зазвичай виконують двошаровою з азбестових листів товщиною 4-5 мм. Листи кріплять шпагатом або кіперною стрічкою, але не дротом. Кришку утеплюють, щоб уникнути конденсації на ній вологи. Для контролю температур встановлюють термопари в середній фазі обмоток і термометри на залізі бака.

Перевіряють надійність ущільнень плавним збільшенням вакууму. Потім проводять пробний нагрів трансформатора. Приблизно протягом години на різних ступенях регулювання зіставляють результати вимірювання струмів з розрахунковими даними. Спостерігають за швидкістю нагріву бака. Якщо результати пробного нагріву задовільні, трансформатор вважають готовим до сушки. Сушку трансформатора способом втрат в кожусі починають з розігріву трансформатора. При цьому забезпечують плавне зростання температури кожуха регулюванням числа витків. Тривалість розігріву кожуха коливається від 12 до 15 год для трансформаторів середньої потужності. Необхідно ретельно контролювати температурний режим сушки, не допускаючи збільшення температури обмоток більш 100-105 і кожуха 110-120°C. Сушіння проводять під вакуумом. Першим показником закінчення сушіння є усталений протягом 6 год опір обмоток при постійних вакуумі і температурі обмоток. Другий показник - зникнення або незначне виділення конденсату. Після закінчення сушіння і зниження температури

обмоток трансформатора до 75-80°C його бак заповнюють висушеним під вакуумом маслом через нижній кран. Трансформатори на напругу до 35 кВ включно дозволяється заливати маслом (без вакууму) при його температурі не нижче 10 °С. У процесі сушіння і заливки трансформатора маслом температуру нагрівання бака і активної частини регулюють періодичним включенням і відключенням живлення намагнічуючої обмотки. Схема сушіння трансформатора способом індукційних втрат наведена на рис. 7.8.

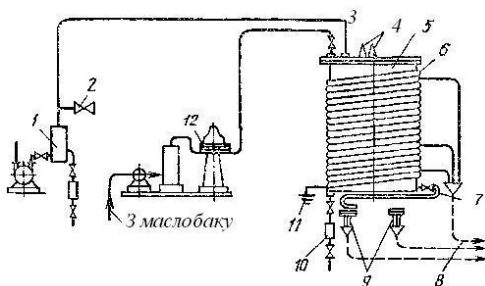


Рисунок 7.8 - Схема сушки трансформатора способом індукційних втрат:

- 1 – вакуумна установка; 2 – кран для регулювання вакууму;
- 3 – вакуумметр; 4 – тимчасові введення для вимірів; 5 – трансформатор;
- 6 – намагнічуюча обмотка; 7 – труба для продувки гарячим повітрям;
- 8 – живлячі кабелі; 9 – електричні печі; 10 – відстойник для зливу масла;
- 11 – заземлення бака; 12 – сепаратор (центрифуга)

## 7.6 Збірка та встановлення трансформаторів

Перед установкою радіаторів перевіряють роботу радіаторних кранів, знімають заглушки, очищають поверхні фланців. Промивання та випробування радіаторів, які раніше проводилися як обов'язкові, в даний час виконують лише при виявленні пошкоджень або порушенні герметизації.

Радіатор піднімають краном за допомогою троса за приварену у верхній його частині скобу, встановлюють на шпильки верхнього радіаторного крана і нагвинчують гайки на кілька ниток; аналогічно встановлюють радіатор на шпильки нижнього радіаторного крана. При неспівпадіння отворів фланця радіатора зі шпильками радіаторних кранів кілька послаблюють затяжку гайок, що прикріплюють корпус крана до фланця бака. По закінченні установки радіаторів затягують всі гайки і

перевіряють хід кранів, фіксуючи крайні їх положення при відкритті і закритті.

Трансформатори заповнюють через нижні крани маслом, відкривши при цьому наявні у верхній частині пробки для випуску повітря. Потім відкривають верхні радіаторні крани і при появі в отворах масла ввертають пробки і ущільнюють їх. Слідом за монтажем системи охолодження встановлюють термосифонні фільтри.

Монтаж розширювача починають з укріплення на кришці трансформатора двох кронштейнів, на які ставлять розширювач без кріплення. Потім монтують газове реле, попередньо перевірене в лабораторії. Видаливши з з'єднувального патрубку проміжну ланку між маслорозширювача і баком трансформатора, на його місце ставлять газове реле на клінгерітових прокладках, покритих гліфталевим або бакелітовим лаком. Положення реле має бути строго горизонтальним. На заводі реле перевіряють на непроникивість, тому при монтажі не слід розгвинчувати ущільнюючі з'єднання. Маслопровод між розширювачем і баком трансформатора повинен мати нахил у бік бака не менше 2 °. Після установки газового реле, вивірки і закріплення маслопровода остаточно закріплюють розширювач хомутами і шпильками.

У змонтованому корпусі газового реле закріплюють поплавкову систему так, щоб стрілка на її кришці вказувала напрямок руху масла від бака трансформатора до розширювача. Реле рівня масла встановлюють на фланці дна розширювача на ущільнювальну прокладку. Його дію перевіряють при випробуванні розширювача на герметичність (маслом). Реле рівня перевіряють за допомогою лампочки, яка гасне при підвищенні встановленого рівня масла, після цього від'єднують лампочку і підключають контрольний кабель через сальник в коробці виводів.

Вихлопну трубу розміщують на місці заглушки, що знаходиться на кришці трансформатора. Трубу закріплюють на новій ущільнювальній прокладці і затягують рівномірно на всі болти. Для забезпечення більшої стійкості трубу скріплюють з розширювачем або кришкою трансформатора спеціальною планкою. Термометричний сигналізатор монтують на спеціальному пластиці, привареному до стіни бака.

Повітрясушиник при підготовці до установки розбирають, очищають від забруднень, промивають маслом і просушують; в патрон засипають індикаторний силікагель і встановлюють скло в оглядовому вікні. У циліндр засипають силікагель (попередньо просушений і просіяний) так, щоб вгорі кришки залишався вільний простір 15-25 мм. Для приведення гідравлічного затвора в дію заливають через патрубок чисте сухе трансформаторне масло до позначки нормального рівня за вказівником.

Термосифонний фільтр і фільтруючий пристрій до установки розбирають, очищають і промивають сухим трансформаторним маслом. Фільтри заповнюють силікагелем перед включенням в експлуатацію. В якості адсорбенту для засипання в апарати захисту масла застосовують силікагель КСК.

Попередньо підготовлений термосифонний фільтр встановлюють так само, як прямотрубні радіатори; завантаження у фільтр через люк заздалегідь підготовленого силікагелю проводиться перед самим заповненням фільтра маслом. Для його заповнення (після установки розширювача та доливання маслом) відкривають нижній радіаторний кран, виймають пробку для випуску повітря і заповнюють фільтр маслом з трансформатора. При появі масла в отворі пробки, встановленої на верхньому патрубку, закривають нижній радіаторний кран на баку і дають відстоятися маслу у фільтрі протягом 1,5 ч. Спускають частину масла з фільтра через нижню пробку і закривають її. Нижній радіаторний кран відкривають, заповнюють фільтр і верхній патрубок маслом повністю, випустивши залишки повітря через пробки на кришці фільтра і в верхньому патрубку. Потім пробки закривають, відкривають верхній і нижній радіаторні крани повністю.

При установці трансформатора на фундамент, перевіряють надійність роботи газового реле, при цьому кришка трансформатора повинна мати підйом у напрямку до газового реле 1 - 1,5°, а кришка реле розташовуватися суворо горизонтально. Ухил контролюють рівнем і дерев'яною рейкою довжиною 1 м. Висота підкладок під нижнім кінцем рейки для досягнення рівнем горизонтального положення дає ухил в градусах.

Ошиновку трансформаторів виконують так, щоб не створювалися механічні напруження в порцеляні та інших деталях введень. Для ошиновки застосовують алюмінієві кабелі та шини, які під'єднують до мідних шпильок введень трансформаторів через мідно-алюмінієві накінецьники або перехідні пластини. Використовують також перехідні пластини, виготовлені з листового плакованого алюмінію.

У трансформаторах невеликої потужності перемичку між введеннями нижчої напруги і розподільним щитом зазвичай виконують проводами АПРТО або ПРТО, які прокладають по сталевій смузі, що закріплюється болтами до кришки бака трансформатора.

## **7.7 Особливості монтажу герметичних трансформаторів**

Герметичні трансформатори, заповнені совтолом (ТНЗ) або трансформаторним маслом (ТМЗ), на місці установки не підлягають

розбиранню. Перед установкою їх оглядають, звертаючи увагу на цілість герметизації. Трансформатори поставляються заводом під вакуумом або ж з надлишковим тиском (з азотною або повітряною подушкою). Цілість герметизації перевіряють за показаннями мановакуумметра, для чого відкривають кран, що роз'єднує мановакуумметр і бак трансформатора. Якщо герметичність трансформатора не порушена, прилад повинен показати вакуум або надлишковий тиск. Після цього знижують в трансформаторі тиск до нуля або знімають вакуум через спеціальну пробку у верхній частині бака. Потім замінюють тимчасову сталеву заглушку, що знаходиться на кришці над реле тиску, спеціальною склянню діафрагмою і перевіряють готовність реле до дії.

Совтолові трансформатори використовують, коли заборонено застосовувати масляні: ускладнено спорудження маслосбірних ям; неприпустима через пожежну безпеку установка КТП з сухими трансформаторами.

Совтол – охолоджуюча рідина, хімічно стійка, пожежо-та вибухобезпечна. За зовнішнім виглядом- це безбарвна, прозора або злегка жовтувата рідина, що не містить води і механічних домішок. Для трансформаторів застосовують совтол-10, що має відносно високі в'язкість і температуру застигання. Совтол дуже гігроскопічний (швидко зволожується), тому час встановлення скляної діафрагми не можна затягувати. Рівень совтола в баці трансформатора повинен відповідати температурній позначці покажчика. При невідповідності рівня позначки совтол або доливають через верхній вентиль, або зливають надлишок через нижній край. Після встановлення відповідного рівня совтол беруть для випробування на електричну міцність.

Щільність совтола більше одиниці, тобто він важче води, і домішки зазвичай скупчуються на його поверхні, тому пробу беруть у верхній частині бака через спеціальну пробку. Для проби застосовують скляний посуд ємністю 0,5 л зі склянню притертою пробкою. Пробки з інших матеріалів, особливо гумові, використовувати не можна. Посуд промивають спеціальною хромовою сумішшю, холодною і гарячою водою, дистильованою водою і сушать протягом 1 - 1,5 год при 110°C. Посуд з-під совтола промивають ацетоном або сумішшю ацетону зі спиртом і сушать.

При відборі проби вживають заходи, що оберігають совтол від вологи і пилу, оскільки він дуже чутливий до забруднення. Скляні пляшки з совтола повинні зберігатися в затемнених приміщеннях.

Для випробування на електричну міцність совтол підігрівають до 70-75°C і заливають у посудину тонкою струйкою без утворення повітряних бульбашок, дають відстоятися протягом 5-10 хв і охолонуту



до 65-68°C. Електроди повинні бути занурені в рідину не менше ніж на 15 хв. Напругу підвищують плавно зі швидкістю 2 - 5 кВ/с до моменту пробою. Після кожного пробою проміжок між електродами прочищають, злегка перемішують совтол, і повторюють випробування до п'яти разів. Електрична міцність проби визначається як середнє та повинна бути не менше 30 кВ. Якщо пробивна напруга проби нижче цього значення, совтол сушать до відновлення необхідної електричної міцності.

Совтол є токсичною рідиною, тому при роботі з ним дотримуються особливої обережності.

Відкриті частини тіла після роботи з совтолом ретельно обмивають теплою водою з милом, а при попаданні на шкіру його попередньо змивають розчинником, а потім цю ділянку обмивають водою з милом. В якості розчинника можна застосовувати ацетон.

При роботі з совтолом користуються спеціальним одягом, який негайно знімають по закінченні роботи. Спецодяг повинен зберігатись окремо. Роботи при великих відкритих поверхнях совтола проводять під ковпаком з витяжною вентиляцією або з використанням респіраторів, протигазів і т. п. Очі повинні бути захищені від бризок захисними окулярами.

Сушка совтола пов'язана з великими труднощами, тому іноді його замінують. Після сушіння або заміни совтола необхідно перевірити герметичність трансформатора сухим стисненим повітрям або азотом при надмірному тиску протягом 6 г. Якщо за цей час тиск не знизиться, герметичність вважається задовільною, тиск знижується до нуля і трансформатор може бути включений під напругу. Перед заповненням трансформатора стисненим повітрям або азотом балон повертають вентиляем вниз і випускають певну кількість газу або повітря в атмосферу для видалення можливого скупчення води в балоні. Якщо трансформатор включають під напругу не безпосередньо після монтажу, його тримають під надлишковим тиском. Герметичні трансформатори, заповнені маслом, перед введенням в експлуатацію піддають ревізії.

При необхідності доливання масло повинне мати діелектричну міцність не менше 40 кВ, а проба, взята після доливання, повинна витримувати випробувальну напругу не менше 35 кВ. Якщо пробивна напруга масла виявиться нижче 35 кВ, його сушать, а при виявленні в маслі води – сушать і активну частину трансформатора.

Сухі трансформатори до включення під напругу також повинні бути піддані ревізії. При зовнішньому огляді звертають увагу на відсутність механічних пошкоджень заліза, обмоток, ізоляторів, перевіряють надійність контактних з'єднань, ущільнення обмоток; всі ізоляційні прокладки при перевірці рукою не повинні рухатися.

Після перевірки продувають обмотки стислим повітрям, при цьому на повітряному шлангу не повинно бути металевго наконечника. Після продувки заміряють опір ізоляції обмотки стяжних шпильок, пресуючих ярмо трансформатора (воно не повинно відхилитися в бік зниження більш ніж на 30 %). Якщо ізоляція обмоток трансформатора виявиться нижче норми, необхідна їх сушка, що виконується у відповідності з інструкцією заводу-виробника.

### **Контрольні питання**

1. Перерахуйте основні частини силового трансформатора.
2. Як здійснюють охолодження трансформаторів?
3. Які вимоги висувають до трансформаторного масла?
4. Для чого встановлюють на трансформаторах повітряосушки і термосифонний фільтр, яку вони мають будову?
5. Які схеми та групи з'єднань обмоток трансформаторів ви знаєте?
6. Які умови включення трансформаторів на паралельну роботу?
7. Розкажіть про особливості конструкції сухих трансформаторів і трансформаторів, заповнених совтолом.
8. Перерахуйте способи транспортування, завантаження і вивантаження трансформаторів.
9. Які умови включення трансформатора без ревізії його активної частини?
10. Які способи контролю вологості ізоляції обмоток трансформаторів ви знаєте?
11. Як збирають і встановлюють трансформатори?
12. Розкажіть про фізико-хімічні властивості совтола і його сушіння.

## РОЗДІЛ № 8

### 8. МОНТАЖ КОМПЛЕКТНИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ

#### 8.1. Основні відомості про комплектні трансформаторні підстанції на напругу 6-10 кВ

**Конструкція підстанцій.** Комплектною трансформаторною підстанцією (КТП) називається підстанція, яка складається з трансформаторів та блоків (КРП чи КРУН та інших елементів), що поставляються в зібраному або повністю підготовленому для збирання вигляді. В експлуатації КТП надійні і безпечні, оскільки їх конструкція виключає можливість випадкового дотику до струмоведучих частин. Ревізія та заміна пошкодженої комутаційної апаратури здійснюються швидко, без складних демонтажних або монтажних робіт і відключення інших електроприймачів, що живляться підстанцією.

Комплектні трансформаторні підстанції розділяють: за потужністю трансформаторів і їх числа; по первинній напрузі; по розташуванню (одно-і дворядні, магістральні); за характеристикою навколишнього середовища (наприклад, тропічне виконання); за родом установки (внутрішня і зовнішня); за схемою підключення до лінії (для глухого під'єднання, під'єднання через роз'єднувач і запобіжники, через вимикач навантаження). Їх застосовують в основному як понижуючі трансформаторні підстанції для електропостачання промислових і комунальних споживачів. Для електропостачання промислових підприємств використовують КТП внутрішньої і зовнішньої установки напругою до 10 кВ включно і потужністю від 160 до 2500 кВ·А.

Комплектні підстанції внутрішньої (КТП) і зовнішньої (КТПН) установки складаються з блоку введення високої напруги (6-10 кВ), силового трансформатора (одного чи двох) і комплектного розподільного пристрою низької напруги (0,4 кВ) з передбаченою проектом захисно-комутаційною апаратурою, приладами вимірювання, сигналізації та обліку електроенергії.

Високовольтні блоки виконують у вигляді коробка зі знімними дверима на лицьовій стороні (для КТП до 630 кВ·А) або шафи з листової сталі з верхньої та нижньої зовнішніми і верхньої сітчастої внутрішньої дверима і комплектують триполюсними роз'єднувачами з сітчастою огорожею та запобіжниками ПК або без них. Сітчасті двері обладнано блокуванням з приводом роз'єднувача. Шафові введення високої напруги (для КТП 630-2500 кВ·А) комплектують вимикачем навантаження з ножами заземлення і двома приводами – до вимикача і ножа заземлення.

Між вимикачем і сітчастими дверима є блокування, що не дозволяє включати вимикач при відкритій сітчастими дверима.

Трансформатори з боку ВН при холостому ході або номінальному навантаженні відключаються вимикачами навантаження, а при перевантаженні або короткому замиканні - запобіжниками.

Силкові трансформатори серії ТМЗ з бічними вводами, що застосовуються для комплектування КТП, мають герметичний бак підвищеної міцності з азотним захистом. Вони забезпечені електроконтактними вакуумметрами (для контролю внутрішнього тиску), реле тиску, термосигналізатор, а також термосифонного фільтрами (для ТМЗ 1000/10 і вище). Поряд з трансформаторами серії ТМЗ з природним масляним охолодженням у КТП використовують трансформатори ТНЗ з совтовим заповненням і сухі з скловолокнистою ізоляцією.

Комплектний розподільчий пристрій на 0,4 кВ складається з шафи введень і шаф фідерних ліній з вбудованими висувними автоматами, вимірювальними, захисними і сигнальними приладами і апаратами. Двотрансформаторні підстанції мають додатково ще одну шафу введення низької напруги і секційну шафу. Кожна шафа складається з шинної і комутаційної частин, розділених металевими перегородками. Підстанції не мають розподільних пристроїв високої напруги. Апарати керування і захисту з боку високої напруги розташовані в розподільчих пристроях, до яких ці підстанції приєднують кабелем.

На рис. 8.1 показана комплектна підстанція КТП 10/0,4, яка складається з силового трансформатора 2, шафи 3 вводу високої напруги і шафи 1 розподільного пристрою низької напруги.

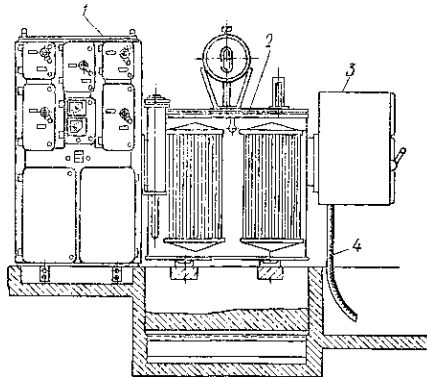


Рисунок 8.1 - Однотрансформаторна комплектна підстанція КТП 10/0,4:

1 – шафа розподільного приладу НН; 2 – силовий трансформатор;

3 – високовольтний блок ВН; 4 – високовольтний кабель

Введення високої напруги розташовані в спеціальному сталевому кожухі на баку трансформатора. Прохідні ізолятори високої напруги входять всередину кожуха з масляного бака. Контактний пристрій має можливість підключення двох жил кабелів до кожної фази, що дозволяє з'єднувати кілька КТП ланцюгом або в кільце.

На кришці бака трансформатора встановлені розширювальний бачок з мастиловказівником рівня, повітрясушиник і газове реле, що реагує на сигнал або відключення. Протилежна вузька сторона масляного бака трансформатора з'єднана кожухом з блоком розподільного пристрою низької напруги. Усередині кожуха розташовані виводи нижчої напруги трансформатора, які з'єднані шинами з автоматичним повітряним вимикачем (автоматом) вводу нижчої напруги.

Блок розподільного пристрою низької напруги змонтований в сталевій шафі і складається з ввідного автомата, шести запобіжників-вимикачів на струми до 200 А і двох запобіжників-вимикачів на струми до 400 А. До запобіжників-вимикачів всередині шафи приєднують відхідні лінії низької напруги.

**Об'ємні підстанції.** Новим технічним рішенням, що забезпечує подальше підвищення рівня індустріалізації, скорочення термінів спорудження об'єктів, поліпшення якості будівництва, є створення об'ємних підстанцій на напругу 6-10 кВ в одно-і двохтрансформаторному виконанні.

Будівельна частина підстанції складається з окремих об'ємних блоків, виготовлених на заводі залізобетонних виробів. Всі необхідні отвори, а також монтаж внутрішнього обладнання виконують на заводі. Для кріплення електрообладнання в панелі закладають спеціальні металеві деталі. Окремі елементи (панелі) з'єднуються між собою металевим зв'язком зварюванням або на болтах в об'ємні блоки.

Заводи виробляють приміщення для підстанції цільними або складеними з окремих об'ємних секцій, що збираються на монтаж. Об'єми КТП забезпечені пристроями, що забезпечують їх вентиляцію, опалення, освітлення і зв'язок. Крім того, в конструкції передбачені всі приєднувальні елементи, необхідні для підведення зовнішніх комунікацій. Будівельні роботи з такими підстанціями, встановлюваним на відкритому повітрі, зводяться до планування майданчика або кладці фундаменту стрічкового типу з цегли або залізобетонних блоків.

Для підстанцій, встановлених всередині виробничого корпусу, виконують бетонну підготовку. Об'ємні елементи виготовляють із залізобетону або металу. Залежно від числа і потужності трансформаторів, кількості та типу шаф розподільних пристроїв високої та низької напруги будівельна частина підстанцій може складатися з

одного або декількох об'ємних блоків, які є цілком закінченими елементами, що не вимагають будь-якого доопрацювання на місці установки.

Перевезення кожного блоку об'ємної підстанції здійснюється окремо, їх габарити допускають транспортування по залізних і автомобільних дорогах. Приймання під монтаж залізобетонних об'ємних елементів, коли вони доставляються будівельниками для монтажу електрообладнання в МЕЗ або безпосередньо на місце установки, полягає в перевірці розташування закладних конструкцій, кабельного підпілля, маслозбірних ям, якості обробки стель, стін, підлог і покрівлі. Необхідною умовою при прийманні підстанцій, які складаються з кількох елементів, є перевірка щільності з'єднання блоків і комплектність деталей для їх складання.

Перші об'ємні ТП виконувалися тільки з залізобетонних елементів, виготовлялися разом з будівельною частиною на заводі, де вироблялися також ревізії і налагодження змонтованого в ТП електрообладнання. Підстанції доставляють на трайлері до місця монтажу і встановлюють на заздалегідь підготовлену площадку або фундамент. Для пуску такої підстанції необхідно лише приєднати зовнішні кабельні або повітряні лінії.

Об'ємні трансформаторні підстанції із залізобетонних панелей все більше витісняються підстанціями з металевим каркасом, обшитим сталевим оцинкованим, гофрованим листом. Таку підстанцію виготовляють поза будівельного майданчика (на заводі або в монтажних майстернях), в ній монтують все електрообладнання, крім трансформаторів, і в готовому вигляді доставляють на об'єкт монтажу, де встановлюють на фундамент (рис. 8.2). Об'ємна металева підстанція коштує дешевше і менш матеріаломістка, ніж збірна з залізобетонних панелей і тим більше цегляна. Її маса без трансформатора не перевищує 5 т. На рис. 8.3 показана трансформаторна підстанція потужністю 630 - 1000 кВ·А в об'ємному виконанні.

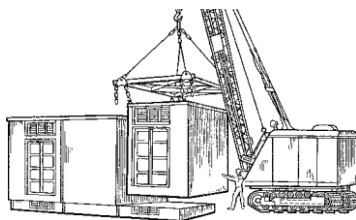


Рисунок 8.2 - Монтаж трансформаторної підстанції із об'ємних елементів на будівельному майданчику

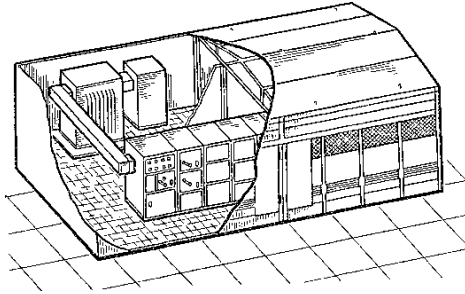


Рисунок 8.3 - Трансформаторна підстанція потужністю 630–1000 кВ·А в об'ємному виконанні

**Об'ємні електротехнічні приміщення.** Індустріальні панельні електротехнічні приміщення (ШЕП) призначені для розміщення в них щитів (розподільних, релейних, станцій управління), комплектних трансформаторних підстанцій, шаф і камер розподільних пристроїв, перетворювальних агрегатів та іншого електрообладнання.

Індустріальні електротехнічні панельні приміщення випускають двох виконань: ШЕП-0 – шириною 3170, 4010, 5100 і 6100 мм з панелями, обшитими сталевим листом, і ШЕП-А – шириною 3020, 4220, 4820 і 6020 мм з панелями, обшитими азбоцементними плитами. Всі приміщення виконують заввишки 3,6 м, а їх довжина залежить від кількості панелей.

Панелі мають уніфіковану конструкцію, що забезпечує їх взаємозамінність і полегшує установку. Панель з дверима можна встановлювати в будь-якому місці по периметру приміщення, крім кутів з бічних сторін і місць установки стійок каркаса. Панелі з прорізами можна розміщувати в ряд не частіше ніж через одну глуху панель.

Для встановлення навісного електрообладнання передбачають спеціальну рамну конструкцію шириною 2000 мм з трьома горизонтальними рейками, розташованими на висоті від підлоги 800, 1400 і 1800 мм. Рамна конструкція має відмінне забарвлення.

Приміщення можуть мати підвісну стелю, що використовується для розміщення пристроїв освітлення та вентиляції.

Збирають ШЕП безпосередньо на місці їх уставки на чистій бетонній підлозі без використання заставних елементів. До моменту складання ШЕП у разі виведення кабелів вниз в підлозі цеху виконують канали для підведення кабелів.

## 8.2 Встановлення комплектних трансформаторних підстанцій

Основні операції монтажу КТП зводяться до доставки зібраних блоків або всієї підстанції до місця монтажу, піднесенню та встановлення на фундамент.

У приміщенні або на майданчику, де встановлюється КТП (КТПН), необхідно повністю закінчити всі основні будівельні роботи. Кабельні канали та отвори повинні точно відповідати кресленням, повинні бути встановлені труби для проходу кабелю.

Способи доставки блоків КТП на місце монтажу залежать від умов будівництва даного об'єкта. У ряді випадків доцільно доставляти блоки, коли вантажно-розвантажувальні роботи і транспортування їх на місце можна виконати за допомогою кранів та автомобільного чи залізничного транспорту без проміжного вивантаження.

Монтаж КТП виконують у певній послідовності. До початку монтажу перевіряють пристрої закладних основ (вони повинні бути встановлені за рівнем і точно відповідати кресленням проекту). Відхилення від рівня не повинно перевищувати 1 мм на 1 м довжини і 5 мм на всю довжину. Несучі поверхні обох швелерів повинні бути в одній суворо горизонтальній площині і виступати з чистої підлоги на 10 мм. Швелери приєднують до контуру заземлення смуговою сталлю 40 x 4 мм не менше, ніж у двох місцях.

Монтаж КТП, як і інших комплектних пристроїв, складається з наступних операцій: доставки блоків обладнання на місце; їх розпакування; установки на закладні основи; вивірки по шнуру і відвісу; стягання болтами; приварюванню до основи; електричного з'єднання блоків одного з іншим або прокладки збірних шин; підключення кабелів; ревізії і регулювання апаратів.

Завантаження і вивантаження блоків КТП і трансформаторів виконують тільки за допомогою підйомного крану. При стропуванні, в місцях вигинів стропов, встановлюють надійні розпорки, що оберігають шар краски від пошкодження, особливо якщо блоки поставляють не в ящику, а в обшивці. Блоки доставляють в приміщення за допомогою лебідок на котках. Перед остаточною установкою на напрямні швелери блоки розпаковують. Їх транспортування до місця доставки в приміщення проводять на спеціальних візках, а установку - за допомогою спеціальних пристосувань.

При збірці підстанцій з'єднують виводи обмоток НН трансформатора з розподільчим пристроєм, встановлюють автомати, монтують заземлення. Шини зазвичай з'єднують за допомогою сжимних плит. Контактну поверхню шин не можна зачищати сталевими щітками і



наждачним шкіркою щоб уникнути пошкодження протикорозійного покриття. Для очищення контактну поверхню протирають чистою тканиною, змоченою в бензині. Блоки встановлюють по черзі, попередньо знявши спеціальні заглушки, що закривають виступаючі кінці шин і підйомні скоби з опорних швелерів.

Перевіряють висувні автоматичні вимикачі низької напруги на збіг вертикальних і горизонтальних осей. Крім того, перевіряють збіг осей симетрії рухомих і нерухомих допоміжних контактів. Ці контакти повинні мати провал у 1,5-2 мм. Для вкочування і викочування автоматичних вимикачів застосовують спеціальний пристрій, що поставляється заводом.

Монтаж завершується перевіркою справності проводок і приладів, надійності кріплення болтових з'єднань, справності електричної ізоляції, приєднань кабелів високої напруги до трансформаторів та кабелів фідерних ліній, а також приєднань до мережі заземлення.

#### Контрольні питання

1. Яка будова комплектної трансформаторної підстанції?
2. Які переваги мають КТП порівняно із звичайними некомплектними підстанціями?
3. Як приєднують до КТП і КТПН кабельні та повітряні лінії?
4. Розкажіть про об'ємні підстанції, їх конструкції та переваги.
5. Що являє собою індустріальне панельне електроприміщення ШЕП?
6. У якій послідовності виконують завантаження, вивантаження блоків КТП і їх монтаж?
7. Якими трансформаторами комплектують КТП і КТПН?
8. Розкажіть про монтаж і перевірку змонтованих висувних автоматів.

## РОЗДІЛ №9

### 9. МОНТАЖ КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ. БУДОВА ТА МОНТАЖ ВИМИКАЧІВ

**Типи вимикачів.** Оперативне включення і відключення під навантаженням електрообладнання або окремих апаратів розподільних пристроїв, підстанцій або електричних мереж, а також їх автоматичне відключення при порушенні встановленого режиму роботи (короткі замикання, перевантаження) здійснюються вимикачами.

На напругу 6 і 10 кВ застосовують масляні, електромагнітні, автогазові і повітряні вимикачі, а в останні роки - вакуумні. Однак найбільше поширення в закритих розподільчих пристроях отримали масляні вимикачі, в яких засобом гасіння дуги є мінеральне масло.

Розрізняють два види масляних вимикачів (за кількістю масла для їх заповнення): бакові (багатооб'ємні) і горшкові (малооб'ємні).

Баковий масляний вимикач має один загальний для всіх трьох фаз бак, заповнений маслом, яке займає 70-80% його обсягу. Масло служить не тільки для гасіння електричної дуги, що виникає між контактами при відключенні, а й ізоляцією струмоведучих частин один від одного і від заземленого бака.

Бакові вимикачі, що діють на принципі простого розриву дуги в маслі, раніше широко застосовувалися, в даний час не використовуються, тому тут не розглядаються. Вони мають малу відключаєму здатність, вибухо-і пожежонебезпечні.

На промислових підприємствах в розподільчих пристроях напругою 6-10 кВ застосовують виключно горшкові вимикачі. Масло в них використовують лише для гасіння дуги, тому його значно менше – 3-4 % обсягу горщика (полюса).

Принцип дії вимикача заснований на гасінні електричної дуги, що виникає при розмиканні контактів, потоком газомасляної суміші, яка утворюється в результаті інтенсивного розкладання трансформаторного масла під дією високої температури дуги. Цей потік отримує певний напрямок в дугогасному пристрої, розміщеному в зоні горіння дуги. Гасіння електричної дуги при змінному струмі полегшується тим, що струм протягом одного періоду двічі проходить через нуль.

Вимикач має такі особливості: його контакти облицьовані дугостійкою металокерамікою, що значно збільшує термін їх служби; дугогасильні пристрої доступні для огляду і ревізії; після огляду не потрібно повторного регулювання; виводи допускають безпосереднє приєднання алюмінієвих шин. Кожен полюс вимикача розміщений в

окремому циліндрі (горщику), і після приєднання струмопровідних шин до кришок циліндрів останні виявляються під напругою. Тому на поверхні циліндрів наносять застережливі знаки у вигляді стріли і всі три полюси закріплюють на ізоляторах на загальній рамі.

Масляні вимикачі характеризуються: номінальною напругою (в кіловольтах), номінальним струмом (в амперах), відключаючою здатністю – потужністю відключення (в мегавольт-амперах), номінальним струмом відключення (в кілоампер) та іншими параметрами. Відключаюча здатність масляного вимикача визначається тією граничною потужністю короткого замикання, яку він під дією захисту здатний відключити без яких-небудь руйнувань вимикача. Вимикачі не повинні піддаватися дії струму, що перевищує граничний наскрізний струм короткого замикання.

Вимикачі розрізняють по кліматичному виконанню (наприклад, У – помірний клімат, Т – тропічний) і по категорії розміщення. Кліматичні виконання У і Т відрізняються один від одного ізоляцією і характером покриттів. Крім того, вимикачі розрізняють також за характером застосовуваних для управління ними приводів.

На промислових підприємствах в закритих розподільчих пристроях використовують малооб'ємні масляні вимикачі серій ВМП-10, ВМПП-10, ВМПЕ-10 і ін. Для комплектування КРУ все більше випускається вимикачів з вбудованими приводами, які не підлягають налагодженню і регулюванню, оскільки вони повністю зібрані і відрегульовані на заводі-виробнику. Всі вимикачі серії ВМП максимально уніфіковані і в якості базової моделі служить ВМП-10.

За останні роки стали використовувати частіше вимикачі з електромагнітним гасінням дуги. Перспективні нові вакуумні вимикачі, особливо для застосування в установках, де потрібна велика кількість циклів відключення, а також елегазові.

Вимикачі ВМП-10 (масляні підвісні) призначені для роботи в закритих установках змінного струму високої напруги (10 кВ) частотою 50 Гц і виготовляються двох видів: звичайні – для роботи в нормальних кліматичних умовах і тропічні (Т). Крім того, їх виконують з посиленою механічною стійкістю (У).

Залежно від типу розподільчих пристроїв вимикачі випускаються за габаритами двох виконань: для комплектних стаціонарних розподільчих КСО (ВМП-10, ВМП-10У, ВМП-10Т) і для малогабаритних комплектних розподільчих пристроїв КРУ з викатними ланками (ВМП-10К, ВМП-10КУ, ВМП-ПКТ).

Вимикач ВМП-10 (рис. 9.1) виготовляють триполюсним, розрахованим на номінальну напругу 10 кВ і струми 600, 1000 і 1500 А. Він змонтований на загальній зварної рамі 3, на якій укріплені полюси 1

на шести ізоляторах 2 (по два на полюс) з еластичним кріпленням арматури для підвищення механічної міцності вимикача. Усередині рами розташований приводний механізм, який через ізоляційну тягу 4 передає рух від приводу рухомих контактам вимикача і складається з приводного валу 5 з важелями, відключаючих пружин і масляного буфера 6.

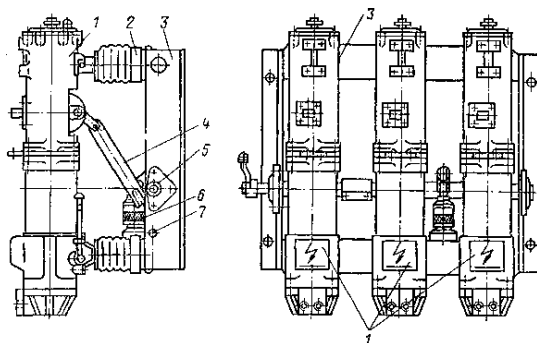


Рисунок 9.1 - Вимикач ВМП-10:

1 – полюс; 2 – ізолятор; 3 – рама; 4 – ізоляційна тяга; 5 – приводний вал;  
6 – масляний буфер; 7 – болт заземлення

Кожен полюс являє собою міцний вологостійкий ізоляційний розпірний циліндр, на кінцях якого армовані металеві фланці. На верхньому і нижньому фланцях є контактні поверхні для приєднання до вимикача відгалужувальних шин. На верхньому фланці укріплений корпус з алюмінієвого сплаву, усередині якого розташовані механізм важеля, рухливий контактний стрижень, роликострумоємний пристрій і масловіддільник. Корпус закривається кришкою, що має отвори для виходу газів і маслонування з пробкою. Нижній фланець закривається знімною кришкою, всередині якої розташований нерухомий розетковий контакт, а ззовні – пробка отвір для спуску масла. Для спостереження за рівнем масла на вимикачі встановлений масловказівник. Усередині циліндра над розетковим контактом знаходиться гасильна камера, що працює на принципі масляного дугтя.

Вимикач включається за рахунок енергії привода, а відключається пружинами. Для пом'якшення удару при включенні служить пружинний буфер, що збільшує зусилля відключення і прискорює розмикання контактів, а при відключенні – масляний буфер.

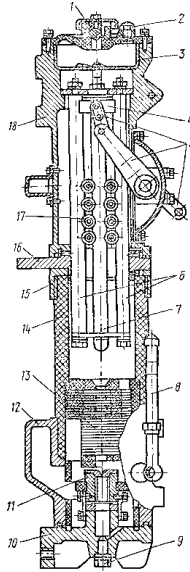


Рисунок 9.2 - Полюс вимикача ВМП-10:

- 1 і 10 – верхня та нижня (введення) кришки; 2, 9 – пробки;  
 3 – масловідокремник; 4, 6 – вказівна колодка та стержні;  
 5 – механізм; 7, 11 – рухомі і нерухому контакти;  
 8 – масло вказівник; 12, 15 – нижні та верхні фланці;  
 13 – дугогасильна камера; 14 – циліндр; 16 – контактний вивід;  
 17 – роликострумомоз’єм; 18 – корпус

Для підвищення стійкості контактів проти дії електричної дуги і збільшення терміну їх служби знімний наконечник рухомого контакту і верхні торці ламелей розеткового контакту облицьовані дугостійкістю металокерамікою.

Деталі будови полюса вимикача ВМП-10 показані на рис. 9.2. Корпус 18 полюса вимикача закритий кришкою 1, має отвір для виходу газів і пробкою 2. Між кришкою і корпусом встановлений масловіддільник 3 для роз’єднання газів і масла при вихлопі в процесі гасіння дуги. Електричний ланцюг підводиться до рухомого контакту 7 від верхнього виводу 16 через напрямні стержні 6 і роликострумомоз’єм 17. Центрування ходу рухомого контакту з конструктивною віс’ю полюсів здійснюється капроною колодкою 4 і роликами струмоміання. З виводом 16 жорстко з’єднані склооксидний циліндр 14, армований фланцями 12 і 15, і корпус 18 з механізмом рухомого контакту.

У нижній частині циліндра 14 розташована дугогасильна камера 13, зібрана з пластин фібри, гетинаксу і електрокартону на стяжних шпильках. Пластини мають фігурні вирізи. Після складання камери вирізи в пластинах утворюють дві-три радіальні щілини поперечного дуття з роздільними вертикальними виходами вгору. Над щілинами розташовується кілька масляних кишень. Камера спирається на ізоляційний циліндр, встановлений на нижньому ввіді 10. Тут же змонтований розетковий контакт 11 і передбачена пробка 9 масловипускного отвору.

Нижній фланець 12 має кишеню для повітряного буфера і масловказівник 8, забезпечений зворотним клапаном, який розміщений в основі масловказівника. Зворотній клапан запобігає прорив дугогасильного середовища через масловказівник при зростанні тиску всередині полюса. Повітря, яке завжди знаходиться в кишені, при гасінні дуги стискується, акумулюючи енергію в момент піку тиску. Згодом ця енергія звільняється, забезпечуючи в зоні дуги тиск, необхідний для її гасіння.

Для пом'якшення ударів рухомої частини на границях її ходу встановлені масляний і пружинний буфера. Для відключення вимикачів служать спеціальні пружини. Буфера і пружини розташовані на рамі.

Вимикач ВМПП-10 (маломасляний підвісний з пружинним приводом) має такі ж принцип дії та призначення, що і вимикач ВМП-10. Він складається з рами 1 (рис. 9.3) з трьома підвішеними на опорних ізоляторах 3 полюсами 2, вбудованого пружинного приводу і блоку релейного захисту.

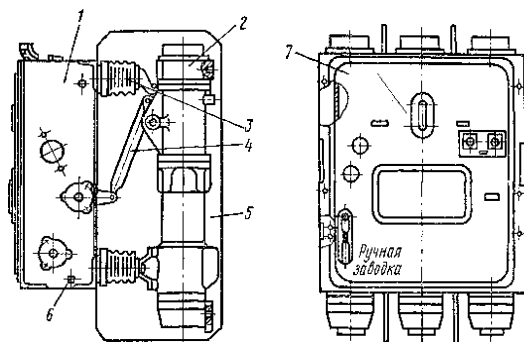


Рисунок 9.3 - Вимкач ВМПП-10 (ВМПП-10Т):

- 1 – рама зі вбудованим пружинним приводом та блоком релейного захисту; 2 – полюс; 3 – опорний ізолятор; 4 – ізоляційна тяга; 5 – міжполюсна перегородка; 6 – болт заземлений; 7 – кришка

Вбудований привід складається з рами, валів приводу і вимикача, заводного пристрою робочих пружин, двох запірних пристроїв, блоків контактів положення приводу, аварійної сигналізації і положення вимикача, Електромагнітів дистанційного відключення і включення, релейного валу і пульта ручного керування вимикачем. Привід забезпечений електричним і механічним блокуванням.

Оперативне включення або відключення, а також автоматичне відключення вимикача при струмах короткого замикання або перевантаження здійснюється робочими пружинами, які спрацьовують при впливі електромагнітів або захисних реле.

Рама 1 є основою вимикача; в ній є чотири отвори для кріплення вимикача до висувного елемента камери КРУ. На металевій кришці 7, що закриває раму вимикача, розміщені вікна для його обслуговування та спостереження за показниками. Дугогасильна камера полюсів вимикача може бути двох виконань: поперечного масляного дуття (для вимикачів з номінальним струмом відключення 20 кА) і зустрічно-поперечного масляного дуття (для вимикачів з струмом відключення 31,5 кА). У кожному полюсі на нижньому фланці циліндра є масловказівник (скляна трубка з двома граничними дисками).

Вимикач ВМПЕ-10 (триполюсний масло масляний з вбудованим електромагнітним приводом) випускається на номінальні струми 630, 1000 і 1600 А двох виконань: для роботи в нормальних кліматичних умовах і в умовах тропічного клімату (індекси У і Т). Принципи дії і гасіння дуги вимикача ВМПЕ-10 такі ж, як і в вимикача ВМП-10, а конструкція та розміри полюсів аналогічні конструкції і розмірам полюсів вимикача ВМПП-10.

Управління вимикачем ВМПЕ-10 (рис. 9.4) здійснюється електромагнітним приводом (рис. 9.5) постійного струму: оперативне включення відбувається за рахунок енергії включеного електромагніту, а відключення – за рахунок енергії вимикаючих пружин самого вимикача і пружинного буфера, які спрацьовують під впливом відключаючого електромагніта (або кнопки ручного відключення) на засувку приводу, яка утримує вимикач у включеному положенні.

Вимикач ВМПЕ-10 зібраний на зварній рамі 3 (рис. 9.4), всередині якої розміщений приводний механізм, що складається з електромагнітного приводу, головного валу 5 вимикача з важелями, кінематичного зв'язку та тяги 4, що з'єднує вали вимикача і приводу. На рамі встановлено шість порцелянових ізоляторів 2 (по два на полюс), на яких підвішені три полюси 1, пов'язані ізоляційними тягами 4 з валом 5 вимикача. Між полюсами розміщені ізоляційні перегородки. Усередині рами розташовані також відключаючі пружини, буферна пружина і

масляний буфер. Приводний механізм відокремлений від високовольної частини ізоляційною та металеву (заземленою) перегородками (на останній знаходиться попереджувальний напис «Обережно! Висока напруга»),

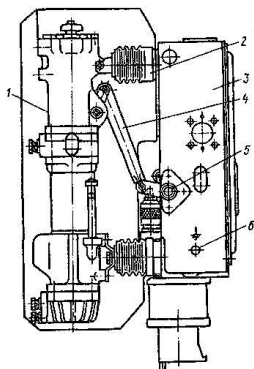


Рисунок 9.4 - Поліос вимикача ВМПЕ-10 на номінальний струм до 1600 А: 1 – полюс; 2 – ізолятор; 3 – рама, 4 – ізоляційна тяга; 5 – вал перемикача; 6 – болт заземлення

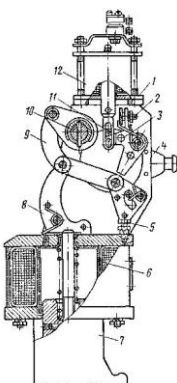


Рисунок 9.5 - Електромагнітний привід вимикача ВМПЕ-10:  
 1 – корпус механізму; 2 – регулюючий гвинт; 3, 8 – вимикаючі та утримуючі собачки; 4 – кнопка ручного відключення; 5 – болт упору; 6 – вмикаюча катушка; 7 – основа магнітопровода з буфером; 9 – механізм вільного розчеплення; 10 – вал; 11 – стопорящий стрижень проти випадкових відключень при регулюванні; 12 – вимикаючий електромагніт



Із зовнішнього боку рама закрита металевою кришкою з вікнами для спостереження. Рама має отвори для кріплення до візка викочування частини КРУ і на бічних стінках болти для приєднання заземлюючих шин.

Для комплектування КРУ розпочато випуск вимикачів високої напруги нових серій (наприклад, триполюсний вимикач ВК). Замість раніше широко застосовуваних вимикачів ВМГ-10 для комплектування камер КСВ застосовують нові вимикачі ВП-10 (ВПМ-10) та інші з тими ж приводами управління: електромагнітним ПЕ-11 на постійному оперативному струмі; пружинному ПП-67 або ППВ-10 на змінному оперативному струмі.

Вимикачі з електромагнітним гасінням дуги ВЕМ-6 і ВЕМ-10 мають переваги перед масляними вимикачами: пожежо- і вибухобезпечні; не вимагають дугогасильного середовища; забезпечують низький рівень комутаційних перенапруг в комутуваних апаратах; незначне обгорання контактів; менш трудомістка експлуатація (відсутність масла). Підвищена зносостійкість дугогасильної частини вимикачів забезпечує велику кількість комутаційних операцій без ревізії і ремонту.

У дугогасильних пристроях електромагнітних вимикачів ВЕМ дуга в процесі відключення видувається магнітним полем і гасне в результаті поступового збільшення її опору розтягуванням в вузької щілини між ізоляційними стінками з термодугостійкого матеріалу.

Вакуумні вимикачі мають хороші комутаційні характеристики. Внаслідок простого способу гасіння (у вакуумній камері практично відсутнє середовище, яке могло б проводити електричний струм) швидко гасне електрична дуга і також швидко відновлюється при розмиканні міжелектродний ізоляційний проміжок.

У вакуумних вимикачах досягаються високі швидкості спрацьовування, оскільки вакуум стабільний протягом тривалого часу і термін служби вимикачів практично не обмежений.

В даний час випускають елегазові вимикачі, в яких гасіння електричної дуги відбувається в середовищі елегазу, що володіє високою діелектричною міцністю, високою дугогасильною здатністю і теплотворністю. Елегаз практично не розкладається під впливом електричної дуги.

**Установка вимикачів.** Вимикачі сучасних серій на базі ВМП-10 поставляють у зібраному й відрегульованому вигляді без масла. Установка вимикачів полягає в підвісці рами і кріпленні її болтами до основи, перевірці вертикальності рами і циліндрів, ревізії циліндрів, з'єднанні вимикача з приводом і їх регулюванні. Однак, враховуючи час транспортування і зберігання до монтажу, допускається перевірка внутрішніх частин вимикача.

При ревізії вимикача оглядають і перевіряють стан його внутрішніх частин. У масляних вимикачів ВМП-10 і інших знімають з кожного полюса нижню кришку з нерухомим контактом, видаляють розпирний, ізоляційний циліндр і гасильну камеру, потім, перевіряють стан внутрішніх частин, знову встановлюють зняті деталі. Нижня кришка повинна щільно прилягати до циліндра.

По закінченні кріплення рами на вал вимикача насаджують важіль відповідно з установчими кресленнями заводу-виробника. Після з'єднання приводу з вимикачем проводять їх спільне регулювання, яке виконують при ручному управлінні приводом. При регулюванні вимикачів не допускаються будь-які переробки механізму вимикача і приводу, а також підпилювання упорів і собачок, зміна сили натягу пружин і т. д.

Масляні вимикачі, що поставляються з камерами КРУ, зазвичай проходять ревізію і регулювання спільно з приводом при виготовленні камер. Регулювання цих вимикачів на місці монтажу не потрібно, якщо вони не порушувалися при монтажних роботах або з інших причин. Перевіряють лише роботу масляного вимикача спільно з приводом.

Струмopовідні шини приєднують до масляних вимикачів так, щоб полюси вимикачів НЕ сприймали від шин механічних навантажень. Контактні виводи вимикачів повинні бути чистими і покриті тонким шаром мастила. Виводи вимикачів мають захисне гальванічне покриття, тому зачистка контактних поверхонь напильником або наждачною шкуркою неприпустима. Вимикачі заливають чистим сухим трансформаторним маслом до рівня по мітках, нанесених на масло вказівнику.

## РОЗДІЛ № 10

### **10. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ МОНТАЖУ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ. ЗМІСТ ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ РОБІТ**

Електромонтажні роботи підрозділяються на роботи по монтажу: розподільчих пристроїв та підстанцій: 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).

#### **10.1 Вимоги до електрообладнання**

Конструкція, спосіб установки та клас ізоляції застосовувальних машин, апаратів, проводів та іншого електрообладнання, а також дротів 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).

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

Для кольорового та цифрового позначення окремих ізольованих та неізольованих 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 літерні позначення PE та кольорове позначення поздовжними або поперечними рівними по ширині смугами жовтого та зеленого кольору.

Нульові робочі (нейтральні) провідники позначають літерою N та блакитним кольором. Суміщені нульові захисні та нульові робочі провідники повинні мати літерне позначення PEN та кольорове позначення, блакитний колір по всій довжині та жовто-зелені смуги 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.

## **10.2 Нормативні документи на проведення електромонтажних робіт**

Основною нормативно технічною документацією при будівництві та виконанні електромонтажних робіт є: БНіП, ПУЕ, ПТЕ, ПТБ, ПТБ при електромонтажних і налагоджувальних роботах, державні і галузеві стандарти, ТУ на виробництво і прийом монтажних робіт, виготовлення і постачання обладнання, норми термінів будівництва об’єктів, монтажних робіт та випробувань.

**БНіП** – будівельні нормативи і правила. В них приведені норми та основні технологічні правила монтажу всіх видів електротехнічних пристроїв, визначені загальні вимоги до організації робіт, вимоги до проектної та технічної документації, а також до споруд та будівель, що приймаються під монтаж електрообладнання, та інші питання організаційно-технічної підготовки монтажних робіт. Крім того, вказані

вимоги до постачання обладнання, порядок та умови його приймання, зберігання та здачі в монтаж.

**ПКД** – проектно-кошторисна документація, це технічно-економічна документація, яка визначає об'єм, послідовність та вартість будівництва гарантує нормальну роботу технологічних процесів по заданих параметрах і режимах роботи після закінчення будівництва.

Вона є основою для планування капітальних вкладень, заключення договорів на будівництво, замовлення матеріалів і обладнання для об'єкта будівництва.

Електротехнічна частина ПКД (проектно кошторисної документації) містить відповідні схеми та креслення для монтажу електрообладнання.

**Монтажна документація** складається з проекту виконання робіт (ПВР), технологічних карт, схем, журналів виробництва ЕМР та ін.

**До конструктивної документації відносяться технічна документація заводів-виробників (ТДЗ) на електрообладнання, інструкції по монтажу і пуску, маркувальні схеми на збиральні одиниці, які поставляють заводами-виробниками в розібраному вигляді та ін.** Вона є керівним документом для монтажу частини електрообладнання, не представлено ПКД.

### **10.3 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 **О**,
- 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.

#### **10.4 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 ДСТ 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).

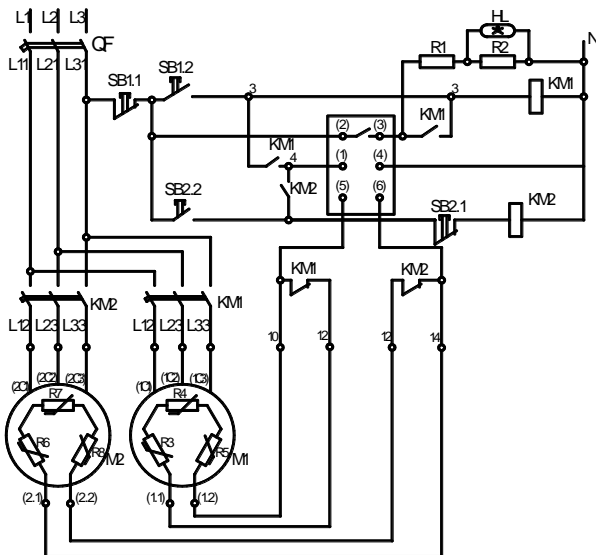


Рисунок 10.1 - Електрична принципова схема ящика для керування двигуном транспортера ТСН – 160

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.

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

### Схеми з'єднань

Схемами 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.

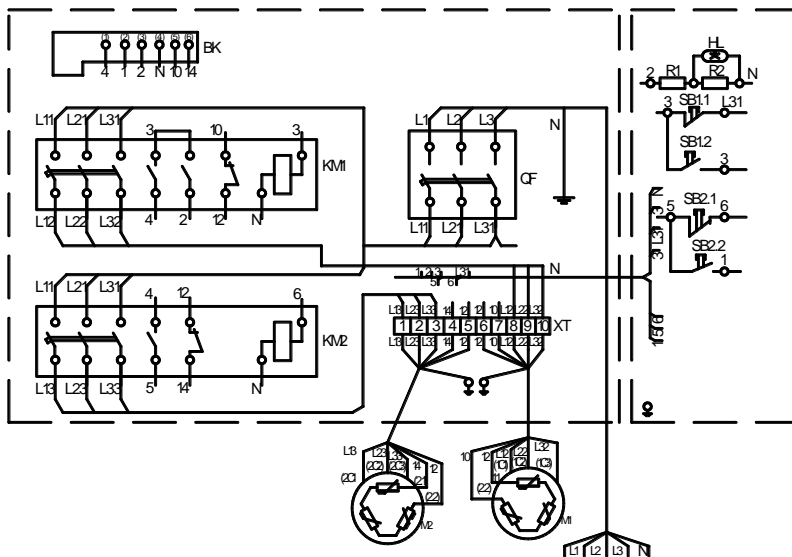


Рисунок 10.2 - Електрична схема з'єднань ящика для керування двигунами транспортера ТСН – 160

Електричну схему з'єднань складають на основі принципової з тими ж позиціями позначень елементів і кіл.

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

У реальних низьковольтних комплектних пристроях позначення кіл виконують частіше написами на трубах із полівінілхлоридного пластику.

### **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, розмічених 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.

### **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 проводу 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 зогромаджує 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.

## **10.5 Кліматичне виконання, категорія розміщення та ступінь захисту електрообладнання**

Кліматичними факторами зовнішнього середовища вважаються: температура, вологість і тиск повітря, сонячна радіація, дощ, вітер, пил, різкі зміни температури, соляний туман, іній, гідростатичний тиск води, дія плісневих грибів, вміст у повітрі корозійно активних речовин.

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

Для правильного вибору електроустаткування слід врахувати наступні умови:

1. Кліматичне виконання;
2. Місце (категорія) розміщення;
3. Міра захисту від проникнення твердих тіл і рідини;
4. Специфічні умови експлуатації (вибухонебезпека, хімічно агресивне середовище).

**Кліматичне виконання** визначається ДСТ 15150-69. Відповідно до кліматичних умов позначається наступними літерами:

У(N) – помірний клімат;

ХЛ(NF) – холодний клімат;

ТБ(ТН) – тропічний вологий клімат;

ТС(ТА) – тропічний сухий клімат;

О(U) – всі кліматичні райони, на суші, річках і озерах;

М – помірний морський клімат;

ОМ – всі райони моря;

В – всі макрокліматичні райони на суші і на морі.

В одній кліматичній зоні обладнання може працювати в різних умовах.

**Категорії розміщення електрообладнання позначають цифрами:**

1. На відкритому повітрі;

2. Приміщення, де коливання температури і вологості не істотно відрізняються від коливань на відкритому повітрі;

3. Закриті приміщення з природною вентиляцією без штучного регулювання кліматичних умов. Відсутні дії піску і пилу, сонця і води (дощ);

4. Приміщення з штучним регулюванням кліматичних умов. Відсутні дії піску і пилу, сонця і води (дощ), зовнішнього повітря;

5. Приміщення з підвищеною вологістю (тривала наявність води або вологи, що конденсується).

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

Наприклад: 4A200M2 УЗ,  
де У – кліматичне виконання  
3 – категорія розміщення.

Ступінь захисту від проникнення твердих тіл і рідини визначається ДСТ 14254-80. Відповідно до ДСТ встановлюється 7 ступенів від 0 до 6 від попадання всередину твердих тіл і від 0 до 8 від проникнення рідини.

Таблиця 10.1 - Ступінь захисту від проникнення твердих тіл і рідини

| Позначення ступенів захисту | Захист від проникнення твердих тіл і зіткнення персоналу зі струмоведучими і частинами, що обертаються. | Захист від проникнення води   |
|-----------------------------|---|---|
| 0                           | Спеціальний захист відсутній  |   |
| 1                           | Великої ділянки людського тіла, наприклад, руки і твердих тіл розміром більше 50 мм                     | Крапель, падаючих вертикально   |
| 2                           | Пальців або предметів завдовжки не більше 80 мм і твердих тіл розміром більше 12 мм                     | Капель при нахилі оболонки до 15° в будь-якому напрямі відносно нормального положення |
| 3                           | Інструменту, дроту і твердих тіл діаметром більше 2,5 мм  | Дощ, падаючий на оболонку під кутом 60° від вертикалі                                 |
| 4                           | Дроту, твердих тіл розміром більше 1 мм   | Бризок, падаючих на оболонку в будь-якому напрямі                                     |
| 5                           | Пил в кількості недостатньому для порушення роботи виробу   | Захист від проникнення води   |
| 6                           | Захист від пилу повний (пиленепроникні)   | Хвиль (вода при хвилюванні не повинна потрапити всередину)                            |
| 7                           |   | При зануренні у воду на короткий час  |
| 8                           |   | При тривалому зануренні у воду  |

**Ступінь захисту** позначаються IP та двома цифрами і проставляються на табличках з паспортними даними або на кожухах виробів.

**Перша цифра** вказує на ступінь захисту персоналу від дотику до струмоведучих і рухомих частин та захищеність обладнання від потрапляння твердих сторонніх предметів всередину оболонки.

**Відкриті:**

IP000 – 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 ступінь 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.

**Конструктивне виконання** електродвигунів за способом монтажу (IM).

Умовні позначення встановлені ДСТ2479-79.

**1-а цифра** позначає групу за способом монтажу від IM1 до IM9, найбільш поширена IM1 - на лапах і з підшипниковими щитами.

IM2 – на лапах з двома підшипниковими щитами і фланцями.

IM3 – без лап з фланцями на щитах.

**2-а цифра** позначає детальніше:

0 – звичайні або підведені лапи.

**3-а цифра** позначає характер напрямку кінця валу.

**4-а цифра** позначає виконання кінця валу (циліндровий або конічний).

**Спосіб охолодження** електродвигунів (IC).

Система охолодження може включати один або два ланцюги циркулярного хладогента. Вона регламентується ДСТ 20459-75.

Для кожного ланцюга циркуляції вводиться група знаків. Буква позначає вид охолодження:

A – повітря,

W – вода.

**1-а цифра** від 0 до 9 позначає пристрій ланцюга циркуляції.

**0** – вільна циркуляція.

**2-а цифра** від 0 до 9 позначає спосіб переміщення хладагента.

**0** – вільна циркуляція.

Більшість вибухозахисених двигунів мають два ланцюги охолодження.

## **10.6 Приймання об'єкту 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;

- встановленні 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.

### **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.

## РОЗДІЛ №11

### 11. МОНТАЖ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

#### 11.1 Принцип роботи короткозамкненого асинхронного двигуна та деякі його характеристики

Для того, щоб уявити процеси, що приходять в двигуні при аварійних режимах, необхідно розглянути принцип перетворення електричної енергії в механічну в нормальних умовах, а потім проаналізувати його роботу при порушенні цих умов. Не будемо повторювати все, що написано в спеціальних учбових посібниках, а зосередимо увагу на тих положеннях, які необхідні для нагадування зложеного нижче матеріалу.

Електродвигун є джерелом механічної енергії, що використовується для приведення в дію робочих органів виробничих механізмів. Найважливішим його параметром є обертовий момент на валу та швидкість обертання ротора. Відтворення цих двох величин дає потужність, яка передається робочій машині.

Від інших електричних машин асинхронний короткозамкнений двигун відрізняється простою конструкцією, відсутністю рухомих контактів. В процесі перетворення електроенергії в механічну приймають участь дві основні частини машини: статор і ротор. Статор служить для отримання обертового магнітного поля, а ротор – для отримання обертового моменту в результаті взаємодії індуктованого в ньому струму з обертовим магнітним полем.

Принцип роботи електричних машин оснований на використанні законів електромагнітної індукції та електромагнітних сил.

Якщо в магнітному полі полюсів постійних магнітів або електромагнітів помістити провідник та під дією якої небудь сили  $F_1$  переміщати його перпендикулярно магнітним лініям, то в них виникає ЕРС, що рівна:

$$E=Blv, \quad (11.1)$$

де  $B$  - магнітна індукція в місці де знаходиться провідник;

$l$  – активна довжина провідника (та частина, що знаходиться в магнітному полі);

$v$  – швидкість переміщення провідника в магнітному полі.

Напрявлення ЕРС, що індукується в провіднику, визначається згідно правилу правої руки.

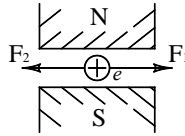


Рисунок 11.1 - Напрявлення ЕРС

Якщо цей провідник замкнути на якийсь приймач енергії, то по замкнутому ланцюзі під дією ЕРС буде протікати струм, який співпадає по напрявленню з ЕРС в провіднику.

### Принцип дії асинхронного двигуна

Асинхронний двигун складається з двох основних частин -статора і ротора. Статор – нерухома частина двигуна, служить для створення обертового магнітного поля. Схема з'єднання трифазної обмотки статора – зірка або трикутник. Обертальне магнітне поле статора перетинає провідники обмотки ротора та наводить в них змінну ЕРС. Оскільки обмотка ротора замкнута, ця ЕРС викликає в них струм того ж напрямку, що і ЕРС. В результаті взаємодії струму ротора з обертовим магнітним полем, виникає електромагнітна сила, яка діє на провідники ротора. Сила створює обертовий момент, що діє в тому ж напрямку.

Під дією моменту обертання ротор приводиться в рух і після розбігу обертається в тому ж напрямку, що і магнітне поле з декілька меншою частотою обертання ніж поле

$$n_2 = 0.92...0.98 n_1, \quad (11.2)$$

де  $n_1$  – частота обертання магнітного поля статора;

$n_2$  – частота обертання ротора.

Синхронна частота обертання визначається частотою струму ( $f_1$ ) джерела живлення двигуна та числом пар полюсів в статорі ( $P$ )

$$n_2 = \frac{60f_1}{P}. \quad (11.3)$$

Частота обертання ротора визначається ковзанням.



$$n_2 = n_1 \cdot 1 - S = 60f_1 \cdot 1 - S / P. \quad (11.4)$$

Відносне відставання ротора від обертового магнітного поля статора характеризується ковзанням  $S$ .

Ковзання представляє собою відношення частоти обертання магнітного поля статора відносно обертового ротора

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}. \quad (11.5)$$

Величина ЕРС в обмотці статора та ротора дорівнює

$$E_1 = 4,44K_{об1}f_1W_1\Phi_T, \quad (11.6)$$

$$E_2 = 4,44K_{об2}f_2W_2\Phi_T, \quad (11.7)$$

де  $K_{об1}$  та  $K_{об2}$  – коефіцієнт обмотки статора та ротора,  
 $K_{об} = 0,92...0,96$  ;

$f_1$  та  $f_2$  – частота струму статора та ротора;

$\Phi_T$  – магнітний потік статора;

$W_1$  та  $W_2$  – число витків обмотки статора і ротора.

### 11.1.1 Електродвигуни постійного струму

Електродвигун постійного струму (ЕПС) (рис. 11.2) складається з двох основних частин: нерухомої – статора та обертової – якоря, розділених повітряним зазором.

На внутрішній поверхні станини 1 статора розміщені осереддя полюсів 2 з котушками збудження 3 (для двигунів з електромагнітним збудженням). Зі сторони обертової до якоря, осереддя полюсів мають полюсні накінецьники, які забезпечують необхідне розподілення магнітної індукції в повітряному зазорі. Якір представляє собою циліндричне тіло, що обертається в просторі між полюсами та складається з осереддя 4, жорстко закріпленого на валу 6, обмотки 5, колектора 7 та щіткового вузла 8.

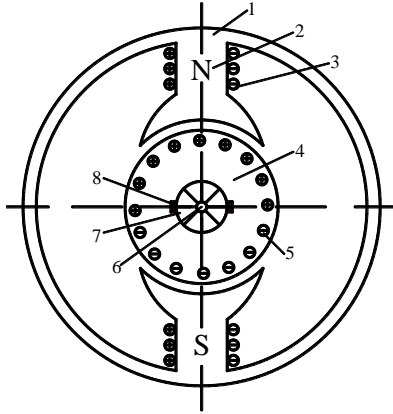


Рисунок 11.2 - Схематичне зображення ЕПС

Осердя якоря 4 збирають з штампованих листів електротехнічної сталі товщиною 0,35 або 0,5 мм, покритих ізолюючим лаком, що зменшує втрати від вихрових струмів, які з'являються при обертанні якоря в магнітному полі полюсів. На наружній поверхні осердя розміщені пази, в яких розміщені обмотки якоря. Частина осердя якоря, що зайнята пазами (зубцями), називають зубцевою зоною, а частину, що розміщена між зубцевою зоною та валом, – ярмом. Колектор 7 набирають з окремих ізованих один від одного колекторних пластинок клиновидного перерізу, виготовлених з міді, з якими з'єднана обмотка якоря. Колектор сумісний із щитковим вузлом необхідний для підведення струму в обмотку якоря. Обмотка якоря 5 представляє собою замкнуту систему провідників, укладених в пази та з'єднаних за спеціальною схемою. Основним елементом обмотки є секція, що складається з одного або декількох витків. Початок та кінець секції приєднанні до двох колекторних пластинок. Кожна секція складається з активних сторін, що розміщені в пазах осердя якоря та лобових частин, за допомогою цього активні частини секції з'єднані між собою та з колекторними пластинами. Для кращого використання обмотки якоря активні сторони кожної секції розміщують під різнойменними полюсами, так що ширина секції дорівнює приблизно полюсному діленню:

$$\tau = \pi D / (2p) , \quad (11.8)$$

де  $D$  – діаметр якоря;  
 $2p$  – кількість полюсів.

При двохшарових обмотках активні сторони секцій розміщені в пазах в два шари. В кожному пази знаходяться активні сторони двох різних секцій. Активна сторона однієї секції розміщена в верхньому шарі, активна сторона іншої секції – в нижньому, при цьому, якщо одна активна сторона секції в якому-небудь пази знаходиться в верхньому шарі, то інша активна сторона цієї ж секції буде знаходитись в іншому пази в нижньому шарі. Активні сторони секцій, розміщені в верхньому шарі, умовно зображають на схемах суцільними лініями, а в нижньому шарі – штрихованими.

Дві активні сторони різних секцій, розміщені одна над іншою, створюють елементарний паз. В одному реальному пази осереддя якоря може бути один чи декілька елементарних пазів (рис.11.3).

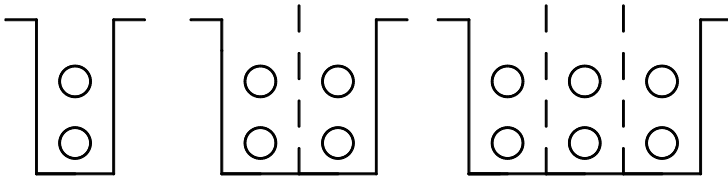


Рисунок 11.3 - Реальні пази: а – одинарний; б – двійний; в – трійний

Спосіб з'єднання секцій між собою та з колекторними пластинами визначається типом якірної обмотки. В електродвигунах малої потужності найбільш розповсюджені прості петльові та хвильові обмотки. В простій петльовій обмотці (рис. 3 а) послідовно з'єднуються секції, розміщені під різними полюсами.

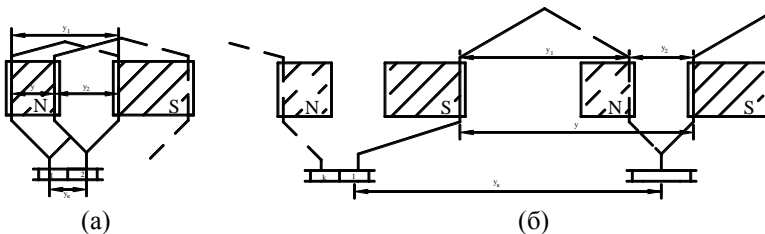


Рисунок 11.4 - Секції простих петльових (а) та хвильових (б) обмоток

Початок кожної наступної секції з'єднується з колекторною пластиною, з якою з'єднаний кінець попередньої секції. При цьому після одного обходу кола якоря послідовним з'єднанням  $p$  секцій приходять до

колекторної частини, розміщеної біля початкової. Однак у відмінності від простої петльової обмотки початок та кінець кожної секції з'єднуються з колекторними пластинами, розміщеними один відносно одного на відстані, що дорівнює приблизно подвійному полюсному діленню.

Незалежно від типу обмотки до кожної пластини приєднується кінець однієї секції та початок наступної за нею, тому кожній секції обмотки якоря відповідає одне ділення колектора. Якщо кількість секцій  $S$ , а кількість ділень колектора  $K$ , то  $S=K$ .

Будь-яка якірна обмотка характеризується чотирма параметрами, необхідними для побудовання її схеми:

- 1) перший частковий крок обмотки по якорю  $y_1$ ;
- 2) другий частковий крок обмотки по якорю  $y_2$ ;
- 3) результуючий крок обмотки якоря  $y$ ;
- 4) крок обмотки по колектору  $y_k$ .

Перший, другий та результуючий кроки обмотки вимірюються кількістю елементарних пазів та зв'язані між собою співвідношенням  $y_2=y-y_1$ . Крок обмотки по колектору вимірюється кількістю колекторних ділень (пластин).

Для простої петльової обмотки колекторний крок  $y_k=\pm 1$ , де знак «+» означає, що кожна наступна по схемі обмотки секція лежить справа від попередньої (рис. 11.4, а) (права обмотка), «-» – зліва (ліва обмотка).

Для простої хвильової обмотки колекторний крок  $y_k=(k\pm 1)/p$ , де знак «+» означає, що кінець останньої обмотки з'єднується з колекторною пластиною, розміщеною справа від вихідної (права обмотка), «-» – зліва (ліва обмотка).

В обмотці любого типу крок обмотки по колектору повинен бути рівним результуючому кроку обмотки по якорю, тобто повинно задовольнятися рівняння  $y=y_k$ .

Прості петльові обмотки застосовуються в основному в електродвигунах, розрахованих на роботу при порівняно невеликих напругах, прості хвильові – в електродвигунах з підвищеною напругою живлення.

### 11.1.2 Двигуни з паралельним збудженням

Обмотка збудження ОЗ підключена паралельно обмотки якоря Я (рис. 11.5, а). Струм збудження в таких двигунах не залежить від струму якоря  $I_a$  (струм навантаження). Тому, якщо знехтувати розмагнічуючою дією реакції якоря, можна вважати, що і магнітний потік  $\Phi$  не залежить від струму навантаження та є величиною постійною. В цьому випадку і

графіки  $M=f(I_a)$  та  $n=f(I_a)$  будуть лінійними (рис. 11.5, б). Частота обертання якоря

$$n = n_0 - \Delta n_1, \quad (11.9)$$

де  $n = U / C_e \cdot \Phi$  – частота обертання холостого ходу, яка дорівнює

частоті обертання електродвигуна при відсутності навантаження на валу:  $C_e$  – постійна;

$\Delta n = I_a r_a / (C_e \Phi)$  – показує, наскільки зменшується частота обертання електродвигуна в залежності від навантаження. Зменшення частоти обертання електродвигуна на величину  $\Delta n$  зумовлено падінням напруги в обмотці якоря  $I_a r_a$ . Частіше ця величина невелика та зменшення величини частоти обертання електродвигуна також невелике. Тому залежність  $n=f(I_a)$  та  $n=f(M)$  являється жорстким (рис. 11.5 б, в).

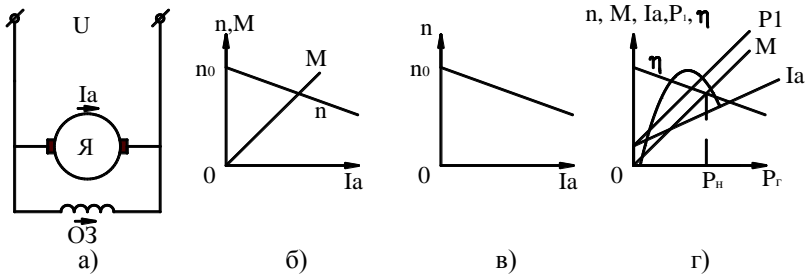


Рисунок 11.5 - Схема підключення та механічні характеристики ДПС

Механічна характеристика визначається з виразу

$$n = n_0 - \Delta n,$$

де  $n_0 = U / (C_e \Phi)$ ;

$\Delta n = M r_a / C \Phi^2$ ;

$C$  – постійна.

Механічна характеристика зображується прямою лінією (рис. 11.5, в). Величина зменшення частоти обертання  $\Delta n$  прямопропорційна моменту навантаження  $M$ .

Робочі характеристики електродвигунів з паралельним збудженням показані на рис. 11.5 г. При збільшенні навантаженні на валу

електродвигуна збільшується корисна потужність  $P_2$ , що супроводжується збільшенням струму  $I$ , споживаючого двигуном з мережі. При цьому збільшується падіння напруги в ланцюгу обмотки якоря  $I_a r_a$ , що призводить до зменшення частоти обертання  $n$ .

Обертальний момент  $M = P_2 / \omega$ , де  $\omega = (2\pi f) / 60$  – кутова швидкість обертання, тобто характеристика  $M = f(P_2)$  має вид кривої, що виходить з початку координат, так як при  $P_2 = 0, M = 0$ . Криволінійний характер цієї характеристики пояснюється тим, що з ростом корисної потужності  $P_2$  частота обертання зменшується.

### 11.1.3 Двигун з послідовним збудженням

Обмотка збудження ОЗ включена послідовно з обмоткою якоря Я, при цьому  $I_z = I_a$  (рис. 11.6 а). Тому величина магнітного потоку  $\Phi$  являється функцією величини току якоря  $I_a$ . При ненасиченій магнітній системі величина потоку якоря  $I_a$ .

Залежності частоти обертання якоря електродвигуна та обертального моменту від величини струму якоря визначаються виразом:

$$M = C' I_a^2; \quad n = U / C_e C_\phi I_a - r_a / C_e C_\phi, \quad (11.10)$$

де  $C'$  та  $C_\phi$  – постійні.

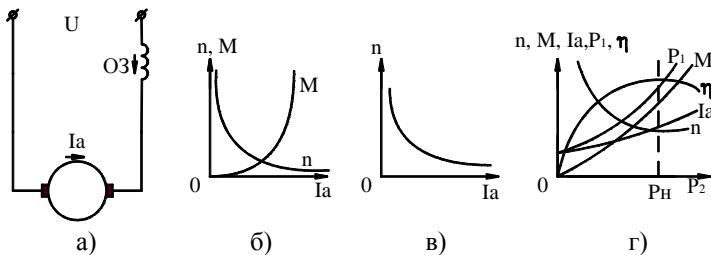


Рисунок 11.6 - Двигун послідовного збудження:

а – схема включення; б – графіки залежності  $M = f(I_a)$  та  $n = f(I_a)$ ;  
в – механічна характеристика; г – робочі характеристики.

З приведених виразів видно, що графік залежності  $M = f(I_a)$  має форму параболи, а графік залежності  $n = f(I_a)$  – форму гіперболи (рис. 11.6 б).

Механічна характеристика визначається виразом

$$n = \frac{U}{C_e \sqrt{C'' M}} - \frac{r_a}{C_e C_\phi}, \quad (11.11)$$

де  $C'' = C_\phi / C_M$  – постійна.

Механічна характеристика являється м'якою (рис. 11.6 в). При малих величинах моменту навантаження на валу частота обертання електродвигуна різко зростає та обмежується при відсутності навантаження на валу тільки втратами холостого ходу.

Робочі характеристики електродвигунів послідовного збудження показані на рис. 11.6 г.

#### 11.1.4 Двигун зі змішаним збудженням

В таких двигунах (рис. 11.7 а) знаходиться дві обмотки збудження; послідовна ОЗ1 та паралельна ОЗ2. Послідовна обмотка збудження включена послідовно з обмоткою якоря, паралельна обмотка збудження – паралельно обмотці якоря. Результуючий магнітний потік збудження створюється сумісною дією вказаних обмоток. Послідовна та паралельна обмотки збудження можуть бути включені (згідно і зустрічно). При згідному включенні магнітні потоки, що створюються обмотками збудження, сумуються при зустрічному – віднімаються.

Механічна характеристика двигун зі змішаним збудженням на рис. 11.7 б (крива 2) розмішуються між механічною характеристикою двигунів з послідовним збудженням (крива 3) та механічною характеристикою двигунів з паралельним збудженням (крива 1). Перевагою електродвигунів зі змішаним збудженням являється те, що, маючи м'яку характеристику вона має в той же час обмежену частоту обертання при відсутності навантаження на валу.

Двигуни зі збудженням від постійних магнітів не вимагає окремого джерела живлення для збудження. В результаті відсутності втрат на збудження ККД цих двигунів вище, будова простіша, а маса на одиницю потужності менше, ніж у двигунів з електромагнітним збудженням. Робочі характеристики електродвигунів зі збудженням від постійних магнітів аналогічні робочим характеристикам електродвигунів постійного струму з паралельним (незалежним збудженням).

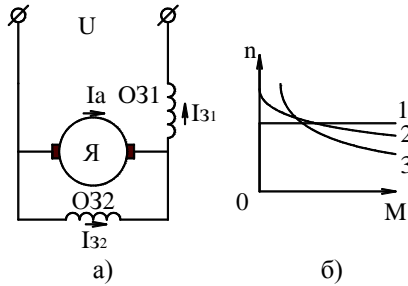


Рисунок 11.7 - Двигун змішаного збудження:  
 а – схема включення; б – механічні характеристики  
 (1 – при паралельному збудженні; 2 – при змішаному збудженні;  
 3 – при послідовному збудженні)

Недолік таких двигунів є їх відносно висока вартість, що пояснюється високою вартістю матеріалу постійних магнітів. Регульовані властивості їх також гірші, ніж у двигунів з електромагнітним збудженням. Електродвигуни зі збудженням від постійних магнітів використовують на невелику потужність.

**11.1.5 Регулювання частоти обертання** електродвигунів постійного струму можливо провести наступними способами:

- зміною живлячої напруги  $U$ ;
- зміною опору ланцюга обмотки якоря  $r_a$ ;
- зміною магнітного потоку  $\Phi$ ;
- зміною струму якоря  $I_a$ ;

При зміні напруги ланцюга якоря електродвигунів з паралельним збудженням (рис. 11.8 а) частота обертання холостого ходу  $n_0$  змінюється пропорційно напрузі: зі збільшенням живлячої напруги  $n_0$  збільшується, зі зменшенням – зменшується. Падіння частоти обертання пропорційно збільшенню моменту навантаження  $M$  та не залежить від живлячої напруги. Відповідно, подаючи на електродвигун різну напругу  $U_1, U_2, \dots, U_n$ , отримуємо сімейство механічних характеристик (рис. 11.8 б), паралельних одна одній.

Живлячу напругу електродвигуна – можливо замінити за допомогою встановлення двигуна – генератора постійного струму, чи за допомогою тиристорних схем управління.



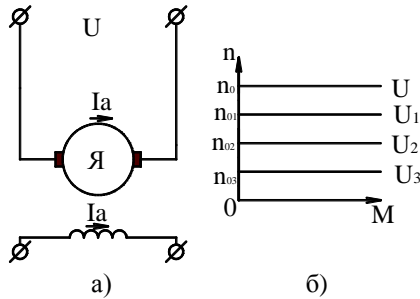


Рисунок 11.8 - Схема включення (а) та механічні характеристики (б) електродвигуна з паралельним збудженням при регулюванні частоти обертання зміною живлячої напруги

Частоту обертання змінного опору ланцюга обмотки якоря можливо регульована, якщо увімкнуті послідовно з обмоткою якоря додатковий резистор опором  $R_{\text{дод}}$  (рис. 11.9 а).

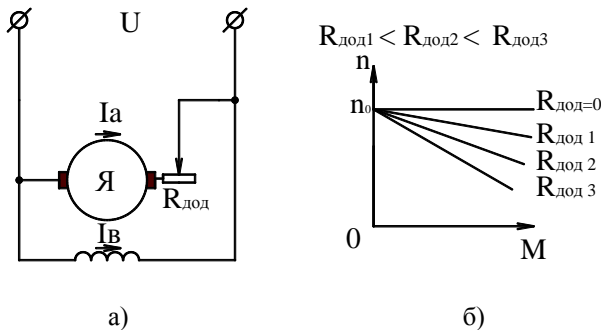


Рисунок 11.9 - Схема включення (а) та механічні характеристики (б) електродвигуна з паралельним збудженням при регулюванні частоти обертання введенням додаткового резистора в ланцюг якоря

Частота обертання холостого ходу  $n_0$  є величиною постійною, не залежною від опору додаткового резистора  $R_{\text{дод}}$ . Падіння частоти обертання  $\Delta n$  при заданому моменті навантаження  $M$  пропорційно опору додаткового резистора  $R_{\text{дод}}$ . Тому механічні характеристики (рис. 11.9 б) представляють собою сімейство прямих, що виходить з однієї точки  $n_0$ , що відповідає частоті обертання при відсутності навантаження на валу. Механічна характеристика при  $R_{\text{дод}}=0$  називається природною, а при

$R_{\text{доп}} \neq 0$  – штучною. Відповідно, можна отримати достатньо широкий діапазон регулювання частоти обертання, однак жорсткість механічних характеристик зменшується зі збільшенням діапазону регулювання, що (негативно) впливає на стійкість роботи приводу. Крім того, збільшуються втрати енергії в додатковому резисторі. Тому цей спосіб регулювання часто застосовують для приводів малої потужності, для яких величина втрат енергії не має вагомого значення.

Регулювання частоти обертання зміною величини магнітного потоку  $\Phi$  частіше всього виконують регулювальним резистором опором  $R_{p,3}$ , який вмикають послідовно з обмоткою збудження (рис. 11.10 а).

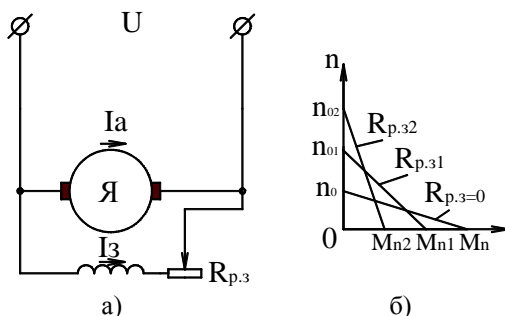


Рисунок 11.10 - Схема включення (а) та механічні характеристики (б) електродвигуна з паралельним збудженням при регулюванні частоти обертання зміною магнітного потоку,  $R_{p,2} > R_{p,1}$

При зміні опорного резистора  $R_{p,3}$  змінюється струм обмотки збудження  $I_z$  та магнітний потік  $\Phi$ . При ненасиченій магнітній системі магнітний потік змінюється пропорційно струму збудження. Частота обертання холостого ходу  $n_0 = U / (C_e \Phi)$  змінюється обернено пропорційно величині магнітного потоку збудження  $\Phi$ ; чим менше магнітний потік  $\Phi$ , тим вище частота обертання холостого ходу  $n_0$ .

По частоті обертання  $n=0$  пусковий момент електродвигуна  $M_{\text{пуск}} = C_M U \Phi / r_a$ . Електродвигун розвиває найбільший пусковий момент  $M_{\text{пуск}}$  при максимальному магнітному потоку збудження  $\Phi(R_{p,3})=0$ . При зменшенні магнітного потоку збудження (збільшення опорного резистора  $R_{p,3}$ ) пусковий момент електродвигуна зменшується.

Падіння частоти обертання  $\Delta n = M r_a / (C_e C_M \Phi^2)$  при незмінному моменті навантаження  $M$  змінюється обернено пропорційно квадрату магнітного потоку збудження. Тому механічні характеристики електродвигунів з паралельним збудженням при регулюванні зміною

магнітного потоку (рис. 11.10 б) являються більш «м'якими», ніж при регулюванні зміною живлячої напруги (рис. 11.9 б). Механічні характеристики при  $R_{p,3}=0$  – природні, при  $R_{p,3}\neq 0$  – штучні. Характерною особливістю даного способу регулювання є те, що при малих моментах навантаження  $M$  частота обертання електродвигуна зі зменшенням магнітного потоку збільшується, а при великих – зменшується. Спосіб регулювання є економічним. Однак діапазон регулювання обмежений умовами комутації; так як і зі збільшенням частоти обертання електродвигуна збільшується ступінь іскріння в колекторно-щитковому вузлі, що при великих частотах обертання може призвести до колового вогню на колекторі та виходу зі строю електродвигуна.

Жорсткість механічних характеристик може бути збільшеною при регулюванні частоти обертання по схемі (рис. 11.11 а), де послідовно з обмоткою якоря включений додатковий резистор опором  $R_{доd}$ , а паралельно – опором  $R_{ша}$ . Частота обертання якоря  $n=n_0-\Delta n$ , де  $n_0=UR_{ша}/C_e\Phi(R_{ша}+R_{доd})$ ;  $\Delta n=M[r_a+R_{ша}R_{доd}/(R_{доd}(R_{ша}+R_{доd}))]/(C_eC_M\Phi^2)$ .

Механічні характеристики при розглянутому способі керування являються лінійними. Частота обертання холостого ходу  $n_0$  при заданому опорі  $R_{доd}$  буде меншою, ніж при регулюванні введенням додаткового резистора, так як завжди  $R_{ша}/(R_{ша}+R_{доd})<1$ . По цій же причині падіння частоти обертання  $\Delta n$  при заданих моментах навантаження  $M$  та додатковому опорі  $R_{доd}$  також буде менше, тому жорсткість механічних характеристик, а відповідно, стійкість роботи приводу при регулюванні по схемі рис. 11.11 а буде вище, ніж при регулюванні введенням додаткового резистора в ланцюзі якоря.

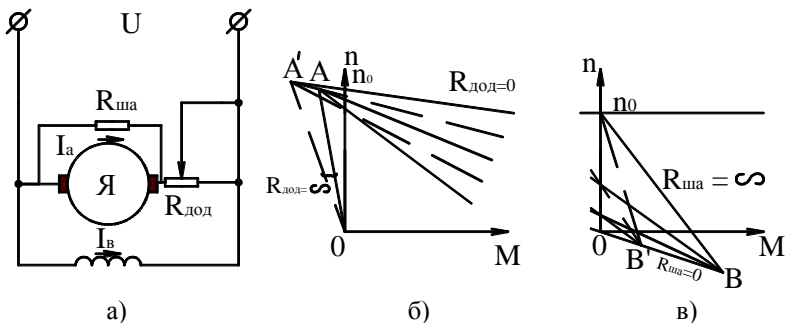


Рисунок 11.11 - Схема включення (а), механічні характеристики при  $R_{ша}=const$  та  $R_{доd}=var$  (б) та при  $R_{доd}=const$  та  $R_{ша}=var$  (в) електродвигуна з паралельним збудженням

### 11.1.6 Класифікація електродвигунів та їх номінальні дані

Електродвигуни є одними з основних елементів в конструкції електромеханічних пристроїв та визначають їх надійність та експлуатаційні характеристики.

Електродвигуни класифікують по роду живлячої напруги, конструктивному виконанні, принципу дії, способу збуджень, кількості фаз живлячої мережі, наявності колекторно-щіткового вузла та іншими признаками.

По роду живлячої напруги електродвигуни ділять на двигуни постійного струму, змінного струму та універсальні. Електродвигуни постійного струму призначені для роботи тільки від джерела постійного струму (мережа постійного струму, акумуляторна батарея). Вони мають гарні регульовальні властивості та широкий діапазон частоти обертання (3000–20000 об/хв)

За конструктивним виконанням двигуни постійного струму поділяють на колекторні та безколекторні (безколекторні двигуни не мають колекторно щіткового вузла).

Електродвигуни змінного струму призначені для роботи тільки від джерела змінного струму. За принципом дії їх поділяють на асинхронні та синхронні, а кількості фаз живлячої мережі - на однофазні та багатofазні.

В асинхронних електродвигунах частота обертання ротора залежить від величини навантаження на валу. Асинхронні електродвигуни бувають безколекторні та колекторні. Найбільш розповсюдженим типом безколекторних являються асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором.

Колекторні електродвигуни по відношенню від безколекторних можуть мати частоту обертання більш 3000 об/хв.

В синхронних електродвигунах частота обертання ротора не залежить від величини навантаження тому їх застосовують в пристроях робочий орган яких повинен обертатися з постійною частотою. В залежності від способу збудження та конструктивних особливостей синхронні двигуни бувають з електромагнітним збудженням зі збудженням від постійних магнітів реактивні імпульсні крокові та інш.

Будь-який електродвигун характеризується номінальними даними основні з яких вказуються на щітку (номінальна потужність, номінальна напруга, номінальний струм, номінальна частота обертання, коефіцієнт корисної дії).

Номінальні дані електродвигунів відносяться до роботи їх в номінальному режимі на висоті до 1000 м над рівнем моря та при температурі навколишнього середовища до 40°C.

### 11.1.7 Вибір двигуна за режимом роботи

Кожен електродвигун характеризується визначеним номінальним режимом роботи, для якого він призначений заводом-виробником. При роботі електродвигуни в номінальному режимі роботи з навантаженням що перевищує номінальне, температура нагріву його обмоток не перевищує гранично допустиму величину для прийнятого класу ізоляції.

Розрізняють вісім номінальних режимів роботи:

- 1) Довготривалий S1;
- 2) Короткочасний S2;
- 3) Повторно-короткочасний S3;
- 4) Повторно-короткочасний з частими пусками S4;
- 5) Повторно-короткочасний з частими пусками та електричним гальмуванням S5;
- 6) Перемежуючий S6;
- 7) Перемежуючий з частими реверсами при електричному гальмуванні S7;
- 8) Перемежуючий з двома або більше частотами обертання S8.

Режим S1, S2, S3 та S6 відноситься до основних, а інші до додаткових.

Довготривалий S1 – це робота довгий час при незмінному навантаженні, на протязі якого температура електродвигуна досягає сталого значення.

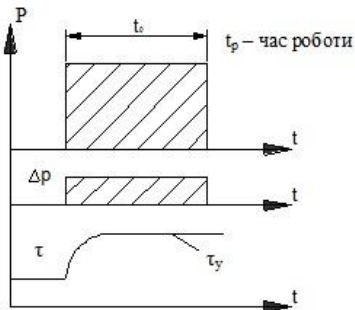


Рисунок 11.12 - Режим роботи електродвигуна (довготривалий S1)

Короткочасний S2 – коли період незмінного навантаження чередується з періодом відключення електродвигуна від мережі, при цьому за час  $t_p$  температура електродвигуна не досягає сталого значення, а за час паузи  $t_0$  він встигає повністю охолонути.

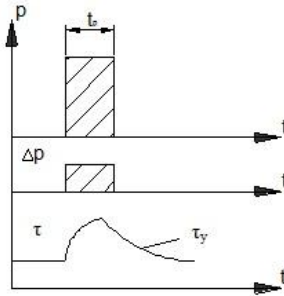


Рисунок 11.13 - Режим роботи електродвигуна  
(короткочасний S2)

Повторно-короткочасний S3 – при якому період незмінного навантаження чередується з періодом відключення електродвигуна від мережі: при цьому за час роботи  $t_p$  температура електродвигуна не досягає сталого значення, а за час паузи  $t_0$  електродвигун не встигає охолонути до температури навколишнього середовища. Двигуни для такого режиму роботи, характеризуються довготривалістю включення (ДВ), яка встановлюється за довготривалістю одного циклу роботи:

$$ПВ = \frac{t_p}{t_p + t_n} \cdot 100 \% , \quad (11.12)$$

де  $t_p$  – час роботи двигуна;  
 $t_n$  – час паузи.

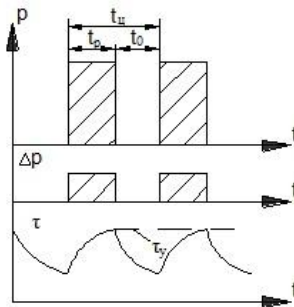


Рисунок 11.14 - Режим роботи електродвигуна  
(повторно-короткочасний S3)

Перемижаючий S6 – режим відрізняється від повторно-короткочасного тим, що після періоду роботи електродвигун не відключається від мережі, а продовжує працювати холосту.

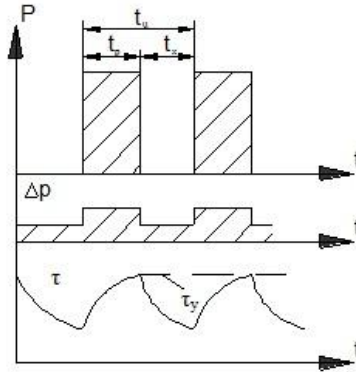


Рисунок 11.15 - Режим роботи електродвигуна (перемижаючий S6)

### 11.1.8 Вибір схеми з'єднання статорних обмоток

Відрізняють дві основні схеми з'єднання статорних обмоток трифазних електродвигунів: з'єднання зіркою та трикутником. В багатьох випадках схему з'єднання змінити вже неможливо, обмотки вже скомутовані всередині двигуна та в клемну коробку виведені лише проводи, на які необхідно подати живлення.

**Зірка.** При такому способі з'єднання всі початки обмоток статора електрично з'єднані в одній точці, а на їх кінці подається змінна трифазна напруга.

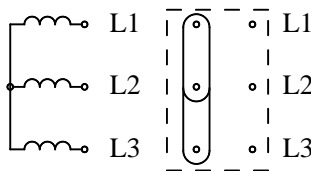


Рисунок 11.16 - З'єднання статорних обмоток трифазних електродвигунів зіркою

**Трикутник.** Це звичайне послідовне з'єднання обмоток. Тобто кінець першої обмотки з'єднаний з початком другої, кінець другої – початком третьої, кінець якої замикається на початку першої обмотки.

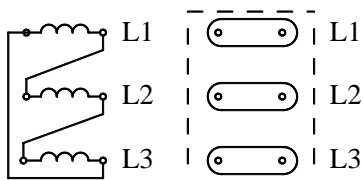


Рисунок 11.17 - З'єднання статорних обмоток трифазних електродвигунів трикутником

З'єднання обмоток статора в зірку або в трикутник дає змогу використовувати машину в мережах з двома різними напругами (наприклад, при 127 та 220 В або 220 та 380 В та інш.). Тому в паспорті машини та на щітці вказані два значення напруги мережі, при яких може працювати (220/127; 380/220 В та інш.). Для включення в мережу з більшим з вказаних напруг обмотка статора з'єднується в зірку, а меншою напругою в трикутник.

### Властивості зірки і трикутника

Зупинимося тепер на найважливішому питанні про потужності при з'єднаннях в зірку і трикутник, так як для робіт кожного механізму, що приводиться в дію електродвигуном або при живленні від генератора або трансформатора, зрештою важлива саме потужність.

У мережах змінного струми розрізняють:

повну потужність  $S = EI$  або  $S = UI$ ;

активну потужність  $P = EI \cos\varphi$  або  $P = UI \cos\varphi$ ;

реактивну потужність  $Q = EI \sin\varphi$  або  $Q = UI \sin\varphi$ ,

де  $E$  – ЕРС;

$U$  – напруга на затискачах електроприймача;

$I$  – струм;

$\varphi$  – кут зсуву фаз між струмом і напругою.

При визначенні потужності генераторів у формули входять ЕРС, при визначенні потужності електроприймачів – напруга на їх затискачах. При визначенні потужності електродвигунів враховують також коефіцієнт корисної дії, так як на таблиці електродвигуна вказується потужність на його валу.



Якщо потужності фаз  $S_a(P_a, Q_a)$ ;  $S_b(P_b, Q_b)$ ;  $S_c(P_c, Q_c)$  однакові і відповідно рівні то потужність трьохфазної системи, виражена через фазні величини, дорівнює сумі потужностей трьох фаз і становить:

$$\text{повна } S = 3S_\phi;$$

$$\text{активна } P = 3P_\phi;$$

$$\text{реактивна } Q = 3Q_\phi.$$

**Потужність при з'єднанні в зірку.** При з'єднанні в зірку лінійні струми  $I$  і фазні струми  $I_\phi$  рівні, а між фазними і лінійними напругами існує співвідношення  $U = \sqrt{U_\phi}$  звідки  $U = U/\sqrt{3}$ . Зіставляючи ці формули, бачимо, що виражені через лінійні величини при з'єднання в зірку потужності рівні:

$$\text{повна } S = 3S_\phi = 3 \frac{U}{\sqrt{3}} I = \sqrt{3} UI;$$

$$\text{активна } P = \sqrt{3} UI \cos \varphi;$$

$$\text{реактивна } Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi.$$

**Потужність при з'єднанні в трикутник.** При з'єднанні в трикутник лінійні  $U$  і фазні  $U_\phi$  напруги рівні, а між фазними і лінійними струмами існує співвідношення  $I = \sqrt{3} I_\phi$ , звідки  $I_\phi = I/\sqrt{3}$ . Тому виражені через лінійні величини при з'єднанні в трикутник потужності рівні:

$$\text{повна } S = 3S_\phi = 3U \frac{I}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} UI;$$

$$\text{активна } P = \sqrt{3} UI \cos \varphi;$$

$$\text{реактивна } Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi.$$

Активна потужність вимірюється в ватах (Вт), реактивна – В вольт-амперах реактивних (вар), повна – в вольт-амперах (В·А). Величини, в 1000 раз більші, відповідно називаються кіловат (кВт), кіловар (квар), кіловат-ампер (кВ·А).

**Важливе зауваження.** Однаковий вигляд формул потужності для з'єднання у зірку і трикутник іноді служить причиною непорозуміння, так як наштовхує недостатньо досвідчених людей на неправильний висновок, нібито вид з'єднань завжди неважливий, покажемо на одному прикладі, наскільки помилковий такий погляд.

Електродвигун був з'єднаний в трикутник і працював від мережі 380 В при струмі 10 А з повною потужністю

$$S = 1,73 \cdot 380 \cdot 10 = 6574 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

Потім електродвигун перез'єднали в зірку. При цьому на кожну фазу обмотку припало в 1,73 рази більш низька напруга, хоча напруга в мережі залишилося тією ж. Більш низька напруга призвела до того, що струм в обмотках зменшився в 1,73 рази. Але і цього мало. При з'єднанні в трикутник лінійний струм був в 1,73 рази більше, а тепер фазний і лінійний струми рівні.

Таким чином, лінійний струм при перез'єднанні в зірку зменшився в  $1,73 \cdot 1,73 = 3$  рази.

Іншими словами, хоча і нову потужність потрібно обчислювати за тією ж формулою, але підставляти в неї треба інші значення, а саме:

$$S_1 = 1,73 \cdot 380 \cdot (10/3) = 2191 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

З цього прикладу випливає, що при перез'єднання електродвигуна з трикутника в зірку і живленні його від тієї ж електромережі потужність, що розвивається електродвигуном знижується в 3 рази.

**Що відбувається при перемиканні з зірки в трикутник і назад в найбільш поширених випадках?** Обговорюємо, що мова йде не про внутрішні порез'єднаннях (які виконують в заводських умовах або в спеціалізованих майстернях), а про перез'єднання на щитках апаратів, якщо на них виведені початки і кінці обмоток.

1. При перемиканні з зірки в трикутник обмоток генераторів або вторинних обмоток трансформаторів напруга в мережі знижується в 1,73 рази, наприклад з 380 до 220 В. Потужність генератора і трансформатора залишається такою ж. Чому? Тому що напруга кожного фазної обмотки залишається такою ж і струм у кожній фазній обмотці такий же, хоча струм в лінійних дротах підвищується в 1,73 рази.

При перемиканні обмоток генераторів або вторинних обмоток трансформаторів з трикутника в зірку відбуваються зворотні явища, лінійна напруга в мережі підвищується в 1,73 рази, наприклад з 220 до 380 В, струми в фазних обмотках залишаються такими ж, струми в лінійних дротах зменшуються в 1,73 рази.

Отже, і генератори, і вторинні обмотки трансформаторів, якщо у них виведені всі шість кінців, придатні для мереж на дві напруги, що відрізняються в 1,73 рази.

2. При перемиканні ламп із зірки в трикутник (за умови їх приєднання до тієї ж мережі, в якій лампи, включені зіркою, горить нормальним розжаренням) лампи перегорить.

При перемиканні ламп з трикутника в зірку (за умови, що лампи при з'єднанні в трикутник горять нормальним розжаренням) лампи будуть

давати тьмяне світло. Значить, лампи, наприклад, на 127 В в мережу напругою 127 В повинні включатися трикутником. Якщо ж їх доводиться жити від мережі 220 В необхідне з'єднання в зірку з нульовим проводом. З'єднувати в зірку без нульового проводу можна тільки лампи однакової потужності, рівномірно розподілений між фазами, як наприклад, в театральних люстрах.

3. Все сказане про лампах відноситься і до резисторів, електричним печам і тому подібним електроприймачам.

4. Конденсатори, з яких збирають батареї для підвищення  $\cos\phi$ , мають номінальну напругу, яка вказує напругу мережі, до якої конденсатор повинен приєднуватися. Якщо напруга мережі, наприклад, 380 В, а номінальна напруга конденсаторів 220 В, їх слід з'єднувати в зірку. Якщо напруга мережі і номінальна напруга конденсаторів однакові, конденсатори з'єднують у трикутник.

5. Як пояснено вище, при перемиканні електродвигуна з трикутника в зірку потужність його знижується приблизно втричі. І навпаки, якщо електродвигун переключить із зірки в трикутник, потужність різко зростає, але при цьому електродвигун, якщо він не призначений для роботи при даній напрузі і з'єднанні в трикутник, згорить.

**Пуск короткозамкненого електродвигуна з перемиканням із зірки в трикутник** застосовують для зниження пускового струму, який в 5-7 разів перевищує робочий струм двигуна. У двигунів порівняно великої потужності пусковий струм настільки великий, що може викликати перегорання запобіжників, відключення автоматичного вимикача і привести до значного зниження напруги. Зменшення напруги знижує напруження ламп, зменшує крутний момент електродвигунів, може викликати відключення контакторів і магнітних пускатрів. Тому прагнуть зменшити пусковий струм, що досягається декількома способами. Всі вони в підсумку зводяться до зниження напруги в ланцюзі статора на період пуску. Для цього в ланцюг статора на період пуску вводять реостат, дросель, автотрансформатор або перемикають обмотку із зірки в трикутник. Дійсно, перед пуском і в перший період пуску обмотки з'єднані в зірку, тому до кожної з них підводиться напруга, в 1,73 рази менше номінальної, і, отже, струм буде значно меншим, ніж при включенні обмоток на повну напругу мережі. В процесі пуску електродвигун збільшує частоту обертання і струм знижується. Тоді обмотки перемикають в трикутник.

#### **Попередження:**

1. Перемикання з зірки в трикутник допустимо лише для двигунів з легким режимом пуску, так як при з'єднанні в зірку пусковий момент

приблизно вдвічі менше моменту, який був би при прямому пуску. Значить, це спосіб зниження пускового струму не завжди придатний, і якщо потрібно знизити пусковий струм і одночасно домогтися більшого пускового моменту, то беруть електродвигун з фазним ротором, а в коло ротора вводять пусковий реостат.

2. Переключати із зірки в трикутник можна тільки ті електродвигуни, які призначені для роботи при з'єднанні в трикутник. Тобто ті, що мають обмотки, розраховані на лінійну напругу мережі.

**Перемикання з трикутника в зірку.** Відомо, що недонавантажені електродвигуни працюють з дуже низьким коефіцієнта потужності. Тому рекомендується недонавантажені електродвигуни замінити менш потужними. Якщо, однак, виконати заміну не можна, а запас потужності великий, то не виключено підвищення  $\cos\phi$  перемиканням з трикутника в зірку. Потрібно при цьому виміряти струм в ланцюзі статора та переконатися в тому, що він при з'єднанні в зірку не перевищує при навантаженні номінального струму, в іншому випадку електродвигун перегріється.

#### **Позначення виводів обмоток електричних машин**

В електричних машинах постійного струму початок та кінець кожної обмотки позначають однією й тією ж прописною літерою з наступними цифрами: 1 – початок, 2 – кінець;

- обмотка якоря – Я1, Я2;
- компенсаційна обмотка – К1, К2;
- обмотка додаткового полюсу – Д1, Д2;
- послідовна обмотка збудження – С1, С2;
- паралельна обмотка збудження – Ш1, Ш2;
- пускова обмотка – П1, П2;
- урівнюючий провід та урівнююча обмотка – У1, У2;
- обмотка особливого призначення – О1, О3, О2, О4;
- незалежні обмотки збудження – Н1, Н2;

В електричних машинах змінного струму виводи обмоток позначають наступним чином:

- обмотка статора синхронних та асинхронних машин буквою С;
- обмотка ротора асинхронних машин буквою Р;
- обмотка збудження (індуктора) асинхронних машин буквою U.

У відповідності з міжнародними стандартами в даний час виводи позначають латинськими буквами: перша фаза обмотки статора – U, друга – V, третя – W. Початок та кінець фази позначають цифрами: 1 та 2. Нейтраль – N.

Позначення виводів обмоток електричних машин наносяться безпосередньо на кабельних наконечниках, на шинних кінцях, на спеціальних обжимках, щільно закріплених на проводах обмоток, або на ввідній колодці поряд з виводами. В малих електричних машинах, де буквене позначення виводів наносити важко, застосовується позначення виводів різнокольоровими дротами.

Колір проводів виводів має таку послідовність:

- перша фаза – жовтий;
- друга фаза – зелений;
- третя фаза – червоний;
- нульовий дріт – чорний.

## **11.2 Монтаж електродвигунів**

### **11.2.1 Транспортування електричних машин**

Електричні машини транспортуються з місця їх виготовлення на склади та бази замовника в транспортній упаковці, яку виготовляє підприємство виробник з врахуванням особливостей виробу, способу транспортування та зберігання, з метою забезпечення збереження електрообладнання в дорозі від механічних пошкоджень та впливу кліматичних факторів.

### **11.2.2 Організація виконання робіт з монтажу електричних машин:**

1. отримання від замовника технічної та проектної документації;
2. складання проекту робіт по монтажу;
3. приймання приміщення під монтаж електричних машин;
4. організація робочого місця в зоні монтажу;
5. комплектація інструменту та пристосування для монтажу;
6. організація монтажної зони;
7. Визначення складу бригади по монтажу машин.

### **11.2.3 Підготовка електричних машин до установки**

При порушенні умов та терміну зберігання електричні машини, що поставляються у зібраному вигляді підлягають ревізії з повним розбиранням. Необхідність ревізії оформляється актом.

Об'єм робіт та почерговість виконання операцій по передмонтажній ревізії електричних машин:

### **Машини в зібраному стані:**

- 1 Очищення фундаменту плит та лап станин;
- 2 Очищення та промивка анкерних болтів;
- 3 Промивка та підготовка підшипників: ковзання, кочення;
- 4 Перевірка ущільнень підшипників;
- 5 Перевірка повітряного зазору;
- 6 Перевірка стану щіткового механізму, колектору та контактних кілець;
- 7 Перевірка стану виводів;
- 8 Перевірка стану ізоляції обмоток, щіткової траверси та ізованих підшипників;
- 9 Перевірка вільного обертання ротора.

### **Машини, що були доставлені в розібраному стані:**

- 1 Перевірка різьбових отворів в фундаментних плитах;
- 2 Розбирання підшипників та перевірка якості вкладишів та прилягання кришок підшипника;
- 3 Перевірка щільності посадки клинів, які кріплять обмотки;
- 4 Візуальна перевірка ізоляції лобової частини;
- 5 Перевірка активної сталі;
- 6 Перевірка бандажів, щільності розклиновки обмоток роторів при виході з пазів, щільності запресовки осердя;
- 7 Перевірка всіх болтових з'єднань;
- 8 Перевірка якості пайки неізованих паяних з'єднань;
- 9 Перевірка правильності схеми з'єднання виводів та відповідність напрузі мережі.

## **11.2.4 Коротка технологія монтажу електричних машин**

### **Підготовчі роботи:**

- 1 Перевірка фундаменту;
- 2 Розмітка та підготовка місць на фундаменті для установки клинів та підкладок. Установка закладних брусів в незатверділий бетон фундаменту;
- 3 Підготовка електричних машин до монтажу; розпаковка, очищення та огляд машин;
- 4 Ревізія електричних машин, фундаментних плит та анкерних болтів;
- 5 Установка електричних машин, вивірка їх та центрування валів;
- 6 Підготовка до пуску, продувка стислим повітрям, пуск.

### 11.2.5 Вимоги до фундаменту

Опорні поверхні фундаментів, на яких укладаються фундаментні плити, повинні бути рівними, не мати раковин, поверхневих тріщин.

До задачі фундаменту під монтаж на них наносять головні вісі, які повинні бути зафіксовані керном на металевих планках, заздалегідь прикріплених в тілі фундаменту.

### 11.3 Установка фундаментальних плит, способи з'єднання фундаментальних плит

Фундаментальні плити повинні встановлюватися на металеві клини та підкладки. Під плити, що мають нижні полки, підкладки, клини та пристосування повинно вкладатися тільки в місцях сконцентрованих навантажень, тобто під підшипниковими стійками, під лапами станин та з двох сторін фундаментальних болтів.

Висота установки фундаментальної плити регулюється клинами або клиновими домкратами та контролюється порівнюючою лінійкою шляхом порівняння відмітки верхньої поверхні плити. Висота установки фундаментальної плити повинна бути менше розрахункової на 1мм. Цей допуск передбачає можливість подальшого регулювання висоти лінії вала та враховує похибку вимірювання. При кінцевій затяжці фундаментальних болтів необхідно слідкувати за горизонтальністю положення фундаментальних плит від горизонтального положення 0,1 – 0,15 мм на 1 м довжини плити.

#### 11.3.1 Установка та ізоляція підшипникових стійок

Висота підшипникових стійок регулюється зміною товщини та кількості металевих прокладок або клинів під стійками. Ізоляційні прокладки повинні виступати з основ підшипникових стійок по всьому контуру на 5 – 15 мм.

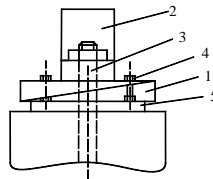


Рисунок 11.18 - Вузел кріплення підшипникових стійок та плит загальним анкерним болтом: 1 – клини; 2 – підшипникова стійка; 3 – анкерний болт; 4 – вставні плити; 5 – опорна плита

### 11.3.2 Установка статора, ротора (якоря), засоби заводки та строповки роторів (якорів)

Вивірку статора (станини), що складається з двох напівстанин виконують наступним чином, нижня напівстанина вивіряється по осі вала з точністю до половини розміру повітряного зазору, потім на підшипники вкладається ротор (якір) та встановлюється верхня напівстанина. Ротор стропиться за кінці валів; для запобігання від пошкоджень лобової частини якоря (ротора) та колектора застосовується спеціальне пристосування або розпірна дерев'яна траверса, яка вкладається безпосередньо на бочку якоря. При не розйомному статорі (магнітної системи) виконують введення ротора в статор в стороні від фундаментальної плити (в спеціально визначеному місці в зоні монтажу). Станини з лапами збоку встановлюються для введення ротора (якоря) на шпальну викладку. При довжині ротора, що не дозволяє ввести його в полюси статора без перестроповки, вал ротора нарощують подовжувачем.

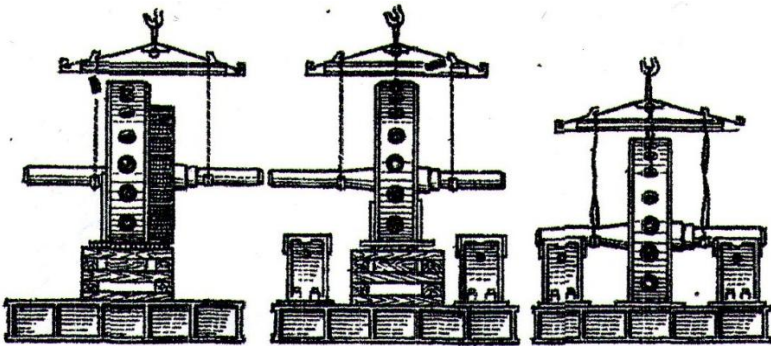


Рисунок 11.19 - Заводка ротора в статор з підніманням статора

#### Муфти, шпонки, центрування валів

##### Муфти

Для нормальної роботи підшипників та самої електростатичної машини з'єднувальні вали електричної машини та приводного механізму повинні становити єдиний вал. Пристроями, що призначені для з'єднання валів між собою та передачі обертового моменту є муфти. Їх підбирають також по обертовому моменту:

$$M_e = (\beta_1 + \beta_2)M,$$



де  $M_0$  – найбільший обертальний момент для даного типу муфти;  
 $\beta_1$  – коефіцієнт, що залежить від виду двигуна (для електродвигуна  $\beta_1=0,25$ );

$\beta_2$  – коефіцієнт, що враховує прискорювальні маси та ступінь рівномірності їх обертання;

$M$  – доводіючий обертальний момент, що передається муфтою.

$$M = 974 N/n,$$

де  $N$  – потужність двигуна на валу кВт;

$n$  – частота обертання ротора об/хв.

Жорсткі фланцеві муфти для з'єднання одноопорного валу електричної машини мають центральний виступ. Допустима швидкість стальних муфт – до 70 м/с, чавунних – 30 м/с, матеріал для виготовлення муфт: сталь 35 або чавун СЧ21-40.

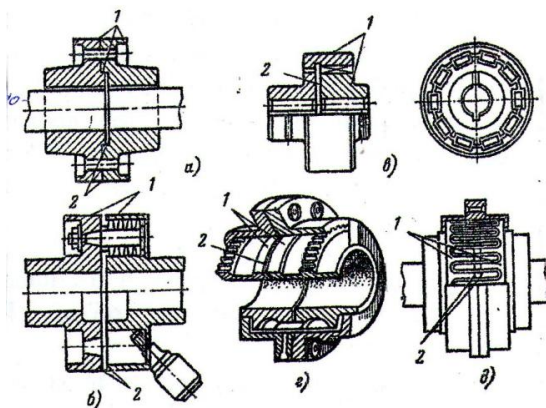


Рисунок 11.20 - Види муфт для з'єднання валів електричних машин:  
 а – жорстка фланцева; б – втулконо-пальцева; в – пружна з резиновими пластинами; г – зубчаста; д – змінної жорсткості (пружинна); 1, 2 – точки заміру радіального та торцевого биття

Зубчасті муфти складаються з двох зубчастих втулок та двох зубчастих обойм, що з'єднані разом або однією цілою обоймою. Муфти повинні працювати в масляній ванні.

Втулконо-пальцеві муфти виготовляють з чавуна СЧ21-40 або з сталі 3, пальці з сталі 45 та втулки з гуми з межею міцності на розрив не

менше  $80 \text{ кгс/см}^2$  (8 МПа) та відносним подовженням не менше 300 %. Зазор в пальцях не повинен перевищувати 0,3 - 0,6 мм.

Пружинні муфти. Пружини вложені в спеціальні пази, розміщені паралельно вісі. Пружини закриті розійомним кожухом.

**Шпонки.** Для передачі обертального моменту від валу до муфти служить шпонкове з'єднання. Шпонки бувають наступних типів:

1. Призматичні, поперечний переріз прямокутний, протилежні грані паралельні і створюють ненапружене з'єднання, передають тільки обертальний момент;

2. Сегментні, створюють ненапружене з'єднання, передають не великі обертальні моменти, застосовуються для валів діаметром до 58 мм;

3. Клинові, передають обертальний момент при наявності деякого вісьового зусилля;

4. Тангенційні, створюють напружене з'єднання, передають великі обертальні моменти та вісьові зусилля, застосовують при ударних знакоперемінних навантаженнях, встановлюються на вал під кутом  $120^\circ$ , складається з двох односкосних (одного нахилу 1:100) клинів, складені так, щоб робочі грані шпонки були взаємно паралельні.

### 11.3.3 Методи центрування валів

Під центруванням вала розуміють встановлення їх в таке взаємне положення, коли вал електричної машини та вал виробничого механізму являвся продовженням один одного.

Центрування валів проводиться за допомогою центрувальних скоб або пристосувань з індикатором часового типу, з магнітним або стрічковим прижимом.

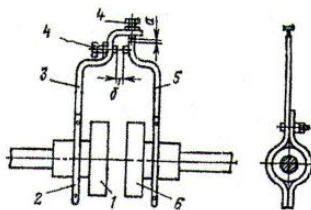


Рисунок 11.21 - Встановлення центрувальних скоб на вали  
1 – напівмуфта встановленої машини; 2 – стягувальні хомути;  
3 – зовнішня скоба; 4 – вимірювальні болти; 5 – внутрішня скоба;  
6 – напівмуфта машини, що встановлюють

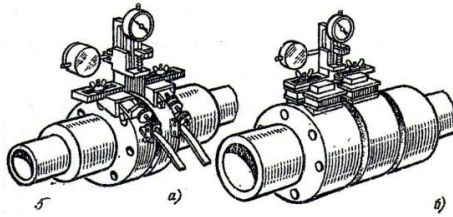


Рисунок 11.22 - Пристосування для центровки валів:  
а – зі стрічковим прижимом; б – з електромагнітним прижимом

Перевірку проводять по спільному повертанні валів на 90°, 180°, 270°. При вимірюваннях повинно виключатися можливість зміни зазорів між напівмуфтами за рахунок осьових розбігів вала. Регулювання положення валів виконують регулювання клинів під фундаментною плитою. Перевірку взаємного положення валу привідного двигуна та привідного механізму, якщо останній не можливо повернути, методом обходу однієї точки, тобто, повертаючи вал привідного двигуна.

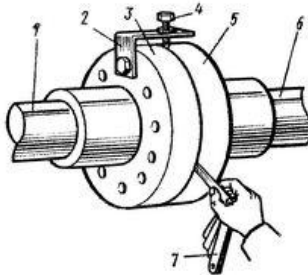


Рисунок 11.23 - Центровка валів методом обходу одною точкою

При перевірці взаємного положення одноопорних валів, з'єднаних жорсткими фланцями муфт з центрувальним виступом, проводять вимір тільки кутового перекосу. Взаємне положення валів привідного двигуна та механізму, що з'єднуються за допомогою проміжного валу, перевіряють після жорсткого з'єднання проміжного валу з привідним двигуном або механізмом.

### 11.3.4 Підшипники електричних машин

#### Підшипники ковзання

В крупних електричних машинах з великими масивними роторами застосовують роз'ємні або нероз'ємні (втулочного типу) підшипники ковзання. Підшипники ковзання вибираються по величині питомого тиску  $\rho$  та колової швидкості  $v$ .

$$\text{Питомий тиск: } \rho = \frac{P}{dl},$$

де  $P$  – радіальне навантаження на підшипники, кгс;

$d$  – діаметр підшипника, см;

$l$  – довжина підшипника, см.

$$\text{Колова швидкість: } v = \frac{\pi dn}{100 \cdot 60},$$

де  $d$  – діаметр підшипника, см;

$n$  – частота обертання валу, об/хв.

Величини  $\rho$   $v$ , не повинні перевищувати значення, вказаного в таблиці для матеріалів підшипника.

Вкладиши підшипників електричних машин заливаються бабітом. Для електричних машин застосовують в основному бабіт марок Б-83 та Б-16.

#### 11.3.5 Підшипники кочення

В малих та середніх електричних машинах застосовуються підшипники кочення, які мають в порівнянні підшипниками ковзання більш високий ККД. Підшипники кочення по формі тіл кочення розділяються на шарикові та роликові; за характером сприйняття навантаження – на радіальні, радіально-упорні, упорні. Режим роботи підшипників умовно характеризується їх розрахунковою довговічністю, під якою розуміють строк роботи виражений в годинах, без появи ознак усталості металу.

Перед посадкою підшипниками промивають та перевіряють легкість обертання. Посадочні місця на валу та в корпусі промивають керасином (гасом) та витирають. Посадочні місця повинні бути без механічних пошкоджень (забоїн, корозії); їх перевіряють скобами та

калібрами в трьох місцях рівномірно по окружності, щоб переконатися у відсутності овальностей.

Показниками непридатності підшипників кочення являються:

1. Викрашування, тріщини та сліди роликів на доріжках кочення;
2. Матова поверхня доріжок;
3. Зазубрини на краях сепараторів;
4. Уступи на кінцях роликів;
5. Знос шариків у вигляді зміни їх геометричної форми;
6. Зменшення діаметру зовнішніх кілець підшипників та збільшення допустимих меж;
7. Збільшення діаметру внутрішніх кілець підшипників.

### 11.3.6 Повітряний зазор

Заміри повітряних зазорів в електричних машинах постійного струму та в синхронних машинах з явно вираженими полюсами виконується під кожним полюсом; в асинхронних та синхронних машинах з неявно вираженими полюсами при невеликих діаметрах ротора (до 500-600 мм) в чотирьох протилежно діаметральних точках, при великих діаметрах ротора – в восьми точках.

При вимірюванні повітряних зазорів перевіряють биття ротора та еліптичність статора. Повітряні зазори перевіряють щупом з обох сторін під одною з розміщених точках статора.

Регулювання зазорів проводиться шляхом підбору відповідних металевих прокладок під лапи станин статора та розвороту його в поперечному напрямі відносно повздовжньої осі.

### 11.3.7 Перевірка виконання внутрішніх з'єднань обмоток

Перевірка виконання внутрішніх з'єднань обмоток проводять в наступних випадках: після капітального ремонту, якщо по якійсь причині відсутнє або переплутане маркування виводів, а також коли порушений режим роботи машини.

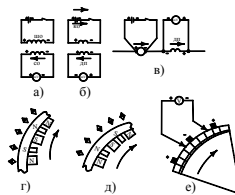


Рисунок 11.24 - Перевірка полярності обмоток машин постійного струму

Перевірка взаємної полярності паралельної та послідовної обмоток збудження проводиться індуктивним методом (а).

Перевірка полярності обмоток машин постійного струму:

а) – полярність обмоток паралельного та послідовного збудження;

б) – компенсаційної обмотки та додаткових полюсів;

в) – якоря та додаткових полюсів;

г) – чередування основних та додаткових полюсів електродвигуна;

е) – чередування полюсів.

ШО – паралельна обмотка;

СО – послідовна обмотка;

КО – компенсаційна обмотка;

ДП – обмотка допоміжних полюсів.

Мілівольтметр під'єднаний до обмоток збудження повинен мати межу вимірювання 1-3 В, акумулятор або батарею напругою 2-3 В. Перед перевіркою полярності обмоток перевіряють полярність мілівольтметра. Включення паралельної послідовної обмоток збудження проводиться відповідно прийнятій схеми вмикання. Перевірку взаємного включення компенсаційної обмотки та обмотки додаткових полюсів проводять як показано на (б). Обмотки з'єднуються послідовно різнойменними полюсами, тобто полюс однієї обмотки з'єднується з мінусом другої. Перевірка взаємного включення якоря та додаткових полюсів проводиться по (в). З'єднання обмоток якоря та додаткових полюсів проводиться так: полюс якоря з'єднують з плюсом додаткового полюса або мінус якоря з мінусом додаткового полюса. Порядок чергування головних та додаткових полюсів перевіряють за допомогою магнітної стрілки компаса, по черзі піднесеної з зовнішньої сторони станини до головних болтів проти полюсів, як показано на (г) та (д). При поганій чутливості стрілок в обмотках збудження подається струм збудження, рівний 5-6 % номінального. В двигунах за головним полюсом однієї полярності повинен слідувати додатковий полюс тієї ж полярності (д), в генераторах за головним полюсом однієї полярності повинен слідувати додатковий полюс іншої полярності (г).

Перевірку полярності щіток та напрям обертання виконують, як показано на (е). До двох точок колектора приєднується вольтметр, при вмиканні збудження стрілки вольтметра короткочасно відхилиться. Якщо стрілка відхилиться в право, то в точці *a* плюс, *a* в точці *б* мінус. Інший метод закладається в тому, що до щіток підключається вольтметр зі шкалою 15-30 В, у обмотку збудження подається струм збудження додаткової полярності, після цього дають поштовх якорю, в сторону заданого обертання якоря. Відхилення стрілки вольтметра показує полярність щіток.

Перевірку полярності обмоток машини змінного струму, в разі коли відсутнє маркування виводів, виконують як показано на рис. 11.25. Мілівольтметр при визначенні полярності обмоток, як показано на рис. 11.25 а, підключають по черзі до кожної фазної обмотки. При відхиленні стрілки мілівольтметра в право проти полюса батареї і мінуса мілівольтметра знаходяться початки фазних обмоток. При визначенні полярності як показано на рис. 11.25 б, в разі з'єднання обмоток однойменними виводами стрілка мілівольтметра при вмиканні не відхилиться, в протилежному випадку мілівольтметр буде реагувати на вмикання батареї.

При перевірці полярності по рис. 11.25 в дві з'єднані послідовно обмотки підключають через реостат до мережі. До третьої обмотки підключають вольтметр або контрольну лампу.

При з'єднанні фазних обмоток однойменними виводами контрольна лампа або вольтметр в третій фазі покаже відсутність напруги та навпаки.

Вкладання витягнутих секцій обмоток в пази проводять з обов'язковим попереднім підігрівом секцій з дотриманням технологічних вказівок. Пайку обмоток виконують з дотриманням мір для захисту сусідніх частин обмоток від пошкодження. Контактні поверхні перед пайкою або скручуванням повинні бути зачищені та залужені.

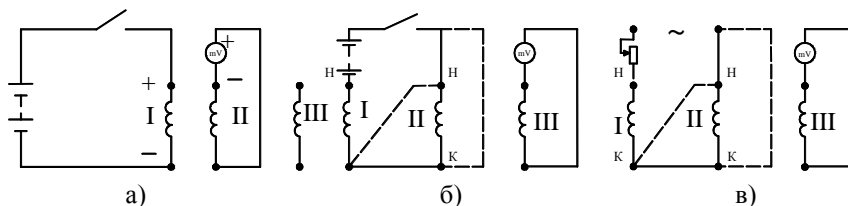


Рисунок 11.25 - Перевірка полярності фазних обмоток електричних машин змінного струму:

- а – при роздільному вмиканні обмоток; б – при парному підключенні;
- в – за допомогою джерела змінного струму;
- I, II, III – фазні обмотки

## 11.4 Монтаж струмозбиральних пристроїв

### Перевірка колектору

Перед установкою щіткового механізму перевіряють биття колектора або контактних кілець, якщо по зовнішньому вигляду колектор має нерівності та биття в недопустимих межах. Биття холодних

колекторів повинно бути не більше 0,002 мм для колекторів діаметром до 250 мм, 0,03-0,04 мм для колекторів діаметром до 600 мм, 0,06 для колекторів діаметром більше 600 мм.

Допустима різниця між биттям колектора в холодному та нагрітому стані повинне бути не більше 0,04 мм. Биття колектора перевіряють індикатором часового типу з плоским накінецьником при повороті якоря у власних підшипниках зі швидкістю не більше 1 м/с.

Колектор при нерівностях та биттях до 0,2 мм повинен бути відполірований, до 0,5 мм – пришліфований, перевищуючий 0,5 мм – проточений. Поглиблення ізоляції повинно бути 1–1,5 мм.

#### 11.4.1 Регулювання щіткового механізму

Щітковий механізм повинен вільно переміщуватися при послабленні стопорного пристрою. Траверси щіткового механізму встановлюються по заводським міркам на нейтралі. Радіальний зазор між контактними кільцями або між колекторами та щіткоутримувачами повинен бути рівномірним по окружності та становити від 2 до 4 мм. Щіткоутримувачі встановлюють так, щоб краї щіток були паралельними колекторним пластинам, як показано на рис. 8. Розміщення щіток по колу колектора повинне бути рівномірним.

Перевірку притиснення виконують динамометром.

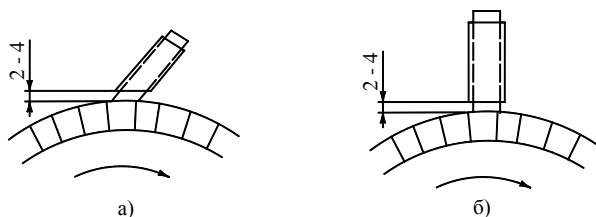


Рисунок 11.26 - Розміщення щіткоутримувачей:  
а – реактивних; б – радіальних

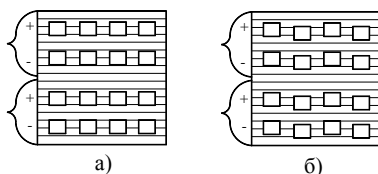


Рисунок 11.27 - Розміщення щіток на колекторі:  
а – паралельне; б – в шахматному порядку



## **11.5 Випробування та пуск електричних машин**

### **11.5.1 Підготовка електричних машин до пуску**

Перед першим пуском електричної машини повинні бути виконані наступні роботи:

1. Перевіряється відсутність в електричних машинах бруду та сторонніх речей, та продувають їх стислим повітрям.
2. Проводять випробування нерухомих електричних машин.
3. Перевіряють систему масло змазки та охолодження.
4. Перевіряється дія захисної та сигнальної апаратури.
5. Перевіряється правильність приєднання виводів машини до мережі та надійність заземлення корпусу.
6. Провернути ротор вручну для перевірки вільного обертання та змазування підшипника.

### **11.5.2 Пробний пуск електричної машини**

Пробний пуск електричної машини здійснюється в наступній послідовності:

1. Короткочасний пуск електричних машин. Визначення напрямку обертання та відсутність ненормальних явищ.
2. Пуск електричної машини на більш довгий період. Визначення відсутності стуку в підшипниках.
3. Перевірка нагріву підшипників, обертання змащувальних кілець, регулювання подачі масла в підшипниках.
4. Перевірка роботи системи охолодження на холостому ході машини та під навантаженням.
5. Проведення випробування електричної машини на холостому ході та під навантаженням.
6. Перевірка комутації електричної машини, проводять поліровку колектора.
7. Перевірка роботи електричної машини під навантаженням.
8. Перевірка вібрації електричної машини.

### **11.5.3 Здача-приймання змонтованих електричних машин**

При здачі-прийманні необхідно оформляти наступну здаточну документацію:

1. Акт про необхідність виконання огляду - ревізії з розбиранням.
2. Протокол огляду– ревізії електричних машин.

3. Формуляр монтажу електричних машин або агрегатів, що поступили в зібраному вигляді.

### 11.5.4 Монтажні формуляри

Таблиця 11.1 - Монтажні формуляри

| № машини | Загальна вага, т | Тип | Заводський номер | Потужність, кВт | Напруга, В | Струм, А | Частота обертання об/хв |
|----------|------------------|-----|------------------|-----------------|------------|----------|-------------------------|
| 1        |                  |     |                  |                 |            |          |                         |
| 2        |                  |     |                  |                 |            |          |                         |
| 3        |                  |     |                  |                 |            |          |                         |

| Опір ізоляції, Ом, при t, °C   |             |                      |                     |                  |                     |                  |                      |
|--------------------------------|-------------|----------------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|----------------------|
| Обмотка та ізоляція            | Дата заміру | № електричної машини |                     |                  |                     |                  |                      |
|                                |             | 1                    |                     | 2                |                     | 3                |                      |
|                                |             | R <sub>60"</sub>     | R <sub>60"/15</sub> | R <sub>60"</sub> | R <sub>60"/15</sub> | R <sub>60"</sub> | R <sub>60"/15"</sub> |
| Обмотка якоря, ротора          |             |                      |                     |                  |                     |                  |                      |
| Обмотка статора                |             |                      |                     |                  |                     |                  |                      |
| Обмотка паралельного збудження |             |                      |                     |                  |                     |                  |                      |
| Обмотка послідовного збудження |             |                      |                     |                  |                     |                  |                      |
| Обмотка компенсаційна          |             |                      |                     |                  |                     |                  |                      |
| Обмотка додаткових полюсів     |             |                      |                     |                  |                     |                  |                      |
| Ізоляція термодетектора        |             |                      |                     |                  |                     |                  |                      |
| Ізоляція траверси              |             |                      |                     |                  |                     |                  |                      |

4. Акт готовності фундаменту для установки електричної машини.

## РОЗДІЛ № 12

### 12. ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

#### 12.1 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.

#### Загальна схема електроприводу

По першому каналу здійснюється передача потоку перетворюваної енергії ( $\Leftrightarrow$ ), а по другому здійснюється управління цим потоком енергії, а також збирання та опрацювання інформації про стан та функціонування системи, діагностика її несправностей ( $\rightarrow$ ).



Рисунок 12.1 - Загальна схема електроприводу

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.

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.

## 12.2 Системи 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.

**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 режим 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 автоматики 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 заздальгідь 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 економічність 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.

## РОЗДІЛ №13

### 13. ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРОВОДОК ТА КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

#### 13.1 Технологія монтажу електричних проводок

##### 13.1.1 Аналіз систем електропостачання споживачів

###### Електрообладнання жилих будівель

Електрообладнання жилих будівель представляє собою електротехнічний комплекс, що складається з ввідно-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.

Ввід можна зробити крізь стіну будівлі так: а.

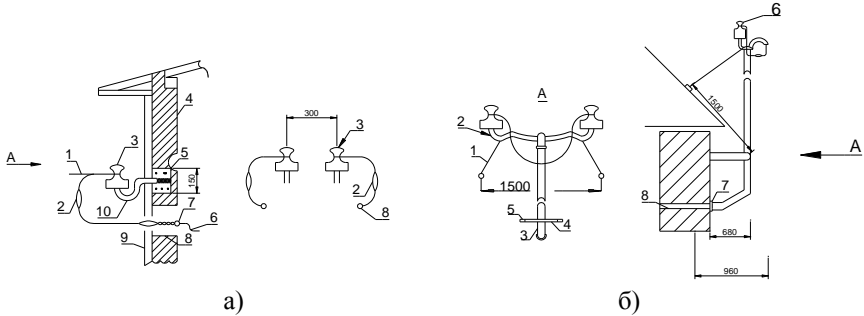


Рисунок 13.1 - Введення електромережі:

- 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 10х100 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-розподільчих 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.

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 (штрабах) та швах; по перекриттях з незгоряючими та згоряючими основами – в швах та в штрабах 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 металеві оболонкою та прокладати їх в сталевих трубах. Це може призвести до ураження електричним струмом.

Групові 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 розділитися.

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 розміщається з врахуванням розміщення світильників, вимикачів та штепсельних розеток.

В ванних кімнатах корпуса 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.

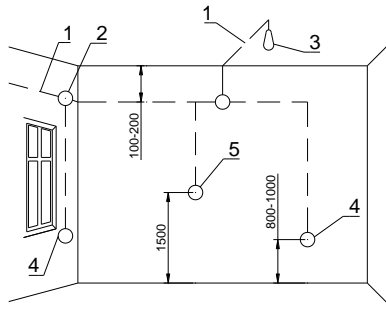


Рисунок 13.2 - Розмітка траси електропроводки в кімнаті

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.

### **13.1.2 Особливості монтажу електропроводок об'єкта**

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.

### **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.

### **Технічний догляд за електроустановками**

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

Операції технічного огляду проводять відповідно складеному графіку через суворо встановлені періоди роботи електроустановок.

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

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

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

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

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..).

### **Технічний догляд за внутрішніми електропроводками**

При проведенні технічних оглядів 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.

### **13.1.3 Способи прокладки кабелю**

#### **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.

#### **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.

### **Прокладка кабелю в коробі (кабельканалі)**

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.

### **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 здійснюються вручну або за допомогою спеціального плуга укладальника для прокладки кабелю в траншеях.

### **Монтаж повітряної лінії**

Монтаж кабелю по повітрю від стовпа до будинку або від будинку до будинку можна здійснити двома способами:

1. **На порцелянових ізоляторах.** Провід тягнеться від стовпа до будинку окремими лініями і прикріплюються до високоміцних порцелянових ізоляторів.

2. **За допомогою розтяжки.** Для цього способу повітряної прокладки кабелю необхідно: талреп, трос, металеві стяжки і хомути.

Талреп – це пристосування для кріплення троса і регулювання його натягу. Розмір талрепа і товщина троса розраховуються виходячи з ваги кабелю і довжини самої лінії. Для підйому на стовп електрики використовують спеціальні кігті і пояс.

### Монтаж силових і контрольних кабелів

Кабелі укладають в траншеях глибиною 700 мм в один горизонтальний ряд, на шар піску або просіяної землі (рис. 13.3). 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.

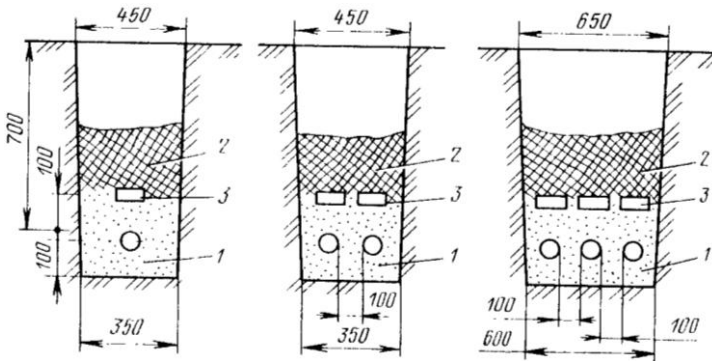


Рисунок 13.3 - Переріз траншеї для прокладки кабелю напругою до 10 кВ:  
1 – пісок або просіяна земля; 2 – ґрунтова земля; 3 – цегла

При прокладанні кабелів в землі більше 75 % часу йде на риття і засипання траншей, якщо цю роботу виконувати вручну. При виконанні земляних робіт застосовують багатоківшовий 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 оцинцьованого 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 роликми, 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 укладати 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.

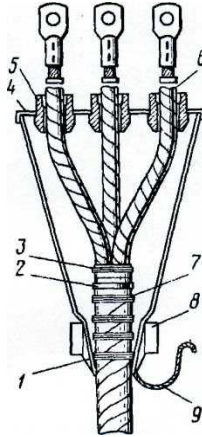


Рисунок 13.4 - Заділка кабеля в сталевій кінцевій воронці:  
 1 - толева бумага та просмолена стрічка; 2 - свинцева оболонка;  
 3 - бандаж з нитки на поясній ізоляції; 4 - кришка воронки;  
 5 - порцелянова втулка; 6 - жила, обмотана ізоляційною стрічкою;  
 7 - місце припайки заземлюючого дроту; 8 - сталевий хомут для кріплення воронки; 9 - заземлюючий дріт

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.

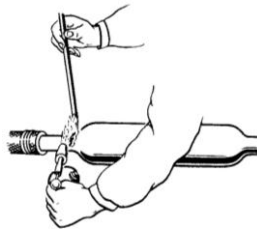


Рисунок 13.5 - Припайка свинцевої муфти до свинцевої оболонки кабеля

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 наклеївши 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. 13.4.). 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. 13.5.). 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.

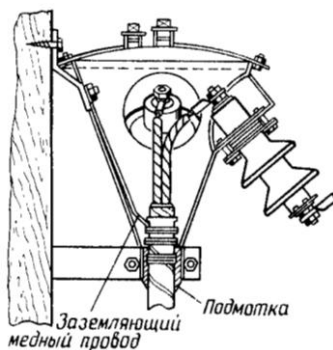


Рисунок 13.6 - Щоглові муфти, що застосовуються при переході з кабельної лінії на повітряну або навпаки

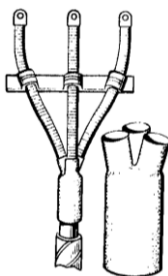


Рисунок 13.7 - Суха заділка кабеля в свинцевій рукавиці

При переході з кабельної лінії на повітряну або навпаки використовують щоглові муфти (рис. 13.6). 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. 13.7). Нижню частину рукавички припаюють до свинцевої оболонки кабелю. Жили кабелю, частина пальців і кабельних наконечників обмотують тафтяною стрічкою, покривають лаком, а свинцеву рукавичку заливають маслосоланоліфольною 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 поліхлорвініловою 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.

### **Що впливає на 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 дрiт, ми можемо скористатися таблицею з вибору перетину дроту (рис. 13.8):

| Открытая проводка |                 |       |          |                 |       | Сечение<br>кабеля мм <sup>2</sup> | Закрытая проводка |                 |       |          |                 |       |
|-------------------|-----------------|-------|----------|-----------------|-------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|-------|----------|-----------------|-------|
| Медь              |                 |       | Алюминий |                 |       |                                   | Медь              |                 |       | Алюминий |                 |       |
| Ток А             | Мощность<br>кВт |       | Ток А    | Мощность<br>кВт |       |                                   | Ток А             | Мощность<br>кВт |       | Ток А    | Мощность<br>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    |

Рисунок 13.8 - Таблица з вибору перетину дроту

### Наслідки неправильного вибору

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.

### 13.1.4 Заземлення

**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).

**Природний 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 (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 прибої фази, що приведе до спрацювання системи захисту (автоматичний вимикач або перегорання плавких запобіжників).

**Замикання на землю** – випадкове з'єднання 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

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3}. \quad (13.1)$$

Опір заземлюючого пристрою повинен бути не більше 4 Ом, а при потужності генераторів та трансформаторів 100 кВ·А та менше – не більше 10 Ом.

**До частин, які потребують заземлення відносять:**

- корпуси 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 корпуси пересувних та переносних електроприймачів.

**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 стрижні.

**В якості заземлювальних проводів можуть бути застосовані:**

- нульові дротові мережі;
- металеві конструкції будівель (ферми, колони).

В мережах з глухим заземленням нейтралі необхідно застосовувати занулення, а в мережах з ізолюваною нейтраллю - заземлення.

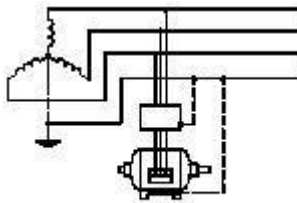


Рисунок 13.9 - Схема занулення електроустановки з заземленою нейтраллю

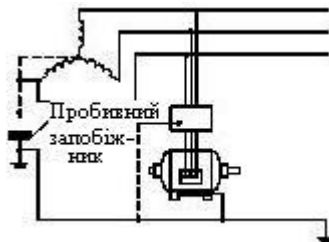


Рисунок 13.10 - Схема захисного заземлення електроустановки з ізолюваною нейтраллю

### **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.

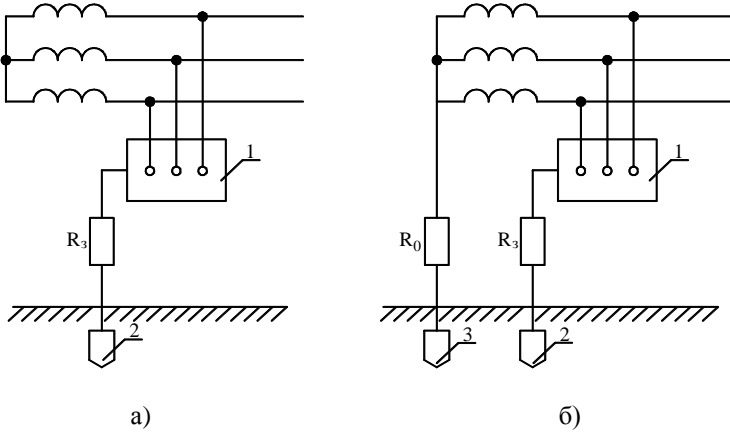


Рисунок 13.11 - Принципова схема захисного заземлення: а) в мережі з ізолюваною нейтраллю; б) в мережі з заземленою нейтраллю;  
 1 – обладнання, що заземлюється; 2 – заземлювач захисного заземлення;  
 3 – заземлювач робочого заземлень;  $R_3$  та  $R_0$  – опір захисного та робочого заземлень

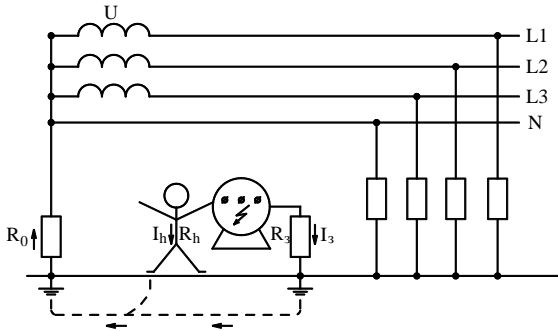


Рисунок 13.12 - Схема мережі з заземленою нейтраллю та захисним заземленням споживача електроенергії:  
 1) пробивний запобіжник; 2) розрядники; 3) резистори

Напруга корпусу електроустановки ( $U_3$ ) відносно землі зменшиться та стане рівною:

$$U_3 = I_3 R_3. \quad (13.2)$$

Напруга доторкання ( $U_h$ ) та струм, що проходить крізь тіло людини ( $I_h$ ) буде визначатися як:

$$U_h = I_3 R_3 \alpha_d; \quad (13.3)$$

$$I_h = I_3 \frac{R_3}{R_h} \alpha_d. \quad (13.4)$$

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.

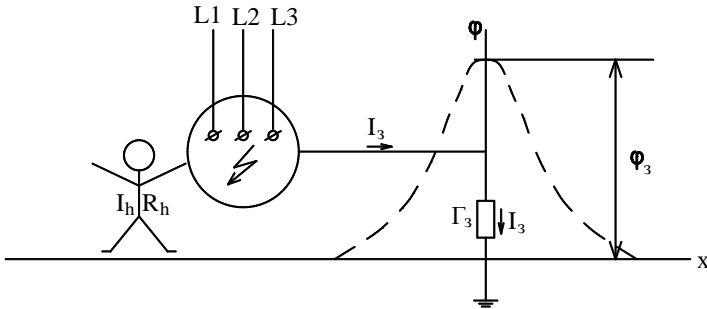


Рисунок 13.13 - Виносний заземлюючий пристрій

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  $U_{дот.дон}$  (з врахуванням коефіцієнту напруги доторкання, що враховує падіння напруги в опорі розтіканню основи на якій стоїть людина  $\alpha_d$ ).



$$\varphi_3 = I_3 \cdot R_3 \leq \frac{U_{\text{доп.доп}}}{\alpha_d}, \quad (13.5)$$

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

$$I_h = \frac{U_{\text{л}}}{R_h}, \quad (13.6)$$

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:

$$I_h = 1.73 \cdot 220 / 1000 = \frac{380}{1000} = 0,38 \text{ А} = 380 \text{ мА}. \quad (13.7)$$

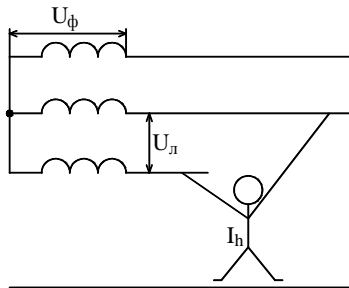


Рисунок 13.14 - Доторкання людини до двох фаз

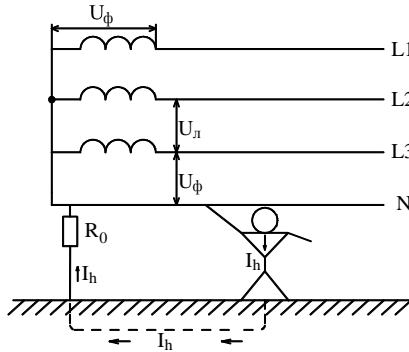


Рисунок 13.15 - Доторкання людини до однієї фази трифазної мережі з заземленою нейтраллю

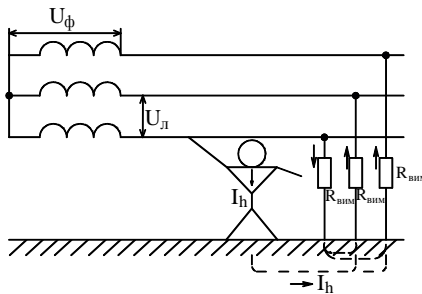


Рисунок 13.16 - Доторкання людини до однієї фази трифазної мережі з заземленою нейтраллю

В мережі з ізолюваною нейтраллю струм, що проходив крізь людину повертається до джерела струму крізь ізоляцію провідників мережі, яка в справному стані має великий опір. В мережі з ізолюваною 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.

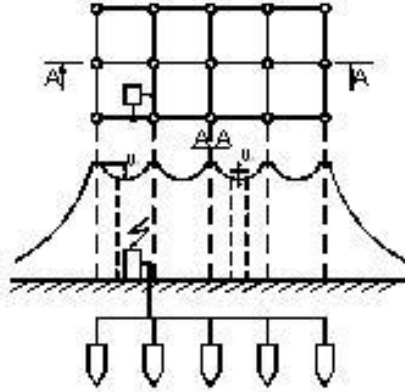


Рисунок 13.17 - Контурний заземлюючий пристрій

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.

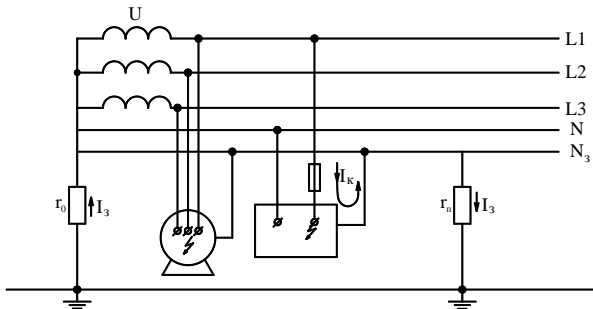


Рисунок 13.18 - Принципова сема занулення

При замиканні фазного дроту 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 дроту та перерозподілення напруг в мережі при протіканні струму короткого замикання.

### 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 заземлюючої 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.

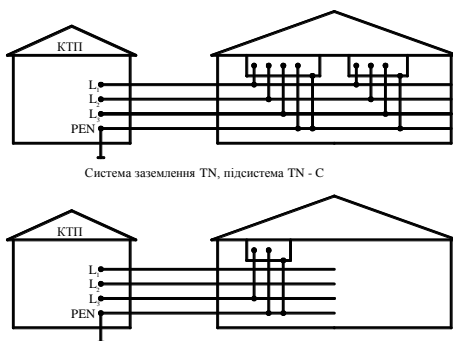


Рисунок 13.19 - Система заземлення TN, підсистема TN-C

*Підсистема TN-S* – нульовий захисний та нульовий робочий провідники розділені на всій довжині.

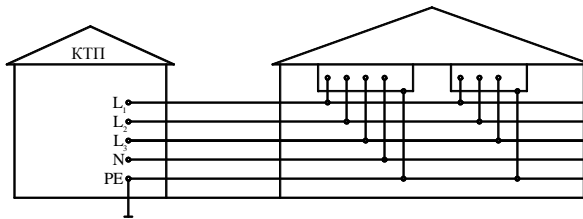


Рисунок 13.20 - Система заземлення TN, підсистема TN-S

*Підсистема TN-C-S* – функції нульового захисного та нульового робочого провідників суміщені в одному провіднику в якійсь її частині, починаючи від джерела живлення.

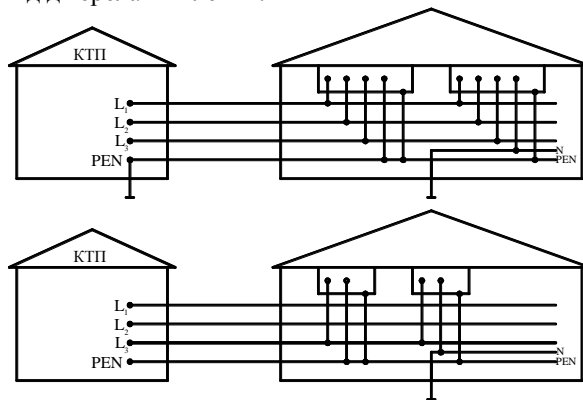


Рисунок 13.21 - Система заземлення TN, підсистема TN-C-S

*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.

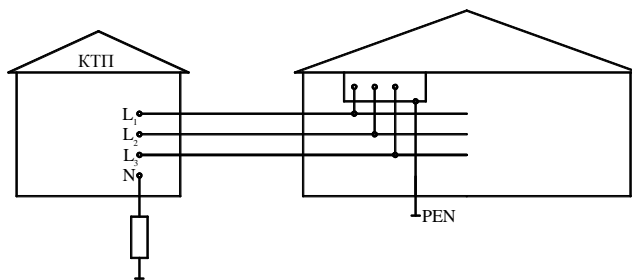


Рисунок 13.22 - Система заземлення IT

*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.

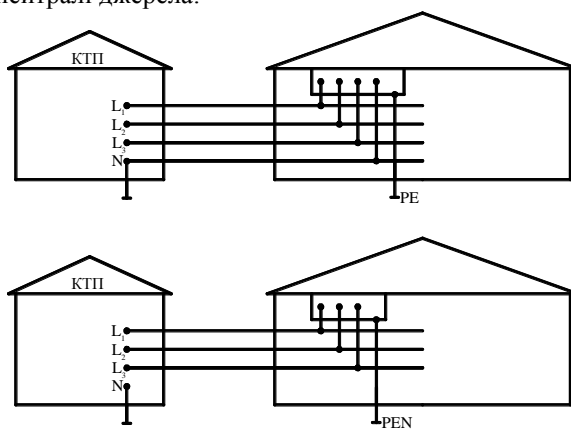


Рисунок 13.23 - Система заземлення TT

**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.

### **Пристрій захисного відключення ПЗВ**

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.

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.

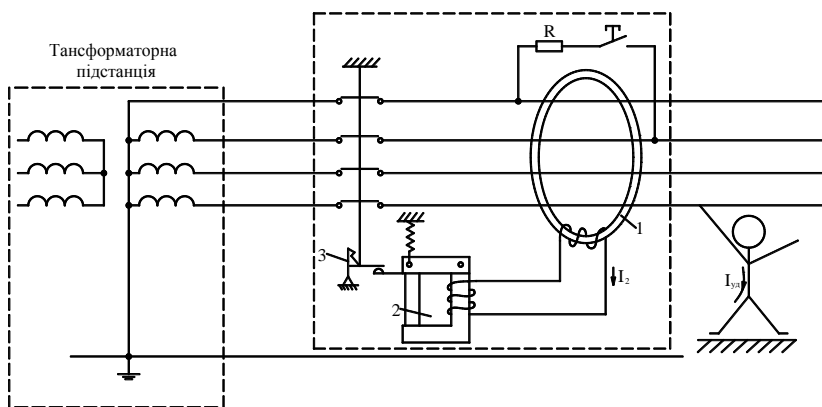


Рисунок 13.24 - Пристрій захисного відключення ПЗВ

### Електропроводка

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

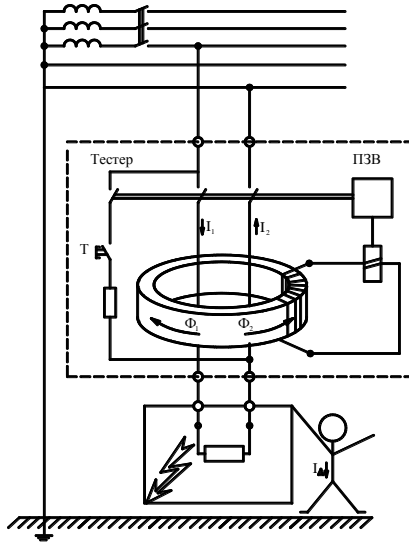


Рисунок 13.25 - Принципова схема підключення ПЗВ

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

*Відкрита* – електропроводка, прикладена до поверхні стін, стель, по фермах та іншим будівельним елементам будівель та споруд, по опорам. Дроти 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 листвах, 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 перекриттям. Дроти та кабелі прокладають в трубах, гнучких металевих рукавах, коробах, в замкнених каналах та пустот будівельних конструкцій, в заштукатурених борознах, під штукатуркою, а також замонолічені в будівельні конструкції при їх виготовленні.

*Зовнішня* – електропроводка ,прокладена по зовнішнім стінам споруд та будівель, під навісом, а також між будівлями на опорях (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.

### **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 дротів і кабелів, а також від розпаювальних коробок схованого прокладення дротів 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.

Дроти неброньованих кабелів, захищених і незахищених дротів через неспалімі стіни і міжповерхові перекриття виконують у відрізках пластмасових труб, а через спалімі – у відрізках сталених.

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

## **Дроти та кабелі, що застосовуються при монтажі електропроводок і підключенні електрообладнання**

*Дріт* – 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.

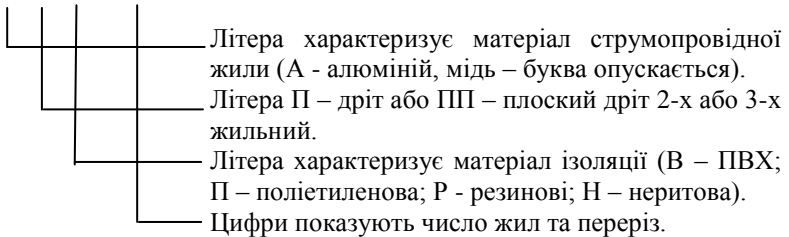
*Кабель* – одна або більше ізольованих жил (провідників), розміщених, як правило, в металеву або неметалеву оболонку, поверх якої в залежності від умов прокладки та експлуатації може бути відповідне захисне покриття, в яке може входити броня.

*Шнур* – дві або більше ізольованих 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.

### **Структура умовного позначення установочних проводів**

X П X X x X



### **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 дротів, 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 дроти (ізолятори, ролики), натяжні та підтримувальні конструкції (у тросових проводах), заготовляють і прокладають труби;

– прокладають дроти, 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 розміченні 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 дротів, кабелів або труб відкритих електропроводок розмічають так, щоб проводки розміщувались паралельно до архітектури ліній приміщення.

Прокладати незахищені ізольовані дроти 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 дротів, кабелів і гнучких металевих дротів треба розміщувати з інтервалом 0,5 – 0,7 м, а точки кріплення ізоляційних труб 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 електропроводах розмічають на стелі по найкоротшій відстані, на стінах і перегородках – горизонтально, а на спусках до вимикачів, розеток – вертикально. При цьому лінії прикладання цих дротів 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 дротів, підвішених до троса, повинна становити не більше 1 м при перерізі дроту 1 і 1,5 м при перерізах 1,5 – 6 мм<sup>2</sup>, захищені дроти і кабелі кріплять через кожні 0,5 м.

Для прискорення монтажу до тросу спочатку закріплюють дроти 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.

### **13.1.5 Монтаж заземлюючих пристроїв**

#### **Монтаж природніх заземлюючих пристроїв**

Якщо проектом передбачено використання захисних властивостей будівельних конструкцій, то можливі наступні варіанти виконання:

1) у разі сталюого каркаса будівлі ніяких додаткових робіт для створення заземлювального пристрою від електромонтажників не потрібно. Заземлення нейтралі трансформатора, а також корпусів обладнання, електротехнічних конструкцій слід проводити за допомогою приварки провідника заземлення до колони будівлі або до будівельних конструкцій, які мають зв'язок з каркасом будівлі;

2) у разі залізобетонного каркаса необхідно електромонтажникам спільно з будівельниками організувати приймання робіт по з'єднанню заставних виробів колон і фундаментів (рис. 13.26) та інших сполук залізобетонних виробів, що забезпечують об'єднання в єдине ціле арматури залізобетонного каркаса.

З'єднання нуля трансформатора з закладним виробом здійснюється приварюванням заземлювального провідника до заставного елемента колони або фундаменту. Заземлення (з'єднання з допомогою заземлювального провідника) корпусів електрообладнання, електротехнічних конструкцій повинно здійснюватися приварюванням до закладних виробам на колонах. Забороняється приварювати заземлюючий провідник до арматури стінових панелей.

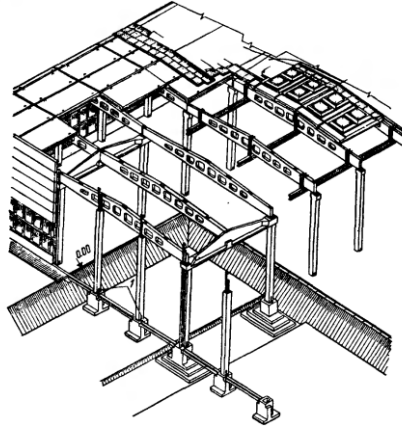


Рисунок 13.26 - Монтаж перемичок заземлення при використанні стропильних та підстропильних балок для з'єднання металевої арматури будівлі

### 13.1.6 Монтаж штучних заземлюючих пристроїв

**Монтаж заземлювачів.** До початку електромонтажних робіт будівельна організація повинна закінчити роботи з влаштування планування, траншеї або котловану.

В якості штучних заземлювачів застосовуються:

- поглиблені заземлювачі – смуги або кругла сталь, що укладаються горизонтально на дно котловану або траншеї у вигляді протяжних елементів;

- вертикальні заземлювачі – сталеві стрижні що,вкручуються діаметром 12-16 мм, кутова сталь з товщиною стінки не менше 4 мм або сталеві труби (некондиційні з товщиною стінки не менше 3,5 мм). Довжина електродів, як правило, 4,5 - 5 м, а забиваємих кутів і труб 2,5 - 3 м. Верхній кінець вертикального електрода повинен бути на відстані 0,6 - 0,7 м від поверхні землі. Відстань від одного електрода до іншого має бути не менше його довжини;

- горизонтальні заземлювачі – сталеві смуги товщиною не менше 4 мм або кругла сталь діаметром не менше 10 мм. Ці заземлювачі застосовуються для зв'язку вертикальних заземлювачів і як самостійні заземлювачі. Горизонтальні заземлювачі зі смугової сталі прокладаються по дну траншеї на глибині 700-800 мм на ребро.

Конструктивні вузли та транспортабельні частини заземлювачів виготовляються в МЕЗ.

Електроди і заземлюючі провідники не повинні мати забарвлення, повинні бути очищені від іржі, слідів масла і т. д. Якщо ґрунти агресивні, то застосовують оцинковані електроди. Занурення електродів в ґрунт здійснюють за допомогою спеціальних пристосувань.

З'єднання частин заземлювача між собою, а також з'єднання заземлювачів з заземлюючими провідниками слід виконувати - зварюванням. За наявності джерел електроенергії з'єднання виконують електрозварюванням. Зварні шви, розташовані в землі, необхідно покривати бітумним лаком для захисту від корозії. При роботі на віддалених об'єктах і лініях електропередачі рекомендується з'єднання частин заземлювачів з заземлюючими провідниками виконувати термітним зварюванням.

**Зварювання сталевих смуг і стрижнів заземлення.** Термітно-тигельне зварювання застосовується для з'єднання сталевих смуг шириною 25, 30 і 40 мм при товщині 4-5 мм і стрижнів діаметром 12, 14 і 16 мм в контурах заземлень, для приєднання контурів до заземлювачів, опор ліній електропередач та інших сталевим конструкціям. Типи з'єднань і відгалужень смуг і стрижнів, виконаних за допомогою термітного зварювання, показані на рис. 13.27, 13.28. Для виконання з'єднань сталевих смуг і стрижнів заземлення термітного зварюванням необхідні пристосування та інструменти. Термітно-тигельне зварювання сталевих смуг і стрижнів виконують в піщано-смоляних тигель-формах одноразового застосування, виготовлених у майстернях заготівельних ділянок організацій. Тигель-форми виготовляються із суміші кварцового піску з 6% термореактивної смоли-пульвербакеліта. Верхня частина порожнини форми служить тиглем, в якому відбувається термітна реакція з виділенням сталі; нижня частина являє собою камеру, в якій відбувається зварювання (розплавлення зварюваних смуг або стрижнів і формування зварного з'єднання). Для закріплення сталевих смуг і стрижнів на період зварювання застосовується пристосування, що складається зі скоби з прикріпленими до ній струбцинами. Висувний піддон призначений для піску, яким рекомендується обсипати, тигель-форму в нижній частині для ущільнення. У ряді випадків, коли скоба не може бути використана за умовами розміщення контуру заземлення (обмеженість простору), застосовуються роздільні струбцини.

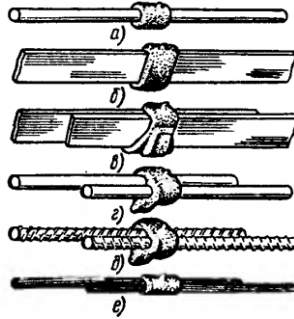


Рисунок 13.27 - Типи з'єднання сталевих смуг та стрижней, виконаних термітним зварюванням:

- а) з'єднання стрижнів встик; б) з'єднання повне встик;
- в) з'єднання смуг накладанням; г) з'єднання стрижнів накладанням;
- д) з'єднання арматурної сталі; е) з'єднання тросів

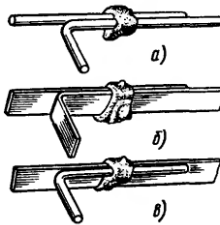


Рисунок 13.28 - Відгалудження сталевих заземлюючих провідників, виконаних термітним зварюванням:

- а) відгалудження стрижня від стрижня; б) відгалудження смуги від смуги;
- в) відгалудження стрижня від смуги

### 13.1.7 Монтаж заземлюючих і нульових захисних провідників

При монтажі заземлюючих і нульових захисних провідників всередині будівель в установках до 1 кВ в першу чергу слід використовувати нульові робочі провідники мережі живлення, металеві колони, ферми, підкранові шляхи, галереї, шахти ліфтів і підйомників, каркаси щитів станцій управління, сталеві труби електропроводок, алюмінієві оболонки кабелів, металеві трубопроводи всіх призначень, прокладені відкрито, виключаючи трубопроводи горючих і вибухонебезпечних сумішей. Всі ці елементи повинні бути надійно

з'єднані із заземлювальним пристроєм. Якщо вони по провідності задовольняють вимогам, що пред'являються до захисних провідників, то прокласти штучні захисні провідники не потрібно.

До початку монтажу штучних заземлюючих провідників на об'єкті будівельна організація повинна закінчити і здати за актом всі будівельні роботи.

Робота з монтажу штучних заземлюючих провідників повинна проводитися в обсязі, передбаченому проектом, в такій послідовності: 1) розмітити лінії прокладки провідників, визначити місця проходів і обходів, 2) просвердлити або пробити отвори проходів крізь стіни і перекриття; 3) встановити опори, прокласти і закріпити попередньо пофарбовані заземлюючі провідники або закріпити провідники за допомогою пристрілки (для сухих приміщень), 4) з'єднати провідники між собою зварюванням; 5) зробити фарбування місць з'єднання провідників.

Частини магістралей заземлення та їх транспортбельні вузли (опори кріплення, перемички та інші заземлюючі провідники) виготовляються в майстернях електромонтажних заготовок. Смуга або кругла сталь, використовується в якості заземлюючих провідників, повинна бути попередньо виправлені, очищені і зафарбовані з усіх боків.

Фарбування місця з'єднання необхідно проводити після зварювання стиків, для цього в сухих приміщеннях з нормальним середовищем слід застосовувати масляні фарби і нітроемалі; в сирих приміщеннях і в приміщеннях з хімічно активним середовищем забарвлення повинна проводитися фарбами, стійкими до хімічних впливів. Заземлювальні провідники забарвлюються в жовто-зелений колір шляхом послідовного, чергування жовтих і зелених смуг однакової ширини від 15 до 100 мм кожна. Смуги повинні прилягати один до одного або по всій довжині кожного провідника, або в кожному доступному місці, або в кожній секції.

Заземлювальні провідники повинні прокладатися горизонтально або вертикально, допускається також прокладання їх паралельно похилим конструкціям будівель. Прокладка плоских заземлюючих провідників по цегляних і бетонних основах повинна проводитися в першу чергу за допомогою будівельно-монтажного пістолета. У сухих приміщеннях смуги заземлення можуть прокладатися безпосередньо по цегляних і бетонних основах. У сирих і особливо сирих приміщеннях і в приміщеннях з хімічно активними речовинами прокладку заземлюючих провідників слід проводити на опорах.

Опори кріплення заземлюючих провідників повинні встановлюватися з дотриманням відстаней, мм:

– на поворотах (від вершин кутів) 100;



- від місць відгалужень 100;
- від нижньої поверхні знімних перекриттів каналів 50;
- від рівня підлоги приміщення 400 – 600;

В якості опор використовуються закладні вироби в залізобетонних основах, тримачі шин заземлення К188 (рис. 13.29).

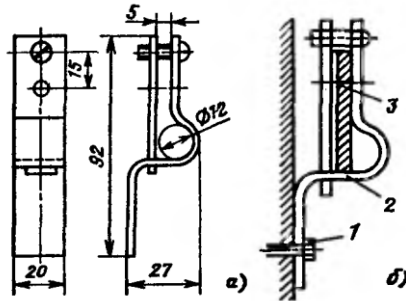


Рисунок 13.29. Тримачі шин заземлення:

- а) для сталевих круглих шин заземлюючих провідників;
- б) для прямокутних заземлюючих провідників

Тримачі шин заземлення К188 застосовуються для кріплення до стін і металлоконструкціям заземлюючих провідників з круглої сталі діаметром 10...12 мм і зі смугової сталі розміром 40x4 і 25x3 мм. Тримачі закріплюються пристрілюванням або зварюванням, мають кліматичне виконання V категорії 2, маса 1000 шт.- 75 кг.

Відстань від поверхні основи до заземлюючих провідників повинна бути не менше 10 мм (рис. 13.29).

Тримачі кріпляться до закладних виробів, що розташовані в бетонній основі за допомогою зварювання, яка виконується по периметру хвостовика тримача, а також за допомогою пістолетних дюбелів. До бетонних, цегельних і інших підстав тримачі кріпляться за допомогою пістолетних дюбелів, в особливих випадках-за допомогою дюбелів з розпорною гайкою або капронових розпорних дюбелів. Відстані між кріпленнями заземлюючих провідників на прямих ділянках вказані в табл. 13.1.

Проходи через стіни повинні виконуватися у відкритих отворах, трубах, а проходи через перекриття - у відрізках сталевих або касетах пластмасових труб.

Кожна заземлювальна частина електроустановки повинна бути приєднана до магістралі заземлення або занулення за допомогою

окремого відгалуження. Спосіб приєднання заземлюючих провідників до окремих апаратів вибирається залежно від основи, на якому кріпиться апарат.

Таблиця 13.1. Відстані між кріпленнями заземлюючих провідників, мм.

| Розміри провідника, мм    |                           | Місце прокладки |                |                 |                  |
|---------------------------|---------------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|
| Сталь<br>полосова         | Сталь кругла<br>діаметром | по стінам       |                | під перекриттям |                  |
|                           |                           | на висоті, м    |                |                 |                  |
|                           |                           | до 2            | більше 2       | до 2            | більше 2         |
| 20x3<br>25x4<br>30x5,40x4 | 8 12<br>-                 | 400 600<br>600  | 600 800<br>800 | 600<br>800 800  | 800<br>1000 1000 |

Способи з'єднання і приєднання заземлюючих і нульових захисних провідників наводяться в табл. 13.1.

З'єднання електрообладнання, яке зазнає частому демонтажу, вібрації або встановленого на рухомих частинах, виконується за допомогою гнучких заземлюючих або нульових захисних провідників.

Способи приєднання заземлюючих провідників до корпусів силового обладнання вказані в табл. 13.1.

Місця приєднання та кріплення заземлюючих і нульових захисних провідників до силового обладнання дано у ДСТ 21130-75.

Установчі заземлюючі гайки застосовуються для створення електричного контакту між корпусом апарата або електроконструкцій і сталевими трубами, патрубками. Гайки встановлюються по обидві сторони стінки корпусу, при цьому гострі виступи повинні бути звернені до цієї стінки.

### 13.1.8 Розрахунок захисного заземлення

Захисне заземлення застосовується в мережах напругою до 1000 В змінного струму - трифазні трипровідні з ізолюваною нейтраллю; однофазні двопровідні, ізолювані від землі; двопровідні мережі постійного струму з ізолюваною середньою точкою обмоток джерела струму; в мережах вище 1000 В змінного і постійного струму з будь-яким режимом нейтралі.

Заземлення обов'язково в усіх електроустановках при напрузі 380 В і вище змінного струму, 440 В і вище постійного струму, а в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в зовнішніх установках при напрузі 42 В і вище змінного струму, 110 В і вище постійного струму; за будь-яких напругах у вибухонебезпечних приміщеннях.

У відкритих електроустановках корпус приєднують безпосередньо до заземлювача проводами. У будинках прокладається магістраль заземлення, до якої приєднують заземлюючі дроти. Магістраль заземлення з'єднують з заземлювачем не менш ніж у двох місцях.

Коли природні заземлювачі відсутні або використання їх не дає потрібних результатів, застосовують штучні заземлювачі: стрижні з кутової сталі розміром 50x50, 60x60, 75x75 мм з товщиною стінки не менше 4 мм, довжиною 2,5-3 м; сталеві труби діаметром 50-60 мм, довжиною 2,5-3 м з товщиною стінки не менше 3,5 мм; пруткова сталь діаметром не менше 10 мм, довжиною до 10 м і більше.

Заземлювачі забивають в ряд або по контуру на глибину, при якій від верхнього кінця заземлювача до поверхні землі залишається 0,5 - 0,8 м. Відстань між вертикальними заземлювачами повинна бути не менше 2,5-3 м.

Для з'єднання вертикальних заземлювачів між собою застосовують сталеві смуги товщиною не менше 4 мм і перетином не менше 48 мм<sup>2</sup> або сталевий дріт діаметром не менше 6 мм. Смуги (горизонтальні заземлювачі) з'єднують з вертикальними заземлювачами зварюванням.

Магістралі заземлення всередині будівель з електроустановками напругою до 1000 В виконують сталеві смуги перетином не менше 100 мм<sup>2</sup> або сталлю круглого перетину тієї ж провідності. Розгалуження від магістралі до електроустановок виконують сталеві смуги перетином не менше 24 мм<sup>2</sup> або круглою сталлю діаметром не менше 5 мм.

Норми опору заземлюючих пристроїв наведені в табл. 13.2

Для електроустановок напругою до 1000 В значення  $R_3$  дано за умови, що питомий опір ґрунту  $\rho \leq 100$  Ом·м. При питомому опорі ґрунту більш ніж 100 Ом·м дозволяється збільшувати вищевказані величини в  $k = \rho / 100$ , але не більше ніж в 10 разів.

Таблиця 13.2 - Допустимі опори заземлюючого пристрою в електроустановках до і вище 1000 В

| Найбільш допустимі значення $R_3$ , Ом | Характеристика електроустановок   |
|--|---|
| $R_3 \leq 0.5$                         | Для електроустановок напругою вище 1000 В і розрахунковим струмом замикання на землю $I_3 > 500$ А.   |
| $R_3 = 250 / I_3 \leq 10$              | Для електроустановок напругою вище 1000 В і розрахунковим струмом замикання на землю $I_3 < 500$ А.   |
| $R_3 = 125 / I_3 \leq 10$              | За умови, що заземлювальний пристрій є загальним для електроустановок напругою до і вище 1000 В і розрахунковому струмі замикання на землю $I_3 < 500$ А. |
| $R_3 \leq 2$                           | В електроустановках напругою 660/380 В.   |
| $R_3 \leq 4$                           | В електроустановках напругою 380/220 В.   |
| $R_3 \leq 8$                           | В електроустановках напругою 220/127 В.   |

Розрахункові струми замикання на землю приймають за даними енергосистеми або шляхом розрахунків. Розрахунок заземлення методом коефіцієнтів використання проводиться таким чином.

1. У відповідності з ПУЕ встановлюється необхідний опір заземлення  $R_3$ .

2. Визначають шляхом заміру, розрахунку або на основі даних по працюючим аналогічним заземлювальним пристроям можливий опір розтікання природних заземлювачів  $R_e$ .

3. Якщо  $R_e < R_3$ , то пристрій штучного заземлення не потребує.

Якщо  $R_e > R_3$ , то необхідно пристрій для штучного заземлення.

Опір, Ом, розтікання штучного заземлення:

$$R_{ш} = R_3 R_e / (R_e - R_3).$$

Далі розрахунок ведеться по  $R_{ш}$ .

4. Визначають питомий опір ґрунту  $\rho$  з табл. 13.3. При проведенні розрахунків ці значення повинні множитися на коефіцієнт сезонності, що залежить від кліматичних зон і виду заземлювача (табл. 13.4).

Розрахунковий питомий опір ґрунту для стрижневих заземлювачів (вертикальних заземлювачів  $\rho_{роз.в} = k_c \rho$ ; для протяжного заземлювача (горизонтальних смуг)  $\rho_{роз.г} = k'_c \rho$ .

5. Визначають опір, Ом, розтіканню одного вертикального заземлювача – стрижневого круглого перетину (трубчастий або кутовий) у землі (рис. 13.30):

$$R_g = R_b = \frac{0,366 \rho_{\text{роз.б}}}{l} \left( \lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4l' + l}{4l' - l} \right), \quad (13.8)$$

при цьому  $t \gg d$ ,  $t_0 \gg 0,5$  м;

для кутової сталі з шириною полиці  $b$  отримують  $d = 0,95b$ .

Таблиця 13.3 - Наближені значення питомих опорів ґрунтів і води  $\rho$ , Ом·м

| Найменування ґрунту                       | Питомий опір, Ом·м |
|---|--------------------|
| Пісок                                     | 700                |
| Супісок                                   | 300                |
| Суглинок                                  | 100                |
| Глина                                     | 40                 |
| Садова земля                              | 40                 |
| Глина (шар 7-10 м) або гравій             | 70                 |
| Мергель, вапняк, великий пісок з гранітом | 1000-2000          |
| Скеля, валуни                             | 2000-4000          |
| Чорнозем                                  | 20                 |
| Торф                                      | 20                 |
| Річкова вода (на рівнинах)                | 10-100             |
| Морська вода                              | 0,2-1              |

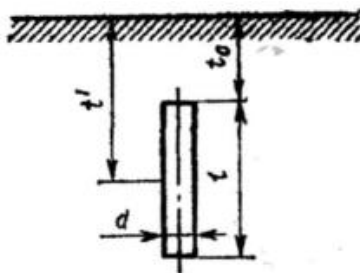


Рисунок 13.30 - Розміщення вертикального заземлювача в землі

Всі розміри дані в метрах, а питомий опір ґрунту в омах, помножених на метр (Ом·м).

Опір, Ом, розтіканню вертикального заземлювача можна визначити за спрощеними формулами:

для кута 50х50х5 мм  $R_6 = 0,348 \rho_{розр.6} k_c$ ;

для кута 60х60х6 мм  $R_6 = 0,298 \rho_{розр.6} k_c$ ;

для кута 75х75х8 мм  $R_6 = 0,292 \rho_{розр.6} k_c$ ;

для труби діаметром 60 мм  $l=2 \div 2,5$  м,  $R_6 = 0,348 \rho_{розр.6} k_c$ .

6. Встановивши характер розташування заземлювачів (у ряд або контуром), визначають число вертикальних заземлювачів

$$n_6 = R_6 / (\eta_6 R_{ш}),$$

де  $\eta_6$  - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, що залежить від кількості заземлювачів і відстані між ними (табл. 13.5, 13.6).

Таблиця 13.4 - Ознаки кліматичних зон і значення коефіцієнта  $k_0$

| Дані, що характеризують кліматичні зони і тип застосовуваних заземлюючих електродів   | Кліматичні зони                      |                                      |                                     |                                    |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
|   | I                                    | II                                   | III                                 | IV                                 |
| Кліматичні ознаки зон:<br>- середня багаторічна нижча температура (січень);<br>- середня багаторічна вища температура (липень);<br>- середньорічна кількість опадів, мм, тривалість замерзання вод. | Від -20 до -15°C<br>Від +16 до +18°C | Від -14 до -10°C<br>Від +18 до +22°C | Від -14 до -0°C<br>Від +22 до +24°C | Від -0 до +5°C<br>Від +24 до +26°C |
| Значення коефіцієнта $k_c$ при застосуванні стрижневих електродів довжиною 2-3 м і глибини закладення їх вершини 0,5-0,8 м.   | ~ 400                                | ~ 500                                | ~500                                | ~300-500                           |
| Значення коефіцієнта $k_c$ при застосуванні протяжних електродів і глибини закладення їх вершин 0,8 м.  | 1,8 – 2                              | 1,5 – 1,8                            | 1,4 – 1,6                           | 1,2 – 1,4                          |
| Значення коефіцієнта $k_c$ при довжині стрижнів 5 м і глибині закладення вершини 0,7-0,8 м  | 4,5 – 7,0                            | 3,5 – 4,5                            | 2,0 – 2,5                           | 1,5 – 2,0                          |
|   | 1,35                                 | 1,25                                 | 1,15                                | 1,1                                |

Кількість вертикальних заземлювачів для визначення  $\eta_e$  можна прийняти рівним  $R_e/R_{ш}$ .

7. При влаштуванні простих заземлювачів у вигляді короткого ряду вертикальних стрижнів розрахунок на цьому можна закінчити і не визначати провідність з'єднуючої смуги, оскільки довжина її відносно невелика (в цьому випадку фактично опір заземлювального пристрою буде дещо збільшений). При влаштуванні заземлювачів по контуру з ряду вертикальних заземлювачів доцільно враховувати і опір розтіканню смуг (горизонтальний заземлювач). Для цього на площі встановлення заземлення намічають, як будуть розміщені вертикальні заземлювачі  $n_e$ , і визначають довжину, м, сполучної смуги  $l_z = 1,05 n_e a$ , де  $a$  – відстань між вертикальними заземлювачами (зазвичай відношення відстані між вертикальними заземлювачами до їх довжини приймають рівним  $a/l = 1, 2, 3$ ).

Таблиця 13.5 - Коефіцієнт використання  $\eta_v$  вертикальних електродів із труб, куточків, стрижнів, розміщених в ряд без урахування впливу смуги зв'язку

| Співвідношення відстані між електродами до їх довжини<br>$a/l$ | Число електродів<br>$n_e$ | $\eta_e$    |
|--|---------------------------|-------------|
| 1  | 2                         | 0,84 – 0,87 |
|  | 3                         | 0,76 – 0,80 |
|  | 5                         | 0,67 – 0,72 |
|  | 10                        | 0,56 – 0,62 |
|  | 15                        | 0,51 – 0,56 |
|  | 20                        | 0,47 – 0,50 |
| 2  | 2                         | 0,90 – 0,92 |
|  | 3                         | 0,85 – 0,88 |
|  | 5                         | 0,79 – 0,83 |
|  | 10                        | 0,72 – 0,77 |
|  | 15                        | 0,66 – 0,73 |
|  | 20                        | 0,65 – 0,70 |
| 3  | 2                         | 0,93 – 0,95 |
|  | 3                         | 0,90 – 0,92 |
|  | 5                         | 0,85 – 0,88 |
|  | 10                        | 0,79 – 0,83 |
|  | 15                        | 0,76 – 0,80 |
|  | 20                        | 0,74 – 0,79 |

Таблиця 13.6 - Коефіцієнт використання  $\eta_v$  вертикальних електродів із труб, куточків, стрижнів, розміщених по контуру без урахування впливу смуги зв'язку

| Співвідношення відстані між електродами до їх довжини<br>$a/l$ | Число електродів<br>$n_e$ | $\eta_e$    |
|--|---------------------------|-------------|
| 1  | 4                         | 0,66 – 0,72 |
|  | 6                         | 0,58 – 0,65 |
|  | 10                        | 0,52 – 0,58 |
|  | 20                        | 0,44 – 0,50 |
|  | 40                        | 0,38 – 0,44 |
|  | 60                        | 0,36 – 0,42 |
|  | 100                       | 0,33 – 0,39 |
| 2  | 4                         | 0,76 – 0,80 |
|  | 6                         | 0,71 – 0,75 |
|  | 10                        | 0,66 – 0,71 |
|  | 20                        | 0,61 – 0,66 |
|  | 40                        | 0,55 – 0,61 |
|  | 60                        | 0,52 – 0,58 |
|  | 100                       | 0,49 – 0,55 |
| 3  | 4                         | 0,84 – 0,86 |
|  | 6                         | 0,78 – 0,82 |
|  | 10                        | 0,74 – 0,78 |
|  | 20                        | 0,68 – 0,73 |
|  | 40                        | 0,64 – 0,69 |
|  | 60                        | 0,62 – 0,67 |
|  | 100                       | 0,59 – 0,65 |

8. Визначають опір, Ом, розтіканню горизонтального заземлювача. Для стрижневого круглого перерізу (рис. 13.31).

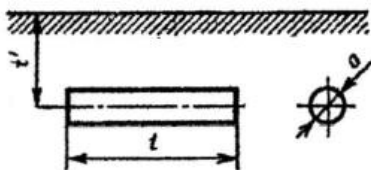


Рисунок 13.31 - Розташування горизонтального заземлювача в землі



$$R_r = \frac{0,366 \rho_{\text{роз.з}}}{l} \lg \frac{l^2}{dt'}, \quad (13.9)$$

де  $l > d$ ;  $l > 4t'$ . Для смуги шириною  $b$  отримують  $d=0,5b$ .

Дійсний опір, Ом, розтіканню горизонтального заземлювача з урахуванням коефіцієнта використання

$$R'_r = \frac{R_r}{\eta_r}, \quad (13.10)$$

де  $\eta_r$  – коефіцієнт використання горизонтального заземлювача визначається з табл. 13.7, 13.8.

Таблиця 13.7 - Коефіцієнти використання  $\eta_r$  горизонтального смугового електрода (труби, куточки, смуги і т. д.) при розміщенні вертикальних електродів в ряд

| Відношення відстані між електродами до довжини $a/l$ | $\eta_r$ при кількості електродів в ряді |      |      |      |      |      |      |      |
|--|--|------|------|------|------|------|------|------|
|  | 4  | 5    | 8    | 10   | 20   | 30   | 50   | 65   |
| 1  | 0,77                                     | 0,74 | 0,67 | 0,62 | 0,42 | 0,31 | 0,21 | 0,20 |
| 2  | 0,89                                     | 0,86 | 0,79 | 0,75 | 0,56 | 0,46 | 0,36 | 0,34 |
| 3  | 0,92                                     | 0,90 | 0,85 | 0,82 | 0,68 | 0,58 | 0,49 | 0,47 |

Таблиця 13.8 - Коефіцієнт використання  $\eta_r$  горизонтального смугового електрода (труби, куточки, смуги і т. д.) при розміщенні вертикальних електродів по контуру

| Відношення відстані між електродами до довжини $a/l$ | $\eta_r$ при кількості електродів в контурі заземлення |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
|  | 4  | 5    | 8    | 10   | 20   | 30   | 50   | 70   | 100  |
| 1  | 0,45   | 0,40 | 0,36 | 0,34 | 0,27 | 0,24 | 0,21 | 0,20 | 0,19 |
| 2  | 0,55   | 0,48 | 0,43 | 0,40 | 0,32 | 0,30 | 0,28 | 0,26 | 0,24 |
| 3  | 0,65   | 0,64 | 0,60 | 0,56 | 0,45 | 0,41 | 0,37 | 0,35 | 0,33 |

9. Уточнюється опір, Ом, розтіканню заземлювачів з урахуванням опору горизонтального заземлювача  $R'_e = R'_r R_{ш} / (R'_r - R_{ш})$ .

10. Визначають уточнену кількість вертикальних заземлювачів. Тут  $n'_в$  округлюється в бік збільшення  $n'_в = R'_в / (\eta'_в R'_в)$ .

### **Занулення**

**Занулення** – навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих струмонепровідних частин, які можуть виявитися під напругою.

*Нульовий захисний провідник* – провідник, що з'єднує частини, що заземлюються з глухозаземленою нейтральною точкою джерела струму або її еквівалентом.

Область застосування занулення – трифазні мережі до 1000 В із заземленою нейтраллю, мережі постійного струму, якщо середня точка джерела заземлена, а також однофазні мережі змінного струму з заземленим виводом.

У випадку пробую фази на металевий корпус електроустаткування виникає однофазне коротке замикання, що призводить до швидкого спрацьовування захисту і тим самим автоматичному відключенню пошкодженої установки від живильної мережі. Таким захистом є: плавкі запобіжники або максимальні автомати, встановлені для захисту від струмів короткого замикання; автомати з комбінованим розчіплювачем.

Швидке відключення пошкодженого електроприймача від мережі призводить до того, що дотик персоналу з металевими корпусами, що виявилися під напругою буде короткочасним, що значно зменшує небезпеку ураження.

При замиканні на занулений корпус в ланцюзі одного з фазних проводів виникає струм короткого замикання  $I_{п01}$ . Цей струм визначається фазною напругою джерела живлення  $U_\phi$ , опором ланцюга фазного  $z_\phi$  і нульового провідів:  $I_{п01} = U_\phi / (z_\phi + z_0)$ .

При належному виконанні занулення  $I_{п01}$  повинен перевищувати струм спрацьовування захисту  $I_{сп}$  і тим самим забезпечувати спрацювання максимального струмового захисту та безпеку осіб, які мають контакт з зануленим електрообладнанням.

При виконанні занулення провідники ланцюга «фаза-нуль» повинні бути обрані таким чином, щоб при замикання на корпус виникав струм короткого замикання, що перевищує не менше ніж у три рази номінальний струм плавкої вставки найближчого запобіжника (у вибухонебезпечних приміщеннях не менше ніж у чотири рази).

Якщо установка захищена автоматом з зворотньою залежною від струму характеристикою, подібній характеристиці запобіжників, струм

короткого замикання повинен перевищувати не менше ніж у три рази номінальний струм розчеплювача (у вибухонебезпечних приміщеннях не менше ніж у шість разів).

При захисті мереж автоматичними вимикачами, які мають тільки електромагнітний розчеплювач, опір ланцюга «фаза-нуль» має бути таким, щоб був забезпечений струм короткого замикання, що дорівнює значенню струму миттєвого спрацювання, помножений на коефіцієнт, що враховує розкид (за заводськими даними).

За відсутності заводських даних для автоматів з номінальним струмом до 100 А кратність струму короткого замикання щодо значення уставки слід приймати рівною 1,4, для автоматів з номінальним струмом понад 100 А кратність дорівнює 1,25. Виконання зазначених вимог забезпечує необхідну швидкодію захисту. При цьому повна провідність нульових захисних провідників у всіх випадках повинна бути не менше 50% провідності фазного провідника, що забезпечує необхідне зниження напруги дотику до спрацювання захисту.

В якості нульових захисних провідників правила рекомендують застосовувати голі або ізольовані провідники, металеві конструкції будівель, фундаменти, сталеві труби електропроводок, алюмінієві оболонки кабелів, металеві кожухи і опорні конструкції шинопроводів, металеві коробки і лотки електроустановок, металеві стаціонарні відкрито прокладені трубопроводи всіх призначень, крім трубопроводів горючих і вибухонебезпечних речовин, каналізації та центрального опалення і т. д.

Занулення розраховується: на відключаючу здатність; безпеку дотику до корпусу при замиканні фази на землю (розрахунок заземлення нейтралі); безпеку дотику до корпусу при замиканні фази на корпус (розрахунок повторного заземлення нульового захисного провідника).

Розрахунок на відключаючу здатність проводиться для найбільш віддалених в електричному сенсі точок мережі, так як їм відповідають найменші значення струмів короткого замикання  $I_{n01}$

Якщо при розрахунку на відключаючу здатність отримаємо, що  $I_{n01} \geq k I_{ш}$ , то розрахунок на відключаючу здатність вважається закінченим.

Якщо отримаємо, що  $I_{n01} < k I_{ш}$ , то необхідно збільшити перетин нульового захисного провідника і розрахунок повторити.

Розрахунок занулення на безпеку дотику до корпусу при замиканні фази на землю зводиться до розрахунку заземлення нейтральної точки трансформатора. Згідно з вимогами ПУЕ опір заземлення нейтралі джерела струму (генератора, трансформатора) у будь-яку пору року має бути не більше 8 Ом при напрузі 220/127 В, 4 Ом при напрузі 380/220 В і 2 Ом при 660/380 В.

При питомому електричному опорі землі  $\rho$  що, перевищує 100 Ом·м, допускається збільшувати вказані значення опору до значень  $\rho/100$ , але не більше ніж в 10 разів.

Розрахунок занулення на безпеку дотику до корпусу при замиканні фази на корпус зводиться до розрахунку повторного заземлення нульового провідника. Згідно з правилами загальний опір розтіканню заземлювачів (у тому числі природних) всіх повторних заземлень нульового робочого проводу кожної повітряної лінії електропередач в будь-яку пору року має бути не більше 5, 10 і 20 Ом відповідно при лінійних напругах 660, 380, 220 В джерела трифазного струму або 380, 220 і 127 В джерела однофазного струму. При цьому опір розтіканню заземлювача кожного з повторних заземлень повинно бути не більше 15, 30 і 60 Ом відповідно при тих же напругах.

При питомому опорі землі  $\rho$  більше 100 Ом·м допускається збільшувати вказані норми в  $\rho/100$ , але не більше ніж в 10 разів. Згідно ПУЕ повторні заземлення виконуються на кінцях повітряних ліній і їх відгалужень, а також на вводах у будинки, електроустановки яких підлягають зануленню.

Методика розрахунку кількості вертикальних і горизонтальних заземлювачів нейтралі джерела і повторних заземлень аналогічна розрахунку заземлення.

У деяких випадках при замиканні фази на корпус й відмові захисту (унаслідок несправності автоматичного вимикача, завищених уставок і т. д.) напруга корпусу щодо землі може існувати тривалий час. Для усунення небезпеки ураження людей струмом необхідно, щоб напруга корпусу щодо землі не перевищувала допустимого значення напруги дотику  $U_{пр.дот.}$  (табл. 13.9). Це умова буде виконана при певному значенні опору повторного заземлення, яке можна знайти із виразу:

$$r_n \leq nR_3 \frac{U_{пр.дод}}{I_{п01}z_{03} - U_{пр.дод}}, \quad (13.11)$$

де  $r_n$  – опір одного повторного заземлення нульового захисного провідника (всі повторні заземлення мають однаковий опір);

$n$  – кількість повторних заземлень нульового захисного провідника;

$I_{п01}$  – струм однофазного короткого замикання;

$z_{03}$  – повний опір ділянки нульового захисного провідника, по якому проходить струм короткого замикання  $I_{п01}$ :

$$z_{03} = \sqrt{R_{03}^2 + x_{03} + 0,5x_{03}^2}, \quad (13.12)$$

де  $R_{03}$ ,  $x_{03}$  – активний та індуктивний опір нульового захисного провідника;

$x_n$  – опір взаємоіндукції петлі «фаза - нуль».

Таблиця 13.9 - Гранично допустимі рівні струмів і напруг дотику  $U_{пр.доп.}$  залежно від тривалості дії струму на людину

| Характеристика електроустановки                           | Нормована величина | Тривалість дії струму |     |     |     |     |     |                |
|---|--------------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
|   |                    | 0,1                   | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 3,0 | Більше 3 до 10 |
| Електроустановки - 50 Гц до 1000 В з ізолюваною нейтраллю | $U_{пр.доп.}$      | 500                   | 250 | 100 | 75  | 50  | 36  | 36             |
|   | $I_{ч}$ , мА       | 50                    | 250 | 100 | 75  | 50  | 6   | 6              |

## 13.2 Монтаж кабельних ліній

### 13.2.1 Визначення поняття кабельної лінії (КЛ)

#### Вимоги по розміщенню та вибору трас кабельних ліній зв'язку

Кабельною лінією називається лінія для передачі електроенергії, що складається з одного або декілька паралельних кабелів зі з'єднувальними, стопорними та кінцевими муфтами (заділками) та кріпильними деталями. Кабель містить три основні елемента: струмопровідну жилу, ізоляцію та герметичні оболонки з захисним покриттям, броня зі сталевих стрічок або проволочи для захисту оболонки з ізоляцією від механічних пошкоджень та протикорозійне покриття.

Кабельні лінії прокладають в земляних траншеях, в підземних кабельних спорудах (тунелі, канали, кабельні шахти, колектори) безпосередньо по будівельним поверхням або на спеціальних конструкціях, на лотках та тросах, в трубах, відкрито на естакадах.

Монтаж кабельних ліній, як і інших пристроїв каналізації електроенергії, складається з двох стадій: підготовки трас для прокладки кабелів та прокладки кабелів по підготовленим трасам.

#### Класифікація кабелів за призначенням та напругою

За призначенням відрізняють кабелі на високу напругу та низьку напругу, контрольні кабелі, кабелі керування зв'язку, радіочастотні кабелі, спеціальні кабелі, що експлуатуються в спеціальних умовах.

По величині лінійної робочої напруги кабелі силові діляться на:

- кабелі на напругу 1...10 кВ;
- кабелі на напругу 20...35 кВ;
- кабелі на напругу 110...500 кВ.

### **Вибір траси лінії**

Траса кабельної лінії вибирається з урахуванням найменшої витрати кабелю та забезпечення його цілісності від механічних пошкоджень, корозії та вібрації. При розміщенні кабелів слід прокладати без перехрещення їх один з одним, з трубопроводами, кабелями зв'язку та ін.

### **Розкатка кабелю**

Розмотка кабелю з барабану як правило проводиться механізованим способом. Перед розмоткою кабелю барабан встановлюють на домкрати та піднімають на 15-20 см від поверхні землі.

Способи розмотки кабелю в залежності від розміщення траси, її довжини та марки кабелю бувають:

- з переміщаючого кабельного транспортера, автомобіля або трубоукладника;
- трактором чи автомобілем;
- кабелем за допомогою привідної лебідки, чи ручною лебідкою;
- розмотка кабелю в ручну.

### **Підготовчі роботи**

Перед прокладкою кабелю в траншею необхідно оглянути готовність траси для прокладки кабелів:

- укладка та кріплення труб (при необхідності);
- діаметри труб та їх відповідність для проектної марки кабелю;
- заготівка цегли або плит для механічного захисту кабелів по всій трасі;
- відсутність води в траншеї;
- глибини траншеї по всій трасі.

### **Підготовка КЛ до здачі в експлуатацію**

Кабелі перед введенням в експлуатацію повинні бути заземлені. В чугунних з'єднувальних муфтах заземлення виконують двома відрізкамі гнучкого мідного проводу, відповідного перерізу жил кабелю. Оболонку та броню кабелів з'єднують таким же проводом, приєднавши до його контактної площадки муфти. В свинцевих муфтах заземлення виконують одним шматком гнучкого мідного проводу, приєднаного пайкою та

проволочними бандажами до оболонки та броні обох кабелів, а також до корпусу муфти.

### **Прокладка кабелів**

До початку роботи по монтажу кабельних ліній повинні бути повністю закінчені будівельні роботи по будівництві тунелів, каналів, естакад, колодців, а ділянки стін будівель, по яким проходять кабельні траси та стелі над ними повинні бути відокремлені. Траншеї та блоки для прокладки кабелів до початку робіт повинні бути повністю підготовлені.

Для виконання робіт по прокладці кабельних ліній повинна бути представлена технічна документація:

- план траси та необхідні розрізи з прив'язкою до існуючих будівель з вказанням усіх перетинів кабелів з іншими комунікаціями та інженерними спорудами. При прокладанні декількох кабелів в одній траншеї в плані повинна бути вказана ширина траншеї. На плані повинні бути нанесені місця встановлення стопорних та роздільних муфт.

Крім перелічених спеціальних будівель кабелі можуть прокладатися відкрито по стіні споруд, в трубах та колекторах – підземних споруд, призначених для розміщення в них одночасно кабельних ліній, ліній зв'язку та інших комунікацій (водопроводу, теплопроводу та інших).

Кабельні лінії повинні виконуватися таким чином, щоб в процесі монтажу та експлуатації було виключено виникнення в них небезпечних механічних напружень та пошкоджень. Для цього необхідно виконувати наступні умови:

- кабелі повинні бути вклені з запасом по довжині, достатнім для компенсації можливих зсувів ґрунту та температурних деформацій, як саме кабелів, так і конструкцій, по яким вони проложені; укласти запас кабелів у вигляді кілець забороняється;

- кабелі прокладені вертикально по конструкціям, по стінам, повинні бути закріплені з таким розрахунком, щоб перешкодити деформацію оболонки та не руйнувались з'єднання жил в муфтах під дією своєї маси кабелю;

- відкрита прокладка кабелю повинна відбуватися з врахуванням тепловипромінювання від різного роду джерела тепла та дії сонячних променів.

### 13.2.2 Монтаж повітряних ліній електропередачі напругою 0,4-35 кВ

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 місцевостям. 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 дротів до вершин дерев, кущів та іншої рослинності повинні бути не менше 1 м.

Найбільш трудомістка частина споруди повітряних ліній - це земляні роботи. На рис. 13.32 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.



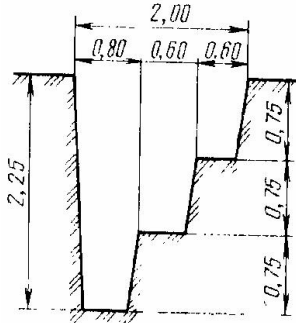


Рисунок 13.33 - Котлован для установки одностоечної опори

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 рогаками, 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.

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.

З'єднувати дроти у прольоті скруткою можна лише на лініях напругою до 1 кВ. В інших випадках проведення з'єднують овальними обтискними з'єднувачами. Сполучені дроти вводять в овальну гільзу - з'єднувач і скручують 3,5 ... 4 рази або спеціальними кліщами на гільзі роблять у шаховому порядку насічки.

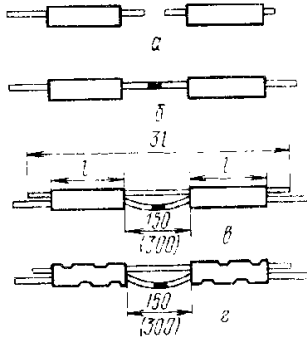


Рисунок 13.34 - З'єднання алюмінієвих та сталюалюмінієвих дротів термозваркою:

- а) підготовлені кінці дротів; б) кінці дротів після зварки;
- в) в з'єднувачі вставлений шунт з відрізка дроту;
- г) дріт та шунт після обжиму з'єднувачів

Алюмінієві і сталюалюмінієві дроти з'єднують також термітною зваркою. Потім за допомогою з'єднувачів зміцнюють шунт з дротом тієї ж марки (рис. 13.34), щоб розвантажити місце зварювання від механічних зусиль. Зварювання ведуть термітними патронами, підпалюючи спеціальними термітними сірниками.

З'єднання дротів повинні мати механічну міцність, що становить не менше 90% міцності цілого дроту. Місця з'єднання дротів захищають від вологи. Для цього кінці з'єднувачів зафарбовують суриком. Зрощування дроту 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 дроти закріплюють на одній з анкерних опор і натягують у всьому анкерному прольоті.

Дроти ліній низької напруги натягують вручну - поліспагом, 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 дротів 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 дротах роблять однаковою.

Коли дріт 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. 13.35).

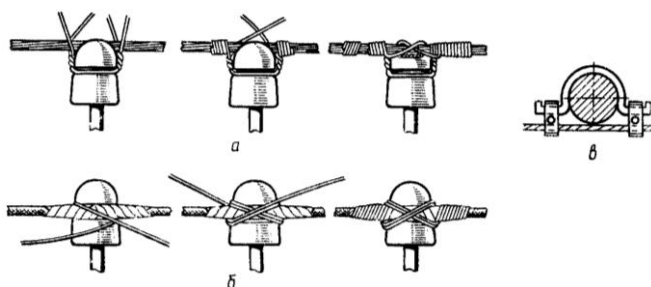


Рисунок 13.35 - Закріплення дроту до штирьового ізолятора на проміжній опорі:

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 дроти прикріплюють до шийки або головки ізолятора. На кутових опорах дроти прикріплюють тільки до шийки ізолятора. Застосовують також затискачі. На гірляндах підвісних ізоляторів дроти закріплюють тільки затискачами. Для захисту зовнішньої поверхні алюмінієвих і сталюалюмінієвих дротів їх обмотують алюмінієвою стрічкою товщиною 1 мм.

При укладанні дротів 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 monterів. 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.

### 13.2.3 Установки для компенсації реактивної потужності

Навантаження електричної системи разом з активною завжди містить реактивну складову. Під навантаженням тут розуміється потужність, необхідна споживаючій частині системи в деякий момент часу. Таким чином, навантаження- це активна та реактивна потужність, необхідність в яких задовільнюється генеруючою частиною системи.

Активна потужність представляє собою енергію, яка споживається добутком діючих значень напруги  $U$ , сили струму  $I$  та фазового зсуву між цими величинами на кут  $\varphi$

$$P=UI\cos\varphi.$$

Множення активної потужності на час дає електричну енергію, яка за допомогою фізичних еквівалентів може бути виражена в інших видах енергії (теплову, механічну)

Активна потужність отримується в результаті перетворення первинних видів енергії (наприклад, спалювання палива на електростанціях). Потоки активної потужності завжди направлені від генератора електростанції в мережу.

Реактивна потужність необхідна споживачам електричної енергії, які по принципу своєї роботи використовують енергію магнітного поля. Споживачами реактивної потужності є асинхронні двигуни, індукційні печі, люмінесцентне освітлення, трансформатори для дугової сварки.

Формула реактивної потужності  $Q=U\sin\varphi$ .

Активної потужності  $P=U\cos\varphi$ .

Повна потужність  $S=\sqrt{P^2+Q^2}$ .

Наявність реактивної потужності приводить до необхідності використання більш потужних трансформаторів та кабелів, ніж це необхідно при активному навантаженні, крім того скорочується термін служби використовуваного обладнання, на 30-60 % збільшується сума платежу за споживання електроенергії.

Широке застосування електродвигунів в сільськогосподарських приміщеннях, де по режиму своєї роботи двигуни не завжди завантажені, понижує  $\cos\varphi$ , збільшує реактивну потужність, збільшує втрати електроенергії в мережі, надлишково завантажених додатковою реактивною потужністю, та як внаслідок, збільшується оплата за електроенергію. Все сказане ще більше погіршується в тих випадках, коли необхідна потужність двигунів завишається та ще більше тоді, коли електродвигуни працюють в холосту.

### **Характеристики:**

– номінальна напруга ( $U_n$ ) - це максимально діюче значення змінної синусоїдальної напруги, для якої був спроектований конденсатор;

– номінальна потужність ( $Q_n$ ) - це реактивна потужність, якої досягає конденсатор при використанні напруги та частоти;

– номінальна ємність ( $C_n$ ) - це величина, що дозволяє передачу номінальної потужності терміналом, застосовуючи номінальну напругу та чистоту;

– номінальний струм ( $I_n$ ) - це діюче значення змінного струму що циркулює по конденсатору, при цьому застосовується номінальна напруга та частота при номінальній ємності;

Залишкова напруга - це напруга, яка лишається після відєднання конденсатора від мережі. Цю напругу необхідно усунути, щоб не наразити на небезпеку оператора.

Розрахунок необхідної реактивної потужності для компенсації коефіцієнта потужності

$$Q_c = P \cdot (tg \varphi_0 - tg \varphi_1) = P \cdot K, \quad (13.13)$$

де  $P$  – дійсна потужність системи;

$\cos\varphi_0$ -  $\cos\varphi$  – системи без компенсації коефіцієнта потужності;

$\cos\varphi_1$  – необхідний  $\cos\varphi$ ;

$Q_c$  – реактивна потужність системи компенсації коефіцієнту потужності, яку необхідно встановити;

$K$  –  $\cos\varphi_0$  та  $\cos\varphi_1$ .

### **Компенсування коефіцієнту потужності трансформаторів**

Рекомендується забезпечити трансформаторам компенсацію коефіцієнту потужності, так як навіть при роботі без навантаження (тобто в ніч) вони споживають реактивну потужність, яку необхідно компенсувати.

$$Q = I_{0\%} \cdot P_n / 100, \quad (13.14)$$

де  $I_0$  – струм без навантаження (вказується споживачем трансформатора);

$P_n$  – номінальна потужність трансформатора.

Таблиця 13. - Розрахунок ємності конденсаторів для електродвигунів

| Синхронна частота<br>об/хв | Ємність фази ІБК для АД потужністю |                 |
|----------------------------|------------------------------------|-----------------|
|                            | Менше 10 кВт                       | 10 кВт і більше |
| 3000                       | $C=1,3 \cdot (1+2 P_n)$            | $C=10+2 P_n$    |
| 1500                       | $C=3 \cdot (1+P_n)$                | $C=10+2 P_n$    |
| 1000                       | $C=3,7 \cdot (1+P_n)$              | $C=10+2 P_n$    |

## РОЗДІЛ № 14

### 14. МОНТАЖ УСТАНОВОК ДЛЯ ОСВІТЛЕННЯ ТА ОПРОМІНЕННЯ

#### 14.1 Основні характеристики освітлювальних та опромінювальних приладів

##### 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  $\Phi_{ce}$  всього світильника.

У світильників прямого світіння (П) відносне значення потоку в нижню напівсферу  $\Phi \cup > 80\%$ , у світильників переважно прямого світіння (Н) –  $\Phi \cup = 60 \dots 80\%$ , світильників розсіяного світіння (Р)  $\Phi \cup = 60 \dots 40\%$ , у світильників переважно відбитого світіння (В)  $\Phi \cup = 20 \dots 40\%$  та у світильників відбитого світіння (О)  $\Phi \cup < 20\%$ .

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  $\Phi_{cv}$  світильника до світового потоку  $\sum \Phi_l$  всіх ламп в цьому світильнику:

$$\eta_{cv} = \Phi_{cv} / \sum \Phi_l . \quad (14.1)$$

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.

#### **14.1.1 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 розрядні лампи та розрядні спеціального призначення типу ЛФ (люмінесцентна фотосинтезна), ДРФ (дугова ртутна фотосинтезна високого тиску з галогенними добавками), ДМУ (дугова металогалогенна трифазна).

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

#### **14.1.2 Стробоскопічний ефект та способи його усунення**

Стробоскопічний ефект в люмінесцентних лампах визивається частими (100 раз в секунду) неловимими для бачення блимання 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 притухає, інша горить максимально яскраво та освітленість вирівнюється.

### 14.1.3 Монтаж групових ліній освітлення з люмінесцентними лампами

Групові щітки, від яких починаються 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 25 А, 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 63 А. 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.

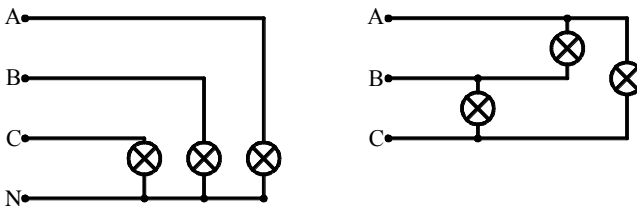


Рисунок 14.1 - Вмикання ламп в мережу трифазного струму по схемі зірка

#### 14.1.4 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 дротів в процесі експлуатації;
- 5) по можливості бути наглядними, доступними для обслуговування та не погіршувати зовнішнього виду приміщення;
- 6) мати достатню міцність та стійкість до можливих механічних впливів.

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

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

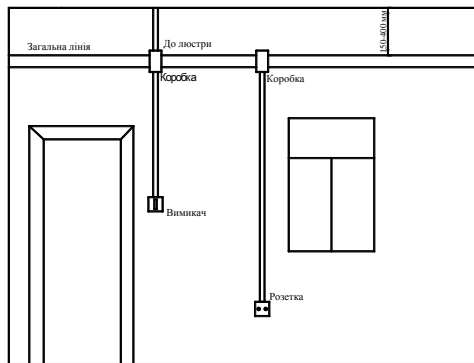


Рисунок 14.2 - Класична прокладка проводки освітлення

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

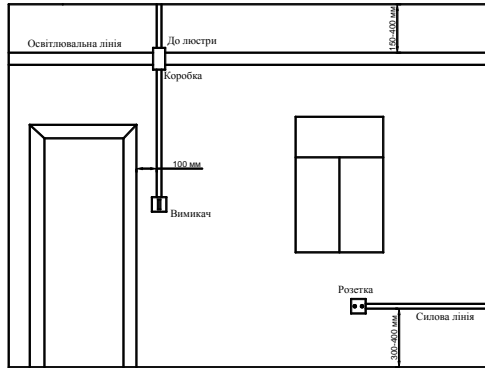


Рисунок 14.3 - Прокладка проводки освітлення під стелею та над підлогою

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.

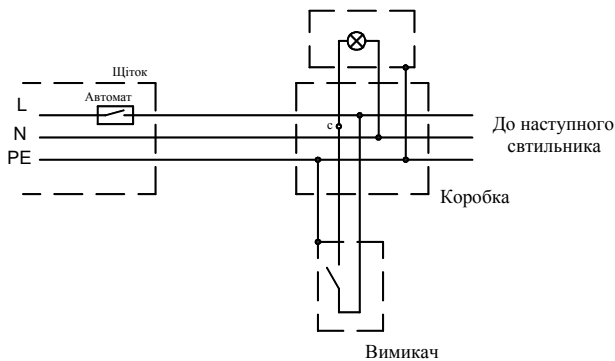


Рисунок 14.4 - Прокладання скритої проводки на стінах

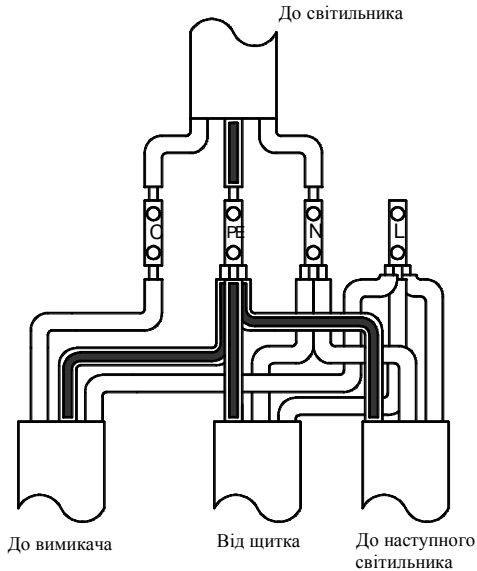


Рисунок 14.5 - Найпростіша принципова схема підключення світильника

**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;
- **основу**, під час якої прокладають дроти 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 дротів;
- 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, металорукавах 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 дротів при прихованій електропроводці.

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

#### **14.1.6 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°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** (ДРЛ – дугова ртутна з добавками іодитів 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 °C; 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.)

#### **14.1.7 Стробоскопічний ефект**

Стробоскопічний ефект в люмінесцентних лампах визивається частими (100 раз в секунду) невольними для бачення блимканнями 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.

## РОЗДІЛ № 15

### 15 МОНТАЖ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

#### 15.1 Загальні відомості про автоматичне керування

Керування виробничим процесом без участі людини називається автоматичним.

Для автоматичного керування застосовують різноманітні технічні засоби, які утворюють автоматичний керуючий пристрій. Якщо такий пристрій приставити до машини або механізму, які виконують технологічні операції, то цю машину або механізм називають керуючим об'єктом. Керуючий об'єкт і автоматичний керуючий пристрій становлять автоматичну систему керування (АСК).

Частина системи, що виконує відповідну функцію, називається блоком. Залежно від виконуваних функцій в автоматичному керуючому пристрої блок може бути сприймаючим, задавальним, запам'ятовуючим, керуючим і виконавчим. Сприймальний блок приймає дії із зовні. Задавальний блок встановлює заданий порядок роботи і значення заданої величини. Запам'ятовуючий блок (блок пам'яті або фіксації) фіксує на відповідний проміжок часу значення дії. Керуючий блок перетворює дію, прийняту від інших блоків, і передає її на виконавчий блок. Виконавчий блок виробляє керуючі дії для об'єкта.

Кожна система, пристрій, блок мають вхід і вихід. Вхід – це частина системи, пристрою або блока, на яку безпосередньо подається дія. Вихід – це та частина, яка безпосередньо діє на іншу частину системи.

Залежно від характеру керуючої дії системи автоматизації бувають стабілізуючі, програмні і слідкуючі.

Стабілізуюча автоматична система здатна тривалий час підтримувати керуючу величину постійною (наприклад, підтримування заданої швидкості обертання вала, рівня рідини в резервуарі, тиску та ін..)

Програмна автоматична система змінює керуючу величину відповідно з наперед заданою послідовністю змін. Таку систему застосовують у сушильних камерах, в яких температура і вологість повітря мають змінюватись відповідно до заданого режиму сушіння.

Слідкуюча автоматична система замінює керуючу величину залежно від її значення невідомої раніше змінної величини на вході автоматичної системи. Така система здатна слідкувати за змінами, що відбуваються у будь-якому процесі. В цю систему можуть входити навіть лічильно-обчислювальні пристрої.



За принципом дії системи поділяють на системи з розімкнутими і замкнутими ланцюгами дії.

Автоматичною системою з розімкнутим ланцюгом дії називається така система, в якій входними є тільки зовнішні дії керуючого пристрою. Ці дії визначені раніше і не залежать від дійсного стану керуючого об'єкта або процесу. Така система використовується тільки для керування простими процесами, які відбуваються в одних і тих самих умовах і у визначеному порядку.

Автоматичною системою із замкнутим ланцюгом дії називають таку систему, в якій входними для керуючого пристрою є як зовнішні, так і внутрішні (контролюючі) дії. Прикладом замкнутої системи може бути автоматична система регулювання. В ній керуючі дії виробляються внаслідок порівняння дійсного значення керуючої величини з наперед заданою. Пристрій що виконує функції регулювання, називається автоматичним регулятором.

Системи автоматичного керування широко застосовуються в усіх галузях промисловості не тільки для керування машинами, верстатами, лініями та іншими транспортними об'єктами, а й для контролю якості обробки деталей та сортування їх.

Для запобігання несправностям, які можуть призвести до аварій, полому інструментів і устаткування в автоматичних лініях, застосовують засоби автоматичної сигналізації і захисту, які в будь-який час можуть зупинити лінію чи інший об'єкт.

### **15.1.1 Засоби автоматизації**

Всі автоматичні системи складаються з автоматичних пристроїв, в які входять різноманітні елементи-прилади, механізми, апарати та ін. Елемент – це частина автоматичного пристрою, в якому відбуваються кількісні і якісні перетворення фізичних величин.

Залежно від виконуваних функцій в автоматичному пристрої всі елементи поділяються на три основні групи: первинні, проміжні і кінцеві.

Первинна група складається із задавальних і сприймальних елементів (здатчиків і датчиків) для добування первинної інформації.

Проміжна група складається з підсилюючих і перетворюючих елементів (підсилювачів, перетворювачів, реле), які здійснюють зв'язок між первинними і кінцевими елементами.

Кінцева група складається з виконавчих елементів (механізмів, приладів), які впливають на керуючий об'єкт. Якщо виконавчі елементи мають механічний вихід, то їх називають виконавчими механізмами.

Первинні елементи автоматичних пристроїв. До цієї групи належать задавальні і сприймаючі елементи. Задавальні елементи, або задатчики, задають програму, яку має виконати автоматична система. За допомогою задатчика настроюють автоматичну систему на відповідний режим роботи або встановлюють порядок дій та керуючий об'єкт. Сприймаючий елемент сприймає із зовні величини, на які він реагує.

За характером роботи сприймаючі елементи можна поділити на датчики і сприймаючі механізми.

Датчиком, або первинним вимірювальним перетворювачем, називають елемент, який перетворює вимірювану величину у вихідний сигнал для дальшої передачі і перетворення. Більшість датчиків перетворюють неелектричні величини в електричні.

Сприймаючим механізмом називають такий сприймаючий елемент, який при зміні регулюючого параметра не тільки виробляє сигнал, а й сам безпосередньо виконує потрібні вмикання або перемикання виконавчих органів.

Датчики поділяються на командні і вимірювальні. Командний, або пусковий, датчик подає команду на вмикання або вимикання механізму. Вимірювальний, або розмірний датчик здійснює вимірювання.

У сільському господарському виробництві широкого застосування набувають засоби автоматизації, які встановлюють на різних технологічних лініях (для приготування кормів та їх роздачі, прибирання гною, доїння, первинної обробки молока, очищення зерна, в системах вентиляції, водопостачання, холодильних пристроях, тепличному господарстві, парниках та ін..)

За призначення засоби автоматизації поділяють на кілька груп. Це засоби вимірювання контролю і регулювання: температури, тиску, розрідження і перепаду тиску, витрат і кількості рідин та газів, рівня рідини, засоби для визначення складу та властивостей газів, рідин, твердих і сипких речовин, для вимірювання і дозування мас.

У кожній з груп можна використовувати типові або спеціальні вимірювальні перетворення – датчики, підсилювачі та регулятори, виконавчі механізми та регулювальні органи, вторинні прилади, сигналізатори, датчики-реле та ін..

Елементна база засобів автоматизації різноманітна. Це реле, радіолампи, діоди і тріоди, мікросхеми і мікропроцеси, елементи пневмоавтоматики і гідравліки.

## 15.1.2 Розміщення засобів автоматизації

### Вимоги до АСУ, монтаж

АСУ повинна бути розроблена відповідно до вимог діючих Правил, ДСТів та СНіПів:

- ДСТ21.101-97 «Основні вимоги до проектної і робочої документації»;
- ДСТ21.613-88 «Силове електроустаткування. Робочі креслення»;
- ДСТ21.614-88 «Умовні і графічні зображення електроустаткування та проводок на планах»;
- ДСТ21.408-93 «Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних проектів»;
- СНіП3.05.06-85 «Електротехнічні пристрої»;
- СНіП3.05.07-85 «Системи автоматизації»;
- СНіП2.04.05-91 (2000) «Опалення, вентиляція і кондиціонування»;
- Відповідати вимогам СНіП21.01-97 (Пожежна безпека будинків і споруд) по пожежній безпеці;
- Експлуатаційна документація оформлюється відповідно вимогам ДСТ2.601-95.

АСУ розроблена за допомогою вітчизняного та імпортного устаткування, що відповідає сучасному рівню якості і надійності.

Все устаткування має бути сертифіковане для примінення в Україні у відповідності до діючих нормативних документів. Базовим для розробки АСУ прийняти устаткування (датчики, виконавчі механізми, програмуючі контролери).

Автоматизація інженерних систем передбачається на базі вільно-програмуючих контролерів, зв'язаних з датчиками аналогових і дискретних сигналів та електроприводами.

Контролери встановлюються в суміщених щитах автоматики і управління (ЩАУ), які мають також і силову апаратуру. Шафи ЩАУ повинні знаходитися в безпосередній близькості від відповідного технологічного устаткування.

Всі використані в системі аналогові датчики вимірювання температури, тиску, вологості, розходу і т.д., повинні мати уніфікований електричний вихідний сигнал, зв'язаний із контролерами системи.

Дискретні датчики повинні мати вихідний сигнал типу «сухий контакт».

Приводи виконавчих механізмів повинні керуватися стандартним аналоговим вихідним сигналом контролера в діапазоні 0-10 В.

## РОЗДІЛ № 16

### 16. МОНТАЖ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ КОМПЛЕКТНИХ ПРИСТРОЇВ

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 пультав 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°. 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 неповинні 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 відкручення пружними шайбами, контр-гайками.

Зовнішні і внутрішні поверхні щитів, а також їх металеві деталі, що не мають цинкового або іншого металевого 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. Від проводів через оболонку пускачів пилебризконепрохідного виконання, що стоять окремо, роблять у трубах, 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.

Ізоляцію дротів перед приєднанням до ящиків резисторів знімають на відстані не менше 100 мм від затискача. Ізольовані дроти 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 недозволяється.

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.

Під час монтажу корпуси НКП з'єднують із нульовим дротом мережі або контуру заземлення зварюванням або болтовим з'єднанням. Місце зварювання зачищають і фарбують, Болтові з'єднання покривають шаром мастила.

### **16.1 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 XX/2 XX/3 X/4 X/5 X/6 XX/7 X/8 X/9

Розшифровується так:

1 - серія;

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 багато швидкісними 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.

**Кнопочні пости серії ПKE** 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 розціплювачів, узгоджену з доступними тривалими силами струмів навантаження для дротів 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 комутації 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 – ТРЦ, 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 старіння 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.

## 16.2 Автоматичні вимикачі та ПЗВ

Автоматичний вимикач (автомат) – захисний комутаційний пристрій, призначений для захисту електричного кола (тобто кабелів і дротів, 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 розчіплювач** – 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 розчіплювач** - 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 (ДСТ Р 50345-99, п. 1.1). **Надструм** (МЕМ 441-11-06): Будь-який струм, що перевищує номінальний (ДСТ 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 (ДСТ 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 (ДСТ 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 (ДСТ 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 (ДСТ 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). (ДСТ Р 50345-99, п. 3.5.14.1).

**Електроустановка** – будь-яке поєднання взаємозалежного електроустаткування в межах даного простору або приміщення (ДСТ 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 відключаючому струму і приблизно обернено пропорційна довжині ножа. Для того, щоб зробити швидкості розмикання контактних ножів не залежним від швидкості повороту рукоятки, застосовують так зване миттєве 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 K73 -17- 400В -0, 47 мкФ** (в 4- полюсному - двома однаковими конденсаторами, включеними між фазними затискачами).

### 16.3 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 витоку.

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**  $I_{cn}$  – установлене виробником значення граничної найбільшої відключної здібності  $I_{cn}$  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  $I^*I^*t$**  (струм в квадраті  $*t$ ) – крива, що відображає максимальні значення  $I^*I^*t$  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.

Таблиця 16.1 - Літерні характеристики розчеплювачів модульних вимикачів

| Характеристика спрацювання вимикачів ДСТ Р 50345-99 (М ЕК60898) |   |   |  | 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 ДСТ 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 $I_n \leq 63A$ |                |
|   |   |   |  | $1.05I_n$   |   | $1.3I_n$   |                |

C – застосовується для освітлювальних мереж.

B – застосовується для освітлювальних мереж з віддаленим споживачем.

D – забезпечують захист установок з високими значеннями пускових струмів (двигуни, лампи з пускорегулюючим приладом, трансформатори).

#### 16.4 Характеристики спрацювання автоматів

Параметри стандартної **струмо-часової зони** в ДСТ 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 1 год для вимикачів з номінальним струмом до 63 А 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 ( $I_r$ ) – встановлене значення струму, що викликає розчеплення вимикача в межах умовного часу:  $I_r = 1,45 I_n$ .

**В** – спрацювання електромагнітного захисту між 3 - і 5 – кратним значенням номінального струму.

**С** – спрацювання електромагнітного захисту між 5 - і 10 – кратним значенням номінального струму.

**D** – спрацювання електромагнітного захисту між 10 - і 14 – кратним значенням номінального струму.

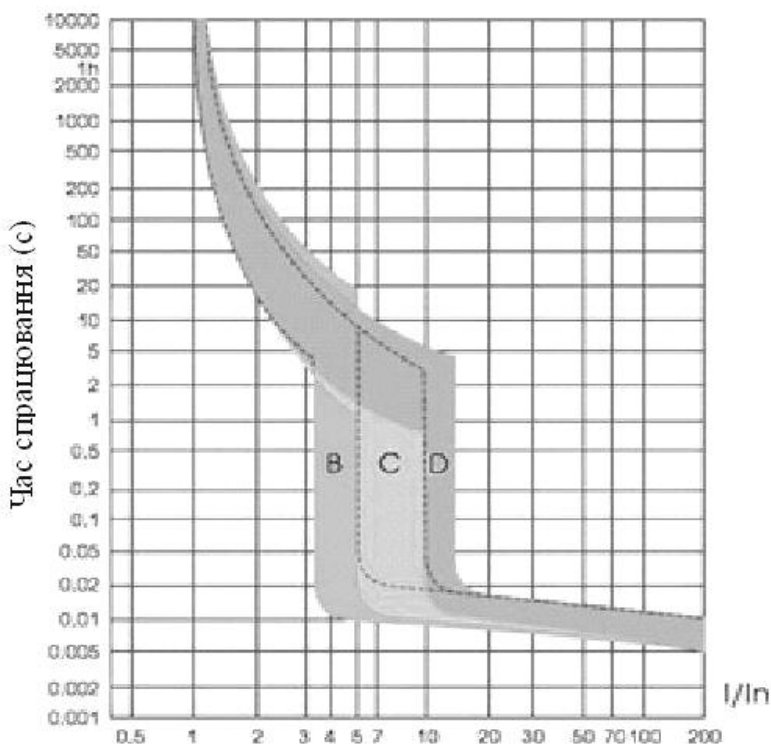
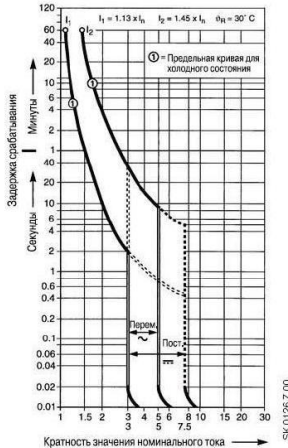
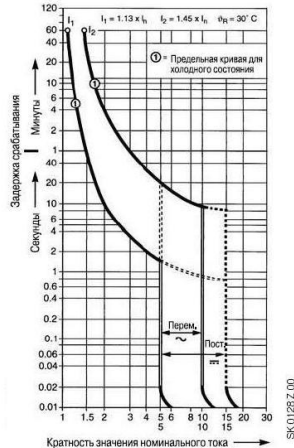


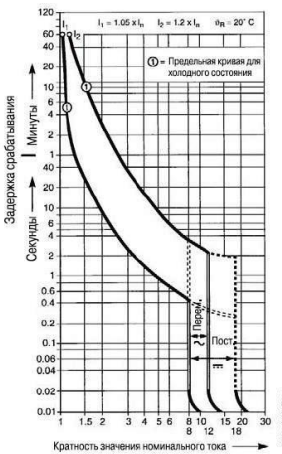
Рисунок 16.1 - Діаграми спрацювання



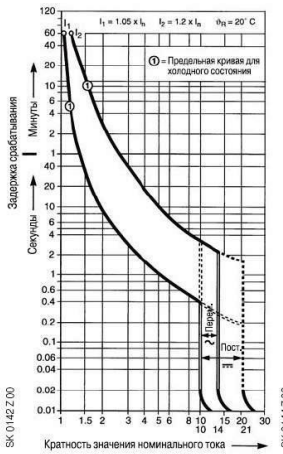
Характеристика срабатывания В  
Согласно DIN VDE 0641, часть 11  
 $I_n = 6 \dots 63 \text{ A}$   
S 260, S 270, S 280



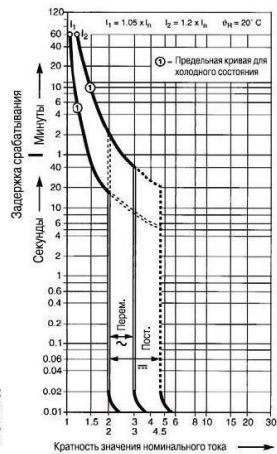
Характеристика срабатывания С  
Согласно DIN VDE 0641, часть 11  
 $I_n = 0,5 \dots 63 \text{ A}$   
S 260, S 270, S 280



Характеристика срабатывания К  
 $I_n = 0,5 \dots 63 \text{ A}$   
S 270



Характеристика срабатывания К  
 $I_n = 0,2 \dots 63 \text{ A}$   
S 280



Характеристика срабатывания Z  
 $I_n = 0,5 \dots 63 \text{ A}$   
S 270, S 280

Рисунок 16.2 – Характеристики срабатывания

## РОЗДІЛ № 17

### 17.1 ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСНОГО ВІДКЛЮЧЕННЯ

Згідно ДСТ Р 50807-95 нормуються наступні параметри ПЗВ:

**Номінальна напруга ( $U_n$ )** – діюче значення напруги, при якому забезпечується працездатність ПЗВ.  $U_n = 220, 380$  В.

**Номінальний струм навантаження ( $I_n$ )** – значення струму, яке ПЗВ може пропускати в тривалому режимі роботи.  $I_n = 6; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 125$  А.

**Номінальний вимикаючий диференційний струм ( $I_{\Delta n}$ )** – значення диференційного струму, яке викликає відключення ПЗВ при заданих умовах експлуатації.  $I_{\Delta n} = 0,006; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 0,5$  А.

**Номінальний невідключаючий диференційний струм ( $I_{\Delta n0}$ )** – значення диференційного струму, яке не викликає відключення ПЗВ при заданих умовах експлуатації.  $I_{\Delta n0} = 0,5 I_{\Delta n}$ .

**Граничне значення невідключаючого надструму ( $I_{nm}$ )** – мінімальне значення невідключаючого надструму при симетричному навантаженні двох і чотирьохполюсних ПЗВ або несиметричного навантаження чотирьохполюсних ПЗВ.  $I_{nm} = 6 I_n$ .

**Надструм** – будь-який струм, який перевищує номінальний струм навантаження.

**Номінальна включаюча і відключаюча здатність (комутаційна здатність) ( $I_m$ )** – діюче значення очікуваного струму, який ПЗВ здатне включити, пропускати протягом свого часу розмикання і відключити при заданих умовах експлуатації без порушення його працездатності. Мінімальне значення  $I_m = 10 I_n$  або 500 А (вибирається більше значення).

**Номінальна включаюча і відключаюча здатність за диференційним струмом ( $I_{\Delta m}$ )** – діюче значення очікуваного диференційного струму, яке ПЗВ здатне включити, пропускати протягом свого часу розмикання і відключити при заданих умовах експлуатації без порушення його працездатності. Мінімальне значення  $I_{\Delta m} = 10 I_n$  або 500 А (вибирається більше значення).

**Номінальний умовний струм короткого замикання ( $I_{nc}$ )** – діюче значення очікуваного струму, яке здатний витримати ПЗВ, що захищається пристроєм захисту від коротких замикань, при заданих умовах експлуатації, без необоротних змін, що порушують його працездатність.  $I_{nc} = 3000; 4500; 6000; 10\ 000$  А.

**Номінальний умовний диференційний струм короткого замикання ( $I_{\Delta c}$ )** – діюче значення очікуваного диференційного струму,

який здатний витримати ПЗВ, що захищається пристроєм захисту від коротких замикань при заданих умовах експлуатації без необоротних змін, що порушують його працездатність.  $I_{dc} = 3000; 4500; 6000; 10\ 000\ \text{A}$ .

**Номинальний час відключення  $T_n$**  – проміжок часу між моментом раптового виникнення вимикаючого диференційного струму і моментом гасіння дуги на всіх полюсах.

Стандартні значення максимально допустимого часу відключення ПЗВ типу АС при будь-якому номінальному струмі навантаження і заданих нормах значеннях диференційного струму не повинні перевищувати наведених у табл. 17.1.

Таблиця 17.1 - Стандартні значення максимально допустимого часу відключення ПЗВ типу АС

| Час відключення $T_n$ , с |                  |                  |       |
|---------------------------|------------------|------------------|-------|
| $I_{\Delta n}$            | $2 I_{\Delta n}$ | $5 I_{\Delta n}$ | 500 А |
| 0,3                       | 0,15             | 0,04             | 0,04  |

Максимальний час вимикання, встановлене в табл. 17.1, поширюється також на ПЗВ типу А. При цьому випробування ПЗВ типу А проводять при значеннях струмів  $I_{\Delta n}$ ,  $2I_{\Delta n}$ ,  $5I_{\Delta n}$  і 500 А з коефіцієнтом 1,4 (при  $I_{\Delta n} > 0,01\ \text{A}$ ) і з коефіцієнтом 2 (при  $I_{\Delta n} = < 0,01\ \text{A}$ ).

Стандартні значення допустимого часу відключення і невідключення для ПЗВ типу S при будь-якому номінальному струмі навантаження понад 25 А і значеннях номінального диференціального струму понад 0,03 А не повинні перевищувати наведених у табл. 17.2.

Таблиця 17.2 - Стандартні значення допустимого часу відключення і невідключення для ПЗВ типу S

| Диференційний струм            | $I_{\Delta n}$ | $2 I_{\Delta n}$ | $5 I_{\Delta n}$ | 500 А |
|--------------------------------|----------------|------------------|------------------|-------|
| Максимальний час відключення   | 0,5            | 0,2              | 0,15             | 0,15  |
| Мінімальний час не відключення | 0,13           | 0,06             | 0,05             | 0,04  |

На рис. 17.1 наведена графічна інтерпретація області спрацьовування ПЗВ залежно від кратності диференціального струму.



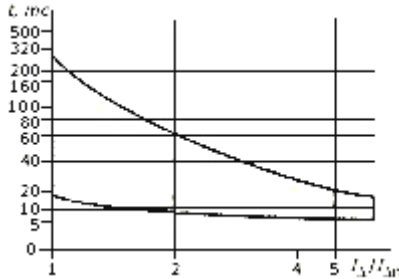


Рисунок 17.1 - Годинострумova характеристика ПЗВ

### 17.1 Типи пристроїв захисного відключення

За умовами функціонування ПЗВ поділяються на такі типи: АС, А, В, S, G.

- ПЗВ типу АС – пристрій захисного відключення, що реагує на змінний синусоїдальний диференціальний струм, що виникає раптово, або повільно зростаючий.
- ПЗВ типу А – пристрій захисного відключення, що реагує на змінний синусоїдальний диференціальний струм і пульсуючий постійний диференціальний струм, що виникають раптово, або повільно зростаючі.
- ПЗВ типу В – пристрій захисного відключення, що реагує на змінний, постійний і випрямлений диференціальні струми.
- ПЗВ типу S – пристрій захисного відключення, селективне (з витримкою часу відключення).
- ПЗВ типу G – те ж, що і типу S, але з меншою витримкою часу.

### 17.2 Маркування пристроїв захисного відключення

На кожному ПЗВ має бути стійке маркування з вказівкою всіх або, при малих розмірах, частині наступних даних.

1. Найменування або торговий знак (марка) виготовлювача.
2. Позначення типу, кімнати по каталогу або номера серії.
3. Номінальна напруга  $U_n$ .
4. Номінальна частота, якщо ПЗВ розроблено для частоти, відмінної від 50 і (або) 60 Гц.
5. Номінальний струм навантаження  $I_n$ .
6. Номінальний вимикаючий диференціальний струм  $ID_n$ .

7. Номінальна найбільша включаюча і відключаюча комутаційна здатність  $I_m$ .

8. Номінальний умовний струм короткого замикання  $I_{nc}$ .



9. Ступінь захисту (тільки в разі її відмінності від IP20).


10. Символ [S] для пристроїв типу S, [G] для пристроїв типу G.

11. Вказівка, що ПЗВ функціонально залежить від напруги мережі, якщо це має місце.

12. Позначення органу управління контрольним пристроєм - кнопки "Тест" - буквою Т.

13. Схема підключення.

14. Робоча характеристика: тип АС – символ , тип А – символ 

Маркування за п.п. 2, 3, 5, 6, 8, 10, 12, 14 повинно бути розташоване так, щоб бути видимим після монтажу ПЗВ. Інформація про пристрій за п.п. 1, 7, 13 може бути нанесена на бічній або задній поверхні пристрою, видимих тільки до установки виробу. Інформація про пристрій за п.п. 4, 9, 11, а також значення інтеграла Джоуля  $I_{2t}$  і пікового струму  $I_p$  повинні бути приведені в експлуатаційній документації. Виводи, призначені виключно для з'єднання ланцюга нульового робочого провідника, повинні бути позначені літерою "N". Стандартні значення температури навколишнього середовища ( $-5-40^{\circ}\text{C}$ ) можуть не вказуватися. Діапазон температур ( $-25-40^{\circ}\text{C}$ ) позначається символом .

### 17.3 Загальні вимоги щодо використання ПЗВ (УЗО)

**Вибір конкретних типів ПЗВ** необхідно проводити, керуючись такими загальними вимогами:

– ПЗВ має реагувати не тільки на змінний, але і на пульсуючий постійний струм витоку. Ця вимога обумовлена застосуванням у побуті електроприладів з випрямлячами і тиристорним управлінням (пральні машини з регулятором швидкості, телевізори, відеомагнітофони та ін);

– ПЗВ не має реагувати на кидки і імпульси робочого та пускового струмів амплітудою до 250 А;

– ПЗВ повинні володіти високою термічною стійкістю, тобто вони повинні зберігати працездатність після протікання струму короткого замикання (6000-10000А) в інтервалі часу від виникнення короткого замикання до розриву ланцюга плавкою вставкою;

– ПЗВ повинен зберігати працездатність в широкому інтервалі температур ( $-25^{\circ}\text{C}$  ...  $+40^{\circ}\text{C}$ ), при короткочасних (до 5 секунд) провалах напруг до 50 % від номінального;

– У всіх випадках застосування ПЗВ повинен забезпечувати надійну комутацію кіл навантаження з урахуванням можливих перевантажень;

– На групових лініях, які живлять штепсельні розетки для переносних електричних приладів, рекомендується передбачати ПЗВ з номінальним диференціальним струмом спрацьовування не більше 30 мА.

Установка ПЗВ є обов'язковою, якщо пристрій захисту від надструмів (автоматичний вимикач, запобіжник) не забезпечує заданого часу автоматичного відключення при номінальній напрузі 220 В, і якщо установка не охоплена системою порівнювання потенціалів або розетки розташовані ззовні приміщень і в приміщеннях, особливо небезпечних чи з підвищеною небезпекою (наприклад, у ванних та душових приміщеннях).

У випадку встановлення ПЗВ послідовно повинні виконуватися вимоги селективності. При дво-і багатоступеневих схемах ПЗВ повинно бути розміщено ближче до джерела живлення і мати уставку і час спрацьовування утрічі більші, ніж ПЗВ, розміщене ближче до споживача. У зоні дії ПЗВ нульовий робочий провідник не повинен мати з'єднання з заземленими елементами і нульовим захисним провідником. У всіх випадках ПЗВ повинен забезпечувати надійну комутацію кілець навантаження з урахуванням можливих перевантажень.

Повинні використовуватися переважно ПЗВ, які є єдиним апаратом з автоматичним вимикачем, що забезпечує захист від надструмів. Використання ПЗВ у групових лініях, які не мають захисту від надструмів, без додаткового апарата, що забезпечує цей захист, не допускається.

**Диференціальний автомат** розмикає електричний ланцюг при впливі на нього будь-якого з трьох факторів несправності:

- короткого замикання (на нього реагують котушки з сердечником);
- струму перевантаження (спрацьовують біметалеві пластини);
- диференційного струму витoku (в цьому випадку діє магніто-електричний розчіплювач).

**Існує два типи диференціальних пристроїв відключення:** «АС» і «А». Різниця між ними полягає в чутливості цих приладів до постійного струму, що з'являється у звичайній змінній мережі під впливом роботи побутової техніки. ПЗВ типу «АС» має спеціальне позначення на корпусі - синусоїда у прямокутнику. Воно чутливо тільки до змінного (синусоїдальному) струму витoku, тоді як пральні машини з регулятором швидкості, регульовані джерела світла, відеомагнітофони, комп'ютери, аудіотехніка спотворюють, випрямляють синусоїду і є джерелами

пульсуючого струму. У таких умовах ПЗВ типу «АС» різко втрачає чутливість, а значить, і здатність надійно оберігати людину від ураження струмом. Тут виручають прилади типу «А», що реагують як на змінні, так і на пульсуючі струми пошкоджень (струми витоку з постійною складовою). Такі ПЗВ дорожче, ніж ПЗВ типу «АС», на 20-50 %, але для груп розеток, та й для груп освітлення, бажано застосовувати саме їх. Пристрої захисного відключення обох типів («АС» і «А») існують або у варіанті S (селективний), або в звичайному виконанні. Виконання S (тип «А» або «АС») має на увазі спрацьовування із затримкою за часом. Використовується, коли потрібно дати додатковий час для першочергового спрацьовування інших захисних пристроїв або автоматів.

У будинках можуть використовуватися ПЗВ типу «А», які реагують як на змінний, так і на пульсуючий струми пошкоджень, або «АС», що реагують тільки на змінний струм витоку. Допускається приєднання до одного ПЗВ декількох групових ліній через окремі автоматичні вимикачі (запобіжники). У житлових будинках ПЗВ рекомендується установлювати на квартирних щитках, допускається їх установлення на поверхових щитках.

Установлення ПЗВ у лініях, які живлять стаціонарно встановлене обладнання і світильники, а також у загальних мережах освітлення, не обов'язково. Забороняється установлення ПЗВ для електроприймачів, відключення яких може призвести до ситуацій, небезпечних для споживачів (вимикання протипожежної сигналізації тощо).

Сумарна величина струмів витоку мережі з урахуванням приєднаних стаціонарних і переносних електроприймачів у нормальному режимі роботи не повинна перевищувати 1/3 номінального струму ПЗВ. Через відсутність даних про токах витоку електроприймачів їх слід приймати з розрахунку 0,3 мА на 1 А струму навантаження, а струм витоку мережі - з розрахунку 10 мкА на 1 м довжини фазного провідника.

**Номінал** (номінальний відключаючий диференційний струм) кожної наступної від вводу електроенергії в будинок захисту вибирається на ступінь нижче (або навіть ще менше), але ніколи не може бути більше! Іншими словами, якщо на ввіді в квартиру встановлене ПЗВ, розраховане на струм витоку 30 мА, то ПЗВ, призначене для гілки ванної кімнати, кухні або окремо пральної машини, повинно розраховуватися на 10 або 6 мА. При виконанні цієї умови в критичній ситуації першим спрацює захисний пристрій, найближчим до місця несправності. Наприклад, при несправності в електроплиті спрацює ПЗВ в ланцюзі електроплити. Всі інші лінії, в тому числі освітлення, залишаться в робочому режимі. Щоб захист перед об'єктом гарантовано спрацювала в першу чергу, на ввідно-

розподільчому пристрої монтується ПЗВ, діюче з деякою затримкою за часом (порядку 0,1-0,5 секунди), тобто ПЗВ в S - селективному виконанні.

**Для підвищення рівня захисту від загоряння** при замиканнях на заземлені частини, якщо величина струму недостатня для спрацьовування захисту максимального струму, на ввіді в квартиру, індивідуальний будинок тощо рекомендується установа ПЗВ зі струмом спрацьовування до 300 мА. Наприклад, струм величиною в 500 мА, що протікає через горючі матеріали протягом деякого часу, здатний викликати їх загоряння. У кожній електроустановці завжди існують витоки струму, які можуть значно змінюватися залежно від стану обладнання, часу його експлуатації, умов навколишнього середовища і т. д. Токи витоку проходять в металевих частинах конструкції (трубах, балках та інших елементах) і нагрівають їх, що може викликати загоряння.

Якщо ПЗВ призначений для захисту від ураження електричним струмом і для захисту від пожежі або тільки для захисту від пожежі, то він повинен вимикати як фазний, так і нульовий робочий провідники. У цих випадках захист від надструму в нульовому робочому провіднику не вимагається. ПЗВ на струм до 30 мА рекомендується використовувати як додатковий захист для нагрівальних елементів «теплої» підлоги ванних і душових приміщень. ПЗВ, як правило, слід встановлювати в групових мережах, що живлять штепсельні розетки.

**Відповідно до діючих стандартів застосування ПЗВ обов'язково:**

**А)** для групових ліній, які живлять електроприймачі зовнішньої установки (ДСТ Р 50571.8-94); для установок зовнішнього освітлення: освітлення фасадів будівель, монументів тощо, зовнішньої світлової реклами та покажчиків у мережах "TN -S" і "TN- CS" («ПУЕ», 7- е видання, гл. 6, п. 6.1.49);

**Б)** для мобільних будівель (інвентарних будівель з металу або з металевим каркасом) (ДСТ Р 50669-94);

**В)** для захисту штепсельних розеток ванних і душових приміщень (ДСТ Р 50571.11-96). Обов'язковою є установка ПЗВ з номінальним струмом спрацьовування не більше 30 мА для групових ліній, які живлять розеткові мережі, що знаходяться поза приміщеннями (дивись пункт А) і в приміщеннях особливо небезпечних і з підвищеною небезпекою, наприклад в зоні 3 ванних і душових приміщень квартир і номерів готелів («ПУЕ», 7- е видання, гл. 7, п. 7.1.82);

**Г)** для захисту штепсельних розеток будівельних майданчиків (ДСТ Р 50571.23-2000); для захисту групових ліній, які живлять штепсельні розетки для переносних електричних приладів («ПУЕ», 7- е видання, гл. 7, п. 7.1.71);

Д) якщо пристрій захисту від надструмів (автоматичний вимикач, запобіжник) не забезпечує час автоматичного відключення 0,4 с при номінальній напрузі 220 В через низькі значення струмів короткого замикання та установка (квартира) не охоплений системою вирівнювання потенціалів («ПУЕ», 7- е видання, гл. 7, п. 7.1.72);

Е) при експлуатації електроустановок, що мають штепсельні з'єднувачі на номінальний струм до 20А, некваліфікованим і ненавченим персоналом (ДСТ Р 50571.3-94, ДСТ Р 50571.8-94);

Ж) для захисту від пожежі (ДСТ Р 50571.17-2000; «ПУЕ», 7- е видання, гл. 7, п. 7.1.84).

З) установки світлової реклами, архітектурного освітлення будівель (пункт А) слід, як правило, жити по самостійних лініях. Для зазначених ліній повинна передбачатися захист від надструму і струмів витоку («ПУЕ», 7- е видання, гл. 6, п. 6.4.18).

## 17.4 Вибір типу та параметрів ПЗВ

**Номінальний вимикаючий диференціальний струм  $I_{Dn}$  (уставка)**

Номінальний вимикаючий диференційний струм  $I_{Dn}$  – струм уставки, вибирається з наступного ряду: 6, 10, 30, 100, 300, 500 мА. Уставку ПЗВ для кожного конкретного випадку застосування вибирають з урахуванням наступних факторів:

- значення існуючого в даній електроустановці сумарного (з урахуванням приєднаних стаціонарних і переносних електроприймачів) струму витоку на землю - так званого "фоновому струму витоку";
- значення допустимого струму через людини на основі критеріїв електробезпеки;
- реального значення вимикаючого диференційного струму ПЗВ, яке відповідно до вимог **ДСТ Р 50807-94** знаходиться в діапазоні  $0,5 I_{Dn} - I_{Dn}$ .

Згідно з вимогами «ПУЕ » (7- е вид., П. 7.1.83), номінальний диференційний відключаючий струм ПЗВ повинен бути не менше ніж у **три рази** більше сумарного струму витоку захищеного ланцюга електроустановки –  $I_D I_{Dn} > = 3 I_D$ . Сумарний струм витоку електроустановки заміряється спеціальними приладами (Додаток 4), або визначається розрахунковим шляхом.

За відсутності фактичних (замірних) значень струму витоку в електроустановці «ПУЕ» (п. 7.1.83) рекомендує приймати струм витоку електроприймачів з розрахунку 0,4 мА на 1 А струму навантаження, а

струм витоку ланцюга з розрахунку 10 мкА на 1 м довжини фазного провідника.

**Рекомендовані значення** номінального вимикаючого диференційного струму –  $I_{Dn}$  (уставки) ПЗВ для діапазону номінальних струмів 16 - 80 А наведено в табл. 17.3.

Таблиця 17.3 - Значення номінального вимикаючого диференційного струму –  $I_{Dn}$  (уставки) ПЗВ для діапазону номінальних струмів 16 - 80 А

|   |     |     |         |     |     |
|---|-----|-----|---------|-----|-----|
| Номінальний струм навантаження в зоні захисту, А            | 16  | 25  | 40      | 63  | 80  |
| $I_{Dn}$ при роботі в зоні захисту одиночного споживача, мА | 10  | 30  | 30      | 30  | 100 |
| $I_{Dn}$ при роботі в зоні захисту групи споживачів, мА     | 30  | 30  | 30(100) | 100 | 300 |
| $I_{Dn}$ ПЗВ протипожежного призначення на ВРУ, мА          | 300 | 300 | 300     | 300 | 300 |

У деяких випадках, для певних споживачів значення уставки задається нормативними документами. У ДСТ Р 50669-94 стосовно до будівель з металу або з металевим каркасом задається значення уставки ПЗВ не вище 30 мА.

Тимчасові вказівки вказують: для сантехнічних кабін, ванних і душових встановлювати ПЗВ зі струмом спрацьовування:

– 10 мА, якщо на них виділена окрема лінія; в інших випадках, (наприклад, при використанні однієї лінії для сантехнічної кабінки, кухні та коридору) допускається використовувати ПЗВ з уставкою 30 мА (п. 4.15);

– в індивідуальних житлових будинках для групових кіл, які живлять штепсельні розетки всередині будинку, включаючи підвали, вбудовані та прибудовані гаражі, а також у групових мережах, що живлять ванні кімнати, душові та сауни - ПЗВ з уставкою 30 мА;

– для встановлених зон штепсельних розеток – ПЗВ з уставкою 30 мА (п. 6.5).

У «ПУЕ» (7- е вид. П. 7.1.84) рекомендується для підвищення рівня захисту від загоряння при замиканнях на заземлені частини на ввіді в квартиру, індивідуальний будинок установка ПЗВ із струмом спрацьовування до 300 мА.

Таблиця 17.4 - Міжнародні позначення пристроїв захисного відключення (ПЗВ)

| <b>Скор.позн.</b> | <b>Англійське позначення</b>   | <b>Українське позначення</b>                     |
|-------------------|--|--|
| <i>RCD</i>        | Residual Current protective Device   | Захисний пристрій по диференційному струму (ПЗВ) |
| <i>PRCD</i>       | Portable Residual Current protective Device  | Переносне ПЗВ                                    |
| <i>PRCD-S</i>     | Portable Residual Current protective Device Safety                                 | Переносне ПЗВ в кабелі-подовжувачі               |
| <i>SRCD</i>       | Fixed Socket outless Residual Current protective Device                            | ПЗВ вбудоване в розетку                          |
| <i>RCCB</i>       | Residual Current operated Circuit Breakers without integral overcurrent protection | ПЗВ без захисту від надструмів                   |
| <i>RCBO</i>       | Residual Current operated Circuit Breakers with integral overcurrent protection    | ПЗВ з захистом від надструмів                    |
| <i>RCM</i>        | Residual Current Monitor   | Пристрій контролю диференціального струму        |

**Пристрої захисного відключення (ПЗВ)**, що реагують на диференційний струм, поряд з пристроями захисту від надструмів, належать до додаткових видів захисту людини від ураження при непрямому дотику, забезпечувана шляхом автоматичного відключення живлення. На відміну від засобів захисту від надструмів, ПЗВ є єдиним засобом захисту людини від електроураження при малих струмах замикання, зниженні рівня ізоляції. Захист від надструму (при застосуванні захисного занулення) забезпечує захист людини при непрямому дотику - шляхом відключення автоматичними вимикачами або запобіжниками пошкодженої ділянки ланцюга при короткому замиканні на корпус. З усіх відомих електрозахисних засобів ПЗВ є єдиним, що забезпечує захист людини від ураження електричним струмом при прямому дотику до однієї з струмоведучих частин.



Так само ПЗВ є чудовим захистом від можливих ушкоджень ізоляції, несправностей електропроводки та електрообладнання, що вважаються основною причиною загорянь і пожеж, що виникають в електроустановках.

### Основні помилки при монтажі ПЗВ

Найпоширенішою помилкою при монтажі ПЗВ є підключення до ПЗВ навантаження, в ланцюзі якої є з'єднання нульового робочого провідника N з відкритими провідними частинами електроустановки або з'єднання з нульовим захисним провідником PE. У цьому випадку ймовірність «довільного» спрацьовування ПЗВ дуже висока. Так само можливі такі помилки: підключення навантажень до нульового провідника до ПЗВ, підключення навантажень до нульового робочого провідника іншого ПЗВ, перемичка між нульовими робочими провідниками різних ПЗВ, з'єднання на стороні навантаження провідників PE і N в розетці.

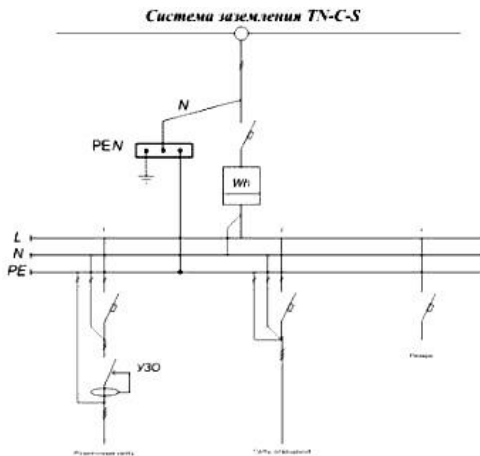


Рисунок 17.2 - Приклад вмикання ПЗВ

**Контактор електромагнітний** – електричний апарат, призначений для частих включень і виключень (до 1500 перемикань на годину) електричних силових ланцюгів постійного і змінного струму. Широко застосовується для дистанційного керування електричними машинами і апаратами в установках постійного і змінного струму при напрузі до 500-650 В і силі струму до 600 А».

**Контактор** – дистанційно керований комутаційний апарат, призначений для частих комутацій електричних ланцюгів при нормальних

(номінальних) режимах роботи. Залежно від роду комутованого струму розрізняють контактори постійного і змінного струму. За певних умов одні й ті ж контактори можуть комутувати навантаження як постійного, так і змінного струму.

**Контактори класифікуються:**

- за родом струму головного ланцюга і ланцюга керування (включає котушки) – постійного, змінного, постійного і змінного струму;
- за кількістю головних полюсів – від 1 до 5;
- по номінальному струму головного ланцюга – від 1,5 до 4800 А;
- по номінальній напрузі головного ланцюга: від 27 до 2000 В постійного струму; від 110 до 1600 В змінного струму частотою 50, 60, 500, 1000, 2400, 8000, 10 000 Гц;
- по номінальній напрузі включення котушки: від 12 до 440 В постійного струму, від 12 до 660 В змінного струму частотою 50 Гц, від 24 до 660 В змінного струму частотою 60 Гц;
- по наявності допоміжних контактів – з контактами, без контактів.

Нормальна робота апаратів допускається при напрузі на затискачах головного ланцюга до 1,1 і ланцюги управління від 0,85 до 1,1 номінальної напруги відповідних ланцюгів.

Контактори можуть працювати в одному, кількох або у всіх наступних режимах: переривчасто-тривалому, тривалому, повторно-короткочасному і короткочасному (ДСТ 18311-80). У переривчасто-тривалому режимі контактор повинен допускати роботу при номінальному струмі протягом не більше 8 год. Тривалість робочого періоду для короткочасного режиму роботи - 5, 10, 15, 30 с і 10, 30, 60, 90 хв.

Контактор складається з наступних основних вузлів: електромагнітного або електропневматичного приводу, головних контактів з дугогасильним пристроєм, допоміжних контактів.

У контакторах з електромагнітним приводом головні і допоміжні контакти пов'язані безпосередньо з якорем електромагніту, керуючого включення котушкою.

У контакторах з електропневматичним приводом управління здійснюється за допомогою електромагнітного вентиля, що відкриває доступ стиснутого повітря до електропневматичного приводу.

## РОЗДІЛ № 18

### 18. ЗАГАЛЬНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

#### 18.1 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 дротів на лініях різних напруг дротами 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

$$Ee = \Delta Ee - \Delta Ez, \quad (18.1)$$

де  $\Delta Ee$  – зниження витрат, яке досягається в результаті економії енергії після проведення енергозберігаючого заходу;

$\Delta Ez$  – додаткові витрати, пов'язані з проведенням енергозберігаючого заходу.

Наприклад, в  $\Delta Ez$  можуть входити витрати на установку приладів обліку енергії, експлуатаційні витрати на обслуговування цих приладів тощо.

## 18.2 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) вмикається 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 відбуваються. 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.

Використанням 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 швидку 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.

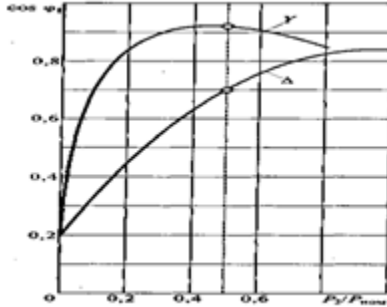


Рисунок 18.1 - Залежність  $\cos \varphi_1 = f(P)$  асинхронного двигуна при з'єднанні обмотки статора "трикутником" і "зіркою"

При проектуванні електропривода важливим є правильний вибір потужності двигуна. Так, вибір двигуна завищеною потужністю 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 потужністю 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 переслідує 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.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила устройства электроустановок // Х.: Издательство «ИНДУСТРИЯ», 2007. - 416 с.
2. ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок // К.: ВП «ГРАНМНА», 2001. - 117 с.
3. Презентационный диск кабеленесущих систем ДКС 2009 // К.: ЗАО «Диэлектрические кабельные системы Украины», 2009. - Режим доступу: [www.dkc.ua](http://www.dkc.ua).
4. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів // К.: ДП НТУКЦ «АсЕнерго», 2007. - 304 с.
5. ДСТУ 2.105-95. Загальні вимоги до оформлення документів.
6. ДБН А. 2.2-1-2003. Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування.
7. ДСТУ EN 50086-1:2004 Системи кабелепроводів для електричних установок Частина 1. Загальні технічні вимоги.
8. Производство низковольтного электрооборудования // Александрия: ОАО «НПО «ЭТАЛ», 2009. - 33 с. Режим доступу: <http://www.etal.ua/ru/catalog/part91>.
9. Каминский М. Л. Монтаж и испытание электрических машин промпредприятий / М. Л. Каминский. - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 200 с.
10. Конспект лекцій з дисципліни «Монтаж енергетичного обладнання та засобів автоматизації». - Мелітополь: ТДАТУ, 2009. – 180 с.
11. Соколов Б. А. Монтаж электрических установок / Б. А. Соколов, Н. Б. Соколова. - М.: Энергоатомиздат, 1991. – 592 с.
12. Марченко О. С. Довідник по монтажу і налагодженню енергообладнання в сільському господарстві / О. С. Марченко. – К.: «Урожай», 1994. – 237 с.
13. ДБН А. 2.2-3-2004. Проектування. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва.
14. Электротехническая продукция АсКо, УкрЕМ. Режим доступу: [http://www.acko.ua/e-store/xml\\_catalog/](http://www.acko.ua/e-store/xml_catalog/).
15. Пирогов И. С. Монтаж электроустановок во взрывоопасных зонах / И. С. Пирогов, М. Б. Зевин. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 224 с.
16. Электротехническая продукция ИЭК // К.: «ИЭК Украина», 2009. – 65 с. Режим доступу: <http://www.iek.com.ua/>.



17. Живов М. С. Электромонтажник по распределительным устройствам промышленных предприятий / М. С. Живов. – М.: Высш. Шк., 1982. – 247 с.
18. Чунихин А. А. Электрические аппараты: общий курс: учеб. для вузов / А. А. Чунихин. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 720 с.
19. Куценко Ю. М. Методичні вказівки до лабораторних робіт за курсом «Монтаж енергообладнання та засобів автоматизації» / Ю. М. Куценко. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. – 120 с.
20. Электродвигатели // К.: «ООО «ЛБЮ – ТЕХ», 2005. – 32 с. Источник [www.lbu.com.ua](http://www.lbu.com.ua).
21. Кузнецов С. Рубильник. Аппараты распределения электрической энергии на напряжение до 1000 В / С. Кузнецов. - 3 изд. - М., 1970.
22. Чунихин А. А. Электрические аппараты / А. А. Чунихин. - М., 1975.
23. Буздко И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Буздко, Н. М. Зуль. - М.: Агропромиздат, 1990. - 496 с.
24. Карякин Р. Н. Заземляющие устройства электроустановок: справочник / Р. Н. Карякин. - М.: ЗАО «Энергосервис», 2002 г. 373с.
25. Бургучева С. А. Электрические станции, подстанции и системы / С. А. Бургучева. - М.: «Колос», 1966. - 689 с.
26. Каткова П. А. Справочник по проектированию электрических сетей в сельской местности / П. А. Каткова, Ф. А. Франгулян. - М.: «Энергия», 1980. - 352 с.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП.....  | 6  |
| Розділ 1  |    |
| 1. УМОВНІ ГРАФІЧНІ ТА БУКВЕНІ ПОЗНАЧЕННЯ НА ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМАХ.....                               | 7  |
| Розділ 2  |    |
| 2. ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ.....  | 12 |
| Розділ 3  |    |
| 3. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ЛАНЦЮГИ.....   | 16 |
| 3.1 Постійний струм.....  | 17 |
| 3.2 Змінний однофазний струм.....   | 22 |
| 3.3 Змінний трьохфазний струм.....  | 27 |
| 3.4 Електротехнічні матеріали.....  | 31 |
| Розділ 4  |    |
| 4. ВИРОБНИЦТВО, ПЕРЕДАЧА ТА РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....                                     | 34 |
| 4.1 Електричні станції.....   | 34 |
| 4.2 Організація електропостачання.....  | 35 |
| 4.3 Розподільчі установки та підстанції.....  | 36 |
| 4.4 Електротехнічні та будівельні правила і норми.....  | 38 |
| 4.5 Підготовка і організація монтажу розподільчих пристроїв і підстанцій.....                     | 45 |
| 4.5.1 Підготовка електромонтажних робіт до індустріального монтажу.....                           | 45 |
| 4.5.2 Прийняття будівельної частини приміщень розподільчих пристроїв і підстанцій під монтаж..... | 48 |
| 4.5.3 Монтаж у дві стадії.....  | 50 |
| 4.5.4 Комплектація монтажу обладнанням і матеріалами.....   | 53 |
| 4.5.5 Організація безпеки праці.....  | 57 |
| Розділ 5  |    |
| 5. ЕЛЕКТРОМОНТАЖНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ.....   | 61 |
| 5.1 Електромонтажні матеріали.....  | 61 |
| 5.2 Електромонтажні вироби і деталі.....  | 67 |
| Розділ 6  |    |
| 6. ЕЛЕКТРОМОНТАЖНІ МЕХАНІЗМИ, ІНСТРУМЕНТИ ТА ПРИСТОСУВАННЯ.....                                   | 72 |
| 6.1 Електромонтажні інструменти пристосування, засоби малої механізації.....                      | 73 |
| 6.2 Інструменти і пристрої для з'єднання і окінцювання жил дротів і кабелів.....                  | 77 |

|  |     |
|--|-----|
| Розділ 7   |     |
| 7. МОНТАЖ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ.....   | 83  |
| 7.1 Дизайн та характеристики силових трансформаторів.....  | 83  |
| 7.2 Завантаження, транспортування і вивантаження трансформаторів.....  | 92  |
| 7.3 Ревізія трансформаторів.....   | 94  |
| 7.4 Очищення і сушка трансформаторного масла.....  | 96  |
| 7.5 Контроль стану ізоляції трансформаторів.....   | 99  |
| 7.6 Збірка та встановлення трансформаторів.....  | 103 |
| 7.7 Особливості монтажу герметичних трансформаторів.....   | 105 |
| Розділ 8   |     |
| 8. МОНТАЖ КОМПЛЕКТНИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ.....   | 109 |
| 8.1 Основні відомості про комплектні трансформаторні підстанції на напругу 6-10 кВ.....  | 109 |
| 8.2 Встановлення комплектних трансформаторних підстанцій.....  | 114 |
| Розділ 9   |     |
| 9. МОНТАЖ КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ. БУДОВА ТА МОНТАЖ ВИМИКАЧІВ.....   | 116 |
| Розділ 10  |     |
| 10. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ МОНТАЖУ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ. ЗМІСТ ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ РОБІТ.....   | 125 |
| 10.1 Вимоги до електрообладнання.....  | 125 |
| 10.2 Нормативні документи на проведення електромонтажних робіт.....  | 126 |
| 10.3 Основні види та типи схем.....  | 127 |
| 10.4 Загальні вимоги до виконання електричних схем, загальні правила виконання схем з'єднання, способи виконання схем з'єднання.....                 | 128 |
| 10.5 Кліматичне виконання, категорія розміщення та ступінь захисту електрообладнання, категорії розміщення електрообладнання позначають цифрами..... | 132 |
| 10.6 Приймання об'єкту під монтаж, виробництво монтажних робіт.....  | 136 |
| Розділ 11  |     |
| 11. МОНТАЖ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ.....  | 137 |
| 11.1 Принцип роботи короткозамкненого асинхронного двигуна та деякі його характеристики.....   | 137 |
| 11.1.1 Електродвигуни постійного струму.....   | 139 |
| 11.1.2 Двигуни з паралельним збудженням.....   | 142 |

|   |            |
|---|------------|
| 11.1.3 Двигун з послідовним збудженням.....   | 144        |
| 11.1.4 Двигун зі змішаним збудженням.....   | 145        |
| 11.1.5 Регулювання частоти обертання.....   | 146        |
| 11.1.6 Класифікація електродвигунів та їх номінальні дані.....                              | 150        |
| 11.1.7 Вибір двигуна за режимом роботи.....   | 151        |
| 11.1.8 Вибір схеми з'єднання статорних обмоток.....   | 153        |
| 11.2 Монтаж електродвигунів.....  | 159        |
| 11.2.1 Транспортування електричних машин.....   | 159        |
| 11.2.2 Організація виконання робіт з монтажу електричних машин.....                         | 159        |
| 11.2.3 Підготовка електричних машин до установки.....                                       | 159        |
| 11.2.4 Коротка технологія монтажу електричних машин.....                                    | 160        |
| 11.2.5 Вимоги до фундаменту.....  | 161        |
| 11.3 Установка фундаментальних плит, способи з'єднання фундаментальних плит.....            | 161        |
| 11.3.1 Установка та ізоляція підшипникових стійок.....                                      | 161        |
| 11.3.2 Установка статора, ротора (якоря), засоби заводки та строповки роторів (якорів)..... | 162        |
| 11.3.3 Методи центрування валів.....  | 164        |
| 11.3.4 Підшипники електричних машин.....  | 166        |
| 11.3.5 Підшипники кочення.....  | 166        |
| 11.3.6 Повітряний зазор.....  | 167        |
| 11.3.7 Перевірка виконання внутрішніх з'єднань обмоток.....                                 | 167        |
| 11.4 Монтаж струмозбиральних пристроїв.....   | 169        |
| 11.4.1 Регулювання щіткового механізму.....   | 170        |
| 11.5 Випробування та пуск електричних машин.....  | 171        |
| 11.5.1 Підготовка електричних машин до пуску.....   | 171        |
| 11.5.2 Пробний пуск електричної машини.....   | 171        |
| 11.5.3 Задача-приймання змонтованих електричних машин.....                                  | 171        |
| 11.5.4 Монтажні формуляри.....  | 172        |
| <b>Розділ 12</b>  |            |
| <b>12. ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ.....</b>  | <b>173</b> |
| 12.1 Поняття електроприводу.....  | 173        |
| 12.2 Системи керування електроприводами.....  | 174        |
| <b>Розділ 13</b>  |            |
| <b>13. ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРОВОДОК ТА КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ.....</b>                  | <b>177</b> |
| 13.1 Технологія монтажу електричних провідок.....   | 177        |
| 13.1.1 Аналіз систем електропостачання споживачів.....                                      | 177        |
| 13.1.2 Особливості монтажу електропроводок об'єкта.....                                     | 180        |
| 13.1.3 Способи прокладки кабелю.....  | 182        |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| 13.1.4    | Заземлення.....  | 189 |
| 13.1.5    | Монтаж заземлюючих пристроїв.....  | 206 |
| 13.1.6    | Монтаж штучних заземлюючих пристроїв.....  | 207 |
| 13.1.7    | Монтаж заземлюючих і нульових захисних провідників..   | 209 |
| 13.1.8    | Розрахунок захисного заземлення.....   | 212 |
| 13.2      | Монтаж кабельних ліній.....  | 223 |
| 13.2.1    | Визначення поняття кабельної лінії (КЛ).....   | 223 |
| 13.2.2    | Монтаж повітряних ліній електропередачі напругою 0,4-35 кВ.....  | 226 |
| 13.2.3    | Установки для компенсації реактивної потужності.....   | 230 |
| Розділ 14 |  |     |
| 14.       | МОНТАЖ УСТАНОВОК ДЛЯ ОСВІТЛЕННЯ ТА ОПРОМІНЕННЯ.....  | 233 |
| 14.1      | Основні характеристики освітлювальних та опромінювальних приладів.....   | 233 |
| 14.1.1    | Загальні характеристики опромінювачей.....   | 234 |
| 14.1.2    | Стробоскопічний ефект та способи його усунення.....  | 234 |
| 14.1.3    | Монтаж групових ліній освітлення з люмінесцентними лампами.....  | 235 |
| 14.1.4    | Складання плану освітлювальної мережі приміщень сільськогосподарських споруд.....                                  | 236 |
| 14.1.5    | Приклад монтажу проводок освітлення з врахуванням вимог чинних нормативів надійності зручності та безпечності..... | 236 |
| 14.1.6    | Зниження втрат електроенергії в освітлювальних мережах.....  | 239 |
| 14.1.7    | Стробоскопічний ефект.....   | 241 |
| Розділ 15 |  |     |
| 15.       | МОНТАЖ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....  | 242 |
| 15.1      | Загальні відомості про автоматичне керування.....  | 242 |
| 15.1.1    | Засоби автоматизації.....  | 243 |
| 15.1.2    | Розміщення засобів автоматизації.....  | 245 |
| Розділ 16 |  |     |
| 16.       | МОНТАЖ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ КОМПЛЕКТНИХ ПРИСТРОЇВ.....   | 246 |
| 16.1      | Ручні та шляхові куматаційні апарати.....  | 247 |
| 16.2      | Автоматичні вимикачі та ПЗВ.....   | 250 |
| 16.3      | Характеристики автоматичних вимикачів.....   | 253 |
| 16.4      | Характеристики спрацювання автоматів.....  | 254 |
| Розділ 17 |  |     |
| 17.       | ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСНОГО ВІДКЛЮЧЕННЯ.....  | 257 |
| 17.1      | Типи пристроїв захисного відключення.....  | 259 |

|   |     |
|---|-----|
| 17.2 Маркування пристроїв захисного відключення.....                | 259 |
| 17.3 Загальні вимоги щодо використання ПЗВ (УЗО).....               | 260 |
| 17.4 Вибір типу та параметрів ПЗВ.....                              | 264 |
| Розділ 18   |     |
| 18. ЗАГАЛЬНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ<br>ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ..... | 269 |
| 18.1 Способи зниження втрат електроенергії.....                     | 269 |
| 18.2 Способи і засоби енергозбереження в електроприводах...         | 270 |
| СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....                               | 274 |

Навчальне видання

**Кунденко** Микола Петрович  
**Федюшко** Юрій Михайлович  
**Плахтир** Олег Олегович  
**Кошкін** Дмитро Леонідович  
**Вахоніна** Лариса Володимирівна  
**Циганов** Олександр Миколайович  
**Садовий** Олексій Степанович

## **МОНТАЖ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ**

### **ЧАСТИНА I**

Навчальний посібник

Комп'ютерний набір та верстка: Торбієвська І. В.

Видавництво ТОВ «Планета-прінт»  
Свідоцтво про держреєстрацію ДК № 4568 від 17.06.2013 р.  
61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 16

Підп. до друку 03.07.2017. Формат 60\*84 1/16.  
Папір офсетний. Гарнітура Times new Roman. Друк РІЗО.  
Ум. друк. арк. 11,67. Обл. вид. арк.16,8.  
Наклад 300 прим.

Друк: ФОП Томенко Ю. І., м. Харків, пл. Руднева, 4. Тел. 757-93-82

---