



## **КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

*для самотійного опрацювання*

*з дисципліни «Робітнича професія –  
електромонтер»*

*для студентів денної і заочної  
форми навчання*

(напрямок 6.050701 "Електроенергетика та електротехнології")



**Робітнича професія - електромонтер:** Конспект лекцій для самостійного вивчення дисципліни. м. Тернопіль: Вид-во ТНТУ ім. І. Пулюя, 2012 р., 206 с.

Конспект лекцій з дисципліни «*Робітнича професія - електромонтер*» розрахований на самостійне вивчення студентами лекційного матеріалу відповідно до робочої програми дисципліни. В конспекті лекцій на самостійне опанування виносяться питання монтажу кабельних ліній, електричного освітлення, повітряних ліній електропередач, ремонту електричних машин і електричної апаратури, будови розподільних пристроїв, силових трансформаторів, релейного захисту і правил техніки безпеки.

Конспект лекцій призначений для студентів денної та заочної форм навчання за напрямом 6.050701 – «*Електротехніка та електротехнології*»

Розглянуто на засіданні  
кафедри *Систем електроспоживання та  
комп'ютерних технологій у електроенергетиці*  
Протокол № 3 від 25 жовтня 2011 р.

Затверджено на засіданні  
методичної ради *Електромеханічного факультету*  
Протокол № 2 від 26 жовтня 2011 р.

Укладач: доцент Б.Я. Оробчук

Відповідальний за випуск: доцент Б.Я. Оробчук

Рецензент: зав. кафедри *Світлотехніки та джерел світла*, декан  
*Електромеханічного факультету* В.А. Андрійчук, д.т.н, професор

### Ш

**Шина** - збірна конструкція, призначена для приймання та розподілу електроенергії. Застосовуються переважно мідні, рідше алюмінієві чи сталюалюмінієві або ж сталеві шини

**Шинний роз'єднувач** - Роль шинних і лінійних роз'єднувачів в КРП виконують роз'єднуючі (роз'ємні) контакти головних кіл втикового типу, нерухома частина яких встановлена в корпусі, а рухома - на висувному елементі

**Шинопровід** - жорсткий струмопровід до 1 кВ заводського виготовлення, що поставляється комплектними секціями, називається шинопровідом

### Щ

**Щоглова підстанція** - комплектна трансформаторна підстанція тупикового типу зовнішньої установки потужністю 25, 40, 63, 100, 160, 250 кВА, напругою 10(6)0,4 кВ, з повітряним вводом на стороні вищої напруги, з кабельним або повітряним виводом на стороні нижчої напруги, призначена для прийому електроенергії (змінного трифазного струму промислової частоти 50Гц) напругою 10(6) кВ, перетворення в напругу 0,4 кВ

### **З М І С Т**

	<b>Лекція №1. ЕЛЕКТРОПРОВОДКИ. СПОСОБИ ПРОКЛАДКИ ТА МОНТАЖ</b>	4
1	Електропроводки в трубах	4
	<b>Лекція №2. МОНТАЖ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ</b>	11
1	Прокладка кабельних ліній	11
2	Окінцювання, з'єднання і відгалуження алюмінієвих і мідних жил проводів та кабелів	14
	<b>Лекція №4. ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ</b>	23
1	Монтаж освітлювальних електроустановок	23
2	Монтаж встановлюваної арматури	30
3	Монтаж щитків, шаф і розподільних пунктів	34
	<b>Лекція №5. ПОВІТРЯНІ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ</b>	41
1	Огляд повітряних ліній	41
2	Вимірювання опорів заземлення	43
3	Правила улаштування електроустановок (ПУЕ)	45
	<b>Лекція №6. РЕМОНТ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН</b>	50
1	Приймання в ремонт електродвигунів	50
2	Ремонт деталей і вузлів електричних машин	71
3	Збирання і випробовування електродвигунів після ремонту	78
	<b>Лекція № 7. РЕМОНТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ АПАРАТУРИ НАПРУГОЮ ДО 1000 В</b>	92
1	Несправності електромагнітних комутаційних апаратів	92
2	Ремонт перемикачів	95
3	Ремонт контакторів і магнітних пускатів	100
	<b>Лекція № 8. РОЗПОДІЛЬНІ ПРИСТРОЇ</b>	106
1	Нагляд і догляд за розподільними пристроями напругою до 1000 В	106
2	Нагляд і догляд за розподільними пристроями напругою вище 1000 В	110
3	Релейний захист	120
	<b>Лекція № 9. СИЛОВІ ТРАНСФОРМАТОРИ</b>	133
1	Нагляд і догляд за силовими трансформаторами	133
2	Приймання в ремонт, розбирання і виявлення дефектів трансформаторів	139
3	Ремонт зовнішніх вузлів трансформаторів	147
	<b>Лекція № 10. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ</b>	151
1	Забезпечення безпеки при роботі з електроустановками	151
	Список використаної літератури	182
	<b>Додаток А. ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ</b>	183

## ЛЕКЦІЯ №1. ЕЛЕКТРОПРОВОДКИ. СПОСОБИ ПРОКЛАДКИ ТА МОНТАЖ

### 1 Електропроводки в трубах

#### 1.1 Заготовка металевих труб

Монтаж трубних проводок. Монтаж трубних проводок повинен забезпечити щільність і міцність трубних проводок, з'єднань труб між собою і приєднання їх до арматури і електроустаткування, а також надійність кріплення труб до опорних конструкцій, а самих конструкцій - до будівельних основ. Незалежно від функціонального призначення, всі трубні проводки повинні бути промарковані у відповідності з проектом маркувальними бірками, які кріпляться до труб в кожному приміщенні біля кінців проводок. Трубні проводки повинні мати захисні покриття, нанесені по очищеній поверхні труб і металоконструкцій. Пластмасові труби фарбуванню не підлягають, а труби з кольорових металів красять лише у випадках, передбачених проектом. Пофарбовані поверхні повинні бути гладкими і рівними.

Роботи по монтажу трубних проводок можна розділити на наступні етапи:

- розмітка траси трубних проводок і місць установки опорних конструкцій;
- заготовчі роботи;
- прокладка;
- випробування;
- здача.

Заготовчі роботи. Всі технологічні операції по заготовці елементів трубних трас, як правило, виконують в монтажно-заготовчих майстернях (МЗМ) монтажних організацій із застосуванням верстатів, технологічних ліній, механізмів і пристосувань.

Приймання і обробка труб. При прийманні труб проводиться їх візуальний огляд і замір овальності. При цьому перевіряється відсутність тріщин, вм'ятин, дефектів різьби, овальності понад 10%, недопустимої кривизни. Приймання труб проводиться вимірювальними інструментами (металевою лінійкою, рулеткою, штангенциркулем).

У разі потреби, виправлення кривизни труб проводиться за допомогою механізмів або ручних пристосувань з попереднім відпалюванням мідних труб. При цьому труби повинні бути прямолінійними, без вм'ятин, тріщин і овальності.

Механічне очищення зовнішньої і внутрішньої поверхонь проводиться на механізованих лініях, ручними і шліфувальними машинами з металевими щітками. При цьому на трубах не повинно бути болота, іржі, металевого пилю.

Фарбування труб проводиться фарборозпилювачами і ручними пензлями в

енергії (вхідним пристроєм даного приймача електричної енергії), до якої приєднані або можуть бути приєднані електричні мережі інших споживачів (вхідні пристрої інших приймачів)

**Тимчасове перенапруження** — підвищення напруги в точці електричної мережі вище 1,1 *U<sub>ном</sub>* тривалістю більше 10 мс, що виникає в системах електропостачання при комутаціях або коротких замиканнях

**Трансформатор роздільний** — трансформатор, первинна обмотка якого відокремлена від вторинних обмоток за допомогою захисного електричного розділення кіл

**Трансформатор безпечний роздільний** — роздільний трансформатор, призначений для живлення кіл наднизькою напругою

**Трубна проводка** - електропроводки в трубах (сталевих і пластмасових) виконуються тільки в тих випадках, коли не рекомендується застосування інших способів прокладки. Трубні проводки застосовуються для захисту проводів від механічних пошкоджень, для захисту ізоляції від впливу несприятливих умов навколишнього середовища. Для захисту від механічних пошкоджень трубопровід допускається робити негерметичний, а для захисту проводів від зовнішнього середовища він повинен мати волого- та пилозахист. Герметичність трубопроводу забезпечується ущільненням місць з'єднання труб між собою, їх приєднання до відгалужувальної коробки різних електроприладах. Щоб уникнути перегріву сталевих і пластмасових трубопроводів їх слід прокладати нижче труб системи опалення

## У

**Уставка по струму витоку** — номінальне значення струму витоку, при якому спрацьовує пристрій захисного відключення

## Ч

**Частина неструмопровідна** — частина електроустановки, яка може опинитися під напругою в аварійних режимах роботи, наприклад, корпус електричної машини

**Частина струмопровідна** — частина електроустановки, що нормально знаходиться під напругою

## Ц

**Цільовий інструктаж.** Цільовий інструктаж проводиться з працівниками:

- при виконанні разових робіт, не передбачених трудовою угодою;
- при ліквідації аварії, стихійного лиха;
- при проведенні робіт, на які оформлюються наряд-допуск, розпорядження або інші документи

**Струми перевантаження** - струмові перевантаження виникають при під'єднанні до мережі додаткових споживачів струму або при зниженні напруги в мережі. Тривале перевантаження призводить до нагрівання провідників, що може викликати займання ізоляції.

**Струмопровід** – це пристрій, призначений для передачі і розподілу електроенергії, що складається з неізольованих або ізольованих провідників та належних до них ізоляторів, захисних оболонок, розгалужуючих пристроїв, що підтримують опорні конструкції

**Суміщені нульовий захисний і нульовий робочий провідники** - провідники в електроустановках напругою до 1 кВ, що суміщають функції нульового захисного і нульового робочого провідників

**Струмопровідна частина** — провідна частина електроустановки, що знаходиться в процесі її роботи під робочою напругою, зокрема нульовий робочий провідник

## Т

**Температурна деформація** - температурні деформації є здатністю матеріалу під дією зміни температур у процесі експлуатації змінювати свої розміри (переважно розширюватися)

**Технологічна відмова** — вимушене відключення або обмеження працездатності устаткування, пошкодження будівель і споруд електростанції, джерела теплової енергії або електричної підстанції, виробництва, що привели до порушення технології, і передачі теплової та електричної енергії споживачам, якщо вони не містять ознак аварії

**Типова інструкція з експлуатації** — основні вимоги, дотримання яких необхідне при експлуатації однотипних енергетичних установок (систем, споруд); зразок викладу і оформлення місцевих інструкцій з експлуатації устаткування

**Технологічні захисти** — пристрої, що контролюють хід технологічного процесу і стан технологічного устаткування та автоматично вступають в дію у разі виникнення аварійної ситуації

**Технологічні порушення** — порушення в роботі енергоустановок, які залежно від характеру і тяжкості наслідків (дії на персонал, відхилення параметрів енергоносія, екологічної дії, об'ємів пошкодження устаткування, інших чинників зниження надійності енерговиробництва) підрозділяються на аварії, технологічні відмови, функціональні відмови

**Точка загального приєднання** — точка електричної мережі загального призначення, електрично найближча до мереж даного споживача електричної

спеціальних приміщеннях, обладнаних приточно-витяжною вентиляцією. Внутрішні поверхні труб фарбують на технологічних лініях для обробки труб. Пофарбовані поверхні повинні бути гладкими, без пропусків фарби, зморшок і тріщин.

При розмітці наносяться вручну лінії і точки, що вказують місця різки, початок і кінець вигину, контурів фасонної обробки кінців труб. Розмітка проводиться вимірювальними інструментами, рисуwalkою, керном, молотком. При цьому необхідно наносити лінії і точки та дотримувати відповідність робочим кресленням.

Різання труб проводиться на труборізних станках, труборізами (використовуються для різання сталевих і мідних труб), ручними пристосуваннями і інструментом. Зняття задирок виконується шліфувальними, ручними машинами з абразивними кругами, а розвальцьовування кінців труб - ножівочним станком. При цьому торець труби повинен бути без задирок і завальцьовування з відхиленням площини зрізу не більше 0.5 мм на діаметр.

Нарізка різьби труб проводиться різьбонарізним станком або вручну. Різьба повинна бути чистою без фарбування і задирок.

При вигинанні труб спочатку проводиться настроювання станка на заданий кут вигину і діаметр труби, потім згинають трубу на трубогнучих верстатах, ручним трубогином за шаблоном. При цьому не повинно бути складок, тріщин, овальності перетину понад 10% і інших механічних пошкоджень.

Для вигину труб в зоні монтажу застосовують ручні трубогини.

### 1.2 З'єднання кріплення труб

З'єднання труб. З'єднання труб виконують після попереднього закріплення трубних проводок на опорних конструкціях і будівельних основах. При цьому необхідно дотримуватись наступних правил:

- з'єднання не розташовують на вигинах, поворотах, в місцях кріплення;
- від місця кріплення трубої лінії на опорній конструкції з'єднання розміщують не ближче 200 мм;
- трубні проводки при під'єднанні до пристроїв не повинні створювати залишкової механічної напруги в корпусах і приєднувальних елементах.

З'єднання трубних проводок залежно від умов роботи і роду заповнюючого середовища виконують нероз'ємними і роз'ємними. Існують різні способи з'єднання сталевих труб між собою і коробками.

Нероз'ємне з'єднання сталевих труб. Нероз'ємне з'єднання сталевих труб виконують зваркою (газовою, електродуговою, в середовищі інертних газів і ін.) або паянням.

Газову зварку застосовують для з'єднання сталевих труб з товщиною стінок до 4 мм, а також при паянні мідних труб твердими припоями.

Електродугову зварку використовують при товщині стінок труб понад 4 мм.

Зварку в середовищі інертного газу застосовують для з'єднання труб з легованих і неіржавіючих сталей з товщиною стінок 1 мм і більше.

**З'єднувачі труб.** Для протяжки електричних проводів і кабелів в сталевих захисних трубах використовуються протяжні коробки типу У994М, У995М, У996М, У272, У273, У274, У275.

Для з'єднання металорукава-короба використовуються пластмасові з'єднувачі типу СМК-12, СМК-15 і ін.

При з'єднанні металорукава з трубою застосовуються пластмасові з'єднувачі типу СМТ-12Х15, СМТ-15Х20, СМТ-18Х25.

Для безрізбового з'єднання гнучких металорукавів із сталевими трубами використовуються муфти типу МС1 і ін.

З'єднувальні муфти металорукавів і труб типу ТР-2 - ТР-10 забезпечені двома втулками для окінцювання труб.

Для нещільного безрізбового з'єднання труб методом приварювання використовуються спеціальні гільзи типу Г-15 і ін., у яких зазор залежить від діаметру.

Введення в металеві корпуси електричних пристроїв (шаф, ящиків, коробок і ін.) тонкостінних труб, металорукавів здійснюється ввідними патрубками У476, У477, У478, У479.

Гнучкі ділянки трубних проводок виконуються гнучкими вводами типу ВГ.

Ніпельні з'єднувачі з торцевим ущільненням застосовуються для приєднання безшовних труб до апаратів.

Прохідні з'єднувачі з розвальцьовуванням типу СМ8 застосовуються для з'єднання мідних труб одного діаметру.

Трійникові прохідні з'єднувачі з розвальцьовуванням використовуються для з'єднання трох мідних труб одного діаметру типу СМТ8.

### **1.3 Монтаж електропроводки в полімерних трубах**

**Монтаж полімерних трубних проводок.** Полімерні трубні проводки прокладають по закінченню в зоні монтажу зварювальних робіт, монтажу устаткування і ін.

Способи прокладки полімерних проводок:

- у коробах на горизонтальних і вертикальних ділянках;
- у захисних трубах і металевих рукавах;
- на лотках;
- на кронштейнах з кріпленням затискачами типу ПКТ;

**Розподільний пристрій закритий** — розподільний пристрій, устаткування якого розташоване в будівлі

**Розподільний пристрій відкритий** — розподільний пристрій, де все або основне устаткування розташоване на відкритому повітрі

## **С**

**Система безпечної наднизької напруги (система БСНН)** — електрична система в електроустановках до 1 кВ, в якій напруга не перевищує значень НН: у нормальному режимі роботи електроустановки і при першому пошкодженні ізоляції, включаючи замикання на землю в інших колах

**Система захисної наднизької напруги (система ЗСНН)** — електрична система в електроустановках до 1 кВ, в якій напруга не перевищує значень НН: у нормальному режимі роботи електроустановок і при першому пошкодженні ізоляції, виключаючи замикання на землю в інших колах

**Система електропостачання загального призначення** — сукупність електроустановок і електричних пристроїв електрозабезпечуючої організації, призначених для забезпечення електричною енергією різних споживачів (приймачів електричної енергії)

**Суміщені нульовий захисний і нульовий робочий провідники** — провідники в електроустановках напругою до 1 кВ, що суміщають функції нульового захисного і нульового робочого провідників

**Споживач електричної енергії** — електроприймач або група електроприймачів, об'єднаних технологічним процесом і що розміщуються на певній території

**Стороння провідна частина (СПЧ)** — провідна частина, що не є частиною електроустановки

**Стробоскопічний ефект** — явище спотворення зорового сприйняття об'єктів, що обертаються, рухомих або таких, що змінюються в миготливому світлі і що виникає при збігу кратності частотних характеристик руху об'єктів та зміни світлового потоку у часі, в освітлювальних установках, виконаних газорозрядними джерелами світла, що живляться змінним струмом

**Струм витоку в електричній мережі із заземленою нейтраллю** — струм, що протікає по ділянці електричного кола, з'єданого паралельно з нульовим робочим провідником, за відсутності нульового робочого провідника — струм нульової послідовності

**Струм вирівнювання** — струм, що проходить між двома точками електрично важливої зв'язаної замкнутої мережі і обумовлений різницею напруги та перерозподілом навантажень у момент відключення або включення транзитного зв'язку

**Роботи із зняттям напруги** — робота, коли з струмопровідних частин електроустановки, на якій проводяться роботи, пов'язані з відключенням комутаційних апаратів, від'єднанням шин, кабелів, проводів знята напруга і прийняті заходи, що перешкоджають подачі напруги та струмів на рухомі частини до місця роботи

**Робота під напругою** - робота, що виконується з дотиком до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою (робочою чи наведеною) або на відстані від цих струмопровідних частин менш допустимих

**Роботи, що виконуються в порядку поточної експлуатації** — невеликі за об'ємом (не більше за одну зміну) ремонтні і інші роботи по технічному обслуговуванню, що виконуються в електроустановках напругою до 1000 В оперативним, оперативно-ремонтним персоналом на закріпленому устаткуванні відповідно до затвердженого керівником організації переліком

**Робоча зона** — простір, обмежений по висоті 2 метрами над рівнем підлоги або майданчика, на яких знаходяться місця постійного або непостійного (тимчасового) перебування працівників

**Робоча поверхня** — поверхня, на якій проводиться робота і нормується або вимірюється освітленість)

**Робоче місце** — місце постійного або тимчасового перебування працівника в процесі трудової діяльності

**Робоче місце при виконанні робіт в електроустановці** — ділянка електроустановки, куди допускається персонал для виконання роботи по наряду, розпорядженню або в порядку поточної експлуатації

**Розпорядження** — завдання на виконання роботи, що визначає її зміст, місце, час, заходи безпеки (якщо вони потрібні) і працівників, яким доручено її виконання, з вказівкою групи по електробезпеці

**Розподільна мережа** — мережа від ВП, ВРП, ГРЩ до розподільних пунктів, щитків і пунктів живлення зовнішнього освітлення

**Розподільний пристрій комплектний** — розподільний пристрій, що складається з повністю чи частково закритих шаф або блоків з вбудованими в них апаратами, пристроями захисту і електроавтоматики, поставляється в зібраному або повністю підготовленому для монтажу вигляді

**Розподільний пристрій** — електроустановка, що служить для прийому та розподілу електроенергії і містить комутаційні апарати, збірні і з'єднувальні шини, допоміжні пристрої (компресорні, акумуляторні і ін.), а також пристрої захисту, автоматики і вимірювальні прилади

- вздовж сталевго дроту з бандажем з пластмасових смужок-пряжок або полівінілхлоридної перфорованої стрічки з кнопкою;
- на стійках з кріпленням скобами;
- на стійках з бандажем з пластмасових смужок-пряжок;
- прихована в захисних трубах.

Способи прокладки полімерних труб. Прокладку в коробах застосовують для внутрішніх і зовнішніх проводок при можливому виникненні механічних пошкоджень і дії прямих сонячних променів.

На вертикальних ділянках трас застосовують короби з ввареними в їх дно стійками, між якими змійкою укладають пластмасові труби (рис. 1).

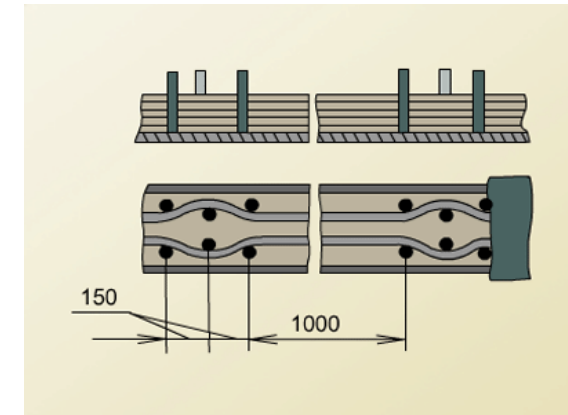


Рис. 1 - Прокладка труб в коробі із стійками

Металеві рукави кріплять до опорних конструкцій скобами типу 3 або БС. Відстань між точками кріплення не повинна перевищувати 600 мм.

У лотках полімерні труби укладають за умови, що механічні пошкодження, а також дія сонячних променів і теплового нагріву виключені.

Також полімерні труби укладають вздовж сталевго дроту з бандажем з пластмасових смужок-пряжок або полівінілхлоридної перфорованої стрічки з кнопкою за умови, що механічні пошкодження, а також дія сонячних променів і теплового нагріву виключені.

Укладання полімерних труб на стійках з кріпленням скобами та з бандажем з пластмасових смужок-пряжок виконують за умови, що механічні пошкодження, а також дія сонячних променів і теплового нагріву виключені (рис. 2).

На ділянках, де можливі механічні пошкодження, полімерні труби захищають електрозварними або газопровідними трубами.

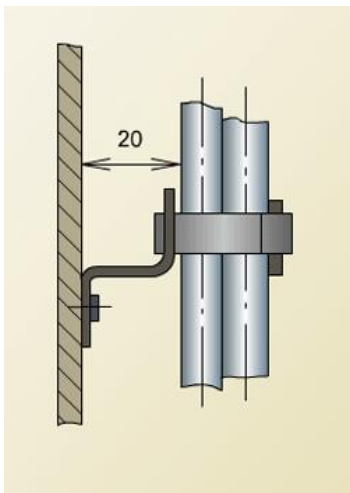


Рис. 2 - Прокладка труб на стійках з бандажем з пластмасових смуг-пряжок

Способи з'єднання полімерних труб. Неметалічні труби з'єднують муфтами (У297УХЛЗ, У276УХЛЗ - У279УХЛЗ) або розтрубами, при цьому вінілпластові - клеєм, а поліетиленові - зваркою в муфтах або гарячим обсадженням в розтрубах.

Повороти траси трубопроводу під кутом виконують спеціальними з'єднувальними кутниками різного радіусу вигину (У294УХЛЗ, У280УХЛЗ - У283УХЛЗ).

З'єднання і відгалуження проводів виконують в протяжних коробках двох типів - для чотирьох і восьми труб (У292УХЛЗ, У293УХЛЗ). Труби з коробами з'єднують втулками ущільнювачів.

Щоб уникнути пошкодження полімерних труб внутрішні кромки захисних труб округляють, а місця виходу проводок захищають пластмасовими втулками.

Приєднання пластмасових труб до будівельної основи здійснюється скобою, а до коробки - за допомогою втулки і розтруба.

Прокладка полімерних труб по підготовленій трасі. Для одиночних труб, пучків пластмасових труб і пневмокабеля відкриті проходи виконують за допомогою гільз і патрубків, закладених в стіни або перекриття, через які проходить проводка. Через зовнішні стіни або через стіни між опалювальними і неопалювальними приміщеннями, а також через внутрішні стіни і перекриття сирих, заповнених приміщень і приміщень з хімічно активним середовищем відкриті проходи після прокладки в них трубних проводок закладають цеглиною і цементом, глиняними і іншими незаймистими розчинами (для отворів) і

напрузі 6-10кВ в системах з глухозаземленою нейтраллю трансформатора на стороні низької напруги. КТП призначені для електропостачання сільськогосподарських споживачів, окремих населених пунктів і невеликих промислових об'єктів.

**Прямий дотик** — електричний контакт людей або тварин з струмопровідними частинами, що знаходяться під напругою

**Пускова наладка** — наладка засобів автоматизації, необхідних для проведення комплексного випробування при пуску енергетичного устаткування

**Пульсуючий струм** — електричний струм постійного напрямку, але періодично змінної величини

**Пускорегулюючий апарат** - для роботи газоразрядних ламп всіх типів необхідна пускорегулююча апаратура, що представляє собою спеціальні електротехнічні пристрої, які служать для запалювання ламп, підтримки їх горіння і стабілізації струму в мережі живлення

## Р

**Релейний захист електричних систем** - це сукупність пристроїв (або окремих пристрій), що містить реле і здатна реагувати на короткі замикання (КЗ) в різних елементах електричної системи, автоматично виявляти і відключати пошкоджену ділянку. У ряді випадків релейний захист може реагувати і на інші порушення нормального режиму роботи системи (наприклад, на підвищення струму, напругу) — включати сигналізацію або (рідше) відключати відповідний елемент системи

**Робота без зняття напруги на струмопровідних частинах або поблизу них під напругою** — робота, що виконується з дотиком до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою (робочою або наведеною), або на відстані від цих струмопровідних частин менше допустимої

**Роботи верхолазів** — роботи, що виконуються на висоті більше 5 м від поверхні землі, перекриття, над яким проводяться роботи безпосередньо з конструкцій або устаткування при їх монтажі або ремонті, при цьому основним засобом, що оберігає працівника від падіння, є запобіжний пояс

**Робота з персоналом** — форма виробничої діяльності організації, що забезпечує підтримку необхідного професійного освітнього рівня персоналу для виконання ним виробничих функцій, певної роботи або групи робіт

**Роботи на висоті** — роботи, при виконанні яких працівник знаходиться на відстані менше 2 м від неогорожених перепадів по висоті 1,3 м і більше. Такі роботи повинні виконуватися із застосуванням запобіжного поясу і страхувального каната



**Приміщення з хімічно активним або органічним середовищем** — приміщення, в яких постійно або протягом тривалого часу містяться агресивні пари, гази, рідини, утворюються відкладення або цвіль, що руйнують ізоляцію і струмопровідні частини устаткування

**Постійне робоче місце** — місце, на якому працівник знаходиться більшу частину (більше 50 % або більше 2 годин безперервно) свого робочого часу. Якщо робота здійснюється в різних пунктах робочої зони, постійним робочим місцем вважається вся робоча зона

**Потенціал небезпечного чинника** — ступінь здатності небезпечного чинника при дії на людину ушкоджувати його здоров'я (величина температури, напруги, кінетичної енергії, потоку енергії і ін.)

**Приєднання** — електричне коло (устаткування і шини) одного призначення, найменування і напруги, приєднане до шин РП, генератора, щита та знаходиться в межах електростанції, підстанції і тому подібне. Електричні кола різної напруги одного силового трансформатора (незалежно від числа обмоток), одного двохшвидкісного електродвигуна вважаються одним приєднанням. У схемах багатокутників, схемах до приєднання лінії, трансформатора відносяться всі комутаційні апарати і шини, за допомогою яких ця лінія або трансформатор приєднані до РП

**Прихована електропроводка** - електрична проводка, прокладена всередині конструктивних елементів будівель і споруд (у стінах, підлогах, фундаментах, перекриттях), а також по перекриттях в основі підлоги, або безпосередньо під зйомною підлогою

**Провал напруги** — раптове пониження напруги в точці електричної мережі нижче  $0,9 U$ , за яким слідує відновлення напруги до первинного або близького до нього рівня через проміжок часу від десяти мілісекунд до декількох десятків секунд

**Провідна частина** — частина, яка може проводити електричний струм. Проміжні опори ЛЕП встановлюються на прямих ділянках траси ПЛ. Проміжні опори ЛЕП призначені тільки для підтримки дротів і тросів і не розраховані на дії від натягнення дротів уздовж лінії ПЛ. При нормальному режимі роботи ці опори ЛЕП не сприймають зусиль уздовж осі лінії від натягу, а сприймають тільки навантаження, спрямовані вертикально, від маси дротів, ожеледі, ізоляторів, арматури, і навантаження, спрямовані горизонтально, уперек осі ЛЕП, від тиску вітру на дрони і саму опору

**Прохідна підстанція** - комплектні трансформаторні підстанції прохідні кіоскового виконання призначені для прийому, перетворення і розподілу електричної енергії трифазного змінного струму частотою 50 Гц при номінальній

мастиками (для гільз).

У випадках, якщо за умовами експлуатації суміжні приміщення не повинні з'єднуватися між собою, а також при переході з одного вибухо- або пожежонебезпечного приміщень виконують ущільнені проходи із сталевих плит зі встановленими на них з'єднаннями або з звареними в них відрізками коробів з пісочним затвором (для групових проводок або пневмокабеля) або за допомогою гільз з сальниками (для одиночних проводок).

Сталеві плити, гільзи і відрізки коробів ущільнених проходів закладають в будівельні конструкції будівель так, щоб гази, пари і пил не проникали в сусідні приміщення.

Прокладку трубних проводок починають з установки (по заздалегідь проведеної розмітці трас) опорних конструкцій для групових і підготовки місць кріплення для одиночних трубних проводок.

В якості опорних конструкцій використовують перфоровану смугу і перфоровані Z-подібні профілі, опорні кронштейни і кабельні полиці.

Опорні конструкції кріплять до стін, колон і інших елементів будівель за допомогою дюбелів, а до металевих колон будівель і споруд кріплення повинно здійснюватися без ослаблення механічної міцності колон.

Встановивши опорні конструкції і підготувавши місця кріплення одиночних трубних проводок, приступають до прокладки трубних проводок по місцю.

Трубні проводки кріплять до стін, перекриттів і опорних конструкцій різьбовими і нерізьбовими кріпильними виробами, що забезпечують міцність закріплення труб і дозволяють легко виконувати збірку і розбирання трубних проводок.

Одиночні труби до опорних конструкцій або безпосередньо до будівельних основ кріплять спеціальними скобами.

Кріплення скоб до несучих конструкцій виконують кріпильними болтами, а до будівельних основ - дюбель-гвинтами і дюбелями з гайкою розпору.

Трубні блоки кріплять до опорних конструкцій скобами і хомутами.

## 2.4. Заземлення

Занулення і заземлення трубних електропроводок. Занулення і заземлення електропроводок виконують мідною гнучкою перемичкою від труби до корпусу або через трубу гайками заземлення. Вставки з металорукава з'єднують заземляючою перемичкою з троса.

Гайка заземлення використовується для створення електричного контакту між корпусом електропристрою і сталевими трубами, що вводяться в нього.

Залежність перетину відпаювань заземлення від перетину фазних проводів.  
При перетині фазних проводів 2.5 мм перетин відпаювань приймають рівним 1.5-2.5 мм, при 4 і 6 – 2.5 мм, при 10 - 4 мм, при 50, 70, 95 і 120 - 16 мм, при 15 і вище - 25 мм.

З'єднання труб з коробами, ящиками, корпусами електроустановок.  
З'єднання сталевих труб з коробками виконується зваркою до патрубку коробки, введенням труби безпосередньо в коробку, гайками, муфтою з контогайками, зваркою з перемичкою в обхід муфти і коробки та ін.

Введення в металеві корпуси електричних пристроїв (шаф, ящиків, коробок і т.д.) тонкостінних труб, металорукавів здійснюється ввідними патрубками У476, У477, У478, У479.

Ніпельні з'єднувачі з торцевим ущільненням застосовуються для приєднання безшовних труб до апаратів.

ураження людей струмом, яка виникає при обриві цього провідника і замиканні фази на корпус за місцем обриву. На відкритій місцевості повторні заземлення роблять через кожні 200 -250 м, тобто кожен шостий стовп заземлений. Для закритих приміщень нульова шина заземлюється через кожні 5 - 6 м

**Постійний струм** - це електричний струм, що не змінюється з часом ні по силі, ні по напрямку. Постійний струм виникає під дією постійної напруги і може існувати лише в замкнутому колі; у всіх перетинах нерозгалуженого кола сила постійного струму однакова. Джерелами постійного струму великої потужності є електромашинні генератори; постійний струм отримують також випрямленням змінного струму. Джерелами постійного струму невеликої потужності служать гальванічні елементи, термоелементи, фотоелементи, які можуть бути згруповані в батареї (в т.ч. сонячні батареї), і електромашини малої потужності. Новими джерелами постійного струму з високим ккд є магніто-гідродинамічні генератори. Перспективне використання постійного струму для передачі електроенергії на відстані, що перевищують 1000 км.

**Повітряна лінія під наведеною напругою** — ПЛ і ПЛС, які проходять по всій довжині діючої ПЛ або поблизу контактної мережі електрифікованої залізниці змінного струму і на відключених проводах яких при різних схемах їх заземлення і при найбільшому робочому струмі ПЛ наводиться напруга більше 25 В

**Приміщення жаркі** — приміщення, в яких під впливом різних теплових випромінювань температура постійно або періодично (більше 1 доби) перевищує +35 °С (наприклад, приміщення з сушарками, обпалювальними печами, котельні)

**Приміщення вологі** — приміщення, в яких відносна вологість повітря більше 60 %, але не перевищує 75 %

**Приміщення сирі** — приміщення, в яких відносна вологість повітря перевищує 75 %.

**Приміщення особливо сирі** — приміщення, в яких відносна вологість повітря близька до 100% (стеля, стіни, підлога і предмети, що знаходяться в приміщенні, покриті вологою)

**Приміщення сухі** — приміщення, в яких відносна вологість повітря не перевищує 60 %

**Приміщення заповнені пилом** — приміщення, в яких за умовами виробництва виділяється технологічний пилом, що може осідати на струмопровідних частинах, проникати всередину машин, апаратів і тому подібне. Заповнені приміщення розділяються на приміщення із струмопровідним пилом і приміщення з неструмопровідним пилом

охорони праці при експлуатації діючих електроустановок

**Персонал адміністративно-технічний** — керівники і фахівці, на яких покладені обов'язки по організації технічного і оперативного обслуговування, проведення ремонтних, монтажних і налагоджувальних робіт в електроустановках

**Персонал електротехнологічний** — персонал, у якого в керованому ним технологічному процесі основною складовою є електрична енергія (наприклад, електрозварювання, печі електродугові, електроліз і так далі), використовує в роботі ручні електричні машини, переносний електроінструмент і світильники, та інші працівники, для яких посадовою інструкцією або інструкцією по охороні праці встановлено знання діючих Правил, де потрібна II або вища група по електробезпеці

**Персонал неелектротехнічний** — персонал, що не потрапляє під визначення «електротехнічного», «електротехнологічного» персоналу

**Персонал оперативно-ремонтний** — ремонтний персонал, спеціально навчений і підготовлений для оперативного обслуговування в затвердженому об'ємі закріплених за ним електроустановок

**Персонал оперативний** — персонал, що здійснює оперативне управління і обслуговування електроустановок (огляд, оперативні перемикання, підготовку робочого місця, допуск і нагляд за працівниками, виконання робіт в порядку поточної експлуатації)

**Персонал ремонтний** — персонал, що забезпечує технічне обслуговування і ремонт, монтаж, наладку і випробування електроустаткування

**Персонал електротехнічний** — адміністративно-технічний, оперативний, оперативно-ремонтний, ремонтний персонал, що організовує і здійснює монтаж, наладку, технічне обслуговування, ремонт, управління режимом роботи електроустановок

**Побутові електроустановки** — електроустановки, що використовуються в житлових, комунальних і загальних будівлях всіх типів, наприклад, в кінотеатрах, клубах, школах, дитячих садах, магазинах, лікарнях і тому подібне, з якими можуть взаємодіяти як дорослі, так і діти

**Повітряна лінія електропередачі (ПЛ)** - лінія електропередачі, в якій розподіл і передача електроенергії здійснюється дротами, розташованими на відкритому повітрі і закріпленими над землею за допомогою опор і ізоляторів

**Повторне заземлення** нульового провідника повинно виконуватись на кінцях повітряних ліній або відгалужень довжиною більше 200 м, а також на вводах повітряних ліній у приміщення, електроустановки яких підлягають зануленню. Повторне заземлення нульового захисного провідника зменшує небезпеку

## ЛЕКЦІЯ №2. МОНТАЖ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

### 1 Прокладка кабельних ліній

#### 1.1 Прокладка кабелю в приміщеннях

Кабельні лінії повинні виконуватися так, щоб в процесі монтажу і експлуатації було виключено виникнення в них небезпечної механічної напруги і пошкоджень, для чого:

- кабелі повинні бути укладені із запасом по довжині, достатнім для компенсації можливих зсувів ґрунту і температурних деформацій самих кабелів та конструкцій, по яких вони прокладені; укласти запас кабелю у вигляді кілець (витків) забороняється;
- кабелі, прокладені горизонтально по конструкціях, стінах, перекриттях повинні бути жорстко закріплені в кінцевих точках, безпосередньо у кінцевих обробках, з обох боків вигинів і біля з'єднувальних та стопорних муфт;
- кабелі, прокладені вертикально по конструкціях і стінах, повинні бути закріплені так, щоб запобігти деформації оболонки і не порушувалися з'єднання жил в муфтах під дією власної ваги кабелів.

Кабельні споруди і конструкції, на яких укладаються кабелі, повинні виконуватися з вогнестійких матеріалів. Забороняється виконання в кабельних спорудах будь-яких тимчасових пристроїв, зберігання в них матеріалів і устаткування.

Кожна кабельна лінія повинна мати свій номер або найменування. На кабелях, прокладених в кабельних спорудах, бірки повинні розташовуватися по довжині не рідше, ніж через кожних 50 м.

Технологія прокладки кабелів в галереях і на естакадах. Прокладка кабелів в тунелях, по естакадах і в галереях, згідно ПУЕ, рекомендується при кількості кабельних ліній, що йдуть в одному напрямі, більше 20 (рис. 1). При прокладці дотримуються вимог прокладки кабелів в приміщеннях.

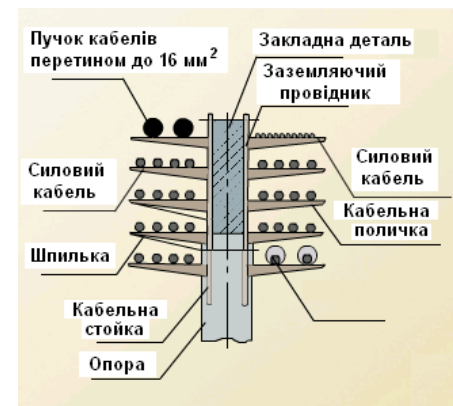


Рис. 1 - Прокладка кабелів на естакаді

Технологія прокладки кабелів по опорних конструкціях. Згідно ПУЕ, конструкції, на які укладають неброньовані кабелі, повинні мати виконання, що виключає можливість механічного пошкодження оболонок кабелів (рис. 2).

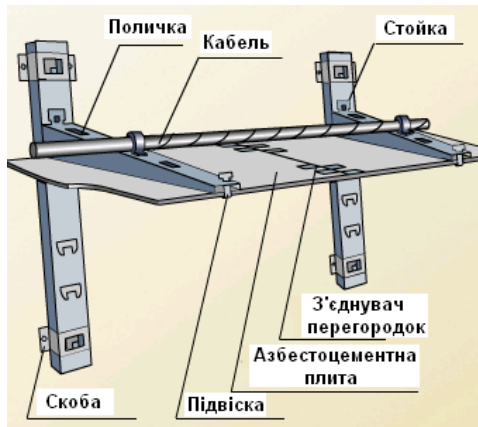


Рис. 2 - Прокладка кабелів по збірних кабельних конструкціях

Кабелі, що прокладаються вертикально по конструкціях і стінах, повинні бути закріплені на кожній кабельній конструкції. Відстані між опорними конструкціями приймаються відповідно до робочого креслення. При прокладці силових і контрольних кабелів з алюмінієвою оболонкою на опорних конструкціях з відстанню 6000 мм повинен бути забезпечений залишковий прогин в середині прольоту: 250-300 мм при прокладці на естакадах і галереях, не менше 100-150 мм в решті кабельних споруд.

У місцях жорсткого кріплення неброньованих кабелів зі свинцевою або алюмінієвою оболонкою на конструкціях повинні бути прокладені прокладки з еластичного матеріалу (наприклад, листова гума, листовий полівінілхлорид); неброньовані кабелі з пластмасовою оболонкою або пластмасовим шлангом, а також броньовані кабелі допускається кріпити до конструкцій скобами (хомутами) без прокладок.

Технологія прокладки кабелів на лотках і в коробах. Згідно зі СНіП 3.05.06-85, конструкція і ступінь захисту лотків і коробів, а також спосіб прокладки проводів і кабелів на лотках і в коробах (розсіпом, пучками, багатожарово і інше) повинні бути вказані в проекті.

Спосіб установки коробів не повинен допускати скупчення в них вологи. Короби, які застосовуються для відкритих електропроводок, повинні мати, як правило, знімні або такі, що відкриваються, кришки (рис. 3). При закритих прокладках слід застосовувати глухі короби.

напругою. Опір ізоляції в мережах з ізолюваною нейтраллю визначає силу струму замикання на землю, а отже, і силу струму, що проходить через людину. У мережах із заземленою нейтраллю при поганому стані ізоляції часто відбувається її ушкодження, що призводить до замикання на землю і до коротких замикань. При замиканні на корпус виникає небезпека поразки людей електричним струмом внаслідок їх контакту з неструмопровідними частинами, що виявилися під напругою

**Ошиновка** - жорстка ошиновка призначена для виконання електричних з'єднань між високовольними апаратами відкритих (ВРП) і закритих (ЗРП) розподільних пристроїв 35, 110 и 220 кВ. Жорстка ошиновка може застосовуватися разом з гнучкою, наприклад, в вигляді поєднання жорстких збірних шин з гнучкими внутрішньокомірковими зв'язками

## II

**Падіння напруги** — різниця потенціалів між кінцями ділянки електричного кола, в якому протікає електричний струм. Принципова різниця між напругою і падінням напруги у тому, що напруга прикладається до ділянки кола, в той час як падіння напруги визначається струмом через елемент. У випадку єдиного елемента на ділянці різниці немає - падіння напруги дорівнює напрузі. Однак, у випадку кількох елементів на ділянці кола, тільки сумарне падіння напруги на всіх елементах дорівнює напрузі. Розрахунок падіння напруги на кожному з елементів потребує визначення сили струму, який протікає через кожен елемент. Для складних ділянок кола ці обчислення проводяться одночасно, використовуючи правила Кірхгофа (у випадку лінійних елементів)

**Призначений ресурс** — сумарне напрацювання, при досягненні якого експлуатація об'єкту повинна бути припинена незалежно від його технічного стану

**Призначений термін служби** — календарна тривалість експлуатації, при досягненні якого експлуатація об'єкту повинна бути припинена незалежно від його технічного стану

**Перенапруження** електричної мережі можуть викликати прилади, що живляться від неї - найчастіше це відбувається при включенні або виключенні (комутаційні перенапруги). Перенапруження трапляється через перекіс фаз внаслідок короткого замикання в системі або обриву нульового проводу. Короткочасний сплеск напруги може бути викликаний іскровим розрядом статичної електрики напругою в десятки тисяч вольт, що виникає в результаті тертя кількох предметів, виконаних з провідних і ізоляційних матеріалів

**Персонал кваліфікований обслуговуючий** — спеціально підготовлені працівники, що пройшли перевірку знань в об'ємі, обов'язковому для даної роботи (посади), і що мають групу по електробезпеці, передбачену правилами

**Оперативний струм** - сукупність джерел живлення, кабельних ліній, шин живлення перемикаючих пристроїв і інших елементів оперативних кіл складає систему оперативного струму даної електроустановки. Оперативний струм на підстанціях служить для живлення вторинних пристроїв, до яких відносяться оперативні кола захисту, автоматики і телемеханіки, апаратура дистанційного керування, аварійна і попереджувальна сигналізація. При порушеннях нормальної роботи підстанції оперативний струм використовується також для аварійного освітлення і електропостачання електродвигунів (особливо відповідальних механізмів)

**Освітлення безпеки** — освітлення для продовження роботи при аварійному відключенні робочого освітлення

**Освітлення бічне природне** — природне освітлення приміщення через світлові отвори в зовнішніх стінах

**Освітлення евакуаційне** — освітлення для евакуації людей з приміщення при аварійному відключенні нормального освітлення

**Освітлення загальне** — освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або відносно розташування устаткування (загальне локалізоване освітлення)

**Освітлення місцеве** — освітлення додаткове до загального, що створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях

**Освітлення природне** — освітлення приміщень світлом неба (прямим або відбитим), що проникає через світлові отвори в зовнішніх захисних конструкціях

**Освітлення природне комбіноване** — поєднання верхнього і бічного природного освітлення

**Освітлення робоче** — освітлення, що забезпечує нормовані освітлювальні умови (освітленість, якість освітлення) в приміщеннях і місцях виконання робіт поза будівлями

**Освітлення суміщене** — освітлення, при якому недостатнє по нормах природне освітлення доповнюється штучним

**Освітлення чергове** — освітлення в неробочий час

**Опір заземлюючого пристрою** — відношення напруги на заземлюючому пристрої до струму, що стікає із заземлювача в землю

**Опір ізоляції** - характеристика, що впливає на міру безпеки експлуатації електроустановок. Одним з основних засобів, що перешкоджають виникненню небезпечних ситуацій, є електрична ізоляція елементів, які знаходяться під

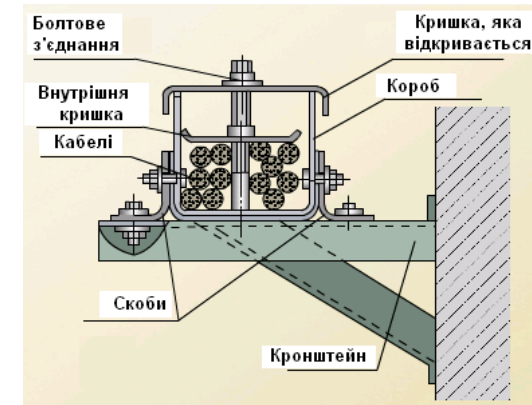


Рис. 3 - Прокладка кабелів в коробі

Дроти і кабелі, що прокладаються в коробах і на лотках, повинні мати маркування на початку і кінці лотків та коробів, а також в місцях підключення їх до електроустаткування, а кабелі, крім того, також на поворотах траси і на відгалуженнях.

Технологія прокладки кабелів на сталевому тросі. Згідно зі СНиП 3.05.06-85, кабелі (у полівінілхлоридній, свинцевій або алюмінієвій оболонках з гумовою або полівінілхлоридною ізоляцією) належить закріплювати до несучого сталевого каната або до дроту бандажами чи затискачами, що встановлюються на відстанях не більше 0,5 м один від одного (рис. 4).

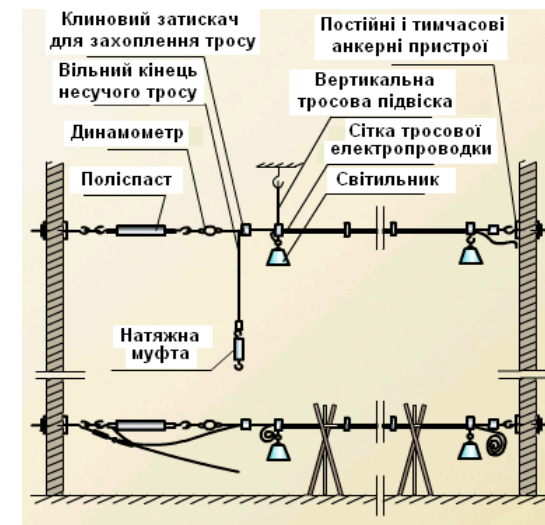


Рис. 4 - Прокладка кабелів на сталевому тросі

Вертикальні підвіски кабелів на сталевому канаті повинні бути розташовані, як правило, в місцях установки відгалужувальних коробок, штепсельних роз'ємів, світильників і т. п. Стріла провисання каната в прольотах між кріпленнями повинна бути в межах 1/40 - 1/60 довжини прольоту. Зрощування канатів в прольоті між кінцевими кріпленнями не допускається.

Діаметр і марка каната, а також відстань між анкерними та проміжними кріпленнями каната визначаються в робочих кресленнях. Відстані між підвісками кабелів повинні бути не більше 800-1000 мм.

Анкерні кінцеві конструкції повинні бути закріплені до колон або стін будівлі. Кріплення до балок і ферм не допускається.

Сталевий канат і інші металеві частини для прокладки кабелів на канаті поза приміщеннями, незалежно від наявності гальванічного покриття, повинні бути покриті мастилом (наприклад, солідолом). Всередині приміщень сталевий канат, що має гальванічне покриття, повинен бути покритий мастилом тільки в тих випадках, коли він може піддаватися корозії під дією агресивного навколишнього середовища.

Приймально-здавальні випробування. Згідно з ПУЕ силові кабельні лінії напругою до 1 кВ випробовуються в наступному об'ємі:

- перевірка цілісності і фазування жил кабелю. При цьому перевіряються цілісність і збіг позначень фаз жил кабелю, що підключаються;
- вимірювання опору ізоляції проводиться мегомметром на напругу 2500 В. Для силових кабелів до 1 кВ опір ізоляції повинен бути не менше 0,5 МОм. Для силових кабелів вище 1 кВ опір ізоляції не нормується.

## **2 Окінцювання, з'єднання і відгалуження алюмінієвих і мідних жил проводів та кабелів**

### **2.1 Роз'ємні з'єднання**

*Роз'ємні з'єднання* виконують за допомогою болтів і гвинтів (рис. 5). Для виконання роз'ємних з'єднань жил визначають довжину жили, необхідну для окінцювання, видаляють ізоляцію кліщами або ножом, жилу змащують шаром вазеліну і зачищають наждачним папером, після зачистки її покривають шаром кварцевазелінової пасти, потім, залежно від площі перетину жили, вибирають гвинт або гайку, пружину шайбу і шайбу-зірочку та приєднують дріт. При цьому гвинт необхідно затягнути до зімкнення пружної шайби в зазорі.

При окінцюванні жил вигинанням в кільце необхідно кінець жили зігнути кільцем по діаметру гвинта. Роботи по монтажу роз'ємних з'єднань повинні доручатися тільки спеціально навченим електромонтерам.

Затиски для з'єднання алюмінієвих і мідних однодротових жил проводів і кабелів повинні мати гальванічне покриття для захисту від корозії.

одного із параметрів режиму виходить за межі найбільшого або найменшого робочого значень

**Носій небезпечного чинника** — елемент устаткування, будівлі, споруди, робочого місця, який в даний момент часу не є небезпечним чинником, але може за певних умов стати ним (наприклад, носій небезпечного чинника — струмопровідна частина, небезпечний чинник — струмопровідна частина, що знаходиться під напругою, носій небезпечного чинника — корпус трубопроводу при нормальній температурі, носій небезпечного чинника — повітря з високим вмістом шкідливих речовин, носій небезпечного чинника — нерухомий елемент устаткування, небезпечний чинник — рухомий елемент устаткування і так далі)

**Номінальна напруга** - напруга, на яку розрахована електрична мережа і яка є вихідною для відліку відхилень

**Номінальний струм** - найбільший допустимий за умовами нагріву струмопровідних частин і ізоляції струм, при якому устаткування може працювати необмежено тривалий час

**Нормальний режим** - режим роботи електрообладнання, електротехнічних пристроїв, що відрізняється робочими значеннями всіх своїх параметрів

**Нульовий робочий (нейтральний) провідник (N)** — провідник в електроустановках до 1 кВ, призначений для живлення електроприймачів і з'єднаний з глухозаземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трифазного струму, з глухозаземленим виводом джерела однофазного струму, з глухозаземленою точкою джерела в мережах постійного струму

**Нульовий провід** - дозволяє отримувати водночас вищу напругу, використовуючи переваги трифазної схеми електропостачання, зберігаючи можливість однофазного підключення з меншою напругою

## **О**

**Оперативне обслуговування електроустановки** — комплекс робіт по:

- веденню необхідного режиму роботи електроустановки;
- виконанню перемикачів, огляду устаткування;
- підготовці до виконання ремонту (підготовці робочого місця, допуску);
- технічному обслуговуванню устаткування, передбаченому посадовими і виробничими інструкціями оперативного персоналу

**Оперативні керівники** — категорія працівників з числа оперативного персоналу, що здійснює оперативне керівництво в зміні роботою закріплених за ними об'єктів (енергосистема, електричні станції, мережі, об'єкт) і підлеглим йому персоналом



обумовлена потокозчіпленням проводу, що знаходиться під робочою напругою, і відключеним проводом. Основним засобом захисту персоналу від наведеної напруги є заземлення

**Напруга фазна** - це напруга між двома фазними провідниками (її ще називають лінійною). Для мереж 380/220 В лінійна напруга складає 380 В. Напруга між робочим нульовим і фазним провідниками називається фазною. Для електромережі 380/220 В фазна напруга складає 220 В

**Напруженість неспотвореного електричного поля** — напруженість електричного поля, не спотворена присутністю людини і вимірювального приладу, та визначається в зоні, де повинна знаходитися людина в процесі роботи

**Наряд-допуск (наряд)** — завдання на виконання роботи, оформлене на спеціальному бланку встановленої форми і визначає зміст, місце роботи, час її початку і закінчення, умови безпечного проведення, склад бригади і працівників, відповідальних за безпечне виконання роботи

**Невідкладні роботи** — роботи, що виконуються невідкладно для запобігання дії на людей небезпечного виробничого чинника, який привів або може привести до травми чи іншого раптового різкого погіршення здоров'я, а також роботи по усуненню несправностей і пошкоджень, що загрожують порушенням нормальної роботи устаткування, споруд, пристроїв, електро- і теплопостачання споживачів

**Ненормована вимірювана величина** — величина, абсолютне значення якої не регламентоване нормами

**Непровідні (ізолюючі) приміщення, зони, майданчики** — приміщення, зони, майданчики, в яких (на яких) захист при непрямому дотику забезпечується високим опором підлоги і стін і в яких відсутні заземлені провідні частини

**Непрямий дотик** — електричний контакт людей або тварин з відкритими провідними частинами, що опинилися під напругою при пошкодженні ізоляції

**Небезпечна зона** — просторова область, в якій постійно або періодично діє небезпечний чинник (вогнь котла, простір усередині корпусу електроустаткування, трубопроводу, трубопроводу, що працює під тиском і ін.)

**Небезпечний чинник** — елемент устаткування, будівлі, споруди, робочого місця, основний або побічний продукт функціонування якого-небудь агрегату (системи) (наприклад, електромагнітне або іонізуюче випромінювання, напруга, вихлопні гази, рухомі деталі, деталі, нагріті до високої температури, і так далі), що знаходиться в такому стані, при якому його дія на людину може привести до пошкодження її здоров'я

**Ненормальний режим** - режим роботи електротехнічного виробу (електротехнічного пристрою, електрообладнання), при якому значення хоча б

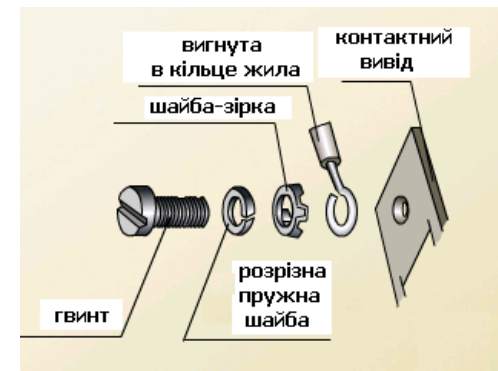


Рис. 5 - Виконання роз'ємних з'єднань

Для монтажу з'єднань використовують типовий набір інструментів електромонтажника і набір інструментів комутатчика (рис. 6). У комплект набору входять: інструмент МБ-1М для зняття ізоляції, плоскогубці універсальні електромонтажні, кусачки бічні, викрутки, ключі і інші інструменти. Окрім наборів застосовують універсальні кліщі КУ-1, інструмент М-1У1, кліщі КСІ-2М і ін.



Рис. 6 - Типовий набір інструментів електромонтажника

Для опресовування наконечників і гільз використовують прес-кліщі ПК-1МУ1 і ПК-3У1, а також ручний механічний прес РПМ-7М1. Для перерізання проводів і кабелів застосовують секторні ножиці НС-1У1 і НС-2У1.

## 2.2 Опресовування

З'єднання, відгалуження і окінцювання опресовуванням. Нероз'ємні з'єднання виконують опресовуванням.

Для виконання нероз'ємних з'єднань жил опресовуванням необхідно

підібрати:

- тип наконечника (ТА - для сухих приміщень; ТАМ - з мідним контактом для приміщень з агресивним середовищем) або гільзи;
- внутрішній діаметр наконечника або гільзи - по діаметру жили;
- діаметр отвору під болт для наконечників - по діаметру болта;
- матрицю і пуансон преса - по наконечнику або гільзі;
- довжину жили, необхідну для окінцювання.

Потім слід зачистити внутрішню поверхню наконечника або гільзи сталевим йоршиком, протерти тканиною, змоченою бензином, змастити усередині кварцевазеліновою пастою, зняти ізоляцію і зачистити жилу щіточкою з кардоленти, протерти тканиною з бензином, змастити кварцевазеліновою пастою.

Для опресовування необхідно надіти наконечник або гільзу до упору на жилу, вставити в матрицю преса і опресувати, ізолювати липкою стрічкою трьома шарами, кожен шар покрити вологостійким лаком, зачистити контакт і змастити кварцевазеліновою пастою (рис. 7).

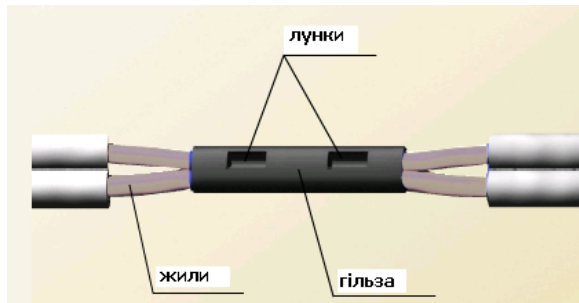


Рис. 7 - Нероз'ємне з'єднання жил опресовуванням

Роботи по монтажу нероз'ємних з'єднань, відгалужень і окінцювань жил опресовуванням повинні доручатися тільки спеціально навченим електромонтерам.

### 2.3 З'єднання, відгалуження і окінцювання жил

*З'єднання, відгалуження і окінцювання жил.* Відповідно до ПУЕ, з'єднання, відгалуження і окінцювання жил проводів і кабелів повинні проводитися за допомогою опресовування, зварки, паяння або стискань (гвинтових, болтових і тому подібне). У місцях з'єднання, відгалуження і приєднання жил проводів і кабелів повинен бути передбачений запас дроту (кабелю), що забезпечує можливість повторного з'єднання, відгалуження або приєднання. У місцях з'єднання і відгалуження дроти і кабелі не повинні мати механічних зусиль.

З'єднання і відгалуження проводів і кабелів, за винятком проводів, прокладених на ізолюючих опорах, повинні виконуватися в з'єднувальних і

призначена для передачі електричної енергії від виробника до пунктів підключення місцевих (локальних) мереж

**Маркувальна бірка** - це невелика пластинка з нанесеною потрібною інформацією про кабель, що закріплюється до нього яким-небудь кріпленням (наприклад, пластиковим хомутом). Мета такого маркування - швидке виявлення потрібного кабелю серед безлічі кабелів такого ж типу, з тим же кольором ізоляції і перетином жил.

**Мережа живлення освітлювальна** — мережа від розподільного пристрою підстанції або відгалуження від повітряних ліній електропередачі до ВП, ВРП, ГРЩ

**Механічна напруга** — міра внутрішніх сил, які виникають у деформованому тілі під дією зовнішніх впливів. Визначається відношенням модуля сили пружності  $F_{пр}$  до площі поперечного перерізу  $S$

**Механічне блокування** - застосовується в рубильниках, пусках, автоматичних вимикачах, і при цьому ввімкнення напруги можливе тільки при закритому замку або заціпці, які механічно зв'язані з вимикачем. Механічне блокування застосовують в однокорпусних потужних електро- і радіустановках зі струмами навантаження вищими за 100 А

## Н

**Надійність** — властивість системи електропостачання, обумовлена працездатністю, довговічністю і ремонтпридатністю та забезпечує нормальне виконання заданих функцій.

**Напруга на заземлюючому пристрої** — напруга, що виникає при стіканні струму із заземлювача в землю між точкою вводу струму в заземлювач і зоною нульового потенціалу

**Напруга дотику** — напруга між двома провідними частинами або між провідною частиною і землею при одночасному дотику до них людини або тварини

**Напруга кроку** — напруга між двома точками на поверхні землі, на відстані 1 м одна від одної, яка приймається рівною довжині кроку людини

**Наднизька (мала) напруга (НН)** — напруга, що не перевищує 50 В змінного і 120 В постійного струму

**Наведена напруга** - появляється за рахунок електричного наведення через ємність між відключеними і не відключеними частинами об'єкта (проводами ПЛ, контактної мережі, проводом ПЛ і грозозахисним тросом). Крім того, вона



заземлення використовується стальна смуга 4x40 мм, яка укладається в попередньо підготовлену канаву глибиною 0,5 м. Провідник приєднують до змонтованих заземлювачів електро- або газозваркою. Найпростіший геометричний приклад контура заземлення - пряма лінія довжиною рівною сумі глибин всіх електродів (для шести триметрових метрових електродів довжина контура становить 18 метрів).

Контур заземлення для економії місця зазвичай «огортають» навколо приміщення вздовж стін (по периметру). Якщо поглянути на цю «згорнуту» лінію зверху, можна сказати, що електроди змонтовані по контуру будови. Таким чином контур заземлення - це заземлювач, що складається із декількох електродів (групи електродів), з'єднаних один з одним і змонтованих навколо будівлі по її контуру

**Конвекція** - явище перенесення тепла в рідинах, газах або сипких середовищах потоками самої речовини (неважливо, вимушено або мимоволі). Існує так звана природна конвекція, яка виникає в речовині мимоволі при його нерівномірному нагріванні в полі тяжіння. При такій конвекції, нижні шари речовини нагріваються, легшають і спливають вгору, а верхні шари, навпаки, остигають, стають важчими і занурюються вниз, після чого процес повторюється знову і знову

**Короб** - це закрита порожниста конструкція прямокутного або іншого перерізу, призначена для прокладки в ній проводів і кабелів. Короб повинен служити захистом від механічних ушкоджень прокладених у ньому проводів і кабелів

**Коротке замикання (КЗ)** виникає в результаті неправильного з'єднання в електричному колі в результаті неправильних дій людини, дії природних факторів (в тому числі погоди, старіння матеріалів, корозії) або порушення ізоляції частин обладнання, що проводять струм і зовнішніх механічних пошкоджень в електричних дротах, монтажних дротах, обмотках двигунів і апаратів

## Л

**Лічильник** - призначений для підрахунку електроенергії в однофазних та трифазних мережах змінного струму. Лічильники не призначені для розрахунку з енергопостачальниками за спожиту електроенергію, а лише для внутрішнього обліку

**Лоток** - відкрита конструкція, призначена для прокладки на ній проводів і кабелів

## М

**Магістральна мережа** - електрична мережа з усією інфраструктурою, в тому числі системи автоматики, захисту, управління, регулювання та зв'язку,

відгалужувальних коробках, в ізоляційних корпусах, виготовлених з вогнетривких матеріалів або вогнетривких спеціальних нішах будівельних конструкцій.

Конструкція з'єднувальних і відгалужувальних коробок та затисків повинна відповідати способам прокладки і умовам навколишнього середовища. Роботи по монтажу з'єднань, відгалужень і окінцювань жил повинні доручатися тільки спеціально навченим електромонтерам.

*Виконання відгалуження від магістральних ліній без їх розрізання.* При відгалуженні вибирають кабельні затискачі (типу У731, У733, У734), знімають ізоляцію з магістрального дроту і з кінця жили відгалуження, встановлюють затискачі на магістральний дріт, під'єднують відгалужувальні дроти, скручують, припаюють м'яким припоєм і ізолюють. Потім затягують затискачі і встановлюють пластмасовий корпус.

Також для виконання відведення (відгалуження) від струмопровідного дроту використовуються відгалужувачі типу ОВ (рис. 8). Їх застосування аналогічно відгалужувальним стисканням, але розраховано на діапазон проводів дрібних перетинів від 0,25 до 6 мм<sup>2</sup> включно. На відміну від кабельних затисків при монтажі відведення за допомогою відгалужувачів ОВ не потрібна попереднє зачищення дроту. Також не вимагається використання спеціального інструменту.

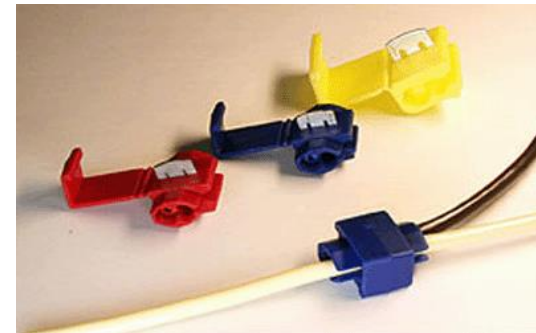


Рис. 8 - Відгалужувач ОВ

Роботи по монтажу відгалужень від магістральної лінії повинні доручатися тільки спеціально навченим електромонтерам.

### 2.4 Термітна зварка

*Виконання з'єднань, відгалужень і окінцювань жил термітною зваркою.* Нероз'ємні з'єднання, відгалуження і окінцювання жил здійснюються термітною зваркою (рис. 9).

При термітній зварці необхідно підготувати жили до зварки:

- зачистити і змастити їх разом з присадним прутком флюсом;
- підібрати за розміром жили термітний патрон;
- встановити жили і ущільнити кокіль азбестовим шнуром;
- встановити азбестові екрани і охолоджувачі;
- термітним сірником запалити патрон;
- після охолодження видалити масу і кокіль, зачистити місце зварки, промити бензином і ізолювати з'єднання.

Роботи по монтажу нероз'ємних з'єднань, відгалужень і окінцювань жил термітною зваркою повинні доручатися тільки спеціально навченим електромонтерам.

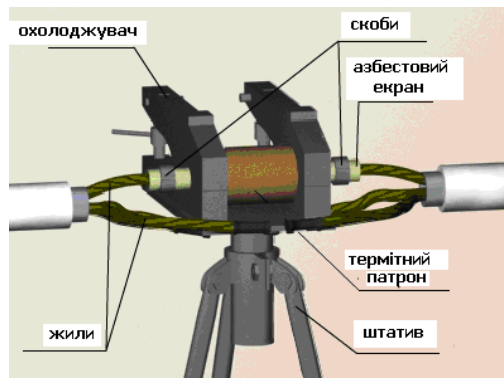


Рис. 9 – Пристрій для виконання термітної зварки

## 2.5 Виконання з'єднання, відгалуження і окінцювання жил методом контактного розігрівання

Алюмінієві і мідні жили зварюють методом контактного розігрівання (зварювальним пістолетом, вугільним електродом і в кліщах за допомогою обойм). В ході робіт необхідно строго дотримуватись правил пожежної безпеки.

Для зварки алюмінієвих жил перетином до 12,5 мм в моноліт без флюсу використовується зварювальний пістолет ВКЗ-1У1.

Для зварки алюмінієвих жил в моноліт з використанням флюсу ВАМИ, а також з'єднання і відгалуження проводів двоелектродними кліщами і сталеву обоймою застосовують зварювальний трансформатор потужністю 0,7-0,8 кВт і вторинною напругою 8-12 В (рис. 10).

Для окінцювання електродуговою зваркою алюмінієвих жил використовують напівавтомат ПРМ.

Для виконання нероз'ємних з'єднань жил електрозварюванням необхідно:

- зняти ізоляцію кліщами, зачистити жили;

складається з основної і додаткової ізоляції

**Ізоляція посилена** — ізоляція в електроустановках напругою до 1 кВ, забезпечує ступінь захисту від ураження електричним струмом, рівноцінна подвійній ізоляції

## К

**Кабель контрольний** - це багатожильний кабель для передачі інформації про стан, положення і режим роботи контрольованих об'єктів, доступ до яких утруднений або неможливий. Широко використовується для приєднання електричних приладів і апаратів, для вторинної комутації пускорегулюючої апаратури дистанційного керування, релейного захисту і автоматики. На відміну від кабелю зв'язку, допускає струмове навантаження

**Кабель силовий** - призначений для передачі та розподілу електроенергії в стаціонарних установках. В цю групу входять кабелі з алюмінієвими та мідними провідними жилами з пластмасовою або гумовою ізоляцією в захисних оболонках

**Кабельна лінія** - це лінія для передачі електроенергії або окремих її імпульсів, що складається з одного або декількох паралельних кабелів із з'єднувальними, стопорними та кінцевими муфтами і кріпильними деталями

**Кабельна споруда** - це споруда, спеціально призначена для розміщення в ній кабелів, кабельних муфт, а також маслопідживлюючих апаратів та іншого обладнання, призначеного для забезпечення нормальної роботи маслорозподілених кабельних ліній. До кабельних споруд відносяться: кабельні тунелі, канали, короби, блоки, шахти, поверхи, подвійні підлоги, кабельні естакади, галереї, камери.

**Коефіцієнт трансформації** - це відношення напруги на затискачах первинної обмотки до напруги на затискачах його вторинної обмотки при холостому ході. В підвищувальному трансформаторі коефіцієнт трансформації  $k < 1$  (відповідно  $n_2 > n_1$ ), у знижувальному  $k > 1$ . Один і той самий трансформатор може працювати і як підвищувальний, і як знижувальний, залежно від того, яка обмотка використовується як первинна

**Комутаційний апарат** — електричний апарат, призначений для комутації електричного кола і зняття напруги з частини електроустановки (вимикач, вимикач навантаження, віддільник, роз'єднувач, автомат, рубильник, пакетний вимикач, запобіжник і тому подібне)

**Контур заземлення** - це група з'єднаних горизонтальним провідником вертикальних електродів глибиною 3-5 м, змонтованих біля об'єкта на відстані один від одного 3-5 м. В якості електродів використовується сталевий кутник або арматура, які забиваються в ґрунт. В якості з'єднувального провідника в контурі

**Знак безпеки** — знак, призначений для попередження людини про можливу небезпеку, заборону або розпорядження певних дій, а також для інформації про розташування об'єктів, використання яких пов'язане з виключенням або зниженням наслідків дії небезпечних і (або) шкідливих виробничих чинників

**Зниження напруги** - причинами зниження напруги є великі втрати при проходженні електричного струму по проводам. При зниженні напруги помітно падає продуктивність електронагрівальних приладів, збільшуються струмові навантаження блоків живлення електронного устаткування, відбуваються збої в роботі й вихід з ладу мікросхем електронної техніки

**Зона впливу магнітного поля** — простір, в якому напруженість магнітного поля перевищує 80 А/м

**Зона впливу електричного поля** — простір, в якому напруженість електричного поля перевищує 5 кВ/м

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

**Зона розтікання (локальна земля)** — зона землі між заземлювачем і зоною нульового потенціалу

## I

**Ізолятор** -- електротехнічний пристрій, компонент, виконаний з діелектричного матеріалу і призначений для електричної ізоляції і механічного кріплення електроустановок або їх окремих частин електроустаткування, що мають різні електричні потенціали

**Ізоляція** - діелектричний матеріал, що перешкоджає проходженню струму провідності

**Ізоляція кабеля, дроту** - діелектричні матеріали, що включаються в кабель або дріт з метою забезпечення електричної міцності

**Ізольована нейтраль** — нейтраль трансформатора або генератора, не приєднана до заземлюючого пристрою або приєднана до нього через великий опір приладів сигналізації, вимірювання, захисту і інших аналогічних їм пристроїв

**Ізоляція додаткова** — незалежна ізоляція в електроустановках напругою до 1 кВ, що виконується додатково до основної ізоляції для захисту при непрямому дотику

**Ізоляція основна** — ізоляція струмопровідних частин, що забезпечує зокрема захист від прямого дотику

**Ізоляція подвійна** — ізоляція в електроустановках напругою до 1 кВ,

- скрутити жили плоскогубцями;
- змастити флюсом, закріпити скручування в затискачі;
- розплавити дроти;
- зачистити місце зварки, покрити лаком;
- надіти ізолюючий ковпачок.

Роботи по монтажу нероз'ємних з'єднань, відгалужень і окінцювання жил зваркою повинні доручатися тільки спеціально навченим електромонтерам.

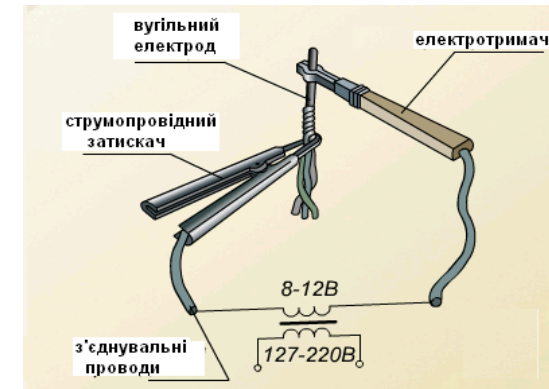


Рис. 10 – З'єднання жил методом контактного розігрівання з використанням вугільного електроду

## 2.6 Виконання з'єднання, відгалуження і окінцювання алюмінієвих жил паянням

З кінця кожного із з'єднувальних дротів, що підлягають паянню, видаляють ізоляцію, ретельно зачищають їх сталеві щіткою або ножом і з'єднують подвійним скручуванням так, щоб утворився жолоб. Потім нагрівають дроти паяльною лампою або газовим пальником до температури, близької до температури плавлення алюмінію, і з натиском натирають паличкою припою ділянку з'єднання, щоб зняти утворену на поверхні дроту тугоплавку плівку оксиду. Розплавлений припой повинен заповнити жолобок між проводами. Пропаявши дріт з одного боку жолобка, операцію паяння повторюють на його іншій стороні. Ділянку з'єднання протирають чистою ганчіркою, змоченою в бензині, а потім покривають шаром спеціального лаку і ізолюють липкою стрічкою (рис. 11).

При безпосередньому оплавленні припою знімають ізоляцію, обмотують краї ізоляції жили азбестовим шнуром, підігрівають жили полум'ям пальника до температури початку плавлення припою, наносять припой на всю ступінчасту поверхню навивки і їх торці, вибирають спеціальну форму для з'єднання, підмотують азбестовий шнур на оголену частину жили, укладають жили у

форму, надягають на жили закриті екрани і пропаюють жили. Після закінчення паяння необхідно зняти екрани, форму і видалити азбестовий шнур, потім почистити, і покрити місце з'єднання вологостійким лаком та ізолювати його.

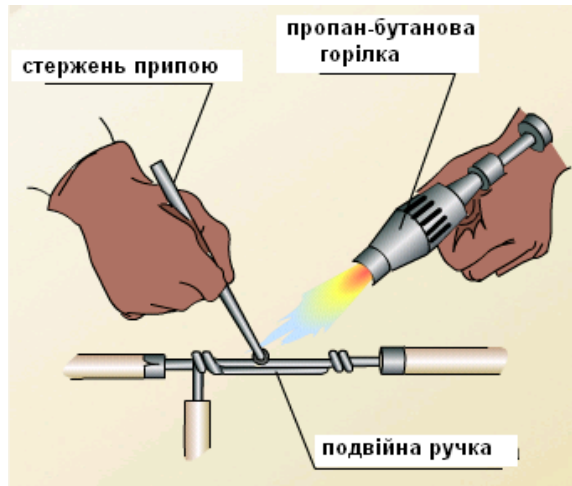


Рис. 11 – З'єднання і відгалуження алюмінієвих жил паянням

## 2.7 Виконання з'єднання, відгалуження і окінцювання мідних жил паянням

При з'єднанні жил у відгалужувальних коробках з кінця кожного із з'єднувальних дрітів, що підлягають паянню, видаляють ізоляцію, ретельно зачищають їх сталеві щіткою або ножем і скручують, пропаюють м'яким припоєм і ізолюють.

При з'єднанні багатодротяних жил з кінців жил видаляють ізоляцію, жили зачищають і на них накладають бандаж, кожен дріт розводять в різні боки, потім дроти різних жил заводять один за одного і скручують.

Для окінцювання багатодротяних жил в кільце необхідно зняти ізоляцію на кінці дроту, ослабити навивку провідника жили плоскогубцями або пасатижами, зачистити його шліфувальною шкіркою або наждачним папером, зігнути круглогубцями кінець жили в кільце і зробити 2-3 витки навколо жили, ущільнивши їх, покрити кільце розчином каніфолі в спирті, потім занурити кільце в розплавлений припой або пропаяти паяльником, ізолювати окінцювання липкою стрічкою.

При окінцюванні багатодротяних жил наконечниками необхідно підібрати наконечник, зняти ізоляцію з кінця дроту, протерти його тканиною, змоченою бензином, змастити кінець жили флюсом і залудити, надіти наконечник на кінець жили, намотати 2-3 шару азбесту на проміжок між краєм ізоляції жили і торцем наконечника для уникнення витікання припою, прогріти наконечник

постійного струму, що виконується з метою електробезпеки

**Захисне електричне розділення кіл** — відділення одного електричного кола від інших кіл в електроустановках напругою до 1 кВ з допомогою:

- подвійної ізоляції;
- основної ізоляції і захисного екрану;
- підсиленої ізоляції

**Захисне заземлення** — заземлення частин електроустановки з метою забезпечення електробезпеки

**Захисний екран** — провідний екран, призначений для відділення електричного кола і/або провідників від струмопровідних частин інших кіл

**Захисний пристрій** - пристрій, який встановлюється в мережу живлення електроприймача і вимикає її у разі виникнення витoku електричної енергії (наприклад, внаслідок пошкодження ізоляції та ураження електричним струмом у разі попадання людини під напругу)

**Захист від прямого дотику** - захист для запобігання дотику до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою

**Захист при непрямому дотику** -захист від поразки електричним струмом при дотику до відкритих провідних частин, що опинилися під напругою при пошкодженні ізоляції

**Збірні шини** - система (збірних) шин - комплект елементів, що з'єднують між собою всі приєднання електричної розподільчої установки

**З'єднання зіркою** - три незалежних електричних кола можна об'єднати таким чином, що кінці фазних обмоток генератора та фази приймачів утворюють два вузли. Таке об'єднання називається з'єднанням зіркою

**З'єднання трикутником** - для з'єднання обмоток трикутником кінець першої фази з'єднують з початком другої, кінець другої — з початком третьої, кінець третьої — з початком першої

**Змінний струм** - електричний струм, сила якого періодично змінюється з часом. Змінний струм виникає в електричному колі зі змінною напругою

**Запобіжний пояс** - страхувальний засіб індивідуального захисту від падіння з висоти, призначений для підтримки усього тіла людини та утримання тіла під час падіння і після зупинки падіння

**Запобіжник** - електротехнічний виріб, комутаційний апарат, що служать для переривання, відключення захищованого електричного кола шляхом руйнування спеціально передбачених для цього струмопровідних частин під дією струму певного значення на протязі певного проміжку часу



струмопровідних частинах електроустановок з номіальною напругою до 1 кВ від помилково поданої або наведеної напруги при відсутності стаціонарних заземлень. Допустимий діапазон робочих температур від  $-45^{\circ}\text{C}$  до  $+45^{\circ}\text{C}$ . Відносна вологість до 80% при  $20^{\circ}\text{C}$

**Заземлення будь-якої частини електроустановки** — навмисне електричне з'єднання цієї частини із заземленим пристроєм

**Заземлена нейтраль** — нейтраль трансформатора або генератора, приєднана до заземлюючого пристрою безпосередньо або через малий опір (трансформатори струму і ін.)

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

**Заземлювач природний** — стороння провідна частина, що знаходиться в електричному контакті із землею безпосередньо або через проміжне середовище і використовується для цілей заземлення

**Заземлювач штучний** — заземлювач, що спеціально виконується для кіл заземлення

**Заземляючий провідник** — провідник, що з'єднує частину (точку) заземлення із заземлювачем

**Заземляючий пристрій** — сукупність заземлювача і заземляючих провідників

**Заземлююча шина** - шина, що є частиною заземлюючого пристрою електроустановки до 1 кВ і призначена для приєднання декількох провідників з метою заземлення і зрівнювання потенціалів

**Замикання на корпус** — електричне з'єднання струмопровідних частини з відкритою провідною частиною

**Замикання на землю** — випадковий електричний контакт між струмопровідними частинами, що знаходяться під напругою, і землею

**Занулення** - в електроустановках напругою до 1 кВ навмисне з'єднання частин електроустановки, які нормально не знаходяться під напругою, з глухозаземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трифазного струму, з глухозаземленим виводом джерела однофазного струму, з глухозаземленою середньою точкою джерела у мережах постійного струму.

**Захисне занулення** в електроустановках напругою до 1 кВ — навмисне з'єднання відкритих провідних частин з глухозаземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трифазного струму, з глухозаземленим виводом джерела однофазного струму, із заземленою точкою джерела в мережах

полум'ям пальника і наплавити в гільзу наконечник так, щоб він заповнив простір між дротиками, розгладити патьоки припою по поверхні наконечника ганчірочкою (рис. 12). Після охолодження окінцювання необхідно зняти підмотку азбесту і ізолювати стрічкою.

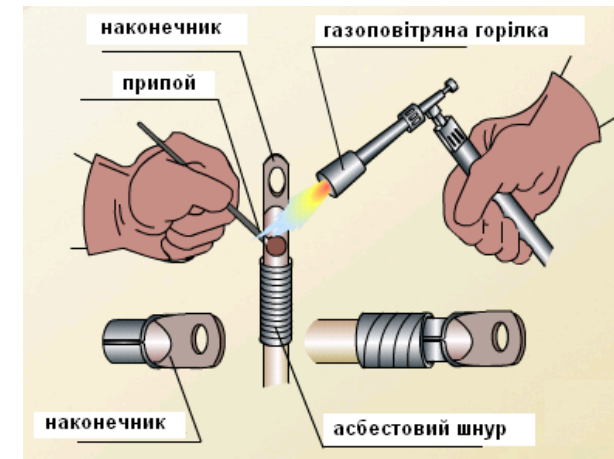


Рис. 12 — Окінцювання жил наконечниками

## 2.8 Виконання з'єднання і окінцювання жил газовою зваркою

Пропан-кисневу зварку застосовують для з'єднання і окінцювання алюмінієвих жил (рис. 13). Основними технологічними етапами з'єднання і окінцювання жил газовою зваркою є:

- видалення ізоляції;
- зачистка жил;
- скручування;
- сплавлення;
- обробка місця зварки;
- ізоляція місця з'єднання.

При цьому зварка однопровідних жил перетином 2,5-10 мм проводів і кабелів з алюмінієвою жилою здійснюється за допомогою газоповітряного пальника з насадкою ГПВМ-0,1 (газ — пропан - бутан).

Для опресовування мідних наконечників і гільз використовується набір інструментів УНІ-1М, в комплект якого входять матриця і пуансон одного типорозміру від М2 до М21, що встановлюються на пресах РМП-7М і ПГЕП-2М. Для округлення секторних алюмінієвих жил кабелів, для опресовування в наконечниках використовується спеціальний комплект, що складається з п'яти матриць і п'яти пуансонів у футлярі.

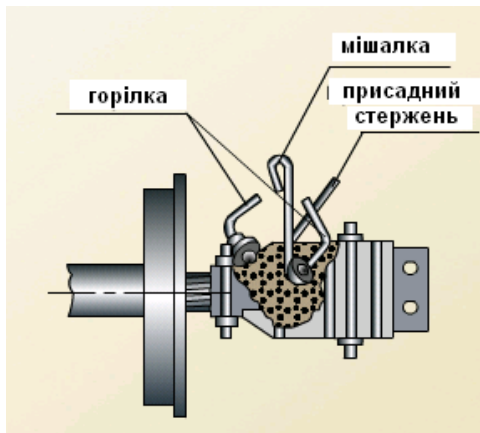


Рис. 13 – Окінювання алюмінієвих жил пластинами з використанням газової зварки

щують амплітуду однолінійної випробувальної напруги промислової частоти

**Електроприміщення** — приміщення або відгороджені (наприклад, сітками) частини приміщення, в яких розташовано електроустаткування, доступне тільки для кваліфікованого обслуговуючого персоналу

**Електроприймач** - приймачем електричної енергії (електроприймачем) називається апарат, агрегат, механізм, призначений для перетворення електричної енергії в інший вид енергії

**Електроустановка** — сукупність машин, апаратів, ліній і допоміжного устаткування (разом із спорудами і приміщеннями, в яких вони встановлені), призначених для виробництва, перетворення, трансформації, передачі, розподілу електричної енергії і перетворення її в інший вид енергії

**Електроустановка діюча** — електроустановка або її частина, яка знаходиться під напругою, або на яку напруга може бути подана включенням комутаційних апаратів

**Електроустановка відкрита або зовнішня** — електроустановка, що не захищена будівлею від атмосферних дій. Електроустановки, захищені тільки накриттям, сітчастими огорожами і тому подібне, розглядаються як зовнішні

**Електроустановка закрита або внутрішня** — електроустановка, розміщена усередині будівлі, що захищає її від атмосферних дій

**Електроустановка з простою наочною схемою** — розподільний пристрій напругою вище 1000 В з одиночною секціонованою або несекціонованою системою шин, що не має обхідної системи шин, всі ПЛ і КЛ, всі електроустановки напругою до 1000 В

**Елемент устаткування** — складова частина устаткування, що виконує певну функцію (ізоляція струмів рухомих частин, комутаційний апарат, пристрій захисного відключення і так далі)

**Електробезпека** — система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики

### 3

**Заземлення** — навмисне електричне з'єднання будь-якої точки системи електроустановки або устаткування із заземлюючим пристроєм

**Заземлення робоче (функціональне)** — заземлення точки або точок струмопровідних частин електроустановки, що виконується для забезпечення роботи електроустановки (не в цілях електробезпеки)

**Заземлення переносне** - призначене для захисту працівників на відключених

**Електрична мережа** — сукупність підстанцій, розподільних пристроїв і з'єднуючих їх електричних ліній, розміщених на території району, населеного пункту, і споживачів електричної енергії

**Електрозахисний засіб** — засіб захисту від ураження електричним струмом, призначений для забезпечення електробезпеки

**Електрична дуга** - вид самостійного газового розряду, який виникає за високої температури між електродами, розведених на невелику відстань і супроводжується яскравим світінням у формі дуги

**Електричне блокування** - дозволяє вимикати напругу при відкриванні дверей огорожень, дверей корпусів та кожухів або при знятті кришок. При електричному блокуванні блокувальні контакти, заблоковані з дверима або кришкою, при відкриванні дверей або знятті кришки розмикають ланку живлення котушки магнітного пускача. За такої схеми обрив ланки управління та випадкове відкривання дверей не являє небезпеки, оскільки електроустановка буде знеструмленою. Електричне блокування здійснює розривання електричної мережі спеціальними давачами, які встановлені на огороженнях, кожухах тощо

**Електричний апарат** - це електротехнічний пристрій, призначений для зміни, регулювання, виміру і контролю електричних і неелектричних параметрів різних пристроїв, машин, механізмів і т. п., а також для їх захисту від перевантажень при недопустимих або аварійних режимах роботи. Електричні апарати використовуються в системах захисту електричних мереж, в пускорегулюючих пристроях, застосовуються в різних виробничих процесах (що особливо швидко протікають), транспортних засобах, в системах автоматики і телемеханіки, зв'язки і ін.

**Електричний струм** - це процес направленої руху носіїв електричних зарядів або процес зміни електричного поля на протязі часу, що супроводжується магнітним полем

**Електроустаткування загального призначення** — електроустаткування, що виконується відповідно до державних стандартів, в якому не передбачені спеціальні заходи і засоби вибухозахисту

**Електропроводка** - сукупність проводів і кабелів разом з відповідними кріпленнями, що підтримуються захисними конструкціями і деталями, встановленими відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок

**Електроустаткування з нормальною ізоляцією** — електроустаткування, призначене для застосування лише в електроустановках, на які не впливають дії атмосферних перенапружень, або при спеціальних заходах по громозахисту, які обмежують амплітуду атмосферних перенапружень до значень, що не переви-

## 1 Монтаж освітлювальних електроустановок

### 1.1 Установка і кріплення світильників

Якщо при установці світильників в панелях перекриттів відсутні отвори для установки наскрізних гаків або шпильок, замість них можна використовувати сережки з гаком, які приварюють до арматури залізобетонних плит (рис. 1). Світильник підвішують до гака, який повинен мати ізоляційне покриття.

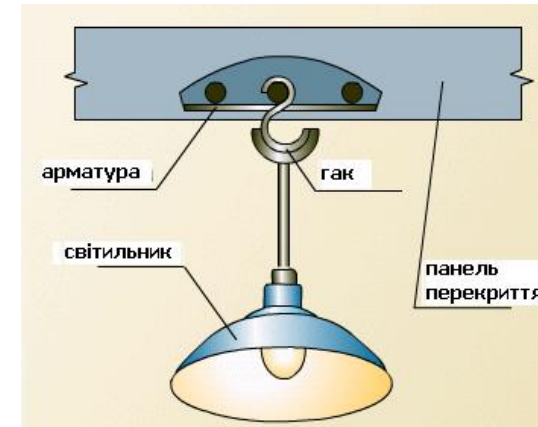


Рис. 1 – Використання сережки з гаком

**Кріплення.** Вироби і пристосування для підвіски світильників закріплюють на стелях, стінах, колонах.

Для кріплення світильників використовують вироби і пристосування для підвіски світильників, які закріплюють на стелях, стінах. Для кріплення провідників і корпусів електричних апаратів застосовують пластмасові і металеві дюбелі, дюбелі з волокнистим наповненням і гайкою розпору, болти, шпильки, скоби, штирі, гаки, а також спеціальні дюбелі для будівельно-монтажних пістолетів (рис. 2).

Для спрощення робіт по монтажу, а також для зниження трудомісткості і вартості робіт деякі кріпильні деталі та дрібні вироби (масою до 200 г, опорною поверхнею не менше 4 см<sup>2</sup>) можна приклеювати до рівної поверхні стін за допомогою клею БМК-5. Приклеювання проводять при плюсових температурах і відносній вологості повітря не більше 75%.

У приміщеннях сирих, особливо сирих, жарких і з хімічно активним середовищем застосування люмінесцентних ламп для місцевого освітлення допускається тільки в арматурі спеціальної конструкції.

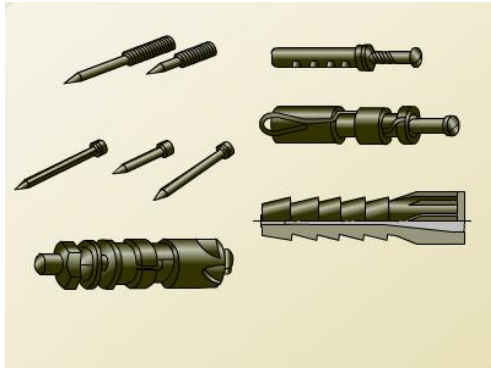


Рис. 2 – Кріпильні матеріали

**Відкрита проводка.** Відкриті електропроводки вмонтовуються на поверхні стін, верстатів, робочих столів. Відкрита проводка виконується струнною, тросовою, в коробах або на лотках як проводами, так і струмопроводами. Під останніми розуміють пристрої, що складаються з плоских або круглих, неізованих або ізованих провідників і ізоваторів, що відносяться до них, захисних оболонки, відгалужувальних пристроїв, підтримуючих і опорних конструкцій.

Найпотужніші кола монтуються з шинопроводів (наприклад, КЗШ-0,4), що виготовляються централізовано, на спеціалізованих заводах по замовленнях монтажних організацій або специфікаціях і технічних завданнях проектних організацій. Потужні шинопроводи поставляються на місце монтажу окремими блоками, підготовленими для збірки і установки. Монтажні блоки маркуються заводом відповідно до креслень загального виду шинопроводу і відомості комплектування.

Дроти і кабелі прокладають по поверхні будівельних вогнетривких конструкцій будівель, а також по каналах в них. При прокладці незахищених проводів приймають заходи, що виключають їх випадкове зіткнення з займистими матеріалами. У кабельних каналах, що проходять по електротехнічних і інших виробничих приміщеннях, прокладають тільки кабелі і дроти з вогнетривкими оболонками.

З'єднання та відгалуження проводів і кабелів не повинні бути натягнуті, при цьому жили проводів і кабелів повинні бути ізовані. З'єднання і відгалуження проводів, прокладених усередині коробів, що не відкриваються, в трубах і гнучких металевих рукавах, прокладених відкрито або приховано, виконують в спеціальних з'єднувальних і відгалужувальних коробках. З'єднання і відгалуження проводів усередині коробів із знімними кришками і на лотках виконують в затисках з ізовуючими оболонками, що забезпечують безперервність ізовляції. Дроти в місцях виходу з жорстких труб і гнучких металевих рукавів захищають від пошкоджень втулками і іншими способами. При цьому в місцях, доступних для огляду і ремонту, передбачають запас дроту або кабелю, що забезпечує можливість повторного з'єднання, відгалуження або приєднання.

на 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

**Головна заземлююча шина** - шина, що є частиною заземлюючого пристрою електроустановки до 1 кВ і призначена для приєднання декількох провідників з метою заземлення і вирівнювання потенціалів

**Гранично-допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони** – концентрації, які при щоденній (окрім вихідних днів) роботі протягом 8 год. або іншій тривалості, але не більше 1 год. в тиждень, протягом всього робочого стажу не можуть викликати захворювань або відхилень в стані здоров'я, що виявляються сучасними методами досліджень, в процесі роботи, або у віддалені терміни сьогодення, або подальших поколінь

**Громозахист** - захисний засіб, передбачений забезпечити безпеку будівель і життя людей, що знаходяться в ньому, від руйнівних дій удару блискавки під час грози

**Груповая лінія** (лінія групового зв'язку) - лінія, що умовно зображує групу ліній електричного зв'язку (дротів, кабелів, шин), що йдуть на схемі в одному напрямі

**Груповая мережа** - мережа від щитків до світильників, штепсельних розеток і інших електроприймачів

**Груповий щиток** - пристрій, у якому встановлені апарати захисту та комутаційні апарати (або тільки апарати захисту) для окремих груп світильників, штепсельних розеток та стаціонарних електроприймачів

## Д

**Дефект** — кожна окрема невідповідність продукції встановленим нормам

**Допуск до робіт первинний** — допуск до робіт за розпорядженням або нарядом, що здійснюється вперше

**Допуск до робіт повторний** — допуск до робіт, що раніше виконувалися згідно наряду, а також після перерви в роботі

**Дублювання** — керування енергоустановкою або виконання інших функцій на робочому місці, що виконуються під спостереженням особи, відповідальної за підготовку дублера

## Е

**Електрична підстанція** — електроустановка, призначена для перетворення і розподілу електричної енергії



поверхні (стіні, даху) будівлі, до затискачів ввідного пристрою

**Вентельний розрядник** - призначений для захисту електроустаткування мереж змінного струму від різних перенапружень

**Верхнє природне освітлення** - природне освітлення приміщення через ліхтарі, світлові отвори в стінах в місцях перепаду висот будівлі

**Вимикач** - електроустановочний пристрій, комутаційний апарат, призначений для багатократного включення і відключення електричних кіл

**Випробувальна випрямлена напруга** - амплітудне значення напруги, що прикладається до електроустаткування протягом заданого часу

**Випробувальна напруга промислової частоти** - діюче значення напруги змінного струму 50 Гц, яку повинна витримувати протягом заданого часу внутрішня і зовнішня ізоляція електроустаткування за певних умов випробування

**Вирівнювання потенціалу** - зниження різниці потенціалів (крокової напруги) на поверхні землі або підлоги за допомогою захисних провідників, прокладених в землі, в підлозі або на їх поверхні і приєднаних до заземляючого пристрою, або шляхом застосування спеціального покриття землі

**Відкрита електропроводка** - прокладена по поверхні стін, стель, по фермах та інших будівельних елементах будівель і споруд, по опорах і т.п.

**Відкрита провідна частина** - доступна до дотику провідна частина електроустановки, що нормально не знаходиться під напругою, але яка може опинитися під напругою при пошкодженні основної ізоляції

**Вторинні з'єднання (вторинні кола)** - сукупність рядів затискачів, електричних проводів і кабелів, що з'єднують прилади та пристрої керування кіл, електроавтоматики, блокування, вимірювання релейного захисту, захисту контролю і сигналізації

## I

**Геометричний коефіцієнт природної освітленості** - відношення природної освітленості, що створюється в даній точці заданої площини усередині приміщення світлом, що пройшло через незаповнений світловий отвір і витікає безпосередньо від рівномірно яскравого неба до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості під відкритим повністю небосхилом, при цьому частка прямого сонячного світла в створенні тієї або іншої освітленості виключається; виражається у відсотках

**Глухозаземлена нейтраль** - нейтраль трансформатора або генератора, приєдна-

При відкритій прокладці захищених проводів (кабелів) з оболонками з займистих матеріалів або незахищених проводів відстань від дроту (кабелю) до найближчої поверхні із займистих матеріалів вибирається не менше 10 мм. Якщо це неможливо, то відокремлюють дроти від поверхні шаром вогнетривкого матеріалу, що виступає з кожного боку дроту (кабелю) не менше, чим на 10 мм.

**Типи установки світильників.** Залежно від розміщення кріплення світильників, конструктивних особливостей стін і стель, маси світильників, середовища приміщення, естетичних і інших вимог установка світильників може бути декількох типів:

- підвіска на гак або шпильку;
- установка на кронштейні;
- кріплення на тросі і коробах;
- установка на освітлювальному металевому шинопроводі;
- вбудовані;
- використання монтажних систем з полімерних матеріалів.

**Установка світильників.** Установка може бути виконана різними способами. Залежно від способу установки світильники можуть бути:

- стельові;
- вбудовувані;
- підвісні;
- настінні;
- підлогові.

У приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних, при висоті установки світильників загального освітлення з лампами розжарювання, ДРЛ, ДРИ і натрієвими над підлогою або майданчиком обслуговування менше 2,5 м необхідно:

- застосовувати світильники, конструкція яких виключає можливість доступу до лампи без застосування інструменту (викрутки, плоскогубців, гайкового або спеціального ключа і ін.);
- з введенням в світильник підвідної електропроводки в металевих трубах, металорукавах або захисних оболонках кабелів і захищених проводів або
- використовувати для живлення світильників з лампами розжарювання напругу не вище 42 В.

Ця вимога не розповсюджується на світильники в електроприміщеннях, а також на світильники, що обслуговуються з кранів або майданчиків, що відвідуються тільки кваліфікованим персоналом.

Відстань від світильників до настилу моста крана повинна бути не менше 1,8 м або світильники повинні бути підвішені не нижче за нижній пояс ферм перекриття, а обслуговування цих світильників з крана повинно виконуватися з дотриманням вимог техніки безпеки.

Світильники з люмінесцентними лампами на напругу 127-220 В допускається встановлювати на висоті менше 2,5 м від підлоги за умови недоступності їх струмопровідних частин від випадкових дотиків.

Залежно від того, до яких відносяться приміщення по ступеню небезпеки ураження людей електричним струмом (приміщення без підвищеної небезпеки, приміщення з підвищеною безпекою, особливо небезпечні приміщення), в них використовують світильники різної напруги. Для живлення світильників загального освітлення повинна застосовуватися напруга не вище 380/220 В змінного струму при заземленій нейтралі і не вище 220 В змінного струму при ізольованій нейтралі і постійного струму. Для живлення окремих ламп слід застосовувати, як правило, напругу не вище 220 В. У приміщеннях без підвищеної небезпеки вказана напруга допускається для всіх стаціонарних світильників незалежно від висоти їх установки.

### 1.2 Заземлення

*Зовнішнє заземлення.* Зовнішній контур заземлення є системою заглиблених вертикально в ґрунт електродів, з'єднаних між собою системою повздовжніх і поперечних смуг. Його монтаж починається з розмітки і побудови траншеї глибиною 0,8 м, причому відстань від стін будівель до центру траншеї повинна бути не менше 2-2,5 м.

Після облаштування траншеї проводиться заглиблення електродів в ґрунт. В якості електрода зазвичай використовуються сталеві стержні діаметром 10-16 мм і завдовжки 5 м або сталевий кутник з товщиною полиці не менше 4 мм і довжиною 2,5-3 м. Електроди забиваються вертикально в дно траншеї так, щоб їх верхні кінці виступали на 200 мм. З'єднання електродів між собою здійснюється смуговою сталлю завтовшки не менше 4 мм і виконується електрозварюванням внакладку, а з'єднання смуг з електродами – приварюванням з двох сторін. Якість зварних з'єднань перевіряється оглядом, а міцність - ударом молотка масою 1 кг. Після перевірки з'єднання траншея засипається землею без каменів і будівельного сміття та утрамбовується.

*Умови під'єднування світильників.* Для живлення спеціальних ламп (ксенонових, ДРЛ, ДРИ, натрієвих, розрахованих на напругу 380 В) і пускорегулюючих апаратів (ПРА) для газорозрядних ламп, що мають спеціальні схеми (наприклад, трифазні з послідовним з'єднанням ламп), допускається використовувати напругу вище 220 В, але не вище 380 В, зокрема фазна напруга системи 660/380 В із заземленою нейтраллю, при дотриманні наступних умов:

1. Ввід (або під'єднування) в світильник і ПРА слід виконувати проводами або кабелем з мідними жилами і з ізоляцією, розрахованою на напругу не менше 660 В.

## Додаток А. ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ

### А

**Аварійний режим електроустановки** - робота несправної електроустановки, при якій можуть виникнути небезпечні ситуації, що приводять до електротравмування людей, що взаємодіють з електроустановкою

**Автоматичний вимикач** ("автомат") - контактний комутаційний апарат, призначений для захисту електричного кола від перевантажень і надструмів - струмів короткого замикання, розмикаючи коло у разі їх виникнення і припиняючи подачу електроенергії на аварійну ділянку. Може застосовуватися також і для здійснення оперативного керування ділянками електричних кіл, виконуючи, таким чином дві функції одночасно - захисту і керування.

**Активна енергія** - енергоносіє, який виступає на ринку як товар, що відрізняється від інших товарів особливими споживчими якостями та фізико-технічними характеристиками (одночасність виробництва та споживання, неможливість складування, повернення, переадресування), які визначають необхідність регулювання та регламентації його використання

**Анкерна опора** - опора повітряної лінії електропередач, що сприймає зусилля від різниці тяжіння дротів, спрямованих вздовж ПЛ; їх встановлюють на прямих ділянках траси в її опорних точках, а також на перетині з різними спорудами.

**Анкерний проліт** - це відстань між двома анкерними опорами, на яких жорстко закріплені дроти. Анкерні опори можуть бути кутовими, відпайочними або кінцевими.

### Б

**Блукаючий струм** - постійний електричний струм, що протікає поза призначеним для нього колом

**Бригада** - група з двох людей і більше, включаючи виконавця робіт

### В

**Ввідний пристрій** - щиток, що закривається, укріплений на зовнішній стіні будівлі і призначений для введення зовнішньої проводки або кабелю, їх подальшого введення в будівлю транзитного виводу, що йде до наступної будівлі

**Ввідно-розподільний пристрій** - сукупність конструкцій, апаратів і приладів, що встановлюються на ввідній лінії живлення в будівлю або в його відокремлену частину, а також на відхідних лініях

**Ввід** - (від ПЛ) - електропроводка, що з'єднує відгалуження від ПЛ з внутрішньою електропроводкою, починаючи від ізоляторів, встановлених на зовнішній

### Список рекомендованої літератури

1. Зуев Э.Н. Основы техники подземной передачи электроэнергии: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 256 с.: ил.
2. Москаленко В.В. Справочник электромонтера: Справочник / Владимир Валентинович Москаленко. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 288 с.
3. Ларина Э.Т. Силовые кабели и кабельные линии: Учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1984, 368 с., ил.
4. Шварцман Л.Г. Муфты силовых кабелей высокого напряжения. М.: Энергия, 1977.
5. Сибикин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий: Учеб. для нач. проф. образования: Учеб. пособие для сред. проф. образования / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 432с.
6. Пантелеев Е.Г. Монтаж и ремонт кабельных линий: Справочник электромонтажника / Под ред. А.Д. Смирнова и др. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1990.
7. Короткевич М.А. Основы эксплуатации электрических сетей: - Учеб. пособие. – Мн.: Выш. шк., 1999. – 267 с.: ил.
8. Особенности работы верхолаза на воздушных линиях электропередачи. Стаття доцента Марфина Н.І., НТУУ «КПІ», м. Полтава // Електрик. – 2009. - №3-4.
9. Абельс А., Бондаренко М. Низковольтное КРУ типа MNS от компании АББ: обеспечение безопасной эксплуатации // Электропанорама. – 2008. - №9, 10.
10. Удод Е.И. Научно-технические основы ремонта электроустановок под напряжением. К.: Изд. Ин-та электродинамики АН Украины, 1992
11. Распределительные устройства НВ-ЕЛ-06 напряжением до 1000 В. Техническая информация ЗАО «Электроград», 2006
12. Бедарак Я.С., Богатырев Ю.Л. Система мониторинга силовых трансформаторов. Журнал «Промэлектрo», 2008, №3.
13. Правила улаштування електроустановок. – К.: ОЕП «ГРІФРЕ», 2006.
14. Правила користування електричною енергією. – К.: ДП «НТУКЦ», 2005. – 121 с.
15. ДНАОП 1.1.10-1.07-01. Правила експлуатації електрозахисних засобів. Затверджено наказом Міністерства праці та соціальної політики України 05.06.2001 р. № 253.- К.: Форт, 2001

2. Повинно забезпечуватися одночасне відключення всіх фазних проводів, що вводяться в світильник. Ця вимога розповсюджується також на всі випадки, коли в багатоламповий світильник з лампами будь-яких типів вводяться дроти декількох фаз системи 380/220 В, за винятком світильників, що встановлюються в приміщеннях без підвищеної небезпеки.

3. У приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних на світильники повинні бути нанесені добре помітні відмітні знаки з вказівкою використовуваної напруги.

4. Введення в світильник двох або трьох проводів різних фаз системи 660/380 В забороняється. При монтажних роботах для живлення ручних світильників в приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних повинна застосовуватися напруга не вище 42 В. При наявності особливо несприятливих умов, а саме, коли небезпека ураження електричним струмом посилюється тісністю, незручним положенням працюючих, зіткненням з великими металевими, добре заземленими поверхнями, для живлення ручних світильників повинна застосовуватися напруга не вище 12 В.

Для живлення світильників місцевого стаціонарного освітлення з лампами розжарювання повинна застосовуватися напруга:

- у приміщеннях підвищеної небезпеки - не вище 220 В;
- у приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних - не вище 42 В.

Допускається, як виняток, застосування напруги до 220 В світильників спеціальної конструкції:

- що є складовою частиною аварійного освітлення, приєднаного до незалежного джерела живлення;
- встановлюваних в приміщеннях з підвищеною небезпекою (але не особливо небезпечних).

*Захисні заходи безпеки. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ)*

*(Розділ 6. Електричне освітлення - Розділ 6.1. Загальна частина)*

6.1.38. Захисне заземлення металевих корпусів світильників загального освітлення з лампами розжарювання і з лампами люмінесцентними, ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, натрієвими з вбудованими всередину світильника ПРА слід здійснювати:

- у мережах із заземленою нейтраллю - приєднанням до заземляючого гвинта корпусу світильника провідника;
- заземлення корпусу світильника відгалуженням від нульового робочого дроту усередині світильника забороняється.

6.1.39. Захисне заземлення корпусів світильників загального освітлення з лампами ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ і люмінесцентними з винесеними ПРА слід здійснювати за допомогою перемички між заземляючим гвинтом заземленого ПРА і заземляючим гвинтом світильника.

6.1.40. Металеві відбивачі світильників з корпусами з ізолюючих матеріалів заземляти не потрібно.

6.1.41. Захисне заземлення металевих корпусів світильників місцевого освітлення на напругу вище 50 В повинно задовольняти наступним вимогам:

1. Якщо захисні провідники приєднуються не до корпусу світильника, а до металевої конструкції, на якій світильник встановлений, то між цією конструкцією, кронштейном і корпусом світильника повинно бути надійне електричне з'єднання.

2. Якщо між кронштейном і корпусом світильника немає надійного електричного з'єднання, то воно повинно бути здійснене за допомогою спеціального призначеного для цієї мети захисного провідника.

### 1.3 Під'єднання світильників до живлячих проводів

Монтажний процес при виконанні проводок розділяється на шість етапів.

I. Підготовчий: знайомство з кресленнями, схемами і місцем роботи, виписка і отримання матеріалів, організація робочого місця.

II. Розмітка місць для установки електроустаткування, розмітка трас прокладки ліній і так далі. На початку розмічають місця установки світильників, потім місця прокладки ліній, місця проходів через стіни і міжповерхові перекриття, місця установки кріпильних опор і відгалужувальних коробок.

III. Заготовчі роботи: установка роликів або ізоляторів, підготовка труб для укладання і закріплення трубопроводів в спеціальні борозни; фрезерування борозен і гнізд в стінах і стелях, вмазування в них з'єднувальних коробок, пробивка проходів через стіни і міжповерхові перекриття, установка кріпильних деталей і опорних конструкцій, установка електричних апаратів, щитків, електроустаткування і тому подібне.

IV. Прокладка ліній, кріплення проводів і кабелів, затягування їх в проходи, борозни і труби.

V. Збирання схеми: сюди входить виконання з'єднань і відгалужень проводів, установка і приєднання арматури та комутаційних апаратів.

VI. Перевірка, випробування і здача в експлуатацію виконаної установки.

*Техніка безпеки.* Роботи, пов'язані з монтажем світильників, що виконуються на висоті 1 м від підлоги, вважаються роботами на висоті, тому існує ряд вимог до монтажників:

1. Роботи на висоті можуть виконувати особи, що пройшли перевірку знань по ТБ.

2. На висоті дозволяється проводити роботи з приставних сходин-драбин завдовжки не більше 5 м. Розміри приставних сходин повинні забезпечувати можливість проводити роботи в положенні стоячи на сходах на висоті не більше 4 м і знаходитися на відстані не ближче за 1 м від верхнього кінця сходів. Сходи дерев'яних приставних драбин повинні бути врізані в тятиви, які через 2 м необхідно скріпляти стяжними болтами. Розсувні сходи-драбини повинні бути обладнані пристроями, що виключають їх мимовільне розсовування. Приставні

### 1.25 Застережливі і забороняючі плакати



електрозахисних засобів, що застосовуються в електроустановках напругою до 1000 В, відносяться:

- ізолюючі штанги;
- ізолюючі і електровимірювальні кліщі;
- покажчики напруги;
- діелектричні рукавички;
- слюсарно-монтажний інструмент з ізолюючими рукоятками.

До додаткових електрозахисних засобів в електроустановках напругою до 1000 В відносяться:

- діелектричні калоші;
- діелектричні килими;
- переносні заземлення;
- ізолюючі підставки і накладки;
- захисні пристрої;
- плакати і знаки безпеки.

При використанні основних засобів захисту достатньо застосування одного додаткового. Персонал, обслуговуючий електроустановки, повинен бути забезпечений всіма необхідними засобами захисту, що забезпечують безпеку його роботи. Засоби захисту повинні входити в інвентарне майно бригад, а також видаватися для індивідуального користування. При виявленні непридатності засобів захисту, необхідно негайно їх вилучити, поставити про це до відома керівника робіт. Особи, що отримали засоби захисту в індивідуальне користування, відповідають за їх правильну експлуатацію і своєчасне відбракування.

Засоби захисту необхідно зберігати в закритих приміщеннях. Вони повинні бути захищені від зволоження, забруднення і механічних пошкоджень. Електрозахисні засоби, що знаходяться в користуванні оперативно-виїзних і ремонтних бригад, лабораторій або в індивідуальному користуванні персоналу, необхідно зберігати в ящиках, сумках або чохлах.

Електрозахисні засоби повинні бути пронумеровані (інвентарний номер наносять безпосередньо на засіб захисту) і зареєстровані в журналі обліку і складу засобів захисту з вказівкою дати видачі і з підписом особи, що отримала їх. При експлуатації засобу захисту слід піддавати періодичним і позачерговим (що проводиться після ремонту) випробуванням. Діелектричні рукавички випробовують підвищеною напругою один раз в 6 місяців, перед застосуванням перевіряють відсутність проколів шляхом скручування у бік пальців.

сходи повинні ставитися в робоче положення під кутом 70-75°, до горизонтальної площини. Нижні кінці приставних сходів і драбин повинні мати упори у вигляді гострих металевих шпильок або гумових черевиків, наконечників.

3. Роботи на висоті дозволяється проводити з монтажних майданчиків і засобів підмоцнування - риштувань, підмостків і ін., настили яких повинні виконуватися з дощок завтовшки не менше 40 мм, мати рівну поверхню із зазорами між дошками не більше 10 мм. Настили риштувань і підмостків, розташованих вище за 1 м від рівня землі або покриття, повинні мати огорожі висотою не менше 1 м. Металеві риштування, що використовуються на відкритому повітрі, повинні мати громовідводи.

4. Запобіжний пояс, який повинен раз на 6 місяців піддаватися випробуванню статичним навантаженням 400 кг протягом 5 хв., слід застосовувати при роботі на висоті більше 1,5 м, його пристібають карабіном до надійних елементів конструкцій.

5. Підняті вгору для монтажу матеріали і апаратуру необхідно закріплювати, їх забороняється кидати монтеру, що працює вгорі (або навпаки зверху вниз).

6. Якщо на висоті в робочій зоні проходять діючі комунікації (електричні, газові, опалювальні і тому подібне), то роботи виконуються по наряду-допуску, письмовому дозволу, виконаному на спеціальному бланку.

#### Робота з мегомметром. МІЖГАЛУЗЕВІ ПРАВИЛА ПО ОХОРОНІ ПРАЦІ (ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ) ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

5.4.1 Вимірювання мегомметром в процесі експлуатації дозволяється виконувати досвідченим працівникам з числа електротехнічного персоналу. У електроустановках напругою вище 1000 В вимірювання проводяться по наряду, в електроустановках напругою до 1000 В - по розпорядженню. Вимірювати опір ізоляції мегомметром може працівник, що має групу допуску III.

5.4.2 Вимірювання опору ізоляції мегомметром повинно здійснюватися на відключених струмоведучих частинах, з яких знятий заряд шляхом попереднього їх заземлення. Заземлення з струмоведучих частин слід знімати тільки після підключення мегомметра.

5.4.3 При вимірюванні мегомметром опору ізоляції струмопровідних частин з'єднувальні дроти слід приєднувати до них за допомогою ізолюючих утримувачів (штанг).

5.4.4 При роботі з мегомметром торкатися до струмопровідних частин, до яких він приєднаний, не дозволяється. Після закінчення роботи слід зняти з струмопровідних частин залишковий заряд шляхом їх короточасного заземлення.

#### **1.4 Випробування роботи освітлювального приладу**

*Спорядження електромонтера.* Для виконання електромонтажних операцій необхідний ряд інструментів, механізмів і пристосувань. До підручного інструменту відносяться рулетка, складаний метр, шнурок, рівень, викрутки різних

розмірів, ніж, плоскогубці, бокорізи, круглогубці, молоток, зубило і ін.

Окрім цього, електромонтер повинен мати при собі ножівку по металу, напиліники, гайкові ключі, плашки для нарізування різьб в трубах, свердла, стамеску, пилу по дереву, гіпсовку, кельню, відро і тому подібне. При паянні - паяльники (великий і середній), паяльну лампу.

Пристосуваннями, необхідними для монтажу, можуть бути приставні сходи і драбини, розмічальні тести, шаблони і штативи для підйому апаратури.

До електромонтажних механізмів відносяться електродрилі з набором сверدل, а також бороздоріз. Нерідко при електромонтажі використовуються пневматичні і порохові інструменти.

### 1.5 Приймно-здавальні випробування

*Методика вимірювання опору між проводами і землею.* Стан ізоляції електропроводок перевіряється вимірюванням її опору за допомогою мегомметра типу М-4100 на 1000 В не рідше одного разу на 2 роки для приміщень з нормальним середовищем і не рідше одного разу на рік для решти приміщень. Обов'язково перевіряється ізоляція заново змонтованої або відремонтованої електропроводки.

Вимірювання опору проводять при знятих запобіжниках або їх плавких вставках на ділянці між суміжними запобіжниками (або іншими захисними апаратами) або за останніми запобіжниками між кожним дротом і землею, а також між кожними двома фазними проводами по схемах.

При цьому в силових колах повинні бути відключені електроприймачі, апарати, прилади, лампи в освітлювальних колах викручені, групові щитки, штепсельні розетки і вимикачі (у включеному положенні) приєднані до мережі. Опір ізоляції, зміряний за таких умов, повинен бути не менше 0,5 МОм.

Якщо опір ізоляції виявиться 0,5 МОм, то її випробовують протягом 1 хв. змінною напругою 1 кВ від переносного трансформатора або мегомметра на 2500 В. Якщо в результаті випробування опір ізоляції не зменшується, то залежно від характеру приміщення ізоляцію можна залишити в експлуатації до заміни при плановому ремонті або аварійну ділянку треба замінити негайно.

Для вимірювання опору між дротом і землею і вимірювання опору між проводами використовують мегомметр (рис. 3).

## 2 Монтаж встановлюваної арматури

### 2.1 Встановлення апаратів

*Прихована проводка* виконується в трубах, металевих рукавах, закритих коробах, замкнутих каналах, порожнечках будівельних конструкцій, заштукатурених борознах, під штукатуркою, а також замоноліченою в будівельні конструкції при їх виготовленні. При прихованій прокладці проводів в стінах, що містять займисті елементи, дроти додатково захищають суцільним шаром вогнетривкого матеріалу з усіх боків. Якщо при цьому проводка прокладається в

*Запорошеними* приміщеннями називаються приміщення, в яких за умовами виробництва виділяється технологічний пил в такій кількості, що вона може осідати на проводах, проникати всередину машин, апаратів і т. п.;

б) струмопровідні підлоги (металеві, земляні, залізобетонні, цегляні і т. п.);

в) високої температури. *Жаркими* приміщеннями називаються приміщення, в яких під впливом різних теплових випромінювань температура перевищує постійно або періодично (більше 1 доби) +35°C (наприклад, приміщення з сушарками, сушильними і випалювальними печами, котельні і т. п.);

г) можливість одночасного дотику людини до наявних з'єднань із землею металоконструкцій будівель, технологічних апаратів, механізмів і т. п., з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування - з іншого.

3. Особливо небезпечні приміщення, що характеризуються наявністю однієї з наступних умов, що створюють особливу небезпеку:

а) особлива вогкість. *Особливо сирими* приміщеннями називаються приміщення, в яких відносна вологість повітря близька до 100% (стеля, стіни, підлоги і предмети, що знаходяться в приміщеннях, покриті вологою);

б) хімічно активне або органічне середовище. Приміщеннями з *хімічно активним* або *органічним середовищем* називаються приміщення, в яких постійно або протягом тривалого часу міститися агресивні пари, гази, рідини, утворюються відкладення або цвіль, що руйнують ізоляцію і струмопровідні частини електроустаткування;

в) одночасно дві або більше умов підвищеної небезпеки.

4. Території розміщення зовнішніх електроустановок. Відносно небезпеки поразки людей електричним струмом ці території прирівнюються до особливо небезпечних приміщень.

### 1.24 Електрозахисні засоби

*Електрозахисні засоби* - це засоби, що служать для захисту людей, які працюють з електроустановками, від поразки електричним струмом, від дії електричної дуги і електромагнітного поля. Електрозахисні засоби підрозділяються на основні і додаткові. *Основні електрозахисні засоби* - це засоби захисту, ізоляція яких тривало витримує робочу напругу електроустановок і які дозволяють торкатися до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою. *Додаткові електрозахисні засоби* самі по собі не можуть при даній напрузі забезпечити захист від поразки струмом, а застосовуються спільно з основними електрозахисними засобами. До основних



## 1.22 Роботи з електровимірювальними кліщами і вимірювальними штангами

5.2.1 У електроустановках напругою вище 1000 В роботу з електровимірювальними кліщами повинні проводити два працівники: один - що має групу IV (з числа оперативного персоналу), інший - що має групу III (може бути з числа ремонтного персоналу). При вимірюванні слід користуватися діелектричними рукавичками. Забороняється нахилитися до приладу для відліку показів.

5.2.2 У електроустановках напругою до 1000 В працювати з електровимірювальними кліщами допускається одному працівникові, що має групу III, не користуючись діелектричними рукавичками. Не допускається працювати з електровимірювальними кліщами, знаходячись на опорі ПЛ.

5.2.3 Роботу з вимірювальними штангами повинні проводити не менше двох працівників: один - що має групу IV, останні - що мають групу III. Підніматися на конструкцію або телескопічну вежу, а також спускатися з неї слід без штанги. Робота повинна проводитися по наряду, навіть при одиничних вимірюваннях з використанням опорних конструкцій або телескопічних веж. Робота з штангою допускається без застосування діелектричних рукавичок.

## 1.23 Характеристика приміщень по ступеню небезпеки

*Електроприміщеннями* називаються приміщення або відгороджені, наприклад, сітками, частини приміщення, доступні тільки для кваліфікованого обслуговуючого персоналу, в яких розташовані електроустановки. Відносно небезпеки поразки людей електричним струмом розрізняються:

1. Приміщення без підвищеної небезпеки, в яких відсутні умови, що створюють підвищену або особливу небезпеку. *Сухими* приміщеннями називаються приміщення, в яких відносна вологість повітря не перевищує 60%. За відсутності в таких приміщеннях підвищеної температури, пилу і хімічно активного або органічного середовища, вони називаються *нормальними*. *Вологими* приміщеннями називаються приміщення, в яких пари або волога, що конденсує, виділяється лише короткочасно в невеликих кількостях, а відносна вологість повітря більше 60%, але не перевищує 75%.

2. Приміщенням з підвищеною небезпекою, що характеризуються наявністю в них одного або наступних умов, що створюють підвищену небезпеку:

а) вогкість або струмопровідний пил. *Сирими* приміщеннями називаються приміщення, в яких відносна вологість повітря тривало перевищує 75%.

трубах або коробах з важкозаймистих матеріалів, то суцільне незаймите покриття навколо проводів повинно мати товщину не менше 10 мм.

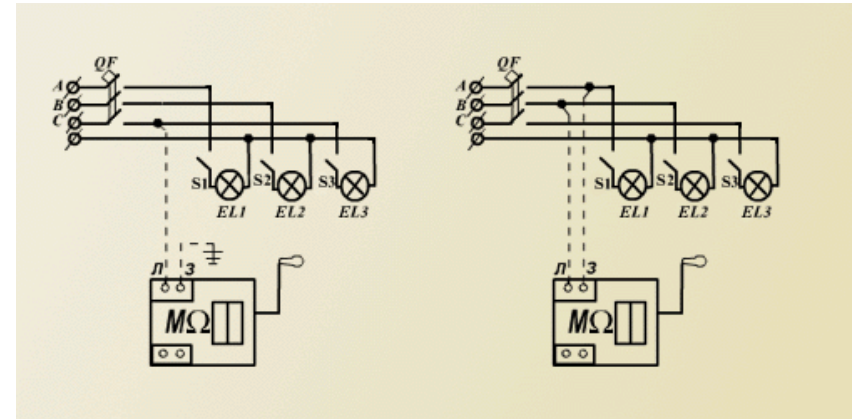


Рис. 3 – Схема приєднання мегомметра при вимірюванні опору ізоляції

Найбільш трудомісткими роботами при монтажі прихованих проводок є пробивка отворів і виконання борозен під закладення проводів. Якщо канална система електропроводки не була закладена при будівництві об'єкту, а також у разі зміни проекту розташування електроустановки після зведення будівлі, в ньому доводиться пробивати отвори і борозни. Для цих цілей застосовуються засоби малої механізації: ручні електродрилі, пневматичні молотки, штроборізи і ін.

*Встановлення апаратів.* Розетки встановлюють на висоті 0,8-1 м від підлоги. Допускається також втоплена установка штепсельних розеток на висоті 0,3 м. При цьому необхідно застосовувати захисні пристрої, що закривають штепсельні гнізда при вийнятій вилці (кришка на пружині).

Штепсельні розетки необхідно, по можливості, віддаляти від заземлених частин (трубопроводів, плити, раковини) на відстань не менше 0,5 м. Установка розеток у ванних кімнатах забороняється. Включення світильників, що знаходяться у ванних кімнатах і санвузлах, здійснюється вимикачами, встановленими поза приміщенням на висоті 1,5 м від підлоги. Корпуси світильників і патронів повинні бути виготовлені з ізоляційного матеріалу.

У квартирах лічильники, запобіжники, вимикачі і автоматичні вимикачі рекомендується встановлювати в нішах, якщо дозволяє будівельна конструкція будівлі, або відкрито на стіні.

*Робочий інструмент для пробивних робіт.* Пробивні роботи виконують інструментом з твердосплавними робочими кромками: циліндровим і спіральними свердлами, коронками для свердління гнізд з набором комплектуючих деталей, шлямбурами для електросвердильної машини, бурами і пробійниками

до електро- і пневмомолотками (рис. 4). Робочі органи свердильного інструменту діаметром 20 мм і більше випускають трубчастої форми з вирізами в бічних стінках.



Рис. 4 - Робочий інструмент для пробивних робіт

Найтвердіші зносо- і теплостійкі металокерамічні тверді сплави ВК, що складаються із зерен карбіду вольфраму, зцементовані металевим кобальтом. Цифри, що стоять після букв в позначенні сплавів, показують процентний вміст кобальту в них (наприклад, ВК9 містить 9% кобальту і 91% карбіду вольфраму). Із збільшенням вмісту кобальту в сплаві міцність і опір його динамічним навантаженням зростають, але знижуються твердість і, особливо, зносостійкість. Тому для свердління (за відсутності ударів) застосовують низькокобальтові пластинки із сплаву ВК2 або ВК6 високої твердості і зносостійкості, але дещо зниженої стійкості до динамічних навантажень. Для пробивних робіт використовують пластинки із сплаву ВК9 або ВК15, які стійкі до динамічних навантажень. Продуктивність і економічність пробивних робіт значно підвищуються при використанні інструменту з твердосплавними пластинками, якщо правильно вибрані не тільки марка, але і кут заточування пластинок, форма робочого інструменту, потужність приводу, частота обертання при свердлінні, частота і енергія ударів при пробивці.

У цегляних будівлях з прихованою проводкою встановлювані апарати кріплять лапками розпорів в сталевій коробці (рис. 5). Така коробка має два спеціальні отвори під лапки і два круглі надруби для вводу проводів. Встановлення коробок проводиться в гнізда, заздалегідь висвердлені в цегляних перегородках. При цьому використовується безмазочний спосіб встановлення.

5.4.2 Вимірювання опору ізоляції мегомметром повинно здійснюватися на відключених струмопровідних частинах, з яких знято заряд шляхом попереднього їх заземлення. Заземлення з струмопровідних частин слід знімати тільки після підключення мегомметра.

5.4.3 При вимірюванні мегомметром опору ізоляції струмопровідних частин з'єднувальні дроти слід приєднувати до них за допомогою ізолюючих утримувачів (штанг). У електроустановках напругою вище 1000 В, крім того, слід користуватися діелектричними рукавичками.

5.4.4 При роботі з мегомметром торкатися до струмопровідних частин, до яких він приєднаний, не дозволяється. Після закінчення роботи слід зняти з струмопровідних частин залишковий заряд шляхом їх короткочасного заземлення.

### 1.21 Повітряні лінії електропередачі

#### Робота на опорах при сумісній підвісці на них декількох ліній, на вводах в будинки

4.5.18 При проведенні робіт з опори, телескопічної вежі, гідропідйомника без ізолюючого елементу або іншого механізму для підйому людей відстань від працівника, що застосовує інструмент, пристосувань, канатів, відтяжок до дроту (електропередачі, радіотрансляції, телемеханіки), що знаходиться під напругою до 1000 В, повинно бути не менше 0,6 м.

#### Роботи без зняття напруги

4.15.23. Працівники, що мають право виконання робіт під потенціалом дроту (з безпосереднім дотику до струмопровідних частин) ПЛ напругою вище 1000 В, повинні мати групу IV, а решта членів бригади - групи III.

#### Обходи і огляди

4.15.74 Не дозволяється наближатися на відстань менше 8 м до лежачого на землі дроту ПЛ напругою вище 1000 В, до залізобетонних опор ПЛ, що знаходяться під напругою, напругою 6-35 кВ за наявності ознак протікання струму замикання на землю (пошкодження ізоляторів, дотик дроту до тіла опори, випаровування вологи з ґрунту, виникнення електричної дуги на стійках і в місцях закладення опори в ґрунт і ін.). У цих випадках поблизу дроту або опори слід організувати охорону для запобігання наближенню до місця замикання людей і тварин, встановити в міру можливості застережливі знаки або плакати, повідомити про випадок власникові ПЛ.



### 1.19 Комплектні розподільні пристрої

4.6.1 При роботі на устаткуванні візка або у відсіку шафи КРП візок з устаткуванням необхідно викотити в ремонтне положення, шторку відсіку, в якому струмопровідні частини залишилися під напругою, замкнути на замок і вивісити плакат безпеки "Стій! Напруга"; на візку або у відсіку, де належить працювати, вивісити плакат "Працювати тут".

4.6.2 При роботах поза КРП на підключеному до них устаткуванні або на відхідних ПЛ і КЛ візок з вимикачем необхідно викотити в ремонтне положення з шафи; шторку або дверці замкнути на замок і на них вивісити плакати "Не включати! Працюють люди" або "Не включати! Робота на лінії".

При цьому допускається:

- за наявності блокування між заземлюючими ножами і візком з вимикачем встановлювати візок в контрольне положення після включення цих ножів;
- за відсутності такого блокування або заземлюючих ножів в шафах КРП встановлювати візок в проміжне положення між контрольним і ремонтним за умови замикання його на замок. Візок може бути встановлений в проміжне положення незалежно від наявності заземлення на присідданні.

4.6.3 Оперувати візком викочування КРП з силовими запобіжниками дозволяється під напругою, але без навантаження.

4.6.4 Встановлювати в контрольне положення візок з вимикачем для випробування і роботи в колах управління і захисту дозволяється в тих випадках, коли роботи поза КРП на відхідних ПЛ і КЛ або на підключеному до них устаткуванні, включаючи механізми, з'єднані з електродвигунами, не проводяться або виконано заземлення в шафі КРП.

4.6.5 У РП, оснащених вакуумними вимикачами, випробування дугогасильних камер підвищеною напругою з амплітудним значенням більше 20 кВ необхідно виконувати з використанням спеціального екрану для захисту персоналу від виникаючих рентгенівських випромінювань.

### 1.20 Роботи з мегомметром

5.4.1 Вимірювання мегомметром в процесі експлуатації дозволяється виконувати навчeim працівникам з числа електротехнічного персоналу. У електроустановках напругою вище 1000 В вимірювання проводяться по наряду, в електроустановках напругою до 1000 В - по розпорядженню. У тих випадках, коли вимірювання мегомметром входять в порядок робіт, обумовлювати ці вимірювання в наряді або розпорядженні не потрібно. Вимірювати опір ізоляції мегомметром може працівник, що має групу III.

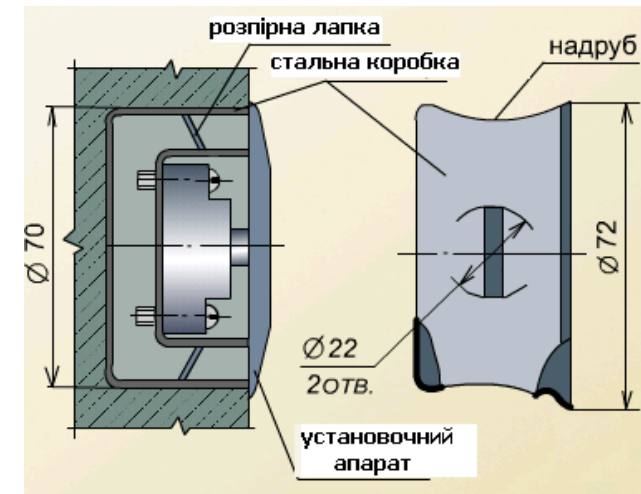


Рис. 5 – Встановлення апаратів в цегляних будівлях з прихованою проводкою

### 2.2 Кріплення апаратів

*Встановлювана арматура і вироби.* При виконанні внутрішніх проводок застосовують:

- встановлювану арматуру - вимикачі, запобіжники, автоматичні вимикачі, штепсельні розетки, патрони для ламп і т.п.;
- ізолюючі вироби - ізолятори, ролики, втулки, воронки, ізоляційні трубки, які служать для надійної ізоляції проводів від конструкцій;
- допоміжні вироби і матеріали - кріпильні деталі (шурупи, гвинти, болти, скоби, гаки, якорі і ін.), припої і флюси, вяжучі матеріали (алебастр, цемент), ізоляційні стрічки, в'язальні матеріали (тасьма, дріт, шпагат) і т.д.;
- вироби і матеріали спеціального призначення (сталеві труби, лотки, короби, металеві гнучкі рукави і ін.).

Вимикачі і запобіжники встановлюють на розподільному щитку, який розміщують в тамбурі або іншому підсобному приміщенні або зовні на відстані не більше 1 м від вводу. Запобіжники і автоматичні вимикачі можна розташувати і на великих відстанях від вводу. При цьому на опорі на початку ввідного прольоту слід встановити грибоподібні або звичайні запобіжники в захищеному від опадів і пилу ящику. На щитку з числом груп більше трьох повинен бути встановлений загальний рубильник або інший відключаючий апарат для зняття напруги зі всієї електричної проводки. У разі встановлення щитка на зовнішній стіні він поміщається в вогнетривкий ящик, що закривається на замок.

При вводах в приміщення з хімічно активним середовищем і пожежонебезпечних приміщеннях через покрівлю із займистих матеріалів запобіжники і вимикачі встановлюють до вводу в будівлю на зовнішній стіні, в тамбурі або на

найближчій опорі ПЛ. Закриті вимикачі, корпус і ручка яких виготовлені з ізолюючого матеріалу, можуть вмонтовуватися в коридорах, тамбурах і інших зручних для користування місцях на висоті 1,5-1,8 м від підлоги в розріз фазного дроту.

### 3 Монтаж щитків, шаф і розподільних пунктів

#### 3.1 Огляд і перевірка комплектності

*Розподільні щитки.* Для прийому і розподілу електроенергії в освітлювальних електроустановках використовуються різні щитки, шафи і ввідно-розподільні пристрої, які містять в собі апарати для комутації та захисту відвідних ліній, а для обліку електроенергії - лічильники.

Ввідно-розподільні пристрої є закритою зварною металевою шафою, в яких встановлені автоматичні вимикачі для захисту, відключення, лічильники для обліку споживаної електроенергії, пристрої для автоматичного керування освітленням входів, під'їздів, сходових майданчиків - все це служить для прийому, розподілу і обліку освітлювальних і силових навантажень в житлових будинках та громадських будівлях. Типів ввідно-розподільних пристроїв є багато і розрізняються вони числом, компоновкою і характеристикою приладів і апаратів.

У електроустановках житлових будинків використовуються щитки освітлювальні, які можуть бути квартирними або поверховими. У промислових підприємствах і громадських будівлях застосовуються щитки промислової серії, які відрізняються великими номінальними струмами вводу, а також ввідно-розподільні пристрої, виконані конструктивно складніше.

#### Область застосування щитків (визначення)

#### Правила улаштування електроустановок (ПУЕ)

##### Розділ 7 Електроулаштування спеціальних установок

Розділ 7.1 Електроустановки житлових, суспільних, адміністративних і побутових будівель

7.1.3 *Ввідний пристрій* (ВП) - сукупність конструкцій, апаратів і приладів, що встановлюються на вводі лінії живлення в будівлю або в його відособлену частину. Ввідний пристрій, що включає також апарати і прилади відхідних ліній називається ввідно-розподільним (ВРП).

7.1.4 *Головний розподільний щит* (ГРЩ) - розподільний щит, через який забезпечується електроенергією вся будівля або його відособлена частина. Роль ГРЩ може виконувати ВРП або щит низької напруги підстанції.

7.1.7 *Квартирний щиток* - груповий щиток, встановлений в квартирі і призначений для приєднання мережі, що живить світильники, штепсельні розетки і стаціонарні електроприймачі квартири.

4.5.4 Перед допуском до роботи, пов'язаної з перебуванням людей усередині повітрозбірників, необхідно:

- закрити засувки на всіх повітропроводах, по яких може бути подане повітря, замкнути їх приводи (штурвали) на ланцюг із замком і вивісити на приводах засувки плакати "*Не відкривати! Працюють люди*";
- випустити з повітрозбірників повітря, що знаходиться під надмірним тиском, залишивши відкритим спусковий дренажний вентиль, пробку або засувку;
- від'єднати від повітрозбірників повітропроводи подачі повітря і встановити на них заглушки.

4.5.5 Нульові покази манометрів на вимикачах і повітрозбірниках не можуть служити достовірною ознакою відсутності тиску стислого повітря. Перед відгвинчуванням болтів і гайок на кришках люків і лазів повітрозбірників виробникові робіт слід особисто переконатися у відкритому положенні спускових засувки, пробки або клапанів з метою визначення дійсної відсутності стислого повітря. Спускові засувки, пробки (клапани) дозволяється закривати тільки після загвинчування всіх болтів і гайок, що кріплять кришки люків (лазів).

4.5.6 Під час відключення і включення повітряних вимикачів при опробуванні, наладці і випробуваннях присутність працівників біля вимикачів не допускається. Команду на виконання операцій вимикачем виробник робіт повинен подати після того, як члени бригади будуть віддалені від вимикача на безпечну відстань або в укриття.

4.5.7 Для пробних включень і відключень комутаційного апарату при його наладці і регулюванні допускається при незданому наряді тимчасова подача напруги в кола оперативного струму, силові кола приводу, а також подача повітря на вимикачі. Установку знятих запобіжників, включення відключених автоматів і відкриття засувки для подачі повітря, а також зняття на час випробування плакатів безпеки повинен здійснювати оперативний персонал. Операції по випробуванню комутаційного апарату може здійснювати виконавець робіт, якщо на це отримано дозвіл особи, що видала наряд і підтверджено записом в рядку "*Окремі вказівки*" наряду, або оперативний персонал на вимогу виконавця робіт. Після випробування, при необхідності продовження роботи на комутаційному апараті, оперативним персоналом повинні бути виконані технічні заходи, потрібні для допуску бригади до роботи. У електроустановках, що не мають місцевого оперативного персоналу, повторного дозволу для підготовки робочого місця і допуску до роботи після випробування комутаційного апарату виконавцеві робіт не вимагається.

повинні бути захищені канатом з плакатами "*Стій! Напруга*", оберненими назовні захищеного простору. У ВРП при роботах у вторинних колах по розпорядженню захищати робоче місце не потрібно.

3.7.6 У ВРП на ділянках конструкцій, по яких можна пройти від робочого місця до ділянок, що граничать з ним і знаходяться під напругою, повинні бути встановлені добре видимі плакати "*Стій! Напруга*". Ці плакати може встановлювати працівник, що має групу III, з числа ремонтного персоналу під керівництвом особи, що допускає. На конструкціях, що граничать з тією, по якій дозволяється підніматися, внизу повинен бути вивішений плакат "*Не влізай! Уб'є*". На стаціонарних сходах і конструкціях, по яких для проведення робіт дозволено підніматися, повинен бути вивішений плакат "*Влізати тут!*".

3.7.7 На підготовлених робочих місцях в електроустановках повинен бути вивішений плакат "*Працювати тут*".

3.7.8 Не допускається прибирати або переставляти до повного закінчення роботи плакати і огорожі, встановлені при підготовці робочих місць особою, що допускає, окрім випадків, обумовлених в графі "*Особливі вказівки*" наряду.

## 1.18 Комутаційні апарати

4.5.1 Допуск до роботи на комутаційному апараті дозволяється після виконання технічних заходів, передбачених цими Правилами і що забезпечують безпеку роботи, включаючи заходи, що перешкоджають помилковому спрацюванню комутаційного апарату.

4.5.2 Підйом на повітряний вимикач, що знаходиться під робочим тиском, дозволяється тільки при проведенні налагоджувальних робіт і при випробуваннях. Підйом на відключений повітряний вимикач з повітрянаповненим віддільником, коли віддільник знаходиться під робочим тиском, не допускається у всіх випадках.

4.5.3 Перед підйомом на повітряний вимикач для випробування або наладки необхідно:

- відключити кола управління;
- заблокувати кнопку місцевого управління або пускові клапани шляхом установки спеціальних заглушок, або замкнути шафи і поставити біля вимикача проінструктованого члена бригади, який допускав би до операції вимикачем (після подачі оперативного струму) тільки одного певного працівника по вказівці виробника робіт. Під час знаходження працівників на повітряному вимикачі, що знаходиться під тиском, необхідно припинити всі роботи в шафах управління і розподільних шафах. Виводи вимикача напругою 220 кВ і вище діючих підстанцій для зняття наведеної напруги повинні бути заземлені.

7.1.8 *Поверховий розподільний щиток* - щиток, встановлений на поверхах житлових будинків і призначений для живлення квартир або квартирних щитків.

7.1.9 *Електрощитове приміщення* - приміщення доступне тільки для обслуговуючого кваліфікованого персоналу, в якому встановлюються ВП, ВРП, ГРЩ і інші розподільні пристрої.

7.1.10 *Мережа живлення* - мережа від розподільного пристрою підстанції або відгалуження від повітряних ліній електропередачі до ВП, ВРП, ГРЩ.

7.1.11 *Розподільна мережа* - мережа від ВП, ВРП, ГРЩ до розподільних пунктів і щитків.

7.1.12 *Групова мережа* - мережа від щитків і розподільних пунктів до світильників, штепсельних розеток і інших електроприймачів.

### Захисні заходи безпеки

7.1.36 У всіх будівлях лінії групової мережі, що прокладаються від групових, поверхових і квартирних щитків до світильників загального освітлення, штепсельних розеток і стаціонарних електроприймачів, повинні виконуватися трипровідними (фазний - *L*, нульовий робочий - *N* і нульовий захисний - *PE* провідники). Не допускається об'єднання нульових робочих і нульових захисних провідників різних групових ліній. Нульовий робочий і нульовий захисний провідники не допускається підключати на щитках під загальний контактний затискач.

7.1.87 На вводі в будівлю повинна бути виконана система вирівнювання потенціалів шляхом об'єднання наступних провідних частин:

- основний (магістральний) захисний провідник;
- основний (магістральний) заземлюючий провідник або основний заземлюючий затискач;
- сталеві труби комунікацій будівель і між будівлями;
- металеві частини будівельних конструкцій, громозахисту, системи центрального опалювання, вентиляції і кондиціонування. Такі провідні частини повинні бути з'єднані між собою на вводі в будівлю.

Рекомендується по ходу передачі електроенергії повторно виконувати додаткові системи вирівнювання потенціалів.

### Пристрої захисного відключення (ПЗВ)

7.1.76 Рекомендується використовувати ПЗВ, що є єдиним апаратом з автоматичним вимикачем, що забезпечує захист від надструму. Не допускається використовувати ПЗВ в групових лініях, що не мають захисту від великого струму, без додаткового апарату, що забезпечує цей захист. При використанні ПЗВ, що не мають захисту від великого струму, необхідна їх розрахункова перевірка в режимах великого струму з урахуванням захисних характеристик

головного апарату, що забезпечує захист від великого струму.

7.1.77 У житлових будівлях не допускається застосовувати ПЗВ, що автоматично відключають споживача від мережі при зникненні або недопустимому падінні напруги мережі. При цьому ПЗВ повинні зберігати працездатність на якийсь час (не менше 5 с) при зниженні напруги до 50% від номінальної.

7.1.78 У будівлях можуть застосовуватися ПЗВ типу "А", що реагують як на змінні, так і на пульсуючі струми пошкоджень, або "АС", що реагують тільки на змінні струми витоку. Джерелом пульсуючого струму є, наприклад, пральні машини з регуляторами швидкості, регульовані джерела світла, телевізори, відеоманіфони, персональні комп'ютери і ін.

7.1.79 У групових мережах, що живлять штепсельні розетки, слід застосовувати ПЗВ з номінальним струмом спрацьовування не більше 30 мА. Допускається приєднання до одного ПЗВ декількох групових ліній через окремі автоматичні вимикачі (запобіжники). Установка ПЗВ в лініях, що живлять стаціонарне устаткування і світильники, а також в загальних освітлювальних мережах, як правило, не потрібна.

7.1.80 У житлових будівлях ПЗВ рекомендується встановлювати на квартирних щитках, допускається їх установка на поверхових щитках.

7.1.81 Установка ПЗВ забороняється для електроприймачів, відключення яких може привести до ситуацій, небезпечних для споживачів (відключенню пожежної сигналізації і тому подібне).

7.1.82 Обов'язковою є установка ПЗВ з номінальним струмом спрацьовування не більше 30 мА для групових ліній, що живлять розеткові мережі, що знаходяться поза приміщеннями і в приміщеннях особливо небезпечних і з підвищеною безпекою, наприклад, в зоні ванних і душових приміщень квартир і номерів готелів.

7.1.83 Сумарний струм витоку мережі з урахуванням приєднаних стаціонарних і переносних електроприймачів в нормальному режимі роботи не повинен перевершувати 1/3 номінального струму ПЗВ. За відсутності даних струм витоку електроприймачів слід приймати з розрахунку 0,4 мА на 1 А струму навантаження, а струм витоку мережі - з розрахунку 10 мкА на 1 м довжини фазного провідника.

7.1.84 Для підвищення рівня захисту від спалаху при замиканнях на заземлені частини, коли величина струму недостатня для спрацьовування максимального струмового захисту, на вводі в квартиру, індивідуальний будинок і тому подібне рекомендується установка ПЗВ із струмом спрацьовування до 300 мА.

7.1.85 Для житлових будівель при виконанні вимог п. 7.1.83 функцій ПЗВ за пп. 7.1.79 і 7.1.84 можуть виконуватися одним апаратом із струмом спрацьовування не більше 30 мА.

може бути з числа ремонтного персоналу, а при заземленні приєднань споживачів - з персоналу споживачів. На віддалених підстанціях по дозволу адміністративно-технічного або оперативного персоналу при установці заземлень в основній схемі дозволяється робота другого працівника, що має групу III, з числа персоналу споживачів; включати заземляючі ножі може один працівник, що має групу IV, з числа оперативного персоналу. Відключати заземляючі ножі і знімати переносні заземлення одноосібно може працівник з числа оперативного персоналу, що має групу III.

### **1.17 Огорожа робочого місця, вивішування плакатів**

3.7.1 У електроустановках повинні бути вивішені плакати "Заземлено" на приводах роз'єднувачів, віддільників і вимикачів навантаження, при помилковому включенні яких може бути подана напруга на заземлену ділянку електроустановки, і на ключах і кнопках дистанційного керування комутаційними апаратами.

3.7.2 Для тимчасової огорожі струмопровідних частин, що залишилися під напругою, можуть застосовуватися щити, ширми, екрани і т. п., виготовлені з ізоляційних матеріалів. На тимчасові огорожі повинні бути нанесені написи "Смії! Напруга" або укріплені відповідні плакати.

3.7.3 У електроустановках напругою до 20 кВ в тих випадках, коли не можна захистити струмопровідні частини щитами, допускається застосування ізолюючих накладок, що поміщаються між відключеними і такими, що знаходяться під напругою струмопровідними частинами (наприклад, між контактами відключеного роз'єднувача). Ці накладки можуть дотикатися струмопровідних частин, що знаходяться під напругою. Встановлювати і знімати ізолюючі накладки повинні два працівники, що мають групи IV і III. Старший з них повинен бути з числа оперативного персоналу. При операціях з накладками слід використовувати діелектричні рукавички, ізолюючу штангу (кліщі).

3.7.4 На огорожах камер, шаф і панелей, що граничать з робочим місцем, повинні бути вивішені плакати "Смії! Напруга".

3.7.5 У ВРП при роботах, що проводяться із землі, і на устаткуванні, встановленому на фундаментах і окремих конструкціях, робоче місце повинне бути захищене (із залишенням проїзду, проходу) канатом, мотузком або шнуром з рослинних або синтетичних волокон з вивішеними на них плакатами "Смії! Напруга", оберненими всередину захищеного простору. Дозволяється користуватися для підвіски каната конструкціями, не включеними в зону робочого місця, за умови, що вони залишаються поза захищеним простором. При знятті напруги зі всього ВРП, за винятком лінійних роз'єднувачів, останні

додаткове заземлення, що не порушується при маніпуляціях з роз'єднувачем.

3.5.2 Заземлені струмопровідні частини повинні бути відокремлені від струмопровідних частин, що знаходяться під напругою, видимим розривом. Встановлені заземлення можуть бути відокремлені від струмопровідних частин, на яких безпосередньо ведеться робота, відключеними вимикачами, роз'єднувачами, віддільниками або вимикачами навантаження, знятими запобіжниками, демонтованими шинами або проводами. Безпосередньо на робочому місці заземлення на струмопровідній частині додатково повинно бути встановлене в тих випадках, коли ці частини можуть опинитися під наведеною напругою (потенціалом).

3.5.3 Переносні заземлення слід приєднувати до струмопровідних частин в місцях, очищених від фарби.

3.5.4 У електроустановках напругою до 1000 В при роботах на збірних шинах РП, щитів, складок напруга з шин повинна бути знята і шини (за винятком шин, виконаних ізольованим дротом) повинні бути заземлені. Необхідність і можливість заземлення приєднань цих РП, щитів, складок і підключеного до них устаткування визначає особа, що видає наряд, розпорядження.

3.5.5 Допускається тимчасове зняття заземлень, встановлених при підготовці робочого місця, якщо це потрібно по характеру виконуваних робіт (вимірювання опору ізоляції і тому подібне). Тимчасове зняття і повторну установку заземлень виконує оперативний персонал або виконавець робіт по вказівці особи, що видає наряд. Дозвіл на тимчасове зняття заземлень, а також на виконання цих операцій виконавцем робіт повинно бути внесено до рядка наряду "Окремі вказівки" записом про те, де і для якої мети повинні бути зняті заземлення.

3.5.6 У електроустановках, конструкція яких така, що установка заземлення небезпечна або неможлива (наприклад, в деяких розподільних ящиках, КРП окремих типів, складках з вертикальним розташуванням фаз), повинні бути розроблені додаткові заходи щодо забезпечення безпеки робіт, що включають установку діелектричних ковпаків на ножі роз'єднувачів, діелектричних накладок або від'єднання проводів, кабелів і шин. Перелік таких електроустановок затверджується працедавцем і доводиться до зведення персоналу.

3.5.7 У електроустановках напругою до 1000 В операції по установці і зняттю заземлень дозволяється виконувати одному працівникові, що має групу III, з числа оперативного персоналу.

3.5.8 У електроустановках напругою вище 1000 В встановлювати переносні заземлення повинні два працівники: один - що має групу IV (з числа оперативного персоналу), інший - що має групу III; працівник, що має групу III,

7.1.86 Якщо ПЗВ призначений для захисту від ураження електричним струмом і спалаху або тільки для захисту від спалаху, то він повинен відключати як фазний, так і нульовий робочі провідники, захист від надструму в нульовому робочому провіднику не потрібний.

### 3.2 Установка щитків

*Вимоги до щитів, які підлягають монтажу.* Щити повинні поставлятися в закінченому для монтажу вигляді:

- з апаратурою і встановленими виробами (встановлює підприємство-виробник);
- з внутрішньою електричною і трубою проводкою, підготовленою до підключення зовнішніх кіл;
- з конструкціями для установки і кріплення приладів апаратури і для електричних і трубних підвідних проводок;
- з кріпильними виробами для збірки і установки щитів на об'єкті.

З щитами поставляють паспорт, креслення загального вигляду з таблицями з'єднання та підключень, ключ від замку дверей.

При прийманні щитів звертають особливу увагу на видимі дефекти, які виникли в процесі їх транспортування і зберігання:

- порушення захисного покриття і наявність корозії на елементах конструкцій щита, різьбових з'єднаннях, а також на деталях для установки приладів і апаратів, на контактних поверхнях приладів, апаратів і встановлених виробів;
- ослаблення різьбових з'єднань (контактних, кріпильних, включаючи трубні з'єднувачі і тому подібне);
- ослаблення або самовикручування кріпильних з'єднань, що може привести до падіння приладів, апаратів і конструкцій;
- вм'ятини, тріщини, надриви і інші залишкові деформації деталей щита, приладів і апаратів;
- злами і тріщини паяних з'єднань;
- пошкодження електричних і трубних проводок (ізоляції, жил проводів, поверхні труб і тому подібне), заїдання рухомих частин складальних одиниць (дверей, рам і так далі).

Виявлені дефекти усуває до початку монтажу щита на об'єкті замовник. Він же забезпечує передачу в монтаж щитів без дефектів.

*Вимоги до монтажу щитів.* При монтажі щити встановлюють у вертикальне положення, перед закріпленням їх вивіряють по рівню і схилу. Допустиме відхилення - не більше 1° в будь-яку сторону.

Каркаси і допоміжні елементи складених щитів скріплюють між собою роз'ємним з'єднанням. Зазори між поверхнями, що з'єднуються, не більше 2 мм на 1 м довжини. Скріплюють каркаси і допоміжні елементи суміжних щитів між собою після їх вивіряння по рівню і схилу.

Декоративні панелі встановлюють після остаточного скріплення щитів між собою і закріплення їх до заставних конструкцій. При цьому рекомендується використовувати монтажні майданчики ПМ-800.

Відстань між встановленими на стіні малогабаритними щитами повинна забезпечувати відкриття дверей щита не менше ніж на 100°. Щити, встановлені в спеціальних приміщеннях, повинні задовольняти наступним вимогам:

- відстань від найбільш виступаючих відкритих струмопровідних частин приладів і інших електричних апаратів, розташованих на протилежно встановлених рядах щитів, не менше 1500 мм;
- ширина проходу між рядами щитів не менше 800 мм;
- відстань від найбільш виступаючих відкритих струмопровідних частин апаратів і приладів, встановлених на внутрішніх стінках щита, до розташованої заду стіни приміщення не менше 1000 мм.

При ширині проходу не менше 800 мм допускається звуження проходу в окремих місцях до 600 мм. На місця зварки наносять лакофарбні покриття.

Трубні і кабельні проводки, передбачені робочою документацією, прокладають по верху щитів після закріплення декоративних панелей, а при їх відсутності - після закріплення щитів. При цьому приймають заходи, щоб виключити можливість пошкодження лакофарбних покриттів і деформації елементів щита. Кабельні і трубні проводки вводять в щит і закріплюють.

Дефекти, що утворилися в процесі монтажу щита, усувають:

- ослаблені різьбові з'єднання затягують до упору за допомогою гайкових ключів і викруток. Застосовувати для цих цілей універсальний інструмент (плоскогубці, пасатижі і т. п.) не допускається;
- порушені контактні з'єднання і пошкоджені лакофарбні покриття відновлюють.

*Монтаж щитків* Найчастіше щитки поступають на місце монтажу в повністю зібраному вигляді укомплектованими і упакованими. Ящики розкривають акуратно, так щоб не пошкодити устаткування, що знаходиться в них. Потім встановлюють їх строго вертикально на фундаментні рами, які готують під час будівельних робіт. При монтажі щитків і приєднанні відвідних проводів відстань між неізольованими проводами, що знаходяться під напругою, і ошиновкою щитка та металевими неструмопровідними частинами повинна бути не менше 20 мм по поверхні ізоляції і 12 мм по повітрю. Всі вводи і виводи в щитках повинні бути ущільнені.

Прилади, які не можна піддавати струсам і вібрації, на час монтажу знімають, а після установки щита вмонтовують зняті прилади на місце і перевіряють їх працездатність. Корпус щитка через заземляючу шину (зваркою або болтовим з'єднанням) необхідно під'єднати до контура заземлення. Перевіряють опір ізоляції струмопровідних частин мегомметром, який повинен бути не менше 0,5 МОм. До розподільного пристрою під'єднують кабелі жив-

робочу частину необхідно заземляти.

3.3.5 На ПЛ при підвісці проводів на різних рівнях перевіряти відсутність напруги показчиком або штангою і встановлювати заземлення слід від низу до верху, починаючи з нижнього дроту. При горизонтальній підвісці перевірку потрібно починати з найближчого дроту.

3.3.6 У електроустановках напругою до 1000 В із заземленою нейтраллю при застосуванні двополюсного показника перевіряти відсутність напруги потрібно як між фазами, так і між кожною фазою і заземленим корпусом устаткування або захисним провідником. Допускається застосовувати заздалегідь перевірений вольтметр. Забороняється користуватися контрольними лампами.

3.3.7 Пристрої, що сигналізують про відключене положення апарату, блокуючі пристрої, постійно включені вольтметри і тому подібне є тільки додатковими засобами, що підтверджують відсутність напруги, і на підставі їх показів не можна робити висновок про відсутність напруги.

### **1.15 Встановлення заземлення**

3.4.1 Встановлювати заземлення на струмопровідні частини необхідно безпосередньо після перевірки відсутності напруги.

3.4.2 Переносне заземлення спочатку потрібно приєднати до заземляючого пристрою, а потім, після перевірки відсутності напруги, встановити на струмопровідні частини. Знімати переносне заземлення необхідно в зворотній послідовності: спочатку зняти його з струмопровідних частин, а потім від'єднати від заземляючого пристрою.

3.4.3 Встановлення і зняття переносних заземлень повинні виконуватися в діелектричних рукавичках із застосуванням в електроустановках напругою вище 1000 В ізолюючої штанги. Закріплювати затискпчі переносних заземлень слід цією ж штангою або безпосередньо руками в діелектричних рукавичках.

3.4.4 Не допускається користуватися для заземлення провідниками, не призначеними для цієї мети.

### **1.16 Установка заземлень в розподільних пристроях**

3.5.1 У електроустановках напругою вище 1000 В заземлятися повинні струмопровідні частини всіх фаз (полюсів) відключеної для робіт ділянки з усіх боків, звідки може бути подана напруга, за винятком відключених для роботи збірних шин, на які досить встановити одне заземлення. При роботах на відключеному лінійному роз'єднувачі на дроти спусків з боку ПЛ незалежно від наявності заземляючих ножів на роз'єднувачі повинно бути встановлене

3.2.2 На приводах роз'єднувачів, якими відключена для робіт ПЛ або КЛ, незалежно від числа працюючих бригад, вивішується один плакат "*Не включати! Робота на лінії*". Цей плакат вивішується і знімається по вказівці оперативного персоналу, що веде облік числа бригад, які працюють на лінії.

### **1.14 Перевірка відсутності напруги**

3.3.1 Перевіряти відсутність напруги необхідно показчиком напруги, справність якого перед застосуванням повинна бути встановлена за допомогою призначених для цієї мети спеціальних приладів або наближенням до струмопровідних частин, що явно знаходяться під напругою. У електроустановках напругою вище 1000 В користуватися показчиком напруги необхідно в діелектричних рукавичках. У електроустановках напругою 35 кВ і вище для перевірки відсутності напруги можна користуватися ізолюючою штангою, торкаючись нею кілька разів до струмопровідних частин. Ознакою відсутності напруги є відсутність іскріння і потріскування. На одноколових ПЛ напругою 330 кВ і вище достатньою ознакою відсутності напруги є відсутність коронування.

3.3.2 У РП перевіряти відсутність напруги дозволяється одному працівникові з числа оперативного персоналу, що має групу IV, - в електроустановках напругою вище 1000 В і що має групу III, - в електроустановках напругою до 1000 В. На ПЛ перевірку відсутності напруги повинні виконувати два працівники: на ПЛ напругою вище 1000 В - працівники, що мають групи IV і III, на ВЛ напругою до 1000 В - працівники, що мають групу III.

3.3.3 Перевіряти відсутність напруги вивірюванням схеми в натурі дозволяється:

- у ВРП, КРП зовнішньої установки, а також на ПЛ при тумані, дощі, снігопаді у разі відсутності спеціальних показників напруги;
- у ВРП напругою 330 кВ і вище і на двоколових ПЛ напругою 330 кВ і вище;
- при вивірянні схеми в реальній відсутності напруги на вводах ПЛ і КЛ підтверджується черговим, в оперативному управлінні якого знаходяться лінії;
- вивірювання ПЛ в реальності полягає в перевірці напрямку і зовнішніх ознак ліній, а також позначень на опорах, які повинні відповідати диспетчерським найменуванням ліній.

3.3.4 На ПЛ напругою 6-20 кВ при перевірці відсутності напруги, що виконується з дерев'яних або залізобетонних опор, а також з телескопічних веж, показчиком, що працює на принципі протікання ємкісного струму, за винятком імпульсного, слід забезпечити необхідну чутливість показчика. Для цього його

лення, позначають кінці кабелів бірками за проектом. Після закінчення монтажу перевіряють працездатність пристрою під напругою, особливу увагу приділяючи нагріву контактів.

### **3.3 Монтаж вторинних кіл**

*Основні технологічні етапи монтажу вторинних кіл:*

- перевірка жил на відсутність обриву приладом або індикатором;
- з'єднання апаратів на панелях всередині щита або ящика, із запасом по довжині і із закріпленням потоків проводів бандажами через 200 мм;
- виконання переходів проводів з корпусу щита на рухомі дверці або рухомі контакти;
- маркування у набірних затисків і у затисків апаратів, відповідно до робочих креслень.

### **3.4 Перевірка і випробування**

*Правила приймання.* Приймання піддають кожен змонтований щит. При проведенні приймання перевіряють:

- комплектність щита;
- правильність його розміщення;
- кріплення складених щитів між собою;
- кріплення щитів до заставної конструкції;
- кріплення кабелів і труб, що вводяться в щити;
- якість змонтованих щитів.

Перевірка проводиться зовнішнім оглядом, звіренням з робочою документацією і за допомогою вимірювального інструменту, що забезпечує необхідну точність вимірювання.

Якщо щити пройшли перевірку у вказаному об'ємі і задовольняють технічним вимогам, монтаж вважають закінченим. У разі незадовільного результату приймання дефекти підлягають виправленню з подальшою перевіркою.

Послідовність виконання монтажу і наладки:

- прочитати принципові схеми і відшукати в ящиках всі апарати, вказані на схемі;
- перевірити первинні і вторинні кола, а також контакти всіх апаратів, включених в ці кола;
- перевірити справність механічної частини апаратів: включення і відключення без заїдань, спрацювання теплового реле при примусовому натисненні на біметалічну пластинку, фіксацію положень рукояток;
- перевірити справність електричних кіл, замикання і розмикання контактів індикатором з батареями. При перевірці на кінці провідників нанести маркування;

- зміряти опір ізоляції вторинних кіл разом зі встановленою в цих колах апаратурою. Вторинні кола, розраховані на робочу напругу до 60 В, випробовують мегомметром на 500 В, а кола, розраховані на напругу понад 60 В - мегомметром на 1000 В.

До початку вимірювання ізоляції в щитах, шафах необхідно:

- перевірити, на яку випробувальну напругу розрахована ізоляція проводів і апаратів;
- зняти запобіжники і від'єднати нульові захисні провідники від корпусів шафи і апаратів;
- очистити електричні кола і контакти від пилу і забруднень.

Опір ізоляції жил кабелів, проводів, обмоток вимірюють по відношенню до корпусів апаратів і шаф; між фазами в межах одного кола; між колами, електрично не зв'язаними одне з одним, наприклад, між первинними і вторинними колами.

закрита і замкнута на механічний замок засувка і випущено стисле повітря, при цьому спускові клапани повинні бути залишені у відкритому положенні;

- у вантажних і пружинних приводів включаючий вантаж або включаючі пружини повинні бути приведені в неробоче положення;
- повинні бути вивішені заборонні плакати.

3.1.5 У електроустановках напругою до 1000 В зі всіх струмопровідних частин, на яких проводитиметься робота, напруга повинна бути знята відключенням комутаційних апаратів з ручним приводом, а за наявності в схемі запобіжників - зняттям останніх. За відсутності в схемі запобіжників запобігання помилковому включенню комутаційних апаратів повинно бути забезпечене такими заходами, як замикання рукояток або дверей шафи, закриття кнопок, установка між контактами комутаційного апарату ізолюючих накладок і ін. При знятті напруги комутаційним апаратом з дистанційним управлінням необхідно розімкнути вторинне коло котушки включення. Перераховані заходи можуть бути замінені розшиновкою або від'єднанням кабелю, проводів від комутаційного апарату або від устаткування, на якому повинні проводитися роботи. Необхідно вивісити заборонні плакати.

3.1.6 Відключене положення комутаційних апаратів напругою до 1000 В з недоступними для огляду контактами визначається перевіркою відсутності напруги на їх затисках або на відхідних шинах, проводах або затисках устаткування, що включається цими комутаційними апаратами.

### **1.13 Вивішування заборонних плакатів**

3.2.1 На приводах (рукоятках приводів) комутаційних апаратів з ручним управлінням (вимикачів, віддільників, роз'єднувачів, рубильників, автоматів) щоб уникнути подачі напруги на робоче місце повинні бути вивішені плакати *"Не включати! Працюють люди"*.

Біля однополюсних роз'єднувачів плакати вивішуються на приводі кожного полюса, біля роз'єднувачів, керованих оперативною штангою, - на огорожах. На засувках, що закривають доступ повітря в пневматичні приводи роз'єднувачів, вивішується плакат *"Не відкривати! Працюють люди"*. На приєднаннях напругою до 1000 В, що не мають комутаційних апаратів, плакат *"Не включати! Працюють люди"* повинен бути вивішений біля знятих запобіжників. Плакати повинні бути вивішені на ключах і кнопках дистанційного і місцевого керування, а також на автоматах або у місцях знятих запобіжників кіл управління і силових кіл живлення приводів комутаційних апаратів.



2.11.4 Особа, що допускає після отримання наряду, в якому оформлено повне закінчення робіт, повинен оглянути робочі місця і повідомити працівника з числа вищестоящего оперативного персоналу про повне закінчення робіт і про можливість включення електроустановки.

2.11.5 Закінчення роботи по наряді або розпорядженню після огляду місця роботи повинно бути оформлене у відповідній графі «Журналу обліку робіт по нарядах і розпорядженнях» і оперативного журналу.

### 1.12 Відключення

3.1.1. При підготовці робочого місця повинні бути відключені:

- струмопровідні частини, на яких проводимуться роботи;
- необгороджені струмопровідні частини, до яких можливе випадкове наближення людей, механізмів і вантажопідйомних машин;
- кола управління і живлення приводів, закрито повітря в системах управління комутаційними апаратами, знято заведення з пружин і вантажів у приводів вимикачів і роз'єднувачів.

3.1.2 У електроустановках напругою вище 1000 В з кожного боку, з якого комутаційним апаратом на робоче місце може бути подана напруга, повинен бути видимий розрив. Видимий розрив може бути створений відключенням роз'єднувачів, зняттям запобіжників, відключенням віддільників і вимикачів навантаження, від'єднанням або зняттям шин і проводів. Силові трансформатори і трансформатори напруги, пов'язані з виділеною для робіт ділянкою електроустановки, повинні бути відключені і схеми їх розібрані також з боку інших своїх обмоток для виключення можливості зворотної трансформації.

3.1.3 Після відключення вимикачів, роз'єднувачів (віддільників) і вимикачів навантаження з ручним управлінням необхідно візуально переконатися в їх відключенні і відсутності шунтуючих перемичок.

3.1.4 У електроустановках напругою вище 1000 В для запобігання помилковому або мимовільному включенню комутаційних апаратів, якими може бути подана напруга до місця роботи, повинні бути прийняті наступні заходи:

- у роз'єднувачів, віддільників, вимикачів навантаження ручні приводи у відключеному положенні повинні бути замкнуті на механічний замок (у електроустановках напругою 6-10 кВ з однополюсними роз'єднувачами замість механічного замка допускається надягати на ножі діелектричні ковпаки);
- у роз'єднувачів, керованих оперативною штангою, стаціонарні огорожі повинні бути замкнуті на механічний замок;
- у приводів комутаційних апаратів, що мають дистанційне керування, повинні бути відключені силові кола і кола управління, а у пневматичних приводів, крім того, на підвідному трубопроводі стислого повітря повинна бути

## ЛЕКЦІЯ № 5. ПОВІТРЯНІ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

### 1 Огляд повітряних ліній

Встановлення приставок до опор і заміна приставок біля опор. Якщо стійки опор не мали приставок і загнивання їх в нижній частині перевищило допустимі межі, до них встановлюють приставки. Для цього укріплюють стійку трьома розтяжками, розташованими під кутом 120° одна до іншої і прикріпленими на висоті 4-5 м над поверхнею землі. Із зовнішнього боку опори риють яму, опускають в неї приставку і прикріплюють до стійки дротяним бандажем або хомутом (рис. 1). Яму засипають і трамбують, після чого розтяжки знімають. Деревину, що загнила, на поверхні стійки в місці зіткнення її з приставкою видаляють. Якщо біля опори необхідно замінити приставку, це роблять наступним чином. Опору укріплюють розтяжками, як у попередньому випадку. Потім з протилежного боку опори риють яму. У неї встановлюють нову приставку по попередньому методу. Після цього стару видаляють, а яму засипають і утрамбовують.

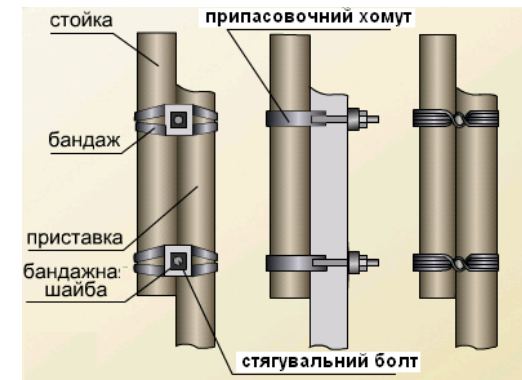


Рис. 1 - Способи кріплення приставок до опор

Перевірка деревини на загнивання. Згідно вказівок Правил експлуатації електроустановок споживачів перевірка деревини на загнивання проводиться шляхом:

- зовнішнього огляду і простукування деталі по всій її довжині;
- вимірювання глибини загнивання.

В якості найменшого діаметру здорової частини деревини деталей опор рекомендується приймати для стійок і пасинків ліній напругою 35 кВ і нижче - 12 см, для траверс ліній 35 кВ і нижче - 10 см.

Стан деревини опори визначають простукуванням під час оглядів в суху і неморозну погоду. Здорова деревина при цьому видає чистий, дзвінкий звук, а

гнила - глухий. Глибину загнивання деревини визначають шилом з поділками або буравом діаметром 12 мм. Бурав порожній усередині, що дозволяє отримати стовпчик деревини і визначити по ньому характер і глибину загнивання. Отвори, зроблені в опорі під час випробувань, забивають дерев'яними пробками і ретельно замазують протигнильним складом.

Найбільш схильні до гниття опори або приставки на глибині 30-40 см від поверхні землі, на рівні поверхні землі і в місцях з'єднання траверси із стійкою. Просочену деревину перевіряють на загнивання один раз в 3 роки.

Тріщини в опорах. У залізобетонних з ненапруженою арматурою опорах згідно вказівок Правил експлуатації електроустановок споживачів (ПЕЕС) допускається наявність тріщин, ширина розкриття яких при експлуатаційних навантаженнях складає не більше 0,2 мм. Кількість таких тріщин повинна бути не більше шести на 1 м стовбура опори. Кількість тріщин не нормується.

Огляд з розтином ґрунту. Відповідно до ПЕЕС огляд з розтином ґрунту проводиться у 2% загального числа опор із заземлювачами не рідше за одного разу в 10 років. Для заземлюючих пристроїв, схильних до інтенсивної корозії, встановлюється частіша періодичність оглядів з розтином ґрунту. Після осідання, обвалів або видування ґрунту в зоні заземлюючого пристрою повинні проводитися позачергові огляди з розтином ґрунту. Елемент заземлювача повинен бути замінений, якщо зруйновано більше 50% його перетину. На ПЛ напругою до 1000 В перевірка проводиться на всіх опорах із заземлювачами грозозахисту і повторними заземлювачами нульового дроту. У решти залізобетонних опор перевірка проводиться вибірково у 2% загального числа опор.

Заміна пошкодженої ділянки дроту. Для видалення пошкоджених ділянок дрот знімають з ізоляторів на декількох опорах і опускають в положення, зручне для роботи. Потім з двох сторін пошкодженої ділянки закріплюють шнури і стягують поліспастом, що складається з нерухомого і рухомого блоків, з'єднаних канатом (рис. 2). Ослаблену ділянку вирізують і на її місце вставляють справний кусок дроту тієї ж довжини. Після цього видаляють поліспаст, дрот піднімають на опори і кріплять до ізоляторів. При ремонтних роботах застосовують ті ж засоби механізації, що і при монтажі. При необхідності треба використовувати телескопічну вежу для верхових оглядів, ремонту та заміни ізоляторів і проводів, а також машини бурильних кранів.

місце, члени бригади, що мають групу II, - тільки у супроводі члена бригади, що має групу III, або працівника, що має право одноосібного огляду електроустановок. Не допускається після виходу з РП залишати двері не закритими на замок. Члени бригади, що повернулися, можуть приступити до роботи тільки з дозволу виконавця робіт (спостерігача).

2.8.4 При виявленні порушень цих Правил або виявленні інших обставин, загрозових безпеці працівників, бригада повинна бути видалена з робочого місця і у виконавця робіт (спостерігача) повинен бути відібраний наряд. Тільки після усунення виявлених порушень бригада може бути знов допущена до роботи з дотриманням вимог первинного допуску.

2.8.5 Змінювати склад бригади дозволяється працівникові, що видав наряд, або іншому працівникові, що має право видачі наряду на виконання робіт в електроустановці. Вказівки про зміни складу бригади можуть бути передані по телефону, радіо або з посильним особою, що допускає, відповідальному керівникові або виконавцеві робіт (спостерігачу), який в наряді за своїм підписом записує прізвище і ініціали працівника, що дав вказівку про зміну.

### **1.11 Закінчення роботи, здача-приймання робочого місця.**

#### ***Закриття наряду, розпорядження***

2.11.1 Після повного закінчення роботи виконавець робіт (спостерігач) повинен вивести бригаду з робочого місця, зняти встановлені бригадою тимчасові огорожі, переносні плакати безпеки, прапорці і заземлення, закрити двері електроустановки на замок і оформити в наряді повне закінчення робіт своїм підписом. Відповідальний керівник робіт після перевірки робочих місць повинен оформити в наряді повне закінчення робіт.

2.11.2 Виконавець робіт (спостерігач) повинен повідомити черговий оперативний персонал або працівника, що видав наряд, про повне закінчення робіт і виконання ним вимог п. 2.11.1 цих Правил.

2.11.3 Наряд після оформлення повного закінчення робіт виконавець робіт (спостерігач) повинен здати особі, що допускає, а при її відсутності - залишити у відведеному для цього місці, наприклад, в папці діючих нарядів. Якщо передача наряду після повного закінчення робіт утруднена, то з дозволу особи, що допускає або працівника з числа оперативного персоналу виконавець робіт (спостерігач) може залишити наряд у себе. В цьому випадку, а також коли виконавець робіт суміщає обов'язки особи, що допускає, він повинен не пізніше за наступний день здати наряд оперативному персоналу або працівникові, що видав наряд, а на віддалених ділянках - адміністративно-технічному персоналу ділянки.

допускає їх, з числа оперативного персоналу. Коли виконавець робіт суміщає обов'язки особи, що допускає, допуск оформляється в одному екземплярі наряду. Допуск до роботи по розпорядженню оформляється в «Журналі обліку робіт по нарядах і розпорядженнях» із записом про допуск до роботи в оперативному журналі.

### 1.10 Нагляд при проведенні робіт, зміни у складі бригади

2.8.1 Після допуску до роботи нагляд за дотриманням бригадою вимог безпеки покладається на виконавця робіт (спостерігача), який повинен так організувати свою роботу, щоб вести контроль за всіма членами бригади, знаходячись по можливості на тій ділянці робочого місця, де виконується найбільш небезпечна робота. Не допускається особі, що спостерігає, суміщати нагляд з виконанням якої-небудь роботи.

2.8.2 При необхідності тимчасового відходу з робочого місця виконавець робіт (спостерігач), якщо його не можуть замінити відповідальний керівник робіт або працівник, що має право видачі нарядів, зобов'язаний видалити бригаду з місця роботи (з виведенням її з РП і закриттям входних дверей на замок, із зняттям людей з опори ПЛ і тому подібне). У випадках підміни виконавець робіт (спостерігач) на час своєї відсутності повинен передати наряд працівникові, що замінив його. Залишатися в електроустановках напругою вище 1000 В одному виконавцеві робіт (спостерігачу) або членам бригади без виконавця робіт (спостерігача) не дозволяється. Виключенням можуть бути наступні види робіт:

- регулювання вимикачів, роз'єднувачів, приводи яких винесені в інше приміщення;
- монтаж, перевірка вторинних кіл, пристроїв захисту, електроавтоматики, сигналізації, вимірювань, зв'язку і ін.;
- прокладка силових і контрольних кабелів;
- випробування електроустаткування з подачею підвищеної напруги, коли необхідно здійснювати спостереження за випробовуваним устаткуванням і попереджати про небезпеку наближення до нього сторонніх осіб.

2.8.3 Допускається з дозволу виконавця робіт (спостерігача) тимчасовий відхід з робочого місця одного або декількох членів бригади. При цьому виводити їх з складу бригади не потрібно. У електроустановках напругою вище 1000 В кількість членів бригади, що залишилися на робочому місці, повинно бути не менше двох, включаючи виконавця робіт (спостерігача). Члени бригади, що мають групу III, можуть самостійно виходити з РП і повернутися на робоче



Рис. 2 - Пристрій поліспасти

## 2 Вимірювання опорів заземлення

Заземлюючі пристрої. На повітряні ЛЕП напругою до 1 кВ встановлюють заземлюючі пристрої, що проходять вздовж зовнішньої сторони опори і з'єднують четвертий (нульовий) дріт із землею (рис. 3). Відстань між опорами із заземлювачами визначається числом грозових годин в році: до 40 годин - не більше 200 м, більше 40 годин - не більше 100 м. Опір заземлюючого пристрою відповідно до ПУЕ повинен бути не більше 30 Ом.

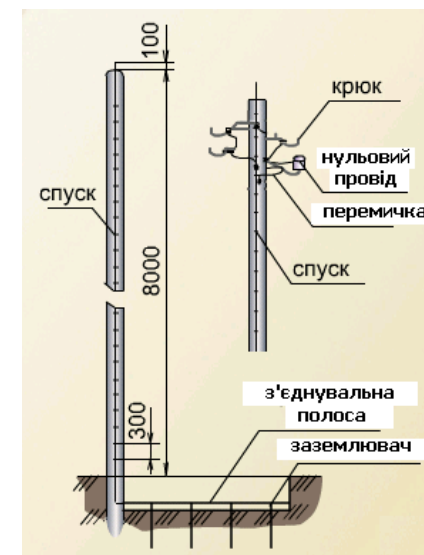


Рис. 3 - Заземлюючий пристрій повітряної ЛЕП

Схема вимірювання опору заземлення. Вимірювання опору заземлення опор проводяться спеціальним приладом - вимірником заземлення типу МС-07, МС-08 (рис. 4). Принцип дії приладу заснований на порівнянні падіння напруги на випробовуваному заземленні  $R_x$  з падінням напруги на регульованому відомому опорі  $R$ , який відградуйовано в Омах і нанесено на шкалі приладу.

Для вимірювання опору ізоляції опор випробовуване заземлення опору  $R_x$  з'єднують із затискачами приладів  $I_1$  і  $E_1$  двома проводами перетином 4-6 мм<sup>2</sup>, що виключає похибки, що вносяться опорами з'єднувальних проводів і контактів. Вимірник заземлення розташовують в безпосередній близькості від випробовуваного заземлювача і встановлюють горизонтально на твердій підставі. В якості зонда  $R_3$  і допоміжного заземлювача  $R_{\text{доп}}$ , що підключаються до приладу затискачами  $E_2$  і  $I_2$ , використовують сталеві стержні або труби діаметром до 50 мм. Глибина їх заглиблення в ґрунт повинна бути не менше 0,5 м. Допоміжний електрод забивають на відстані 40-50 м від випробовуваного заземлення.

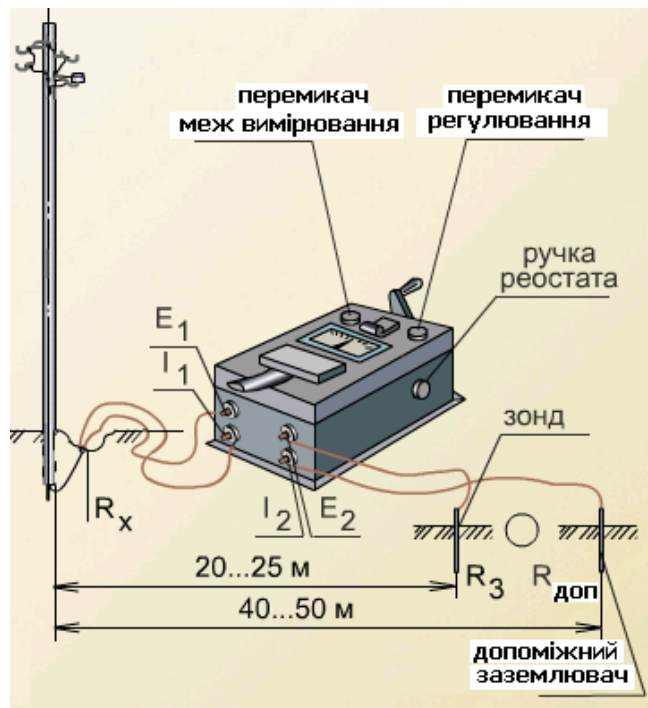


Рис. 4 - Схема вимірювання опору заземлення

інструктажа допуск до роботи забороняється. Цільовий інструктаж при роботах по наряді проводять:

- особа, що видає наряд - відповідальному керівникові робіт або, якщо відповідальний керівник не призначається, виконавцеві робіт (спостерігачу);
- особа, що допускає - відповідальному керівникові робіт, виконавцеві робіт (спостерігачу) і членам бригади;
- відповідальний керівник робіт - виконавцеві робіт (що спостерігає) і членам бригади;
- виконавець робіт (спостерігач) - членам бригади.

Цільовий інструктаж при роботах по розпорядженню проводять:

- особа, що віддає розпорядження - виконавцеві (спостерігачу) або безпосередньому виконавцеві робіт, що допускає;
- особа, що допускає - виконавцеві робіт (спостерігачу), членам бригади.

При введенні до складу бригади нового члена бригади інструктаж, як правило, повинен проводити виконавець робіт (спостерігач).

2.7.8 Особа, що видає наряд, віддає розпорядження, відповідальний керівник робіт, виконавець робіт (спостерігач), які проводять цільовий інструктаж, крім питань електробезпеки, повинні дати чіткі вказівки по технології безпечного проведення робіт, використанням вантажопідіймних машин і механізмів, інструменту і пристосувань. Виконавець робіт (спостерігач) в цільовому інструктажі зобов'язаний дати вичерпні вказівки членам бригади, що виключають можливість поразки електричним струмом.

2.7.9 Особа, що допускає, в цільовому інструктажі повинна ознайомити членів бригади із змістом наряду, розпорядження, вказати межі робочого місця, наявність наведеної напруги, показати найближчі до робочого місця устаткування і струмопровідні частини ремонтного і сусідніх приєднань, до яких забороняється наближатися незалежно від того, знаходяться вони під напругою чи ні.

2.7.10 При роботі по наряді цільовий інструктаж повинен бути оформлений в таблиці "Реєстрація цільового інструктажу при первинному допуску" підписами працівників, що провели і отримали інструктаж.

2.7.11 При роботі по розпорядженню цільовий інструктаж повинен бути оформлений у відповідній графі «Журналу обліку робіт по нарядах і розпорядженнях» з коротким викладом суті інструктажу і підписами особи, що віддала розпорядження (провела інструктаж) і що прийняла розпорядження (виконавця робіт), тобто працівників, що отримали інструктаж.

2.7.12 Допуск до роботи оформляється в двох екземплярах наряду, з яких один залишається у виконавця робіт (спостерігача), а другий - у працівника, що

### **1.9 Підготовка робочого місця і первинний допуск бригади до роботи по наряду і розпорядженню**

2.7.1 Не допускається змінювати передбачені нарядом заходи по підготовці робочих місць. При виникненні сумніву в достатності і правильності заходів по підготовці робочого місця і в можливості безпечного виконання роботи ця підготовка повинна бути припинена, а намічена робота відкладена до видачі нового наряду, що передбачає технічні заходи, що знімають виниклі сумніви в безпеці.

2.7.2 У тих випадках, коли виконавець робіт суміщає обов'язки особи, що допускає, підготовку робочого місця він повинен виконувати з одним з членів бригади, що має групу III.

2.7.3 Особа, що допускає, перед допуском до роботи повинна переконатися у виконанні технічних заходів щодо підготовки робочого місця шляхом особистого огляду, по записях в оперативному журналі, по оперативній схемі і за повідомленнями оперативного, оперативно-ремонтного персоналу.

2.7.4 Відповідальний керівник і виконавець робіт (спостерігач) перед допуском до роботи повинні з'ясувати у особи, що допускає, які заходи прийняті при підготовці робочого місця, і спільно з ним перевірити цю підготовку особистим оглядом в межах робочого місця.

За відсутності оперативного персоналу, але з його дозволу, перевірку підготовки робочого місця відповідальний керівник робіт спільно з виконавцем робіт можуть виконувати самостійно.

2.7.5 Допуск до роботи по нарядах і розпорядженнях повинен проводитися безпосередньо на робочому місці. Допуск до роботи по розпорядженню в тих випадках, коли підготовка робочого місця не потрібна, проводити на робочому місці необов'язково, а на ПЛ, ПЛЗ і КЛ - не потрібний.

2.7.6 Допуск до роботи проводиться після перевірки підготовки робочого місця. При цьому особа, що допускає, повинна перевірити відповідність складу бригади, вказаному в наряді або розпорядженні, по іменних посвідченнях членів бригади; довести бригаді, що напруга відсутня, показом встановлених заземлень або перевіркою відсутності напруги, якщо заземлення не видно з робочого місця, а в електроустановках напругою 35 кВ і нижче (де дозволяє конструктивне виконання) - подальшим дотиком рукою до струмопровідних частин.

2.7.7 Початку робіт по наряду або розпорядженню повинен передувати цільовий інструктаж, що передбачає вказівки по безпечному виконанню конкретної роботи в послідовному ланцюзі від того, що видав наряд, віддав розпорядження до члена бригади (виконавця). Без проведення цільового

### Узагальнені значення питомих опорів ґрунтів

Глина	50 Ом·м
Глина волога	50 Ом·м
Глина з домішкою щебеня	150 Ом·м
Глина з домішкою піску	150 Ом·м
Суглинок	100 Ом·м
Торф	20 Ом·м
Супісок	300 Ом·м
Супісок вологий	150 Ом·м
Пісок сухий	1000 Ом·м
Пісок вологий	600 Ом·м
Пісок водоносний	150 Ом·м
Пісок з агресивними водами	70 Ом·м
Галька водоносна	1000 Ом·м
Валунно-галькові відкладення з піщаним заповненням, вологі	1000 Ом·м

## **3 Правила улаштування електроустановок (ПУЕ)**

### **Розділ 2 Каналізація електроенергії**

#### **Розділ 2.4 Повітряні лінії електропередачі напругою до 1 кВ**

2.4.25 У мережах з ізолюваною нейтраллю гаки і штирі фазних проводів, що встановлюються на залізобетонних опорах, а також арматура цих опор повинні бути заземлені. Опір заземляючого пристрою не повинен перевищувати 50 Ом. У мережах із заземленою нейтраллю гаки і штирі фазних проводів, що

встановлюються на залізобетонних опорах, а також арматура цих опор повинні бути приєднані до нульового дроту. Заземляючі провідники повинні мати діаметр не менше 6 мм.

Гаки і штирі, що встановлюються на дерев'яних опорах, заземленню не підлягають, за винятком тих, що підлягають заземленню за умовами захисту від атмосферних перенапружень (див. 2.4.26), а також встановлюваних на опорах, де виконано повторне заземлення нульового дроту.

2.4.26 У населеній місцевості з одно- і двоповерховою забудовою ПЛ, не екрановані промисловими димовими і іншими трубами, високими деревами, будівлями і т. п., повинні мати заземляючі пристрої, призначені для захисту від грозових перенапружень. Опори цих заземляючих пристроїв повинні бути не більше 30 Ом, а відстані між ними не більше 200 м для районів з числом грозових годин в році до 40; 100 м для районів з числом грозового часу в році більше 40 грозових годин. Крім того, заземляючі пристрої повинні бути виконані:

1) на опорах з відгалуженнями до введень в приміщення, в яких може бути зосереджена велика кількість людей (школи, ясла, лікарні і т. п.) або які представляють велику господарську цінність (тваринницькі приміщення, склади, майстерні і ін.);

2) на кінцевих опорах ліній, що мають відгалуження до введень, при цьому найбільша відстань від сусіднього захисного заземлення цих же ліній повинна бути не більше 100 м для районів з числом грозових годин в році від 10 до 40 і 50 м для районів з числом грозових годин в році більше 40.

До вказаних заземляючих пристроїв повинні бути приєднані на дерев'яних опорах гаки і штирі, а на залізобетонних опорах, крім того, арматура. У мережах із заземленою нейтраллю для заземляючих пристроїв від атмосферних перенапружень слід по можливості використовувати заземляючі пристрої повторних заземлень нульового дроту. У місцях, вказаних в пп. 1 і 2, рекомендується, крім того, установка вентильних розрядників.

2.4.43 При перетині ПЛ до 1 кВ з ПЛ вище 1 кВ повинні виконуватися вимоги, приведені в 2.5.119-2.5.122, а при їх паралельному проходженні - в 2.5.124.

Сумісна підвіска на загальних опорах проводів ПЛ до 1 кВ і вище 1 кВ, а також виконання перетинів вказаних ПЛ на загальній опорі повинні проводитися відповідно до вимог, приведених в 2.5.57. Дроти верхньої ПЛ, що закріплюються на штирьових ізоляторах, повинні мати подвійне кріплення.

Гаки, штирі і арматура опор ПЛ до 1 кВ, що обмежують проліт перетину, а також опор, на яких проводиться сумісна підвіска, повинні бути заземлені. Опір заземляючого пристрою повинен бути не більше 30 Ом.

2.5.57 Дроти ПЛ різної напруги вище 1 кВ можуть бути підвішені на загальних опорах. Допускається підвіска на загальних опорах проводів ПЛ до 10 кВ і ПЛ до 1 кВ при дотриманні наступних умов:

не пов'язане з небезпечним наближенням людей, пристосувань і механізмів до проводів і з можливістю падіння гілок на дроти.

2.3.15 Допускається на ПЛ одному працівникові, що має групу II, виконувати по розпорядженню наступні роботи:

- огляд ПЛ в світлий час доби при сприятливих метеоумовах, зокрема з оцінкою стану опор, перевіркою загнівання дерев'яних підстав опор;
- відновлення постійних позначень на опорі;
- вимір габаритів кутомірними приладами;
- протипожежне очищення майданчиків навколо опор;
- фарбування бандажів на опорах.

### **1.7 Склад бригади**

2.5.1 Чисельність бригади і її склад з урахуванням кваліфікації членів бригади по електробезпеці повинні визначатися виходячи з умов виконання роботи, а також можливості забезпечення нагляду за членами бригади з боку виконавця робіт (спостерігача). Член бригади, керованої виконавцем робіт, повинен мати групу III, за винятком робіт на ПЛ, виконувати які повинен член бригади, що має групу IV. У бригаду на кожного працівника, що має групу III, допускається включати одного працівника, що має групу II, але загальне число членів бригади, що мають групу II, не повинне перевищувати три.

2.5.2 Оперативний персонал, що знаходиться на чергуванні, по дозволу працівника з числа вищестоящего оперативного персоналу може притягуватися до роботи в бригаді із записом в оперативному журналі і оформленням в наряді.

### **1.8 Видача дозволів на підготовку робочого місця і допуск до роботи**

2.6.1. Підготовка робочого місця і допуск бригади до роботи можуть проводитися тільки після отримання дозволу від оперативного персоналу або уповноваженого на це працівника.

2.6.2 Дозвіл може бути переданий особі, що виконує підготовку робочого місця і допуск бригади до роботи персоналу особисто, по телефону, радіо, з посилюючим або через оперативний персонал проміжної підстанції. Не допускається видача таких дозволів заздалегідь.

2.6.3 Допуск бригади дозволяється тільки по одному наряду.



приміщеннях, окрім особливо небезпечних відносно ураження людей електричним струмом, працівник, що має групу III і право бути виконавцем робіт, може працювати одноосібно.

2.3.11 При монтажі, ремонті і експлуатації вторинних кіл, пристроїв релейного захисту, електроавтоматики, телемеханіки, зв'язку, включаючи роботи в приводах і агрегатних шафах комутаційних апаратів, незалежно від того, знаходяться вони під напругою чи ні, виробникові робіт допускається відключати і включати вищезгадані пристрої, а також випробувати пристрої захисту і електроавтоматики на відключення і включення вимикачів з дозволу оперативного персоналу.

2.3.12 У електроустановках напругою вище 1000 В одному працівникові, що має групу III, по розпорядженню допускається проводити:

- впорядкування території ВРП, скошування трави, розчищення від снігу доріг і проходів;
- ремонт і обслуговування пристроїв дротяного радіо- і телефонного зв'язку, освітлювальної електропроводки і арматури, розташованих зовні камер РП на висоті не більше 2,5 м;
- відновлення написів на кожухах устаткування і огорожах поза камерами РП;
- спостереження за сушкою трансформаторів, генераторів і іншого устаткування, виведеного з роботи;
- обслуговування маслоочисної і іншої допоміжної апаратури при очищенні і сушці масла;
- роботи на електродвигунах і механічній частині вентиляторів і маслонасосів трансформаторів, компресорів;
- інші роботи, передбачені цими Правилами.

2.3.13 По розпорядженню одноосібно прибирати коридори ЗРП і електроприміщень з електроустаткуванням напругою до і вище 1000 В, де струмопровідні частини захищені, може виконувати працівник, що має групу II. Прибирання в ВРП може виконувати один працівник, що має групу III. У приміщеннях з окремо встановленими розподільними щитами (пунктами) напругою до 1000 В прибирання може виконувати один працівник, що має групу I.

2.3.14 На ПЛ по розпорядженню можуть виконуватися роботи на неструмопровідних частинах, що не вимагають зняття напруги, зокрема: з підйомом до 3 м, рахуючи від рівня землі до ніг працівника; без розбирання конструктивних частин опори; з відкопуванням стійок опори на глибину до 0,5 м; по розчищенню траси ПЛ, коли не потрібно приймати заходи, що запобігають падінню на дроти вирубуваних дерев, або коли обрубання гілок

1. ПЛ до 1 кВ повинні виконуватися за розрахунковими умовами для ПЛ вищої напруги.

2. Дроти ПЛ до 10 кВ повинні розташовуватися вище за проводи ПЛ до 1 кВ, причому відстань між найближчими проводами ПЛ різної напруги на опорі, а також в середині прольоту при температурі навколишнього повітря плюс 15 °С без вітру повинно бути не менше 2 м.

3. Кріплення проводів ПЛ вищої напруги на штирьових ізоляторах повинно бути подвійним.

У мережах до 35 кВ з ізолюваною нейтраллю, що мають ділянки сумісної підвіски з ПЛ вищої напруги, електромагнітний і електростатичний вплив останніх не повинен викликати зсуву нейтралі при нормальному режимі мережі більше 15% фазної напруги.

До мереж із заземленою нейтраллю, схильних до впливу ПЛ вищої напруги, спеціальних вимог відносно наведеної напруги не пред'являється.

## Розділ 2.5 Повітряні лінії електропередачі напругою вище 1 кВ

2.5.119 Кут перетину ПЛ вище 1 кВ між собою і з ПЛ до 1 кВ не нормується. Місце перетину повинно вибиратися по можливості ближче до опори верхньої (що перетинає) ПЛ; при цьому відстань по горизонталі від цієї опори до проводів нижньої (що перетинається) ПЛ при найбільшому відхиленні проводів повинно бути не менше 6 м, а від опор нижньої (що перетинається) ПЛ до проводів верхньої (що перетинає) ПЛ - не менше 5 м. Для анкерних опор ПЛ 500 кВ вказані відстані повинні бути не менше 10 м (див. також 2.5.122). Допускається в окремих випадках виконання перетинів ПЛ на опорі.

2.5.120 При перетинах ПЛ 330-500 кВ між собою опори перетинаючої ПЛ повинні бути анкерними нормальної конструкції. Перетини ПЛ 330-500 кВ з ПЛ 220 кВ і нижче допускається виконувати на проміжних опорах.

При спорудженні ПЛ 330 кВ і нижче допускається проходження їх під діючою ПЛ 330-500 кВ в прольотах, обмежених проміжними опорами.

При перетинах ПЛ 220 кВ і нижче між собою допускається застосування на перетинаючій ПЛ проміжних опор.

Одностішкові дерев'яні опори перетинаючої ПЛ, що обмежують проліт перетину, повинні бути із залізобетонними приставками; допускається застосування одностійкових дерев'яних опор без приставок. Підвищені дерев'яні опори допускається застосовувати як виняток з дерев'яними приставками.

Дроти перетинаючої ПЛ на проміжних опорах прольоту перетину повинні мати глухі затискачі або подвійні кріплення на штирьових ізоляторах; при перетині дроту 300 мм<sup>2</sup> і більше допускається застосування затисків з обмеженою міцністю закладення і залишення випадних затисків на існуючій ПЛ

при спорудженні під нею іншої ПЛ.

2.5.121 Дроти ПЛ вищої напруги, як правило, повинні бути розташовані над проводами ПЛ нижчої напруги. Допускається як виняток проходження ПЛ 35 кВ і вище з перетином проводів 120 мм<sup>2</sup> і більше над проводами ПЛ вищої напруги, але не вище 220 кВ.

Таблиця 2.5.25 - Найменша відстань між проводами або між проводами і тросами перетинаючих ПЛ на металевих і залізобетонних опорах, а також на дерев'яних опорах за наявності грозозахисних пристроїв

Довжина прольоту ПЛ, м	Найменша відстань, м, при відстані від місця перетину до найближчої опори ПЛ, м					
	30	50	70	100	120	150
При перетині ПЛ 500-330 кВ між собою і з ПЛ нижчої напруги						
до 200	5	5	5	5,5	-	-
300	5	5	5,5	6	6,5	7
450	5	5,5	6	7	7,5	8
При перетині ПЛ 220-150 кВ між собою і з ПЛ нижчої напруги						
до 200	4	4	4	4	-	-
300	4	4	4	4,5	5	5,5
450	4	4	5	6	6,5	7
При перетині ПЛ 110-20 кВ між собою і з ПЛ нижчої напруги						
до 200	3	3	3	4	-	-
300	3	3	4	4,5	5	-
При перетині ПЛ 10 кВ між собою і з ПЛ нижчої напруги						
до 100	2	2	-	-	-	-
150	2	2,5	2,5	-	-	-

тривалістю робочого дня виконавців. При необхідності продовження роботи, при зміні умов роботи або складу бригади розпорядження повинно віддаватися наново. При перервах в роботі протягом дня повторний допуск здійснюється виробником робіт.

2.3.2 Розпорядження на роботу віддається виконавцеві робіт і особі, що допускає. У електроустановках, що не мають місцевого оперативного персоналу, в тих випадках, коли допуск на робочому місці не потрібний, розпорядження може бути віддане безпосередньо працівникові, що виконує роботу.

2.3.3 Роботи, виконання яких передбачене по розпорядженню, можуть на розсуд працівника, що видає розпорядження, проводитися по наряду.

2.3.4 Розпорядження допускається видавати для роботи по черзі на декількох електроустановках (приєднаннях).

2.3.5 Допуск до робіт по розпорядженню повинен бути оформлений в Журналі обліку робіт по нарядах і розпорядженнях.

2.3.6 По розпорядженню оперативним і оперативно-ремонтним персоналом або під його спостереженням ремонтним персоналом в електроустановках напругою вище 1000 В можуть проводитися невідкладні роботи тривалістю не більше 1 години без урахування часу на підготовку робочого місця. Невідкладні роботи, для виконання яких потрібно більше 1 години або участі більше трьох працівників, включаючи працівника, що здійснює спостереження, повинні проводитися по наряду.

2.3.7 Старший працівник з числа оперативного персоналу, що виконує роботу або що здійснює спостереження за тими, що працюють в електроустановках напругою вище 1000 В, повинен мати групу IV, а в електроустановках напругою до 1000 В - групу III. Члени бригади, що працюють в електроустановках напругою до і вище 1000 В, повинні мати групу III. Перед роботою повинні бути виконані всі технічні заходи щодо підготовки робочого місця, визначені особою, що видає розпорядження.

2.3.8 У електроустановках напругою вище 1000 В допускається виконувати по розпорядженню наступні роботи: на електродвигуні, від якого кабель від'єднаний і кінці його замкнуті накоротко і заземлені; на генераторі, від виводів якого від'єднані шини і кабелі; у РП на викочених візках КРП, у яких шторки відсіків замкнуті на замок.

2.3.9 Допускається виконання робіт по розпорядженню в електроустановках напругою до 1000 В, окрім робіт на збірних шинах РП і на приєднаннях, по яких може бути подане напруга на збірні шини, на ПЛ з використанням вантажопідйомних механізмів.

2.3.10 У електроустановках напругою до 1000 В, розташованих в

оперативного персоналу, що обслуговує РП.

#### 1.4 Роботи по наряду на багатоколових ПЛ, перетинах ПЛ, різних ділянках ПЛ

2.2.18 На кожен ПЛ, а на багатоколовий ПЛ і на кожне коло видається окремий наряд. Допускається видача одного наряду на декілька ПЛ (кіл) в наступних випадках:

- при роботах, коли напруга знята зі всіх кіл, або при роботах під напругою, коли напруга не знімається ні з одного кола багатокової ПЛ;
- при роботах на ПЛ в місцях їх перетину;
- при роботах на ПЛ напругою до 1000 В, виконуваних по черзі, якщо трансформаторні пункти або комплектні трансформаторні пункти, від яких вони живляться, відключені;
- при однотипних роботах на неструмопровідних частинах декількох ПЛ, що не вимагають їх відключення.

2.2.19 У наряді повинно бути вказано, чи знаходиться ремонтвана ПЛ під наведеною напругою, які ПЛ, що перетинають ремонтвану лінію, потрібно відключити і заземлити. Така ж вказівка повинна бути внесена до наряду відносно ПЛ, що проходять поблизу ремонтваної, якщо їх відключення потрібне за умовами роботи. При цьому заземлення ПЛ, що перетинають ремонтвану або що проходять поблизу, повинно бути виконане до допуску до робіт. Забороняється знімати з них заземлення до повного закінчення робіт. У разі приналежності ПЛ іншим організаціям їх відключення повинно бути підтверджене відповідальним представником власника ПЛ.

2.2.20 При пофазному ремонті наряд може бути виданий для робіт тільки на ділянці одного кроку транспозиції. На відключених ПЛ допускається розосередження бригади на ділянці протяжністю не більше 2 км, за винятком робіт по монтажу і демонтажу проводів (тросів) в межах анкерного прольоту більшої довжини. В цьому випадку протяжність ділянки робіт однієї бригади може визначати особа, що видає наряд. При роботах, що виконуються на струмопровідних частинах під напругою, бригада повинна знаходитися на одній опорі (у одному проміжному прольоті) або на двох суміжних опорах.

2.2.21 При роботах по одному наряді на різних ділянках, опорах ПЛ переведення бригади з одного робочого місця на інше в наряді не оформляється.

#### 1.6 Організація робіт по розпорядженню

2.3.1 Розпорядження має разовий характер, термін його дії визначається

2.5.122 Відстані між найближчими проводами і тросами пересічних ПЛ на металевих і залізобетонних опорах, а також на дерев'яних опорах за наявності грозозахисних пристроїв при температурі навколишнього повітря плюс 15°C без вітру повинні бути не менше приведених в табл. 2.5.25.

При визначенні відстаней між проводами пересічних ПЛ слід враховувати можливість ураження блискавкою обох ПЛ і приймати відстані для найгіршого випадку. Якщо верхня ПЛ захищена тросами, то враховується можливість ураження тільки нижньої ПЛ. Допускається збереження опор ПЛ, що перетинаються, до 110 кВ під проводами перетинаючих ПЛ, якщо відстань по вертикалі від проводів перетинаючої ПЛ до верху опори ПЛ, що перетинається, на 4 м більше значень, приведених в таблиці 2.5.25.

Таблиця 2.5.26 - Найменша відстань по горизонталі між ПЛ

Ділянки ПЛ і відстані	Найменша відстань, м, при напрузі ПЛ, кВ						
	До 20	35	110	150	220	330	500
Ділянки необмеженої траси між осями ПЛ	Висота найбільш високої опори*						
Ділянки обмеженої траси і підходи до підстанцій: між крайніми проводами в невідхиленому положенні							
	2,5	4	5	6	7	10	15
від відхиленні проводів однієї ПЛ до опор іншої ПЛ	2	4	4	5	6	8	10

\* - При зближенні ПЛ 500 кВ між собою і з ПЛ нижчої напруги - висота найбільш високої опори, але не менше 50 м.

2.5.124 При паралельному проходженні і зближенні ПЛ відстані по горизонталі повинні бути не менше вказаних в табл. 2.5.26.

**1 Приймання в ремонт, розбирання і виявлення дефектів електродвигунів**

*Ротор.* Короткозамкнуті обмотки роторів (рис. 1) асинхронних двигунів бувають двох конструктивних виконань: зварні з мідних стержнів, приварених або припаяних до замикаючих кілець, розташованих в торцях ротора; литі з алюмінієвими стержнями, утвореними заливкою пазів ротора алюмінієм. При литих конструкціях одночасно із стержнями відливають і замикаючі кільця з лопатками, що виконують при роботі машини роль вентилятора.

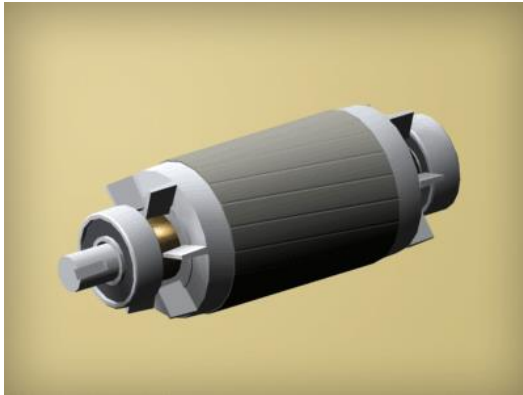


Рис. 1 - Короткозамкнутий ротор

*Контактні кільця.* У асинхронних двигунах з фазним ротором трифазна обмотка ротора з'єднана в зірку, а три вільні кінці обмотки виведено через отвори в центральній частині валу до контактних кілець. З'єднання виводів обмотки ротора з контактними кільцями здійснюється хомутиками. Контактні кільця насаджені на кінець валу за підшипниковим щитом на ізоляційні втулки, що забезпечує легкий і зручний доступ до контактних кілець і щіткотримачів. Такою компоновкою досягається максимальна уніфікація двигунів, що дозволяє мати для двигунів з короткозамкнутим і фазним роторами однакові статори, підшипникові щити і інші деталі і складальні одиниці. Конструкція двигуна забезпечує можливість його розбирання без зняття контактних кілець, для чого їх зовнішній діаметр виконується меншим, ніж діаметр отвору під підшипник в щиті. Зовнішня кришка підшипника притискається до останнього корпусом контактних кілець, до якого через ізоляційні втулки кріпляться щіткотримачі. З'єднані дроти від щіток виведені в коробку виводів контактних кілець.

2.2.13 При проведенні робіт згідно п.п. 2.2.8, 2.2.9, 2.2.11, 2.2.12 цих Правил всі робочі місця повинні бути підготовлені до видачі наряду на виконання робіт. Не допускається підготовка до включення будь-якого з приєднань, зокрема випробування електродвигунів, до повного закінчення робіт по наряді. У разі розосередження членів бригади по різних робочих місцях допускається перебування одного або декількох її членів, що мають групу III, окремо від виконавця робіт. Членів бригади, яким належить знаходитися окремо від виробника робіт, останній повинен привести на робочі місця і проінструктувати про заходи безпеки праці, які необхідно дотримувати при виконанні роботи.

2.2.14 Допускається видавати один наряд для почергового проведення однотипної роботи на декількох підстанціях або декількох приєднаннях однієї підстанції. До таких робіт відносяться: протирання ізоляторів; підтяжка контактних з'єднань, відбір проб і доливка масла; перемикання відгалужень обмоток трансформаторів; перевірка пристроїв релейного захисту, електроавтоматики, вимірювальних приладів; випробування підвищеною напругою від стороннього джерела; перевірка ізоляторів вимірювальною штангою; відшукування місця пошкодження КЛ. Термін дії такого наряду 1 доба.

Допуск на кожну підстанцію і на кожне приєднання оформляється у відповідній графі наряду. Кожну з підстанцій дозволяється включати в роботу тільки після повного закінчення роботи на ній по відповідному наряді.

**1.3 Роботи в РП на ділянках ПЛ, КЛ**

2.2.15 Робота на ділянках ПЛ, розташованих на території РП, повинна проводитися по нарядах, видаваних оперативним персоналом, що обслуговує ПЛ. При роботі на кінцевій опорі місцевий оперативний персонал повинен проінструктувати бригаду, провести її до цієї опори. У електроустановках, що не мають місцевого оперативного персоналу, виробникові робіт лінійної бригади дозволяється отримати ключ від РП і самостійно проходити до опори. При роботі на порталах ВРП, будівлях ЗРП, дахах КРПП допуск лінійної бригади з необхідним оформленням в наряді повинна виконувати особа з допуском з числа оперативного персоналу, що обслуговує РП.

2.2.16 Роботи на кінцевих муфтах і закладеннях КЛ, розташованих в РП, повинні виконуватися по нарядах, виданим персоналу, що обслуговує РП. Допуск до робіт на КЛ у всіх випадках здійснює персонал, що обслуговує РП. Роботи на КЛ, що проходять по території і в кабельних спорудах РП, повинні виконуватися за нарядами, видаваними персоналу, що обслуговує КЛ. Допуск здійснює персонал, що обслуговує КЛ, після отримання дозволу від

електроустановках напругою до 1000 В при повністю знятій напрузі зі всіх струмопровідних частин допускається видавати по одному наряду на виконання робіт на збірних шинах РП, розподільних щитів, складок, а також на всіх приєднаннях цих установок одночасно.

2.2.9 При виводі в ремонт агрегатів (котлів, турбін, генераторів) і окремих технологічних установок (систем золовидалення, мережевих підігрівачів, дробильних систем і ін.) можна видавати один наряд для роботи на всі (або частини) електродвигуни цих агрегатів (установок) і один наряд для робіт в РП на всіх (або частини) приєднаннях, що живлять електродвигуни цих агрегатів (установок). Видавати один наряд допускається тільки для роботи на електродвигунах однієї напруги і приєднаннях одного РП.

2.2.10 При роботі по одному наряду на електродвигунах і їх приєднаннях в РП, укомплектованому шафами КРП, оформлення переказу з одного робочого місця на інше не потрібне, вирішується розосередження членів бригади по різних робочих місцях. У РП іншого конструктивного виконання допуск і робота на приєднаннях електродвигунів повинні проводитися з оформленням переказу з одного робочого місця на інше.

2.2.11 У РП напругою 3-110 кВ з одиночною системою шин і будь-яким числом секцій при виводі в ремонт всієї секції повністю дозволяється видавати один наряд для роботи на шинах і на всі (або частини) приєднання цієї секції. Вирішується розосередження членів бригади по різних робочих місцях в межах цієї секції.

2.2.12 Один наряд для одночасного або почергового виконання робіт на різних робочих місцях одного або декількох приєднань однієї електроустановки допускається видавати в наступних випадках:

- при прокладанні і переказанні силових та контрольних кабелів, випробуваннях електроустаткування, перевірці пристроїв захисту, вимірювань, блокування, електроавтоматики, телемеханіки, зв'язки і др.;
- при ремонті комутаційних апаратів одного приєднання, зокрема коли їх приводи знаходяться в іншому приміщенні;
- при ремонті окремого кабелю в тунелі, колекторі, колодязі, траншеї, котловані;
- при ремонті кабелів (не більше двох), що виконується в двох котлованах або РП і котловані, що знаходиться поряд, коли розташування робочих місць дозволяє виконавцеві робіт здійснювати нагляд за бригадою.

При цьому вирішується розосередження членів бригади по різних робочих місцях. Оформлення в наряді переведення з одного робочого місця на інше не потрібне.

*Колектор.* Колектор машини постійного струму зібраний з клиноподібних пластин холоднокатаної міді, ізолюваних одна від одної прокладками з колекторного міканіту. За способом закріплення комплексу мідних і міканітових пластин розрізняють колектори на пластмасі і з сталевими нажимними конусами і втулкою. Колектори з першим способом кріплення називають арочними, а другим способом - клиновими. Найчастіше застосовують арочні колектори, оскільки при ослабленні тиску між їх пластинами із-за усадки міжпластинної міканітової ізоляції ці колектори можна підпресувати, відновлюючи таким чином необхідне стиснення пластин і міцність колекторів.

*Якор.* Рухому частину електричної машини постійного струму називають якорем. Сердечник якоря зібраний з штампованих листів електротехнічної сталі з виштампованими в них вирізами певної форми, що створюють в зібраному сердечнику пази для укладання в них обмотки якоря.

Обмотка якоря виконується з мідних проводів круглого або прямокутного перетину і складається із заздалегідь заготовлених секцій, кінці яких припаюють до пластин колектора. Обмотку роблять двошаровою: розміщують в кожному пази дві сторони різних якірних котушок - одну поверх іншої. Лобові частини обмотки якоря кріплять до обмоткотримача також за допомогою бандажа. У сучасних машинах для бандажування якорів використовують склоленту.

*Щітковий апарат.* Щітковий апарат (рис. 3) складається з траверси, щіткових пальців і щіткотримачів. Траверси служать для кріплення на її щіткових пальцях щіткотримачів, що створюють необхідне електричне коло. Щіткотримач (рис. 2) складається з обойми і нажимного пристрою, що забезпечує прилягання щітки до колектора з необхідним зусиллям. Тиск (0,02-0,04 МПа) на щітку повинен бути відрегульований так, щоб був щільний і надійний контакт між щіткою і колектором.



Рис. 2 - Щіткотримач

Рис. 3 - Щітковий апарат

У машинах постійного струму застосовують щіткотримачі двох типів: радіальні, у яких вісь щітки співпадає з продовженням радіусу колектора, і реактивні, у яких вісь щітки розташована під кутом до продовження радіусу колектора у бік його обертання.

Щітка є прямокутним бруском з композицій, виконаних на основі графіту (рис. 4). Вона забезпечена гнучким мідним канатиком, один кінець якого заармований в щітку, а інший вільний - забезпечений наконечником для приєднання до щіткового апарату. Всі щіткотримачі однієї полярності з'єднані між собою збірними шинами, підключеними до виводів машини.

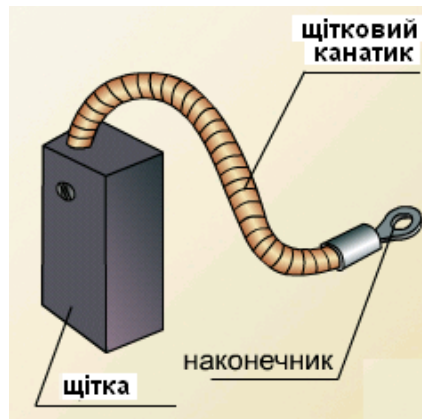


Рис. 4 - Щітки

Щітки, що застосовуються в машинах постійного струму, мають маркування, що характеризує їх склад і фізичні властивості. Щітки, що застосовуються в машинах загальнопромислового призначення, підрозділяються на три основні групи:

- графітні;
- вугільно-графітні;
- мідно-графітні.

## 1.2 Приймання електричних машин в ремонт

*Зношення електродвигунів.* Робота електроустаткування неминує пов'язана з його поступовим зношенням і внаслідок цього з необхідністю періодичних ремонтів. Зношення електроустаткування по характеру і причинах, що його викликали, можна умовно розділити на механічне, електричне і моральне.

Механічне зношення електроустаткування відбувається із-за тривалих змінних або постійних механічних дій на його окремі деталі або складальні

трьох екземплярах. У останньому випадку людина, що видає наряд, виписує один екземпляр, а працівник, що приймає текст у вигляді телефоно- або радіограм, факсу або електронного листа, заповнює два екземпляри наряду і після зворотної перевірки вказує на місці підпису людина, що видає наряд, його прізвище і ініціали, підтверджуючи правильність запису своїм підписом. У тих випадках, коли виконавець робіт призначається таким, що одночасно допускає, наряд незалежно від способу його передачі заповнюється в двох екземплярах, один з яких залишається у того, що видає наряд. Залежно від місцевих умов (розташування диспетчерського пункту) один екземпляр наряду може залишатися у працівника, що вирішує підготовку робочого місця (диспетчера).

2.2.2 Число нарядів, що видаються на одного відповідального керівника робіт, визначає людина, що видає наряд. Людині, що допускає, і виконавцеві робіт (спостерігачу) може бути видано відразу декілька нарядів і розпоряджень для почергового допуску і роботи по ним.

2.2.3 Видавати наряд дозволяється на термін не більше 15 календарних днів з дня початку роботи. Наряд може бути продовжений 1 раз на термін не більше 15 календарних днів з дня продовження. При перервах в роботі наряд залишається дійсним.

2.2.4 Продовжувати наряд може працівник, що видав наряд, або інший працівник, що має право видачі наряду на роботи в електроустановці. Дозвіл на продовження наряду може бути переданий по телефону, радіо або з посильним відповідальному керівникові або виконавцеві робіт, який в цьому випадку за своїм підписом вказує в наряді прізвище і ініціали працівника, що продовжив наряд.

2.2.5 Наряди, роботи по яких повністю закінчені, повинні зберігатися протягом 30 діб, після чого вони можуть бути знищені. Якщо при виконанні робіт по нарядах мали місце аварії, інциденти або нещасні випадки, то ці наряди слід зберігати в архіві організації разом з матеріалами розслідування.

2.2.6 Облік робіт по нарядах ведеться в Журналі обліку робіт по нарядах і розпорядженнях. Роботи по одному наряду на декількох робочих місцях, приєднаннях, підстанціях

2.2.7 Наряди дозволяється видавати на одне або декілька робочих місць одного приєднання, за винятком випадків, обумовлених в п.п. 2.2.8, 2.2.9, 2.2.11, 2.2.12, 2.2.14 цих Правил.

2.2.8. У електроустановках напругою вище 1000 В, де напруга знята зі всіх струмопровідних частин, зокрема з введень ПЛ і КЛ, і замкнутий вхід в сусідні електроустановки (складки і щити до 1000 В можуть залишатися під напругою), допускається видавати один наряд для одночасної роботи на всіх приєднаннях. У



огорож, плакатів і знаків безпеки, замикаючих пристроїв приводів;

- за безпеку членів бригади відносно поразки електричним струмом електроустановки.

Спостерігачем може призначатися працівник, що має групу III. Відповідальним за безпеку, пов'язану з технологією роботи, є працівник, що очолює бригаду, який входить в її склад і повинен постійно знаходитися на робочому місці. Його прізвище вказується в рядку "Окремі вказівки" наряду.

2.1.9 Кожен член бригади повинен виконувати вимоги цих Правил і інструктивні вказівки, отримані при допуску до роботи і під час роботи, а також вимоги інструкцій по охороні праці відповідних організацій.

2.1.10 Письмовою вказівкою керівника організації повинно бути оформлене надання його працівникам прав: людини, що видає наряд, розпорядження; людини, що допускає, відповідального керівника робіт; виконавця робіт (спостерігача), а також права одноосібного огляду.

2.1.11 Допускається одне з поєднань обов'язків відповідальних за безпечне ведення робіт відповідно до табл. 2.1. Людина, що допускає, з числа оперативного персоналу може виконувати обов'язки члена бригади. На ПЛ всіх рівнів напруги допускається поєднання відповідальним керівником або виконавцем робіт з числа ремонтного персоналу обов'язків, що допускає, в тих випадках, коли для підготовки робочого місця потрібно тільки перевірити відсутність напруги і встановити переносні заземлення на місці робіт без операції комутаційними апаратами.

Таблиця 2.1

Відповідальний працівник	Обов'язки, що суміщаються
Людина, що видає наряд	Відповідальний керівник робіт Виконавець робіт Людина, що допускає (у електроустановках, що не мають місцевого оперативного персоналу)
Відповідальний керівник робіт	Виконавець робіт Людина, що допускає (у електроустановках, що не мають місцевого оперативного персоналу)
Виконавець робіт з числа оперативного персоналу	Людина, що допускає (у електроустановках з простою і наочною схемою)
Виконавець робіт, що має групу IV	Людина, що допускає

### 1.3. Порядок організації робіт по наряду

2.2.1 Наряд виписується в двох, а при передачі його по телефону, радіо - у

одиночку, внаслідок чого змінюються їх первинні форми або погіршуються якості, наприклад, утворення на поверхні колектора електричної машини глибоких борозен - "доріжок", вироблень. Причиною швидкого механічного зношення колектора може стати тривала дія на нього щітки, притиснутої із зусиллям, що перевищує допустиме зусилля натиснення, або неправильний підбір марки щітки, наприклад, твердішої, ніж та, на яку розрахований колектор. У електричних апаратах механічне зношення виявляється в стиранні (абразивному зношенні) і зміні первинної форми контактів, ослабленні пружин механізму та ін. У електричних двигунах із-за тертя механічно зношуються, головним чином, шийки валів, підшипники і контактні кільця роторів.

Електричне зношення - невідновна втрата електроізоляційними матеріалами електроустаткування ізоляційних властивостей. Електрично зношуються, наприклад, фазова ізоляція електричних машин, ізолюючі деталі апаратів і ін. Електричне зношення ізоляції найчастіше є наслідком тривалої роботи електроустаткування, дії на ізоляцію неприпустимо високих температур або хімічно агресивних речовин. Це приводить до інтенсивного "старіння" ізоляції, внаслідок чого можуть виникати виткові замикання в обмотках і котушках, пробій ізоляції і поява потенціалів небезпечної величини на частинах електроустаткування, що нормально не знаходяться під напругою, тобто до пошкоджень. Усунення пошкоджень вимагає капітального ремонту електроустаткування.

Моральне зношення - результат старіння цілком справного резервного або працюючого електроустаткування, подальша експлуатація якого недоцільна із-за створення нового, технічно більш досконалого або економічнішого устаткування аналогічного призначення. Цей вид зношення електроустаткування - закономірний процес, обумовлений розвитком науки і безперервним технічним прогресом. Проте експлуатація електроустаткування, що морально зношилося, може стати технічно і економічно доцільною, якщо при капітальному ремонті здійснити модернізацію, при якій його техніко-економічні параметри можуть бути максимально наближені до параметрів аналогічного досконалішого електроустаткування.

*Види пошкоджень ЕМ.* Електричні машини, що поступили в ремонт, ретельно оглядають з метою повного виявлення причин, характеру і масштабів пошкодження. Машини ушкоджуються найчастіше із-за неприпустимо тривалої роботи без ремонту, поганого експлуатаційного обслуговування або порушення режиму роботи, на який вони розраховані. Пошкодження електричних машин бувають механічні і електричні.

До механічних пошкоджень відносять:

- виплавку бабіту в підшипниках ковзання;
- руйнування сепаратора, деталей в підшипниках кочення;

- деформацію або поломку вала ротора (якоря);
- утворення глибоких вироблень ("доріжок") на поверхні колекторів і контактних кілець;

- ослаблення кріплення полюсів або сердечника статора до станини;
- розрив або сповзання дротяних бандажів роторів (якорів);
- ослаблення пресування сердечника ротора (якоря) і ін.

До електричних пошкоджень відносять:

- пробій ізоляції на корпус;
- обрив провідників в обмотці;
- замикання між витками обмотки;
- порушення контактів і руйнування з'єднань, виконаних паянням або зваркою;
- неприпустиме зниження опору ізоляції унаслідок її старіння, руйнування або зволоження і ін.

Електрослюсар по ремонту електричних машин повинен добре знати характерні ознаки, а також способи виявлення та усунення різних пошкоджень і несправностей, що виникають в цих машинах.

Несправності машин, що не підлягають ремонту. За наявності наступних несправностей електричні машини в ремонт не приймаються:

- електрична машина розукомплектована;
- розбитий корпус або щиток електричної машини;
- значні пошкодження активної частини електричної машини;
- електричні машини, що зняті з виробництва;
- синхронні двигуни до 100 кВт, повітряний зазор яких більший заводського на 25% для дво полюсних і на 15% - для багатополісних електричних машин;
- при відбитих двох лапах, розташованих з одного боку електродвигуна, станина бракується. Допускається прийом в ремонт двигунів, в яких відбито дві лапки, розташовані по діагоналі.

### **1.3 Тимчасове зберігання на складі несправних електричних машин**

*Місце ремонту електричних машин.* У разі появи поломки електричну машину відправляють на ремонтну ділянку.

Якщо при ремонті необхідно знімати машину з фундаменту і від'єднувати її від приводного механізму, то такий ремонт доцільно виконувати в умовах спеціальної ремонтної майстерні (ремонтного підприємства).

Ремонтні майданчики призначені для перевантаження і розміщення складальних деталей, ремонтних пристосувань і оснащення, а також для виконання ремонтних операцій. Вони повинні бути електрифіковані і знаходитися в зоні дії вантажопідйомного механізму.

Зберігання несправних ЕМ здійснюється на стелажах (невеликі електричні

- без зняття напруги на струмопровідних частинах з ізоляцією людини від землі.

Необхідність призначення відповідального керівника робіт визначає людина, яка видає наряд і якій дозволяється призначати відповідального керівника робіт і при інших роботах, крім перерахованих.

2.1.6 Людина, що допускає, відповідає за правильність і достатність прийнятих засобів безпеки і відповідність їх заходам, вказаним в наряді, характеру і місцю роботи, за правильний допуск до роботи, а також за повноту і якість інструктажу членів бригади, що проводиться нею. Такі люди повинні призначатися з числа оперативного персоналу, за винятком допуску на ПЛ, при дотриманні умов, перерахованих в п. 2.1.11 цих Правил. У електроустановках напругою вище 1000 В людина, що допускає, повинна мати групу IV, а в електроустановках до 1000 В - групу III. Це може бути працівник, допущений до оперативних перемикачів розпорядженням керівника організації.

2.1.7 Виконавець робіт відповідає:

- за відповідність підготовленого робочого місця вказівкам наряду, додаткові заходи безпеки, необхідні за умовами виконання робіт;
- за чіткість і повноту інструктажу членів бригади;
- за наявність, справність і правильне застосування необхідних засобів захисту, інструменту, інвентаря і пристосувань;
- за збереження на робочому місці огорож, плакатів, заземлень, замикаючих пристроїв;
- за безпечне проведення роботи і дотримання цих Правил ним самим і членами бригади;
- за здійснення постійного контролю за членами бригади.

Виконавець робіт, що виконуються по наряді в електроустановках напругою вище 1000 В, повинен мати групу IV, а в електроустановках напругою до 1000 В - групу III, окрім робіт в підземних спорудах, де можлива поява шкідливих газів, робіт під напругою, робіт по перетяжці і заміні проводів на ПЛ напругою до 1000 В, підвішених на опорах ПЛ напругою вище 1000 В, при виконанні яких виконавець робіт повинен мати групу IV.

2.1.8 Спостерігач повинен призначатися для нагляду за бригадами, які не мають права самостійно працювати в електроустановках. Спостерігач відповідає:

- за відповідність підготовленого робочого місця вказівкам, передбаченим в наряді;
- за наявність і збереження встановлених на робочому місці заземлень,

установках напругою вище 1000 В і групу IV - в електроустановках напругою до 1000 В.

У разі відсутності працівників, що мають право видачі нарядів і розпоряджень, при роботах по запобіганню аваріям або ліквідації їх наслідків допускається видача нарядів і розпоряджень працівниками з числа оперативного персоналу, що мають групу IV. Надання оперативному персоналу права видачі нарядів повинно бути оформлене письмовою вказівкою керівника організації.

2.1.5 Відповідальний керівник робіт призначається, як правило, при роботах в електроустановках напругою вище 1000 В. У електроустановках напругою до 1000 В відповідальний керівник може не призначатися. Відповідальний керівник робіт відповідає за виконання всіх вказаних в наряді засобів безпеки і їх достатність, за прийняті ним додаткові заходи безпеки, за повноту і якість цільового інструктажу бригади, зокрема за допуск і виконання робіт, а також за організацію безпечного ведення робіт.

Відповідальними керівниками робіт призначаються працівники з числа адміністративно-технічного персоналу, що мають групу V. У тих випадках, коли окремі роботи (етапи роботи) необхідно виконувати під наглядом і управлінням відповідального керівника робіт, що видає наряд, він повинен зробити запис про це в рядку "Окремі вказівки" наряду. Відповідальний керівник робіт призначається при виконанні робіт:

- з використанням механізмів і вантажопідйомних машин;
- з відключенням електроустаткування, за винятком робіт в електроустановках, де напруга знята зі всіх струмопровідних частин, в електроустановках з простою і наочною схемою електричних з'єднань, на електродвигунах і їх приєднаннях в РП;
- на КЛ і КЛЗ в зонах розташування комунікацій і інтенсивного руху транспорту;
- по установці і демонтажу опор всіх типів, заміні елементів опор ВЛ;
- у місцях перетину ПЛ з іншими ПЛ і транспортними магістралями, в прольотах перетину проводів в ВРП;
- по підключенню знов спорудженої ПЛ;
- по зміні схем приєднань проводів і тросів ПЛ;
- на відключеному колі багатоковолової ПЛ з розташуванням кіл одне над іншим або числом кіл більше 2, коли одне або решта всіх кіл залишається під напругою;
- при одночасній роботі двох і більше бригад;
- при пофазному ремонті ПЛ;
- під наведеною напругою;

машини) або спеціальних технічних візках на складі. Також на склад відправляють електричні машини невеликої потужності, коли наступив час їх капітального або середнього ремонту.

#### 1.4 Передремонтні роботи

*Склад передремонтних робіт.* Ці роботи проводяться з метою визначення характеру дефектів електричних машин, що поступили в позаплановий ремонт. Крім того, на практиці зустрічаються випадки, коли справна машина помилково обслуговуючим персоналом відправляється в капітальний ремонт. Для машин малої потужності можна прийняти наступну послідовність випробувань:

- визначення стану машини шляхом зовнішнього огляду;
- визначення (вимірювання) опору ізоляції обмоток;
- визначення опору "обмотка - корпус машини";
- перевірка легкості обертання валу машини від руки;
- перевірка роботи на холостому ходу.

При позитивних результатах цих перевірок машину піддають приймально-здавальним випробуванням і, якщо вона їх витримує, відправляють назад в експлуатацію. Несправності і пошкодження електричних машин не завжди вдається визначити шляхом зовнішнього огляду, оскільки деякі з них (виткові замикання в обмотці статорів, пробій ізоляції на корпус, замикання пластин колектора, порушення паяння в обмотках і т. д.) носять прихований характер і можуть бути визначені тільки після відповідних вимірювань і випробувань.

#### Послідовність проведення ремонту

1. Приймання електричних машин в ремонт:
  - зовнішній огляд електричних машин;
  - аналіз експлуатаційного журналу;
  - винесення рішення щодо прийому в ремонт;
  - складання відомості дефектів;
  - відправка прийнятої електричної машини на склад для тимчасового зберігання.
2. Зберігання електричної машини, прийнятої в ремонт, на складі.
3. Передремонтні роботи:
  - дефектація без розбирання;
  - вимірювання опору ізоляції обмоток електричної машини;
  - випробування електричної міцності ізоляції електричної машини;
  - перевірка цілості підшипників, величини осьового розгону ротора (якоря), ступені прилягання щіток до колектора і контактних кілець, ступеня вібрації частин машин, що обертаються;
  - заповнення дефектаційної карти.
4. Розбирання електричної машини:

- перевірка комплектації виробів і запасних деталей;
- видалення напівмуфти з валу електричної машини;
- розбирання типових асинхронних електричних машин:
  - а) зняття бічних кришок корпусу електричної машини;
  - б) виймання ротора із статора машини;
  - в) зняття підшипників кочення з валу;
- розбирання синхронної електричної машини;
- детальне розбирання електричної машини;
- промивка, очищення деталей електричних машин;
- дефектація електричних машин після їх розбирання.

*Організація ремонтів електричних машин.* Основним змістом системи планово-запобіжних ремонтів (ПЗР) є плановість і профілактика. Чергування, періодичність і об'єми ремонтів встановлюються системою ПЗР залежно від режимів роботи, технічного стану і умов експлуатації електроустаткування. При цьому враховуються також забезпечення безперебійної роботи підприємства, безпека обслуговуючого персоналу, збільшення міжремонтних періодів і скорочення тривалості перебування електроустаткування в ремонті. Таким чином, система ПЗР - планова система організаційних і технічних заходів, виконання яких направлене на забезпечення тривалої і безаварійної роботи електроустаткування.

Існують три основні системи організації ПЗР електроустаткування на підприємстві:

- централізована;
- децентралізована;
- змішана.

При централізованій системі ремонт електроустаткування виконує одна або декілька ремонтних служб, спеціалізованих по видах устаткування або роду робіт. Ці служби підпорядковані головному енергетику підприємства. Експлуатаційний персонал, обслуговуючий електроустаткування цеху, підстанції, виконує при цій системі лише роботи по нагляду і дрібному поточному ремонту.

Децентралізована система характеризується відсутністю спеціалізованих ремонтних служб. Всі електроремонтні роботи виконує персонал, зосереджений в електроремонтних майстернях або бригадах, що знаходяться в адміністративному підпорядкуванні начальника відповідного виробничого підрозділу, наприклад, цеху або дільниці, а в оперативному - головного енергетика підприємства.

Змішана система організації ремонту електроустаткування відрізняється від інших систем тим, що у виробничих підрозділах є не тільки свої електроремонтні майстерні і бригади, що виконують невеликі за об'ємом і складністю ремонтні роботи, але і спеціалізовані ремонтні служби, що проводять складні і великі за об'ємом роботи, пов'язані з ремонтом електроустаткування.

дотриманням ним необхідних заходів безпеки. Пристрій тимчасових підмостків, сходів і тому подібне на візку мостового крана не допускається. Працювати слід безпосередньо з настилу візка або зі встановлених на настилі стаціонарних підмостків. З тролейних проводів перед підйомом на візок мостового крана повинна бути знята напруга. При роботі слід користуватися запобіжним поясом.

Пересувати міст або візок крана кранівник повинен тільки по команді виконавця робіт. При пересуванні мостового крана працівники повинні розміщуватися в кабіні або на настилі моста. Коли працівники знаходяться на візку, пересування моста і візка забороняється.

1.4.16 При проведенні земляних робіт необхідно дотримувати вимог діючих СНіП "Безпека праці в будівництві".

## **1.2 Організаційні заходи, що забезпечують безпеку робіт. Загальні вимоги. Відповідальні за безпеку проведення робіт, їх права і обов'язки**

2.1.1 Організаційними заходами, що забезпечують безпеку робіт в електроустановках, є:

- оформлення робіт нарядом, розпорядженням або переліком робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації;
- допуск до роботи;
- нагляд під час роботи;
- оформлення перерви в роботі, перекладу на інше місце, закінчення роботи.

2.1.2 Відповідальними за безпечне ведення робіт є:

- людина, що видає наряд, видає розпорядження, затверджує перелік робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації;
- відповідальний керівник робіт;
- людина, що допускає до виконання робіт;
- робітник;
- спостерігач;
- член бригади.

2.1.3 Людина, що видає наряд, розпорядження визначає необхідність і можливість безпечного виконання роботи. Вона відповідає за достатність і правильність вказаних в наряді (розпорядженні) засобів безпеки, за якісний і кількісний склад бригади і призначення відповідальних за безпеку, а також за відповідність виконуваних робіт груп перерахованих в наряді працівників.

2.1.4 Право видачі нарядів і розпоряджень надається працівникам з числа адміністративно-технічного персоналу організації, що має групу V - в електро-

1.4.8 У прольотах перетину в відкритих розподільних пристроях (ВРП) при заміні проводів (тросів) і ізоляторів, що відносяться до них, і арматури, розташованої нижче проводів, що знаходяться під напругою, під час заміни дротів (тросів) з метою попередження підсікання розташованих вище проводів повинні бути перекинуті канати з рослинних або синтетичних волокон. Канати слід перекидати в двох місцях - по обидві сторони від місця перетину, закріплюючи їх кінці за якорі, конструкції і тому подібне Підняття дроту (троса) потрібно здійснювати поволі і плавно.

1.4.9 Роботи в ВРП на проводах (тросах) і ізоляторах, що відносяться до них, арматурі, розташованій вище проводів, тросів, які знаходяться під напругою, необхідно проводити відповідно до ППР, затверджених працедавцем. У ППР повинні бути передбачені заходи для запобігання опусканню проводів (тросів) і для захисту від наведеної напруги. Не допускається заміна проводів (тросів) при цих роботах без зняття напруги з проводів, що перетинаються.

1.4.10 Персоналу слід пам'ятати, що після зникнення напруги на електроустановці вона може бути подане знов без попередження.

1.4.11 Не допускаються роботи в неосвітлених місцях. Освітленість ділянок робіт, робочих місць, проїздів і підходів до них повинна бути рівномірною, без сліпучої дії освітлювальних пристроїв на працівників.

1.4.12 При наближенні грози повинні бути припинені всі роботи на повітряних лініях (ПЛ), ВРП, повітряних лініях зв'язку (ПЛЗ), на вводах і комутаційних апаратах електророзподільних пристроїв (ЕРП), безпосередньо підключених до ПЛ, на кабельних лініях (КЛ), підключених до ділянок ПЛ, а також на вводах ПЛЗ в приміщення вузлів зв'язку і антено-щоголових спорудах.

1.4.13 Весь персонал, що працює в приміщеннях з енергоустаткуванням (за винятком щитів управління, релейних і подібних до них), в закритих розподільних пристроях (ЗРП) і ВРП, в колодязях, тунелях і траншеях, а також в обслуговуванні і ремонті ПЛ, повинен користуватися захисними касками.

1.4.14 На ПЛ незалежно від класу напруги допускається переміщення працівників по проводах перетином не менше 240 мм<sup>2</sup> і по тросах перетином не менше 70 мм<sup>2</sup> за умови, що дроти і троси знаходяться в нормальному технічному стані, тобто не мають пошкоджень, викликаних вібрацією, корозією і ін. При переміщенні по розщеплених проводах і тросах стропа запобіжного поясу слід закріплювати за них, а у разі використання спеціального візка - за візок.

1.4.15 Обслуговування освітлювальних пристроїв, розташованих на стелі машинних залів і цехів, з візка мостового крана повинні проводити по наряду не менше двох працівників, один з яких з III групою виконує відповідну роботу. Другий працівник повинен знаходитися поблизу того, що працює і стежити за

Для великих промислових підприємств з потужним електрогосподарством найбільш прийнятною, прогресивною і економічно вигідною є централізована система ПЗР електроустаткування.

Положенням про ПЗР електроустаткування промислових підприємств передбачено виконання декількох видів ремонтів (поточного і капітального, середнього і капітального або поточного, середнього і капітального). Найбільш прогресивна система - виконання для більшої частини електроустаткування двох видів ремонту - поточного і капітального.

При поточному ремонті замінюють невеликі деталі, усувають дрібні дефекти, регулюють механізми електроустаткування і забезпечують його нормальну працю до чергового планового ремонту. До поточного ремонту відносяться також чищення електроустаткування, відновлення невеликих ділянок пошкодженої ізоляції обмоток електричних машин, перезарядка запобіжників із заміною плавкої вставки, обробка обгорілих контактів апаратів, промивка підшипників електродвигунів, зміна зношених щіток, підтягання кріплень електроустаткування і тому подібне Під час поточних ремонтів перевіряють стан ізоляції обмоток електричних машин і електромагнітів відключаючих апаратів, а також проводять різні профілактичні випробування з метою виявлення і своєчасного усунення наявних несправностей в електроустаткуванні. Поточні ремонти здійснюють зазвичай без розбирання електроустаткування, використовуючи короточасні зупинки виробничого устаткування.

Середнім прийнято вважати такий ремонт, при якому попереджають небезпеку надмірного зношення найбільш відповідальних деталей і складальних одиниць електроустаткування або ж запобігають аварійному виходу його з ладу. При цьому виді ремонту замінюють окремі деталі механізму апаратів, відновлюють надійність електричних з'єднань, усувають дефекти ізоляції лобових частин обмоток електродвигунів, ремонтують щіткотримачі, замінюючи пружини і гнучкі зв'язки, продорожують колектори електричних машин, шліфують контактні кільця електродвигунів з фазними роторами, замінюють оплавлені робочі або дугогасильні контакти відключаючих апаратів, а також котушки електромагнітів автоматичних вимикачів і тому подібне

При капітальному ремонті відновлюють або замінюють окремі базисні частини і деталі електроустаткування. До капітального ремонту відносять, наприклад, перемотування роторної або статорної обмоток електродвигунів, намотування і установку нових полюсних котушок машин постійного струму, перезаливку підшипників ковзання електродвигуна, намотування і установку нової обмотки силового трансформатора і ін.

Виконання капітальних ремонтів електроустаткування пов'язане, як правило, з необхідністю часткового або повного його розбирання. В деяких випадках

при капітальних ремонтах електроустаткування модернізують, тобто удосконалюють конструкцію, покращують експлуатаційні якості, підвищують надійність, ремонтпридатність або безпеку ремонтованих апаратів. Основна мета модернізації - наближення технічних параметрів старого і конструктивно недосконалого електроустаткування до технічних параметрів сучасних досконаліших електричних машин і апаратів.

Технічна документація. Експлуатаційний журнал - свого роду паспорт електродвигуна, куди заносяться відомості про поточні ремонти електродвигуна, основні несправності, відмічені під час міжремонтного циклу і порушення нормального режиму роботи електричної машини. Аналіз журналу дозволяє точніше оцінити ступінь зношеності основних деталей електричної машини.

Відомість дефектів - документ, в якому вказується наявність основних деталей і вузлів електричної машини і зовнішній стан її механічних деталей за наслідками зовнішнього огляду.

Дефектаційна карта на електричну машину - документ, який складається за наслідками огляду і випробувань, якщо останні показали, що розбирання електричної машини не потрібне. Карта необхідна для складання робочої документації для проведення ремонту.

Дефектаційна карта на деталь або вузол електричної машини - документ, який складається після її дефектації, коли деталь очищена від бруду, масел та просушена. Карта необхідна для складання робочої документації для проведення ремонту.

Технологічна документація - графічні і текстові документи, що визначають технологічні процеси ремонту або виготовлення виробу - технологічні карти, маршрутні карти, креслення виробів і так далі

Технологічна карта - форма технологічної документації, в якій вказаний весь процес обробки заготовки або деталі, названі операції і їх складові частини, використовувані матеріали, виробниче устаткування, технологічне оснащення і режими, а також встановлений час, необхідний для виготовлення заготовки або деталі, визначена кваліфікація працівників, здатних виконати відповідні операції обробки, і дані інші вказівки, що відносяться до технологічного процесу.

Відомість об'єму робіт і кошторис - документ у формі таблиці, в якому вказується перелік необхідних робіт і вартість кожного виду робіт.

Графік ремонтних робіт. Ремонти електроустаткування планують, виходячи з міжремонтних періодів, ремонтних циклів і їх структури. Міжремонтним називають період роботи електроустаткування між черговими плановими ремонтами, наприклад, сусідніми поточними.

Ремонтний цикл - відрізок часу, протягом якого електроустаткування працює між двома капітальними ремонтами або з моменту введення в експлуатацію до першого капітального ремонту. Ремонт електроустаткування планують на один рік з розбиттям на квартали і місяці - це поточне планування.

## ЛЕКЦІЯ № 10. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

### 1 Забезпечення безпеки при роботі з електроустановками

При підготовці даного питання лекції використано матеріали «Міжгалузеві правила по охороні праці (правила безпеки) при експлуатації електроустановок».

#### 1.1 Порядок і умови проведення робіт

1.4.1 Роботи в діючих електроустановках повинні проводитися по наряду-допуску (далі - наряду), по розпорядженню, по переліку робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації.

1.4.2 Не допускається самовільне проведення робіт, а також розширення робочих місць і об'єму завдання, визначених нарядом або розпорядженням.

1.4.3 Виконання робіт в зоні дії іншого наряду повинно узгоджуватися з працівником, що веде роботи за раніше виданим нарядом (відповідальним керівником робіт) або що видав наряд на роботи в зоні дії іншого наряду. Узгодження оформляється до початку виконання робіт записом "Узгоджено" на лицьовій стороні наряду і підписом працівника, що погоджує документ.

1.4.4 Ремонти електроустаткування напругою вище 1000 В, робота на струмопровідних частинах без зняття напруги в електроустановках напругою вище 1000 В, а також ремонт ПЛІ незалежно від напруги повинні виконуватися по технологічних картах або проекту проведення робіт (ППР).

1.4.5 У електроустановках напругою до 1000 В при роботі під напругою необхідно:

- захистити розташовані поблизу робочого місця інші струмопровідні частини, що знаходяться під напругою, до яких можливий випадковий дотик;
- працювати в діелектричних калошах або стоячи на ізолюючій підставці або на гумовому діелектричному килимі;
- застосовувати ізольований інструмент (у викруток, крім того, повинен бути ізольований стрижень), користуватися діелектричними рукавичками.

Не допускається працювати в одязі з короткими або засуканими рукавами, а також використовувати ножівки, напилки, металеві метри і тому подібне.

1.4.6 Не допускається при роботі біля необгороджених струмопровідних частин розташовуватися так, щоб ці частини знаходилися позаду працівника або з двох бічних сторін.

1.4.7 Не допускається торкатися без застосування електрозахисних засобів до ізоляторів, ізолюючих частин устаткування, що знаходиться під напругою.



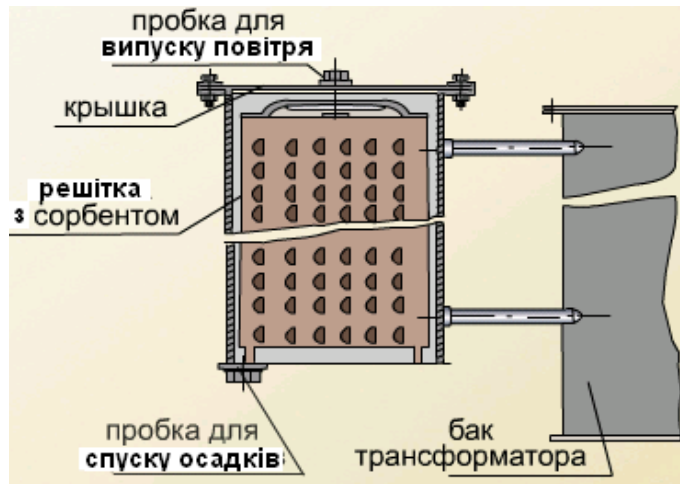


Рис. 16 – Термосифонний фільтр

Окрім поточного здійснюють оперативне планування за допомогою мережевих графіків.

Мережевий графік - схематичне зображення операцій і елементів виробничого процесу, а також взаємних зв'язків між ними, порядку і технологічної послідовності їх виконання. Загальний мережевий графік передбачає ремонт певного електроустаткування, наприклад, окремої електроустановки. Локальний мережевий графік складається на ремонт окремої одиниці електроустаткування - потужного електродвигуна або силового трансформатора.

### 1.5 Розбирання, демонтаж обмотки, чищення, дефекація

Будова асинхронного двигуна серії 4А. Двигуни цієї серії є найбільш розповсюдженими. Висота осі обертання 280-355 мм, корпус виконаний у вигляді зварної напівстанини, що складається з чотирьох вертикальних стійок, з'єднаних в нижній частині повздовжними планками з отворами під фундаментні болти, а у верхній - двома повздовжніми ребрами з товстолистової сталі (рис. 5). Стійки мають кільцеві заточування. На заточуваннях зовнішніх стійок центруються підшипникові щити, на внутрішніх - сердечник статора з обмоткою.

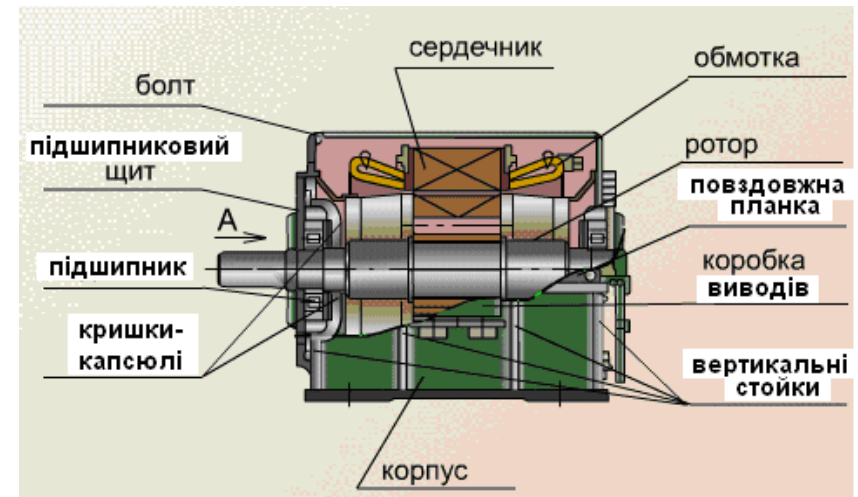


Рис. 5 - Асинхронний двигун серії з короткозамкнутим ротором 4АН280

Зверху двигун закривається кожухом, який кріплять до повздовжних ребер корпусу болтами і до торцевих стінок щитів болтами. Сердечник статора набирають з листів на оправку, спресовують між двома нажимними шайбами, які

мають заточування для центрування сердечника в станині, і приварюють до горизонтальних планок. Сердечник з обмоткою встановлюють в станину зверху на заточках стійок і закріплюють болтами через отвори в горизонтальних планках. Така конструкція зменшує масу станини, спрощує її виготовлення і полегшує ремонт обмотки з вийманням сердечника із станини. Лапами станини є планки. Підйомні гаки виконані у вигляді вирізів на повздовжних ребрах.

Підшипникові щити, зцентровані на кільцевих заточках, кріплять до напів-станини болтами. Підшипники встановлюють в кришках-капсулах, які кріплять до щитів болтами. Внутрішні кришки притягають до капсулів болтами. На валу підшипники в повздовжньому напрямі закріплені пружинними кільцями. До щитів кріпляться жалюзі, через які охолоджуюче повітря поступає в машину. Застосування кришок-капсулів дозволяє проводити безударне встановлення підшипників.

Для виймання ротора при ремонті спочатку вигвинчують болти. Кришки-капсулі виводять з щитів віджимними болтами. Потім відгвинчують болти і знімають щити з корпусу. Ротор вивішують підйомним пристроєм і виводять із статора.

Коробку виводів кріплять болтами до рамки, яку, у свою чергу, кріплять до планок сердечника болтами. Коробка має фланець для приєднання газової труби, гнучкого металорукава і кабелю або дроту в оболонці з гуми або пластиків.

У двигуні серії 4А передбачається можливість додавання або часткової заміни відпрацьованого мастила без його зупинки. Мастило подається через масельнички і виходить внизу кришок-капсулів через отвори, закриті заслінками. Змащувальний диск при обертанні полегшує проходження мастила через підшипник. Даний двигун має захищене виконання. Охолоджуюче повітря затягується вентиляційними лопатками литої обмотки ротора через жалюзі і викидається в нижній частині станини.

**Піднімання електродвигунів.** Піднімання зазвичай здійснюють з використанням стропів, які виготовляють із сталевих і прядивних канатів. Стропи закінчуються петлями або гаками для кріплення за рим-болт (рис. 6).

При роботі з підйомно-транспортними механізмами (кранами, кран-балками, електроталіями) необхідно стежити, щоб вантаж не переміщали над людьми, оповіщати сигналом про рух вантажу, не залишати вантаж висячим на гаку довше, ніж це необхідно для завершення операції.

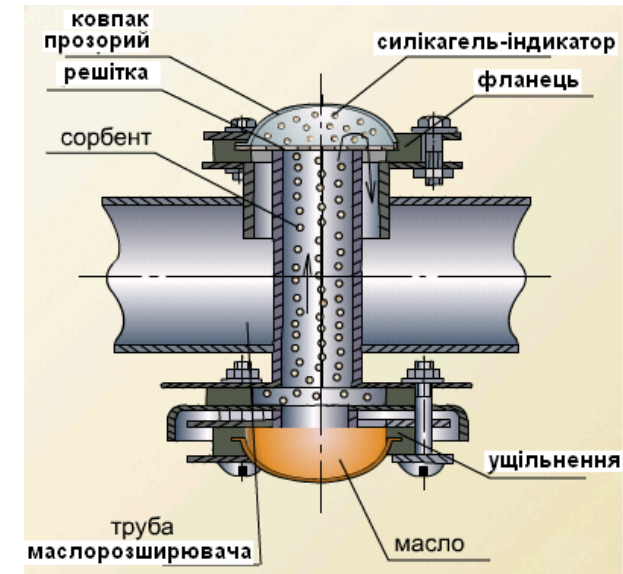


Рис. 15 – Повітроосушник

Затримуючи частинки твердих речовин, що містяться в повітрі, що поступає, він одночасно служить фільтром. Взаємодія маслорозширювача із зовнішнім повітрям здійснюється через повітроосушник. Конструктивно повітроосушник є трубою. Верхній оглядовий ковпачок його заповнений силікагелем-індикатором (патроном), циліндровий корпус – сорбентом, нижній оглядовий ковпачок – маслом і служить масляним затвором. Повітроосушник містить від 1 до 5 кг силікагелю. Повітроосушник невеликої ємкості заповнюється повністю індикаторним силікагелем.

Контроль за осушувачем в експлуатації полягає в спостереженні за забарвленням силікагеля-індикатора, яке у міру зволоження повітря міняється з блакитною на рожевий. При появі рожевого забарвлення окремих кристалів слід підсилити контроль за фільтром. Коли велика частина силікагелю прийме рожеве забарвлення, повітроосушник повинен бути замінений. В процесі експлуатації попадання масла у повітроосушник повинно бути виключене.

**Термосифонний фільтр** призначений для безперервного очищення трансформаторного масла від продуктів окислення в процесі експлуатації трансформатора (рис. 16). Він є трубою, в якій розміщується решітка з сорбентом. При появі кислій реакції водної витяжки або зростання кислотного числа трансформаторного масла необхідно провести перезарядку термосифонного фільтру.

При цьому додатково проводяться випробування, результати яких відображаються в спеціальному бланку випробування трансформатора. Після проведення випробування трансформатора пишеться висновок про те, що трансформатор допускається або не допускається до роботи.

Ремонт складових трансформатора. Для перевірки стану елементів вводу – фарфору ізолятора, фланця, ковпачка і шпильок слід провести їх ретельний огляд, при цьому необхідно звернути увагу на відсутність протікання масла з-під армування, шапки ізолятора.

Під час огляду контактів перемикачів поверхні контактів, покритих жовтим нальотом, необхідно протерти ганчіркою, змоченою бензином або ацетоном. Підгоряння на контактних деталях, які були виявлені в ході огляду, слід усунути за допомогою м'якої щітки або ганчірки. Зусилля натиснення для контактів перемикача слід проконтролювати, керуючись зразковими нормами. У випадку, якщо не забезпечується необхідне зусилля натиснення, необхідно провести регулювання контактів.

При ремонті розширювачів після знімання дна необхідно провести чищення - протерти поверхню ганчіркою. Для видалення забруднення або корозії зовнішньої поверхні рекомендується користуватися металевою щіткою. Потім слід виконати окраску внутрішньої поверхні розширювача.

Для усунення протікання масла в розширювачі слід замінити його ущільнення. Після ретельного огляду масловказівника при забрудненні і пошкодженні масломірного скла потрібно викрутити внутрішню пробку масловказівника, вийняти масломірне скло, очистити його ганчіркою, змоченою сухим трансформаторним маслом і замінити новим. При стиранні контрольних відміток масловказівника необхідно нанести нові відмітки цинковими білилами.

У разі потреби повітроосушник слід перебрати і очистити, потім провести заміну сорбенту.

В ході ремонту бака, арматури і радіаторів їх внутрішню поверхню необхідно промити і очистити від шлаку і залишків старого трансформаторного масла. Зовнішню поверхню бака, арматури і радіаторів слід промити і очистити від бруду, корозії і фарби, що відшаровується. В ході ремонту встановлюються нові ущільнення, проводиться зовнішня окраска бака трансформатора. В ході ремонту проводиться розбирання і очищення термосифонного фільтру. Після цього замінюється сорбент у фільтрі. Протікання в радіаторі усувається шляхом заміни ущільнень.

Повітроосушник призначений для поглинання вологи, що міститься в повітрі, яке поступає в трансформатор (рис. 15).

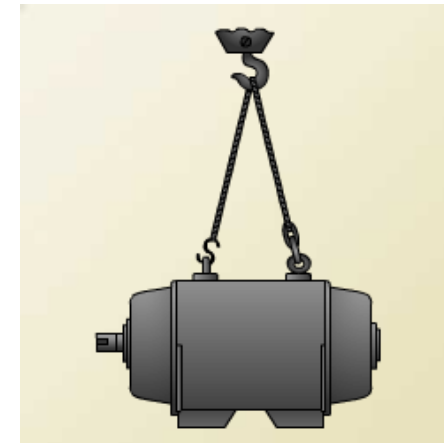


Рис. 6 - Піднімання електродвигунів малої і середньої потужності

Позначення вивідних кінців обмотки. Як ірні обмотки машин змінного струму в більшості випадків розташовують на статорі, тому їх виводи позначають буквою С. Початок 1, 2 і 3-ї фаз трифазної обмотки позначають відповідно С1, С2, С3, кінці фаз при відкритій схемі - С4, С5, С6. Зазвичай затискачі трифазної машини розташовують на колодці так, що з'єднання зіркою досягається при горизонтальному розташуванні перемичок і з'єднання трикутником - при їх вертикальному розташуванні (рис. 7).

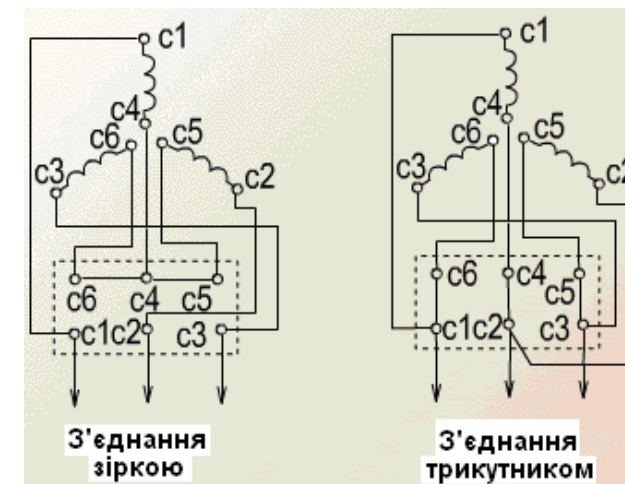


Рис. 7 – Типи з'єднань

З електричної машини виводять шість (або три) вивідних кінців і кріплять на контактних болтах гайками. Зверху на гайки при монтажі будуть встановлені кінці підвідного кабелю. До кришки коробки повинна бути прикріплена табличка-схема, на якій повинні бути показані з'єднання на колодці виводів при різній напрузі живлення.

*Промивка обмоток і деталей електричних машин.* Перед дефектацією всі деталі і вузли необхідно очистити від бруду і масел в миючих розчинах, промити у воді і просушити. Всі очищені і придатні для повторного використання деталі електричних машин маркують і зберігають, несправні відправляють для ремонту, відновлення або виготовлення нових.

Струменеве очищення найефективніше проводити в мийних машинах, для чого до теперішнього часу розроблено і впроваджено декілька їх конструкцій. Така машина складається з мийної камери, двох гідравлічних баків з системами підігріву і фільтрації рідини і насосної станції. До складу камери входять дві напівкамери з приводом, підвіска з приводом її обертання і виловлювачем, два контури з системою форсунок і ємкість для зливу робочої рідини в процесі миття. Гідравлічні баки складаються з двох однакових ємкостей для гарячого миючого розчину і гарячої води відповідного трубопроводу і арматури.

Миття проводять таким чином. Великі деталі підвішують на підвісці, а малі укладають в контейнер і також укріплюють на підвісці. Деталі поступають в мийну машину, і розчин, нагрітий до 70-80 °С, омиває їх через коливальні сопла. Підвіска при цьому поволі повертається. Час миття визначається габаритними розмірами і ступенем забруднення деталей і займає, як правило, 15-20 хв. Після обробки розчином деталі миють гарячою водою (70-80 °С), а потім сушать гарячим повітрям.

Миючий розчин готується безпосередньо в миючій камері (у одному літрі води розчиняють 10-25 г миючого засобу). Зміну миючого розчину проводять приблизно через 10 діб. Препарати МЛ-51 і МЛ-52 при засипці можуть утворити "пилову хмару", а при розмішуванні розчин може розбризкуватися і потрапити в очі. В цьому випадку слід промити очі чистою водою. При розведенні порошку необхідно працювати в захисних окулярах, респіраторі і гумових рукавичках. Руки до ліктів слід змастити захисними кремами (застосовують силіконовий крем, а також пасти марки ХІОТ-6 і АБ-1).

*Препарати для миття деталей електричних машин.* При митті вельми ефективні миючі синтетичні препарати МЛ-51, МЛ-52, які добре розчиняються у воді (зокрема в жорсткій), нетоксичні, незайmistі, вибухобезпечні і не викликають опіків шкіри. Ці розчини придатні для чищення деталей з чорних (не викликають корозії) і кольорових металів, включаючи алюміній і його сплави. У баку миючої машини розчин утворює із забрудненнями емульсію, що розпадається, причому масляні забруднення спливають на поверхню розчину, а тверді частинки щільністю більше 1 г/см<sup>3</sup> осідають в нижній частині бака.

- руйнуванням ізоляції листів електротехнічної сталі сердечника і стяжних шпильок в результаті місцевих нагрівів;
- вібрації активної частини із-за недостатнього кріплення і поганої якості збірки.

### 3 Ремонт зовнішніх вузлів трансформаторів

Ремонт - це усунення несправності. Розрізняють поточний і капітальний ремонт.

Поточний ремонт трансформатора (ПР) - основний профілактичний вид ремонту, що забезпечує довговічність і безвідмовність роботи електроустаткування. Шляхом чищення, перевірки, заміни частин і наладки трансформатора підтримують в працездатному стані до наступного планового ремонту. У об'єм ПР трансформаторів входять операції технічного обслуговування (очищення трансформатора від пилу і грязі, регулювання кріплення, огляд і усунення дрібних несправностей, а також перевірка заземлення, ступеня нагріву, відсутності ненормальних шумів при роботі), демонтаж, транспортування, дефектація, розбирання електроустаткування і його ремонт, окрім ремонту базових вузлів (обмотки, магнітопровода і так далі). Поточні ремонти, наприклад, трансформаторів напругою 10/0,4 кВ з їх відключенням, але без виймання сердечника проводять в міру необхідності, але не рідше за один раз на 3 роки. Весь комплекс робіт по поточному ремонту виконує персонал електротехнічної служби організації (або господарства).

Капітальний ремонт трансформатора (КР) - найбільш складний і повний за об'ємом вид ремонту. При цьому трансформатор повністю розбирають, ремонтують, включаючи базові вузли (обмотки, активна сталь і так далі), при необхідності модернізують з метою підвищення експлуатаційної надійності електроустаткування. Весь комплекс робіт по капітальному ремонту виконує персонал електротехнічної служби підприємства електричних мереж.

Перший капітальний ремонт трансформаторів роблять через 6 років після введення в експлуатацію, а надалі в міру необхідності залежно від результатів вимірювань і стану трансформатора. Проте залежно від типу трансформатора, умов транспортування, монтажу і експлуатації терміни поточних і капітальних ремонтів можуть бути змінені. Ремонт трансформаторів ведуть в строгій відповідності з технологічними картами, в яких перераховані відомості про трансформатор (завод-виробник, потужність, напруга, струм, схема і група з'єднання), вимоги замовника, стан трансформатора по зовнішньому огляду, повний перелік виконаних робіт, послідовність і об'єм всіх ремонтних операцій, а також вказані прилади, інструмент і пристосування, необхідні для ремонту.

з вертикальних стержнів, із ступінчастим перетином, що вписуються в круг. На стержнях розташовані обмотки циліндрової форми. Верхня і нижня частини магнітопровода, що замикають стержні магнітопровода, утворюють замкнуте магнітне коло і одночасно додають певну жорсткість та механічну міцність конструкції, що дуже необхідно, оскільки на магнітопровід часто діють великі динамічні зусилля, що викликаються короткими замиканнями в мережі.

Магнітопровід виконується з тонких (завтовшки 0,35-0,5 мм) ізолюваних один від одного пластин електротехнічної сталі. Залежно від способу зчленування стержнів і ярем розрізняють магнітопроводи стикові і шихтовані. В даний час магнітопроводи силових трансформаторів виготовляють частіше шихтованими. Стержні і ярма збирають в палітурку, тобто розбивають по товщині на шари, складені з окремих пластин. Стиснення пластин стержнів у силових трансформаторів потужністю менше 1000 кВА (на один стержень) проводиться за допомогою дерев'яних або пластмасових клинів, які забиваються в простір між стержнем і ізоляційним циліндром найближчої до стержня обмотки. Сталеві пластини стержнів і ярем магнітопровода повинні бути міцно спресовані, наприклад, для пресування ярма використовують винесені за крайні стержні шпильки, що стягують ярмові балки, сталеві напівбандажі або шпильки. Стягування стержнів, у багатьох випадках і ярем, проводять бандажуванням за допомогою склоленти, просоченою термоактивним компаундом.

Міжлистова ізоляція - це ізоляція між пластинами магнітопровода. Лакова ізоляція наноситься у вигляді плівки з двох сторін листа. Останнім часом все більш широко застосовується жаростійке покриття сталі у вигляді керамічних або оксидних плівок, що наносяться на листову рулонну сталь на металургійному заводі після плющення.

Дефекти (пошкодження) між листової ізоляції можуть бути викликані внаслідок пошкодження і природного зносу (старіння) ізоляції. Ознаки пошкодження між листової ізоляції: оплавлення листів активної сталі, поява червонуватого кольору і іржа на сталі, перекіс стержнів.

"Пожежа" в сталі виникає при:

- замиканні між листами сердечника;
- замиканні сердечника із стяжними шпильками.

Місцеві замикання листів можуть бути викликані:

- наявністю сторонніх металевих або струмопровідних частинок на магнітопроводі трансформатора;
- випаданням на ярмо залишків з розширювача, що має ознаки корозії;
- наявністю вологи в трансформаторному маслі;

Швидкість і повнота розшарування емульсії гарантують багатократне використання однієї порції миючого розчину по замкнутому циклу. Тому баки для розчину, гарячої води і відстійників обладнують пристроями для збирання масла з поверхні. Вказані препарати призначені для струменевого очищення деталей, але можуть використовуватися і для очищення деталей у ваннах.

Дефектація електричних машин після їх розбирання. Дефекти механічних деталей (сталь ротора або статора, щітки, щіткотримачі, підшипники) можуть бути виявлені після розбирання електричної машини візуально. Для виявлення несправностей в обмотках електричних машин застосовують спеціальні діагностичні прилади (дефектоскопи). Міжвиткові замикання визначають приладами серіїв ЕЛ, ПДО і ін. Дефектація дозволяє скласти повну картину несправностей електричної машини і підготувати для її ремонту відповідну технічну документацію. При дефектації проводять візуальний огляд вузлів і деталей машини, а також проводять необхідні вимірювання і випробування.

Дефектація необмотаного статора. В процесі дефектації візуально перевіряють наявність тріщин, сколів і деформацій корпусу, стан різбових отворів, кріплення сердечника в корпусі, наявність розпушення крайніх листів і вигорання окремих листів сердечника, наявність корозії. Щільність складок сердечника перевіряють щупом завтовшки 0,2 мм, який під тиском руки повинен входити між листами сердечника не більше ніж на 2-3 мм. Розпушення листів перевіряють, вимірюючи штангенциркулем довжину сердечника від дна пазів і до верхньої частини зубців. У сердечниках завдовжки до 100 мм допускається розпушення до 2 мм, а при довжині 101-150 мм - до 3 мм. У двох взаємно перпендикулярних площинах проводять вимірювання діаметрів внутрішньої поверхні сердечника і замків корпусу, службовців для посадки підшипникових щитів. У машинах загальнопромислового виконання точність обробки замків повинна знаходитися в межах 7-9 квалітетів. Необмотаний статор бракується і не підлягає ремонту за наявності відколів більше двох лап, наявності наскрізних тріщин в корпусі, вигоранні одного або декількох зубців на довжину більше 50 мм або 1/3 довжини сердечника, збільшенні повітряного зазору більш ніж на 15% (25% - для двополюсних машин) і при значному пошкодженні сердечника.

Методика дефектації якоря. Перед дефектацією повинні бути відремонтовані центральні отвори валу. Якір (ротор) встановлюють шийками валу на призми і проводять його зовнішній огляд, а також вимірюють діаметр сердечника для подальшого розрахунку повітряного зазору, посадочні місця шийок валу під підшипники і вентилятор, вимірюють биття шийок валу і сердечника, перевіряють стан пазів шпон і вихідного кінця валу. Оглядають колектор (рис. 8) і контактні кільця для виявлення нагарів, підпалів, оплавлень і нерівномірного вироблення, вимірюють їх биття щодо шийок валу.





Рис. 8 - Колектор з нагаром

Вимірюють опір ізоляції колектора і контактних кілець. Міжвиткові замикання обмотки якоря перевіряють на індукторі, підносячи невелику металеву пластину до корпусу якоря (рис. 9). За наявності замикань між витками обмотки пластина починає посилено вібрувати, видаючи низькочастотний звук.



Рис. 9 - Дефектація якоря

Поверхні під посадку підшипників повинні мати допуск  $k4-k6$ , під посадку вентилятора -  $k6-k9$ , під посадку колектора -  $k6-k8$ . Дефектація сердечника ротора проводиться так само, як сердечника статора. Якір бракується і не підлягає ремонту, якщо є поломка валу в будь-якому перетині або значне зношення сердечника (в результаті корозії, абразивного зносу і ін.). Для короткозамкнутих роторів асинхронних машин ознакою браку є також обрив литого стержня обмотки.



Рис. 13 – Підйомне пристосування

Маслопровід. Розширювач з'єднується з баком за допомогою маслопроводу, який виготовляється з труби з умовним проходом 25 мм і товщиною стінки 1,6-2 мм. Залежно від розташування розширювача відносно бака, маслопровід може бути вертикальним, похилим або зігнутим в нижній і верхній частинах з радіусів 125 мм. Вертикальний маслопровід служить додатковою опорою для розширювача. Маслопровід розширювача за наявності газового реле складається з двох частин (патрубків), між якими на фланцях встановлюється газове реле (рис. 14). В якості ущільнювача застосовується маслостійка гума. З боку розширювача на фланці маслопроводу встановлюють плоский кран для перекриття маслопроводу у разі зняття розширювача.

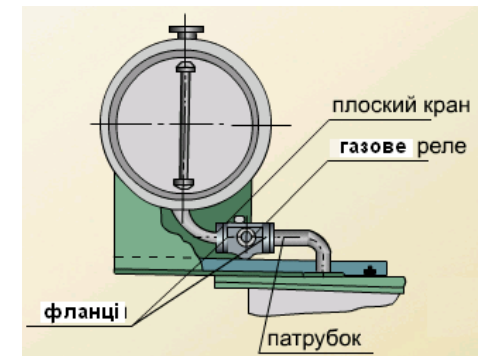


Рис. 14 – Маслопровід розширювача

Магнітопровід є жорсткою конструкцією, на якій встановлюють і закріплюють обмотки НН і ВН, виводи, перемикачі і інші деталі активної частини трансформатора. Випускають два типи магнітопроводів: стерженьовий і броньовий. Найбільш поширений стриженьовий магнітопровід, який складається



Пошкодження перемикачів - оплавлення, вигорання контактних поверхонь перемикача, обрив в колах перемикача при незадовільному стані контактів і замикання в перемикачі. Оплавлення або повністю вигорання контактних поверхонь (стержнів і кільця) перемикача може відбуватися через термічну дію струмів короткого замикання і поганого його монтажу. Значне оплавлення або вигорання контактних частин перемикача може привести до псування масла і спрацювання газового захисту. При незначному пошкодженні контактних поверхонь можна обмежитися зачисткою оплавлених місць пилою і ретельним пришліфовуванням наждачним полотном.

Активна частина. Конструкція, що включає в зібраному вигляді остов трансформатора, обмотки з їх ізоляцією, виводи, частини регулюючого пристрою (перемикача), а також всі деталі, що служать для їх механічного з'єднання, називається активною частиною трансформатора (рис. 12). Активна частина розміщується в баку трансформатора.



Рис. 12 – Активна частина трансформатора

Підйомні пристосування. До підйомних пристосувань відносяться підйомні гаки з тросами, встановлені на тельферах (кран-балках) – рис. 13. При підготовці підйомних пристосувань визначають їх цілісність і міцність підйомних гаків, відповідність маси трансформатора вантажопідйомності підйомного механізму.

Дефектація підшипникових щитів. В процесі дефектації візуально перевіряють наявність тріщин і зламів, стан різбових отворів і приливів. Вимірюють посадочні місця під підшипник і замок для посадки в корпус. Поверхні під посадки підшипників повинні мати допуск  $h6-h7$ , під посадку щита на корпус -  $h6-h9$ . Ознаками браку є тріщини і відколи в щиті і на посадочних поверхнях, а також відколи кріпильних приливів.

Дефектація щіткового вузла. Візуально перевіряють стан щіткотримачів, пружин, вивідних проводів (кабелів) і канатиків щіток. Зазор між щіткою і щіткотримачем не повинен перевищувати 0,3-0,5 мм. Перевіряється тиск пружин на щітки, який повинен бути однаковим у всіх щіток і відповідати заданому. Вимірюють опір ізоляції між щіткотримачем і корпусом.

Дефектація вентилятора і його кожуха. В процесі дефектації візуально перевіряють цілісність поверхонь, відсутність зламів, вм'ятин і інших механічних пошкоджень. У вентиляторів перевіряють розмір посадочної поверхні під вал, який повинен мати допуск по  $h6-h9$ .

Дефектація кріпильних деталей. Шляхом огляду кріпильних деталей (болти, шпильки, гайки) перевіряють наявність тріщин, надривів біля головок болтів, деформації шпильок, стан різблення і наявність захисних покриттів. Якість різблення перевіряють різбовими кільцями. Ознаками браку є пошкодження більше 20% ниток різблення, тріщин і надривів біля головок болтів, зменшення діаметру шпильок і болтів із-за корозії більш ніж на 10%.

Зазор. При обслуговуванні перевіряють повітряний зазор між статором і ротором електродвигуна. Цей зазор в процесі експлуатації у зв'язку із зношенням підшипників або в результаті розбирання і неточної збірки електродвигуна може мінятися. Це приводить до порушення симетричного положення ротора в статорі. У електродвигунів повітряні зазори вимірюють в діаметрально протилежних точках спеціальними щупами. Зазори не повинні розрізнятися між собою більше ніж на 10% середнього значення (рівного напівсумі зазорів).

Підшипникові щити. Підшипниковими щитами називають кришки корпусу електродвигуна, які закривають його з боків і в яких кріпляться підшипники кочення або ковзання, що підтримують вал. У електричних машинах застосовують різні підшипникові щити, що відрізняються один від одного формою, розміром і матеріалом, з якого вони виготовлені. Не дивлячись на велике розмаїття конструкцій підшипників, щити можна розділити за призначенням на два основні види: звичайні і фланцеві для установки та кріплення безпосередньо на виконавчому механізмі.

У ряді випадків електричні машини можуть мати комбіновану систему кріплення, тобто станину з лапами для установки і кріплення на опорній конструкції і одночасно фланцевий підшипниковий щит для кріплення на виконавчому механізмі. Підшипникові щити електричних машин виготовляють

методом лиття (переважно із сталі, рідше з чавуну і сплавів алюмінію), а також зварки або штампування. В центрі щита є розточування під підшипник, в якому встановлюють кульковий або роликовий підшипник кочення. У потужних машинах постійного струму у ряді випадків використовують підшипники ковзання.

Зняття підшипникових щитів починають з відгвинчування болтів кріплення заднього (з боку приводу) і переднього (з протилежного від приводу боку) підшипникового щита. Легкими ударами молотка з пластичного металу або ударами по інструменту, виконаному з пластичного металу, виводять задній щит з посадочного місця на станині. При зніманні підшипникових щитів машин великої потужності щити рівномірно відводять віджимними болтами, поки вони не вийдуть з центруючого заточування станини. Після знімання одного з підшипникових щитів положення ротора по відношенню до статора змінюється, утворюється перекіс. Тому перед зніманням щита потужних машин необхідно під кінець валу встановити домкрат або підвісити ротор за кінець валу при допомозі талі, закласти в нижню частину розточування прокладку з електрокартону і лише після цього звільнити кінець валу від домкрата або талі.

**Цілісність підшипників.** Перевірку електричної машини на цілісність підшипників, величину осьового розгону ротора (якорі) проводять на холостому ходу по наявності характерного звуку і вібрації частин машини, що обертаються.

Цілісність підшипників перевіряють за допомогою слухового щупа - металевого стержня з конусоподібним капелюшком, підносячи один його кінець до області розташування підшипника (переднього і заднього щитів), а другий кінець з розширенням - до вуха. Однотонний звук середньої висоти свідчить про справність підшипника. Якщо ж через щуп чуються високі звуки з "поскрипуванням", тріском - це сигнал початку руйнування підшипника. Ступінь вібрації частин електричної машини, що обертаються, визначають з допомогою *віброміра* - стрілочного приладу, що фіксує амплітуду вібрації. Для вимірювання виносний датчик приладу притискають до корпусу електродвигуна, що обертається на холостому ходу. Положення стрілки на шкалі приладу покаже амплітуду вібрації в мікрометрах. Прилад багатомезний, тому під час вимірювання потрібно правильно вибрати межу вимірювання, почавши з більшої межі і послідовно зменшуючи її так, щоб стрілка приладу показала величину діючої вібрації.

**Будова підшипників кочення.** Підшипники кочення знайшли широке застосування в електричних машинах (рис. 10). Вони менше зношуються, ніж підшипники ковзання, що особливо важливе для машин з малим повітряним зазором, мають менші втрати на тертя, можуть значний час працювати без заміни мастила.

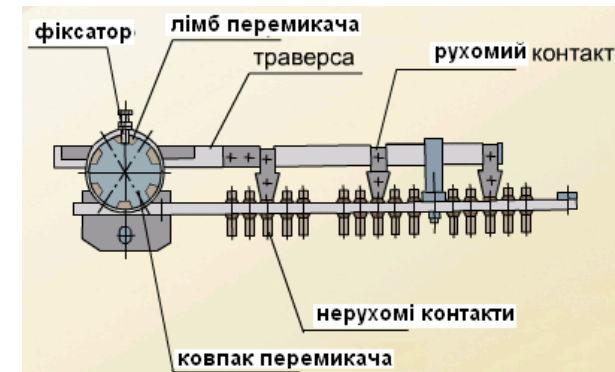


Рис. 10 – Перемикач рейкового типу

Трансформатори потужністю 400 кВА і більше випускаються з пристроєм регулювання під навантаженням (РПН), розміщеному в баку трансформатора. Регулювання напруги за допомогою РПН проводиться шляхом автоматичної зміни коефіцієнта трансформації за рахунок витків обмотки вищої напруги. Трансформатори РПН при ВН 6 і 10 кВ в діапазоні регулювання +10% мають не менше +8 ступенів і при ВН 20 і 35 кВ - в діапазоні регулювання +9% - не менше +6 ступенів.

Контактний пристрій складається з системи нерухомих і рухомих контактів, виконаних у вигляді роликів. Система рухомих контактів зазвичай включає один головний і два дугогасильних контакти. Головний контакт з'єднаний з дугогасильними контактами, розташованими по обидві його сторони, за допомогою струмообмежувальних резисторів. Обмотка ВН складається з трьох секцій. При цьому грубе регулювання напруги здійснюється реверсом, тонке регулювання проводиться перемикачем (рис. 11). Управління перемикальними пристроями може бути дистанційним і автоматизованим.

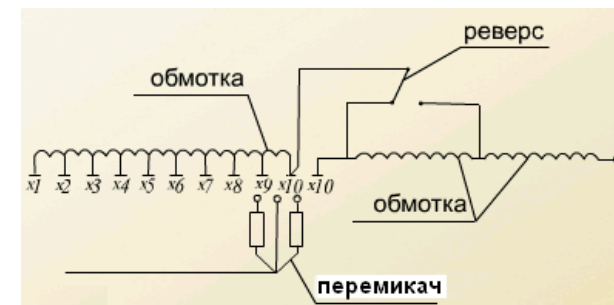


Рис. 11 – Схема об'єднання обмоток і перемикача

Дефектація. У об'єм поточного ремонту трансформаторів входять операції технічного обслуговування (очищення трансформатора від пилу і бруду, огляд і усунення дрібних несправностей, а також перевірка заземлення, ступеня нагріву, відсутності ненормальних шумів при роботі), демонтаж, транспортування, дефектація, розбирання електроустановки і його ремонт, окрім ремонту базових вузлів (обмотки, магнітопровода і т. д.).

Дефектація трансформатора - це визначення несправності, пошкодження основних елементів: обмоток, введів, високовольтного перемикача і магнітопровода. Дефектація ізоляції трансформатора є найважчим процесом при проведенні поточного ремонту. Стан ізоляції обмоток і введів визначають по опору. Шляхом зовнішнього огляду виявляють тріщини і сколи у вводах; оплавлення і вигорання в перемикачі; замикання листів сердечника магнітопровода і ін.

Дефекти введів. Дефекти введів виникають із-за неправильного монтажу і експлуатації трансформатора. Найбільш характерні видимі пошкодження - це сколи (рис. 9), тріщини фарфорового ізолятора вводу. Вони визначаються шляхом зовнішнього огляду. Невидимі пошкодження ізоляції введів можна виявити за допомогою випробування ізоляції підвищеною напругою.



Рис. 9 – Дефект фарфорового ізолятора

Перемикач, встановлений на кришці бака трансформатора, дозволяє змінити число витків обмотки вищої напруги (ВН) і тим самим регулювати напругу споживачів. У трансформаторах потужністю від 25-250 кВА напругою 10/0,4 кВ використовуються перемикачі рейкового типу (рис. 10), з перемиканням без навантаження (ПБН), що дозволяють регулювати напругу на високій стороні в межах  $\pm 2,5$  вручну при відключеному трансформаторі. У цих трансформаторів управління перемикачем виведене на кришку трансформатора або на ручний привід зовні.



Рис. 10 - Радіальний однорядний роликовий і кульковий підшипники

Залежно від навантаження підшипники кочення підрозділяють на радіальні, упорні і радіально-упорні. Радіальні підшипники в основному сприймають силу, направлену перпендикулярно осі обертання (радіальне зусилля). Вони можуть витримувати також і невеликі осьові навантаження, що дозволяє використовувати їх для фіксації ротора від осьових переміщень. Упорні підшипники сприймають тільки осьове навантаження і застосовуються в основному в машинах з вертикальним валом.

За формою тіл кочення розрізняють шарикові і роликові підшипники. Підшипник кочення складається з двох кілець: зовнішнього і внутрішнього. Між ними розміщені тіла кочення: шарики або ролики. Для їх рівномірного розміщення по колу служить сепаратор. На кільцях з боку, дотичною з шариками або роликами, розташовані доріжки кочення, виконані у вигляді кільцевих поглиблень або поясочків.

У малих електричних машинах застосовують підшипники закритого типу з однією або двома захисними шайбами. Для їх встановлення не потрібні в машині спеціальні ущільнюючі пристрої для утримання мастила, оскільки ущільнення вбудовані в сам підшипник у вигляді металевих шайб, запресованих в зовнішнє кільце.

У єдиній серії асинхронних двигунів **4А** при висотах осі обертання до 132 мм використовують шарикопідшипники з двостороннім ущільненням (тип 180000), які надійно герметизують їх внутрішню порожнину, запобігаючи випаровуванням рідкої фази мастила. Такі підшипники можуть надійно працювати без заміни мастила до 12 000 год.

Шарикові підшипники зазвичай виготовляють з штампованим сепаратором з листового матеріалу. Штампований сепаратор складається з двох



змійкових напівсепараторів, які з'єднані між собою заклепками, електрозварюванням або заломленими вусиками. Шарикові підшипники виготовляють з масивними клепаними або суцільними сепараторами.

У електричних машинах застосовують підшипники з короткими циліндровими роликами і двома бортами на внутрішньому або зовнішньому кільці, а також з двома бортами на зовнішньому кільці і одним на внутрішньому. Підшипники з бортами на зовнішньому і внутрішньому кільцях можуть сприймати не тільки радіальні, але і осьові навантаження. Роликові підшипники, як правило, можуть бути розібрані: кільце, що не має бортів або що має тільки один борт, може бути зняте з підшипника. Роликові підшипники завдяки розбірній конструкції зручніші для монтажу, але чутливіші до перекосів осі валу щодо гнізд в щитах, ніж шарикові підшипники.

*Методика виймання ротора із статора машини.* Для виймання ротора із статора слід подати ротор у бік переднього щита (кришки) і вивести щит із затиску. Далі, підтримуючи ротор, вивести його із статора. Зняти передній щит (кришку) з підшипника ротора, насадженого на вал, легкими ударами м'якого молотка по підставці (можна використовувати вибивач), заздалегідь відвернувши болти кріплення підшипникової кришки.

Для електродвигунів з контактними кільцями заздалегідь зняти кожух контактних кілець, вийняти щітки з щіткотримачів, відвернути болти кріплення корпусу кожуха контактних кілець і зняти кожух. Крупні ротори виводять із статора за допомогою спеціального пристосування (рис. 11).

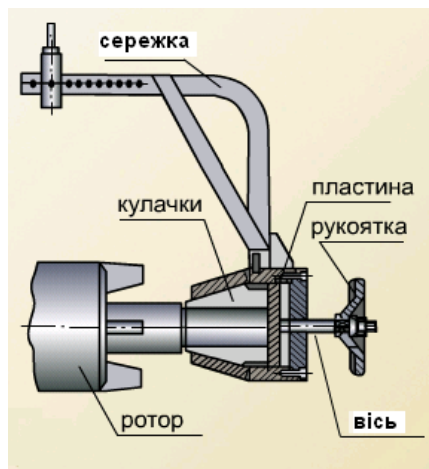


Рис. 11 - Пристосування для виймання ротора із статора

Сирежку встановлюють так, щоб вона розташовувалася над центром тяжіння ротора, після чого заводять цанговий патрон на вал. Обертаючи рукоятку, пересувають пластину вперед, поки кулачки не захоплять вал ротора. Потім

позначають: **A, B, C, X, Y, Z** - вища напруга; **a, b, c, x, y, z** - нижча напруга. При з'єднанні фаз в зірку іноді виводять загальну точку, позначаючи її **о**.

Елементом будь-якої обмотки є виток, що являє собою один або декілька поряд розташованих ізолюваних один від одного паралельних провідників з круглою або прямокутною формою поперечного перетину. Ряд послідовно з'єднаних витків, конструктивно об'єднаних в одне ціле, утворюють котушку. Витки в котушці розташовуються в один або декілька шарів. Концентричні обмотки по конструкції діляться на типи: циліндрові одношарові і двошарові обмотки з прямокутного дроту, гвинтові одно- і багатоходові обмотки, багатошарові циліндрові обмотки (зазвичай з круглого дроту), котушкові багатошарові циліндрові обмотки і безперервні котушкові спіральні обмотки.

*Ізоляція обмоток.* Важливим елементом конструкції обмотки є її ізоляція. Ізоляція розділяє частини трансформатора, що знаходяться під напругою, між собою і відокремлює їх від заземлених частин. У силових трансформаторах ізоляція виконується у вигляді конструкцій і деталей з твердих діелектриків - електроізоляційного картону, кабельного паперу, лакотканин, дерева, текстоліту, паперово-бакелітових виробів, фарфору і інших матеріалів (рис. 8).



Рис. 8 – Ізоляція обмоток трансформатора

Частини ізоляційних проміжків, не заповнені твердим діелектриком, заповнюються трансформаторним маслом в масляних трансформаторах або атмосферним повітрям в сухих трансформаторах. Для посилення ізоляції між обмотками і поліпшення їх охолодження застосовують горизонтальні канали між котушками за рахунок прокладок з пресованого картону, що має спеціальне просочення, якими вони утримуються на рейках, що створюють вертикальні канали.

бак і вводи трансформатора від забруднень за допомогою щітки або ганчірки. При ретельному огляді можна виявити зовнішні несправності: тріщини в армованих швах і протікання масла з фланцевих з'єднань, механічні пошкодження циркуляційних труб, розширювача і інших деталей трансформаторів.

В ході попередніх випробувань трансформатора проводиться вимірювання опору ізоляції між фазами і обмотками високої і низької напруги за допомогою мегомметра на 2500 В.

Для виявлення зовнішніх дефектів вводів проводиться ретельний зовнішній огляд. При цьому можна виявити зовнішні дефекти: сколи, тріщини і ін. В ході випробування ізоляторів вводів проводиться вимірювання їх опору мегомметром на 2500 В. Величина опору ізоляції повинна бути не менше 1000 МОм при температурі +10°C... +30°C.

Для виявлення внутрішніх дефектів вводів використовуються результати вимірювання опору ізоляції останніх обкладок вводів відносно заземленої з'єднувальної втулки вводу.

В ході розбирання трансформатора при підготовці підйомних пристосувань слід перевірити їх цілісність і міцність, при цьому необхідно звернути увагу на відповідність маси трансформатора вантажопідйомності підйомного механізму.

Для зливу масла перед розбиранням трансформатора, необхідно ослабити гайки біля сальникового фланця зливного крана, повернути пробку крана на 40-50 градусів, і направити струмінь масла через шланг в окрему тару.

Для демонтажу арматури з кришки потрібно відвернути гайки, що кріплять фланець розширювача, і гайки кріплення маслопроводу до розширювача. Після цього слід відвернути гайки, що кріплять заливний кран, термометр і кришки люків. Болти і шпильки слід комплектувати і складати в окрему тару.

Перед підйомом активної частини трансформатора необхідно відгвинтити гайки з болтів, що кріплять кришку до борту бака, вийняти болти, наживити їх на гайки і скласти в тару. Для підйому активної частини використовуються спеціальні пристосування, при цьому активна частина повинна висіти на гаку строго вертикально без нахилів і перекосів.

Виявлення дефектів перемикача, таких як оплавлення і вигорання контактів, проводиться шляхом зовнішнього огляду.

Для виявлення механічних пошкоджень магнітопровода слід провести ретельний огляд листів сталі. Для визначення замикань між листами магнітопровода потрібно виявити оплавлення листів активної сталі шляхом зовнішнього огляду.

Обмотки трансформатора складаються з обмотувального алюмінієвого і мідного дроту. У трифазних трансформаторах початки і кінці обмоток

вивішують ротор, підводячи пристосування за сережку за допомогою крана, і витягують його із статора. Невелике регулювання при витяганні ротора можна здійснити, підтримуючи його за вісь. Описане пристосування дозволяє захоплювати вали діаметром до 100 мм.

*Напівмуфта* - циліндрична або еліпсоподібна деталь з центральним отвором, за допомогою якого вона насаджується на вал електричної машини, служить для передачі руху від електричної машини до виконавчого пристрою (рис. 12). Перед зняттям шківів, напівмуфт, шестерень і інших з'єднувальних деталей з валу машини слід вивернути стопорний гвинт або вибити шпонку, що фіксують з'єднувальну деталь з валом. Місце посадки заливають гасом або антикорозійною рідиною для усунення корозії в місці контакту. При знятті цих деталей використовують дво- або трилапчаті знімачі (переносні ручні або гідравлічні). При ремонті крупних машин, щоб уникнути падіння напівмуфти, знятої з валу, її до початку операції демонтажу підвішують стропом на крюк талі або тельфера.

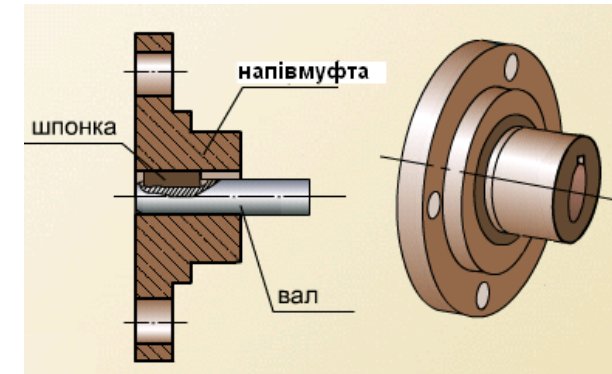


Рис. 12 - Посадка напівмуфти на вал

*Зняття напівмуфти з валу електричної машини.* Перед зняттям напівмуфти і інших з'єднувальних деталей з валу машини слід вивернути стопорний гвинт або вибити шпонку, що фіксують з'єднувальну деталь з валом. Місце посадки заливають гасом або антикорозійною рідиною для усунення корозії в місці контакту. Якщо напівмуфта не знімається звичайним інструментом, її заздалегідь нагрівають струмами підвищеної частоти.

При знятті цих деталей використовують дво- або трилапчаті знімачі (переносні ручні або гідравлічні). На рис. 13 показано ескіз, що пояснює процес зняття напівмуфти. Лапи знімача накладають на зовнішню поверхню напівмуфти і, обертаючи рукоятку, пересувають гайку вліво, забезпечуючи щільне захоплення деталі з упором у вихідний кінець валу. Потім, обертаючи рукоятку, стягують напівмуфту з валу. Лапи знімача дозволяють захоплювати деталі як за

зовнішню, так і за внутрішню поверхні, а шляхом переміщення гайки можна фіксувати їх положення. Робота з таким знімачем проводиться двома робочими, один з яких притримує знімача за лапи, інший обертає рукоятку. При знятті крупних деталей, що вимагають великих зусиль, застосовують гідравлічні знімачі, зусилля в яких створюється за допомогою гідравлічного преса.

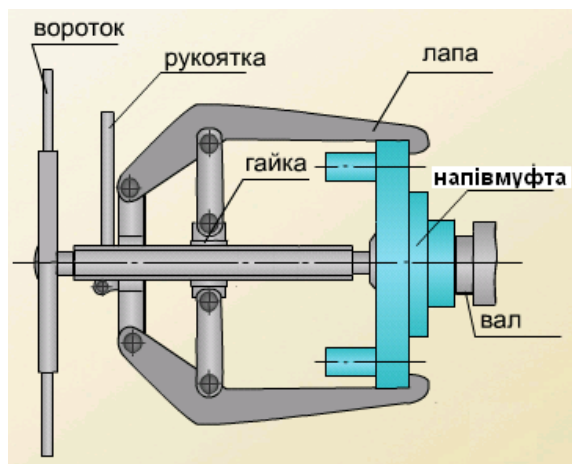


Рис. 13 - Зняття напівмуфти з валу

*Нагрівання напівмуфти при зніманні її з валу.* У ряді випадків для зменшення потрібних для знімання зусиль проводять нагрів деталі. Для зменшення нагріву валу його обгортають змоченим у воді азбестовим картоном, а нагрівання проводять інтенсивно одним або двома пальниками, починаючи від краю деталі у напрямку до ступиці. Температуру деталі можна контролювати періодичним дотиком дротика з олова, температура плавлення якого біля 250 °С. В процесі нагрівання уважно стежать за початком руху деталі, оскільки на неї діє велике зусилля із знімача. Можна використовувати нагрівання деталі струмами високої частоти, при якій вал практично не нагрівається. Для попереднього нагрівання використовують генератор частотою 400-600 Гц і індуктор, що складається з сердечника набраного з листів холоднопрокатної електротехнічної сталі завтовшки 0,35-0,5 мм з насадженою на нього котушкою, яка намотана дротом ПСД. Індуктор створює в деталі, що нагрівається, вихрові струми, які і нагрівають деталь до необхідної температури. Практика ремонту показала, що досягши температури нагріву між валом машини і деталлю 100-110 °С, що знімається, можна демонтувати деталі без пошкодження.

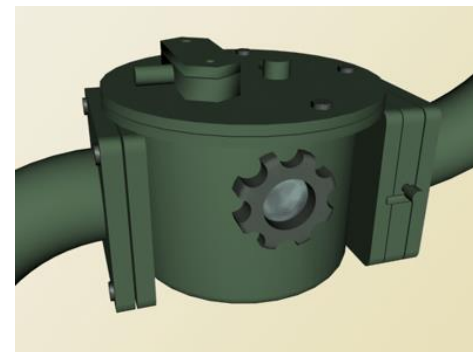


Рис. 7 – Газове реле

Газовий захист залежно від інтенсивності газоутворення спрацьовує або на сигнал, або на відключення, або одночасно на те і інше. При спрацьовуванні газового захисту міняється колір, кількість і хімічний склад. Щоб визначити горючість газу, до верхнього крана газового реле підносять збоку запалений сірник, після чого відкривають кран. Горючість газу свідчить про наявність внутрішнього пошкодження.

Колір газу, що виділився, дозволяє судити про характер пошкодження: біло-сірий колір свідчить про пошкодження паперу або картону, жовтий - дерева, синьо-чорний - масла. Оскільки забарвлення газу може через деякий час зникнути, то його колір слід визначити відразу ж при його появі.

Гудіння трансформатора. Підвищене гудіння трансформатора може відбуватися з кількох причин:

- ослаблення пресування шихтованного магнітопровода;
- вібрація крайніх листів магнітопровода;
- ослаблення болтів, що кріплять кришку трансформатора;
- наявність замикання між фазами, між витками;
- робота трансформатора при підвищеній напрузі.

Незвичайними для гудіння трансформатора є потрiскування і незвичайний шум. Потрiскування всередині трансформатора може відбуватися із-за перекриття (але не пробою) між обмотками або виводами і корпусом внаслідок перенапружень. При цих пошкодженнях необхідно ремонтувати обмотку.

## 2 Приймання в ремонт, розбирання і виявлення дефектів трансформаторів

При прийманні трансформатора в ремонт перед його оглядом слід очистити



елементів і незадовільної експлуатації. При зовнішньому огляді виявляються основні дефекти, що виникають при виготовленні трансформаторів:

- незадовільна якість ізоляції;
- обриви в місці приєднання обмоток;
- механічні пошкодження пристрою перемикання і ін.

Основними експлуатаційними причинами, що приводять до пошкодження (відмовам) трансформаторів, є:

- забруднення виводів;
- тріщини на ізоляторах;
- погіршення якості масла;
- ослаблення контактів виводів в місці приєднання обмоток;
- незадовільні контакти в місці з'єднання ввідної шпильки і шини;
- пошкодження бака і витікання масла;
- недопустимі перевантаження і ін.

Технічне обслуговування (ТО) - комплекс робіт для підтримки справного стану і працездатності електрообладнання в процесі експлуатації. Технічне обслуговування підрозділяється на два види:

- виробниче технічне обслуговування;
- міжремонтне технічне обслуговування.

Виробниче ТО здійснює в процесі експлуатації персонал, що обслуговує електроустаткування, і електромонтери. При цьому електромонтери очищають трансформатор від пилу і бруду, регулюють кріплення, оглядають його і усувають дрібні несправності. Міжремонтне ТО виконують електромонтери електротехнічної служби. У об'єм ТО входять:

- операції виробничого ТО;
- перевірка заземлення;
- перевірка ступеня нагріву;
- перевірка відсутності ненормальних шумів при роботі;
- виявлення і усунення дрібних несправностей.

Весь комплекс робіт по поточному обслуговуванню виконує персонал електротехнічної служби організації (або господарства).

Газовий захист є чутливим захистом від внутрішніх пошкоджень або ненормальних режимів трансформаторів III і великих габаритів. Газовий захист виконується газовим реле (рис. 7).

## 2 Ремонт деталей і вузлів електричних машин

### 2.1 Ремонт статора

*Будова сердечника статора електричної машини.* Сердечники електричних машин, по яких проходить змінний магнітний потік, збирають (шихтують) з ізованих один від одного листів електротехнічної сталі завтовшки 0,5 мм. Цим досягається значне зниження втрат від вихрових струмів.

Сердечники статорів машин змінного струму і якорів машин постійного струму при зовнішньому діаметрі до 990 мм виконують з листів у вигляді кільця, а при більшому діаметрі - з сегментів, які при збиранні утворюють магнітну систему кільцевої форми (рис. 14). У кільцях і сегментах виштамповані пази під обмотку. У сегментах, крім того, є пази для кріплення їх до станини або на ободі ротора.

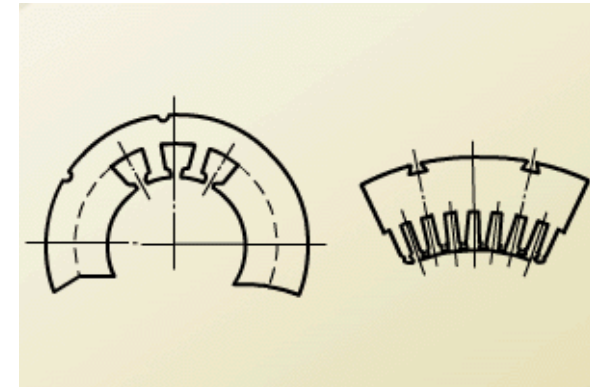


Рис. 14 - Лист сердечника у вигляді кільця і сегменту

У асинхронних двигунах єдиної серії **A-AO** і **A2-AO2** застосовують гарячекатану листову сталь марки 1211, в двигунах серії **4A** при висотах до 160 мм застосовується холоднокатана рулонна сталь 2013, а при висотах вище 160 мм - 2212. Сталі, застосовані в новій серії, мають індукції на 4-8% більше при тому ж намагнічуючому струмі і на 20-30% менше питомих втрат.

Ізоляцію листів виконують у вигляді лакової або оксидної плівки. Лакова плівка наноситься на листи спеціальними машинами. Оксидна плівка має незначну товщину і утворюється на листах шляхом витримки їх в камері при температурі 560 °C з подачею водяної пари.

Сердечники статорів машин змінного струму потужністю до 100 кВт спресовують між нажимними шайбами і скріплюють скобами по спинці (рис. 15). Сердечники статорів мікромашин і малих машин в спресованому стані заливають алюмінієвим сплавом. Заливка частково захоплює торці сердечника,

завдяки чому він виявляється закріпленим в алюмінієвій оболонці, яка є одночасно і корпусом машини.

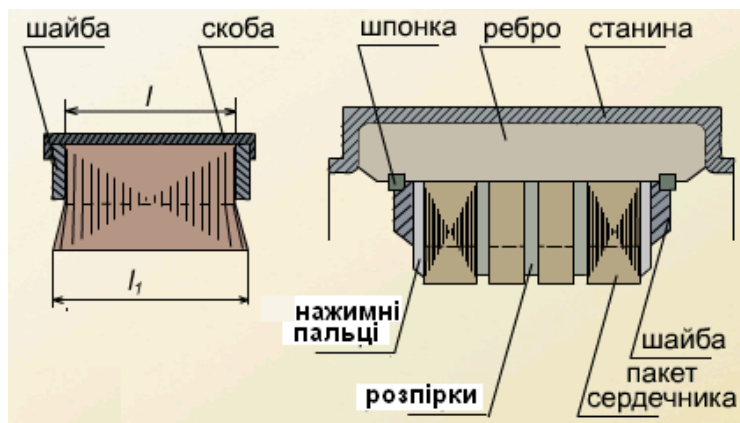


Рис. 15 - Сердечник статора, скріплений скобами і набраний в станину

Сердечники статорів із зовнішнім діаметром більше 400-500 мм шихтують безпосередньо в станину (рис. 15). Посадку зазвичай здійснюють на ребра станини. Сердечник спресовують між двома масивними нажимними шайбами, які закріплюють в корпусі в осьовому напрямі шпонками. Шпонки приварюють, щоб обернути їх від випадання, до станини або шайб. Тиск при спресуванні сердечника передається через нажимні пальці, які кріплять до крайніх листів точковою зваркою або розклепуванням спеціальних виступів на них, що входять в отвори зубців крайніх листів. Нажимні пальці ліквідують віяло зубців. Сердечники статорів крупних машин для кращого охолодження виготовляють з декількох пакетів, розділених вентиляційними каналами. Канали утворюються установкою дистанційних розпірок - анемон, які по конструкції аналогічні нажимним пальцям. Розпірки кріплять до крайніх листів пакетів зваркою або розклепуванням.

*Розпушення крайніх листів сердечника.* Розпушення зубців відбувається із-за їх незадовільного кріплення в подовжному напрямі, а також унаслідок недостатньої жорсткості зубців. Зубці, не маючи опори, можуть на торцях відгинатися. Розмір  $l_1$  по них може бути більше розміру  $l$  по спинці на 1-2 мм і більше залежно від висоти зубця. Це явище називається розпушенням або віялом зубців і приводить до порушення ізоляції обмоток (рис. 16).

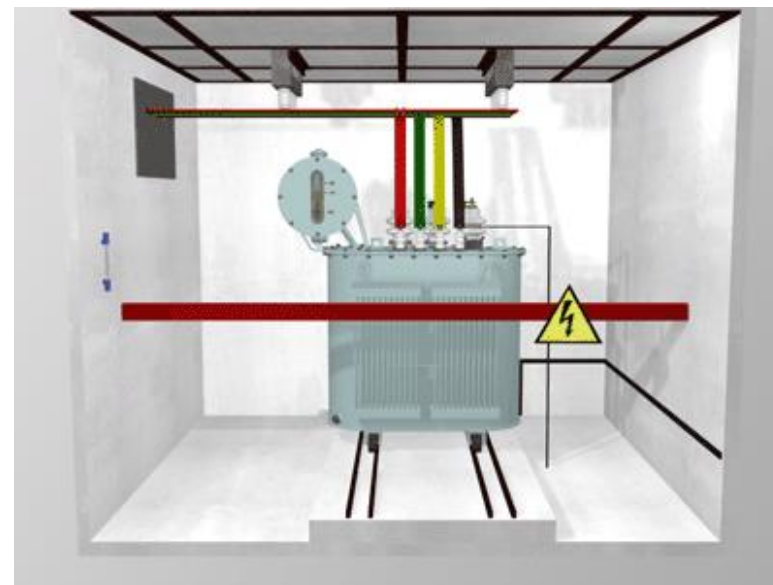


Рис. 6 – Приміщення трансформаторної підстанції

В даний час для електропостачання промислових, міських і сільських споживачів великого поширення набули комплектні трансформаторні підстанції (КТП). У одотрансформаторних зовнішніх КТП встановлюються трансформатори потужністю 25-160 кВА.

Найбільше число підстанцій проектується і споруджується закритими, тупикового або прохідного типу з одним або двома трансформаторами потужністю 250-630 кВА. Прохідні трансформаторні підстанції з'єднуються з іншими підстанціями на стороні високої напруги 10 кВ, утворюючи кільцеву систему електропостачання міста, селища або заводу, що підвищує надійність електропостачання споживачів електричної енергії. Такого типу підстанції виконуються одноповерховими, з варіантами виконання будівель з цегли або панельних залізобетонних конструкцій. На двотрансформаторній підстанції трансформатори встановлюються в різних приміщеннях з окремим входом, що закривається на замок.

*Зовнішній огляд.* У об'єм експлуатаційно-профілактичних робіт входять систематичні зовнішні огляди і перевірки. Планові огляди ТП роблять в денний час по затвердженому графіку і зазвичай без зняття напруги. При оглядах перевіряється стан всіх зовнішніх частин трансформатора. Значна кількість відмов силових трансформаторів відбувається із-за дефектів виготовлення його

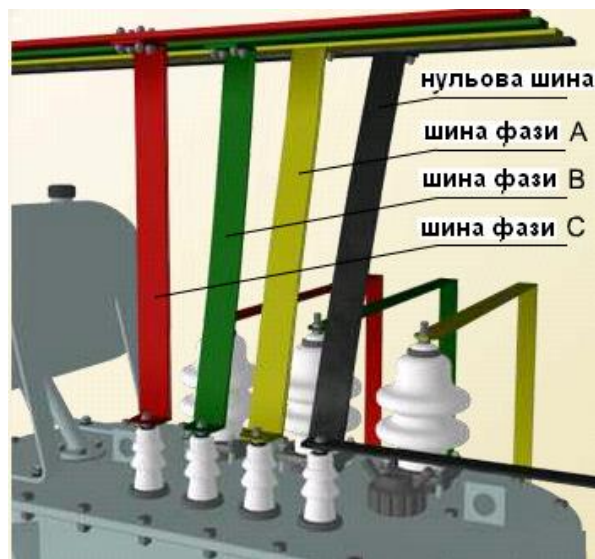


Рис. 5 – Позначення збірних шин

Кабелі. У трансформаторі кабель може бути струмопровідним елементом змінного вводу або виводу. В окремих випадках кабель безпосередньо упаюється в струмопровідний стержень і служить для з'єднання вводу трансформатора із зовнішньою мережею.

Мережа заземлення служить для заземлення металевих частин трансформатора, оскільки при роботі силових трансформаторів магнітопровід і інші металеві деталі знаходяться в сильному електричному полі, внаслідок чого на них скупчуються електричні заряди.

Трансформаторне приміщення - це спеціальне приміщення для розміщення трансформатора і розподільних пристроїв (рис. 6). У міських і сільських електричних мережах для прийому і розподілу електричної енергії широко використовуються трансформаторні підстанції напругою 10/0,4 кВ. Трансформаторні підстанції споживачів можуть бути відкритого і закритого типу.

У сільських населених пунктах поширені відкриті, щоглові (стовпові) трансформаторні підстанції як найбільш дешеві і прості по будові. Щоглові підстанції потужністю 25-100 кВА монтують на П-подібній опорі, 160-250 кВА - на А-подібній опорі. Такі підстанції в більшості випадків виконують тупиковими, тобто такими, що не з'єднуються з іншими підстанціями.

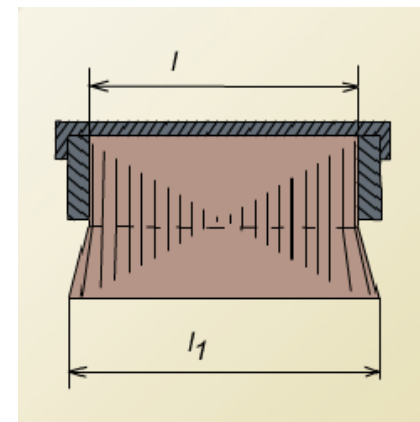


Рис. 16 - Сердечник статора, скріплений скобами

Способи усунення розпушення крайніх листів сердечника статора. Для усунення розпушення треба підсилити крайні листи активної сталі або скріпляти їх електроварюванням, встановити додаткові нажимні шайби або перешихтувати сердечник.

Для скріплення листів крайнього пакету між собою зваркою розпушені листи сердечника стягують болтами або струбцинами між двома шайбами. У зубцях треба пропиляти за допомогою ножівки похилі пази і заварити їх за допомогою електроварювання електродом із сталі діаметром 2,5-3 мм. Заварену поверхню треба обробити на рівні з сердечником (рис. 17).

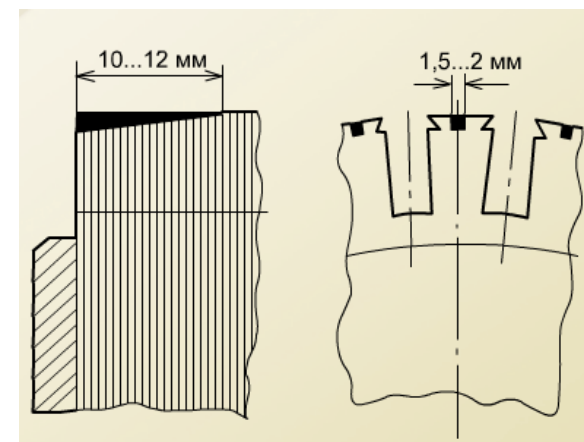


Рис. 17 - Ремонт сердечника з розпушеними крайніми пакетами шляхом зварки

## 2.2 Ремонт вала

*Вал.* Вал електричної машини - центральна деталь, що має циліндричну форму. Вал є основою ротора, його несучою деталлю (рис. 18). Вал через напівмуфту передає обертовий момент на привід електродвигуна.



Рис. 18 - Вал електричної машини

Цифрове позначення кінця валу (його частина, що виступає за підшипник) розшифровується таким чином:

- 0 - без кінця валу;
- 1 - з одним циліндричним;
- 2 - з двома циліндричними;
- 3 - з одним конічним;
- 4 - з двома конічними;
- 5 - з одним фланцевим;
- 6 - з двома фланцевими;
- 7 - з фланцевим з боку приводу і циліндричним на протилежній стороні;
- 8 - всіх інших виконань валів

Наприклад, умовне позначення IM2101 означає машину на лапах з підшипниковими щитами, з фланцем на підшипниковому щиті, з горизонтальним розташуванням вала, кінець якого має циліндричну форму.

На торцевих поверхнях вала виконують конусоподібні поглиблення для центрування валу при його випробуваннях і ремонті.

*Методика випресовування і заміни валу.* У разі ослаблення посадки сердечника ротора на валу проводять заміну вала або відновлення посадочної поверхні вала. У короткозамкнутого ротора випресовують вал із сердечника за допомогою вертикального преса. У фазного ротора видаляють обмотку, знімають контактні кільця і обмоткотримач. У два діаметральні пази встановлюють сталеві калібри, виготовлені по формі і довжині пазів, затискають

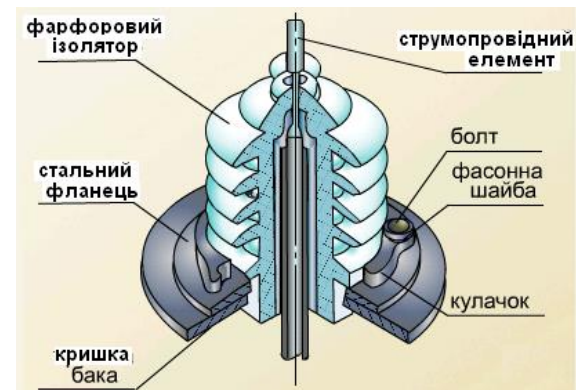


Рис. 4 - Знімний ввід силового трансформатора

Ввід має зовнішню частину, що підноситься над кришкою бака, і внутрішню, що занурюється в масло. У місці переходу на ізоляторі є поясочок, яким ввід спирається на приварений до кришки сталевий фланець. До сталевому фланця ввід кріпиться за допомогою кулачків, фасонної шайби і болтів. Основними деталями знімного вводу є струмопровідний елемент (металевий стержень, труба, кабель або дріт) і фарфоровий ізолятор, що відокремлює струмопровідну частину від кришки або стінки бака.

Герметизація ізоляторів і струмопровідної шпильки здійснюється шляхом застосування шайб з маслостійкої гуми. Якщо знімний ввід з масляним заповненням, то на ковпаку є пробка для випуску повітря. Вводи на напругу 0,5 і 1 кВ складаються з 2-3 фарфорових елементів, які стягуються струмопровідним стержнем.

*Виводи* - це провідники, що з'єднують обмотки трансформатора з вводами, перемикачами і іншими струмопровідними частинами. Виводи фазних обмоток трансформатора виконуються кабелем, дротом або шинами. При цьому струмопровідна шпилька вводу з'єднується з виводами обмоток. На стержні основу трансформатора встановлюється конструкція для розміщення і зміцнення відведень.

*Оцинковка* - це виконання з'єднання електричних пристроїв за допомогою алюмінієвих або мідних шин. Шина кріпиться до шпильки вводу сталевими оцинкованими болтами. Силові трансформатори на підстанціях отримують живлення від збірних шин. У електроустановках повинна бути забезпечена можливість легкого розпізнавання, тому шини позначаються так: шини фази **A** - жовтого кольору, фази **B** - зеленим, фази **C** - червоним, нульова шина - чорним (рис. 5).



Остов трансформатора. Магнітна система (магніторопровід і обмотки) зі всіма вузлами і деталями для з'єднання окремих частин в єдину конструкцію називається остовом трансформатора (рис. 3). До остова відносяться: яромові балки, що стискають з двох сторін верхнє і нижнє ярмо; сталеві напівбандажі (струбцини) і бічні шпильки, винесені за активну сталь ярма; сталеві (порівняно рідко) або склобандажі, що стягують стержні при висоті вікна магнітопровода більше 1 м; вертикальні шпильки між нижньою і верхньою яромовими балками; дерев'яні опорні бруски і підйомні кільця. При меншій висоті вікна спеціальних пристроїв для пресування стержнів не передбачають. Їх замінюють на дерев'яні клини, що забиваються між стержнем і паперово-бакелітовим циліндром обмотки.

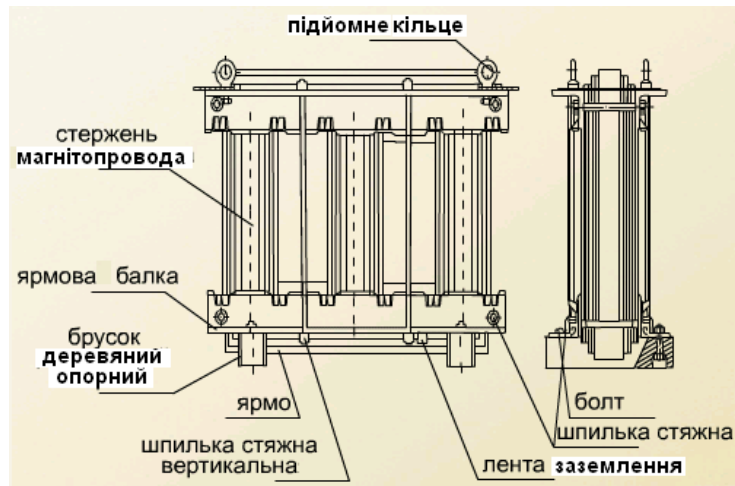


Рис. 3 – Остов трансформатора

Вводи силового трансформатора служать з одного боку для приєднання кінців обмоток, а з іншої - відповідної відхідної лінії. Вводи високої напруги маркуються як **А, В, С**, а вводи низької напруги - **а, б, з, о**. Струмопровідний мідний стержень або мідна трубка, що проходять через кожний ввід, служать для з'єднання трансформатора із зовнішньою мережею. Вводи підрозділяються по напрузі, струму та місцю установки трансформаторів. Вітчизняні трансформаторні заводи застосовують знімні вводи на напругу до 35 кВ включно замість вводів армованих у фланці, що застосовувалися раніше.

Основними деталями знімного вводу є струмопровідний елемент (металевий стержень, труба, кабель або дріт) і фарфоровий ізолятор, що відокремлює струмопровідну частину від кришки або стінки бака (рис. 4).

сердечник між двох масивних шайб і випресовують вал (рис. 19). Далі вал відправляють на відновлення поверхні.

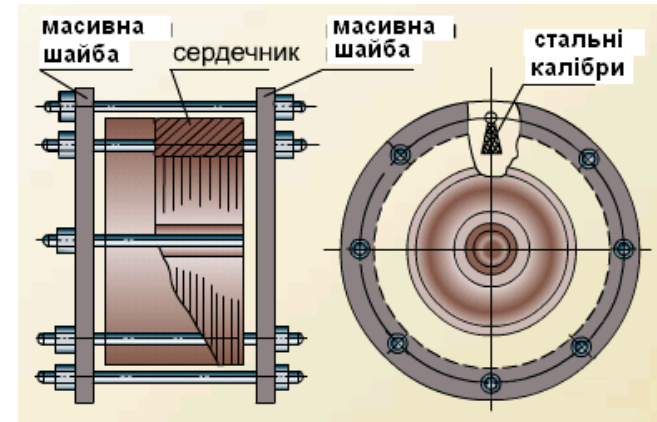


Рис. 19 - Пристосування для зняття сердечника з валу

Перед відновленням посадочної поверхні вала проводять вимірювання внутрішнього діаметра сердечника і вала та визначають необхідний розмір вала після ремонту. При величині зазору між сердечником і валом до 0,12 мм проводять повздовжню накатку посадочної поверхні, при більшій величині відновлюють посадочну поверхню додаванням металу. Після відновлення посадочної поверхні проводять запресовування вала в сердечник на вертикальному пресі, дотримуючи таке розташування окремих деталей, яке було до розбирання.

Наплавлення електродуги металу. Перед наплавленням уступи заввишки 4 мм і більше проточують на конус під кутом 15-20°. Вал або ротор встановлюють сердечником на ролики, що обертаються, і проводять наплавлення, накладаючи шви в порядку, позначеному цифрами на торці вала. При цьому шов попереднього шару обстукують молотком і зачищають дріткою. Такий порядок накладення зварювальних швів викликає мінімальні деформації. Смути наплавленого металу повинні виходити за межі відновлюваної поверхні на 0,5-0,7 і 1,0-1,5 діаметру  $d$  вала, чергуючись через один. За наявності пазу шпони наплавлення слід починати з нього. Наплавлення ведуть електродами Е42 ОММ-5 або 346Т ОЗС-4. Після наплавлення проводять механічну обробку (рис. 20).

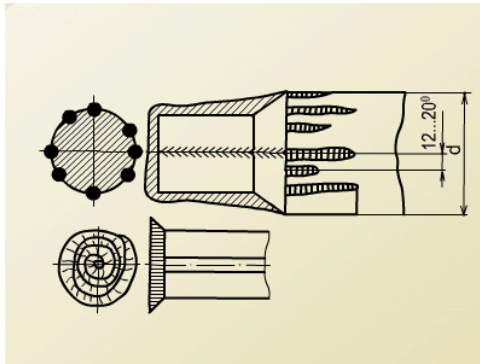


Рис. 20 - Ескізи валів, у яких наплавленням електродуги відновлені посадочна поверхня і торець

Центрові отвори на торці валу відновлюють таким чином. Наплавлення торця валу ведуть від його центру до периметра по спіралі. Потім на токарному верстаті обробляють торець, витримуючи загальну довжину валу, і засвердлюють центрові отвори. При відновленні центрових отворів базою служить зовнішня поверхня сердечника ротора.

### 2.3 Сушіння електричної машини

Сушка обмоток після просочення з використанням сушильної печі. Найбільш поширеним є конвекційний метод сушки в закритій сушильній печі з примусовою циркуляцією повітря і електричними нагрівачами. Печ складається з сушильної камери, завантажувального візка, нагрівальної камери з електричними нагрівачами, вентилятора, вентиляційних коробів і перепускних засувок, що дозволяють працювати або в розімкненому циклі (випуск нагрітого повітря в атмосферу), або в замкнутому (рис. 21).

Конструкція сушильної печі повинна забезпечувати:

- максимальну рівномірність температури в усіх точках камери; коливання температури не повинні перевищувати  $+5^{\circ}\text{C}$ ;
- можливість автоматичного регулювання температури;
- зручність завантаження і вивантаження камери; бажано механізувати процеси завантаження і вивантаження.

Перший період сушки характеризується виділенням з просоченої обмотки пари розчинників; в цей час сушильна печ працює по розімкненому циклу і нагріте повітря разом з парами розчинника викидається в атмосферу. Через деякий час кількість пари розчинника, що виділяється з обмотки, зменшується і установка переводиться на роботу по замкнутому циклу. Тривалість сушки в конвекційній печі після просочення змінюється у дуже широких межах навіть для даного типу лаку. Визначальними обставинами є:

## 1 Нагляд і догляд за силовими трансформаторами

Маслозбірний пристрій - пристрій, що складається з бака, циркуляційних труб, радіаторів, розширювача і маслопроводу. Маслопровод з'єднує розширювач з баком масла.

Циркуляційні труби - це охолоджувачі трансформаторів, які служать для відведення тепла від стінок бака (рис 1). Внаслідок природної конвекції зверху вниз в них циркулює трансформаторне масло. Інтенсивність охолодження збільшується шляхом будови трубчастих і радіаторних охолоджувачів.



Рис. 1 – Циркуляційні труби

Радіатори - це охолоджувачі трансформаторів, які служать для відведення тепла від стінок бака (рис. 2). Внаслідок природної конвекції зверху вниз в них циркулює трансформаторне масло. Інтенсивність охолодження збільшується шляхом будови трубчастих і радіаторних охолоджувачів.



Рис. 2 – Трансформаторний радіатор



Контрольні кабелі і їх маркування. Контрольні кабелі - це дроти, укладені в герметичну оболонку, які служать для з'єднання пристроїв релейного захисту і автоматики (рис. 25). Жили контрольного кабелю покриті жильною ізоляцією і поміщені у внутрішню оболонку і броню, а зверху захищені покривною оболонкою. Маркування кабелів - це позначення кабелів. У позначенні кабелю поряд з маркою, що визначає її конструкцію, вказується номінальна напруга, кількість і перетин жил. Наприклад: кабель **КВВГ-19×2,5** - кабель контрольний, з пластмасовою оболонкою і ізоляцією жил без зовнішнього покриття, має 19 жил перетином 2,5 мм<sup>2</sup>. На контрольних кабелях маркування повинно бути виконано на кінцях, в місцях розгалуження і перетину потоків кабелів та з обох боків при проході їх через стіни, стелі і тому подібне. Кінці вільних жил кабелів повинні бути ізольовані.

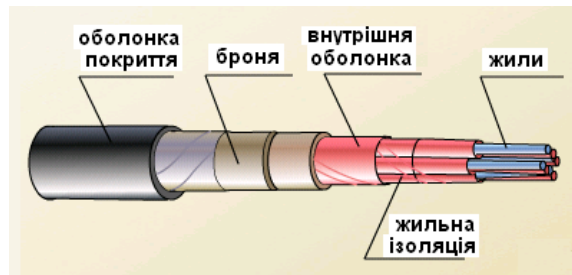


Рис. 25 - Контрольний кабель

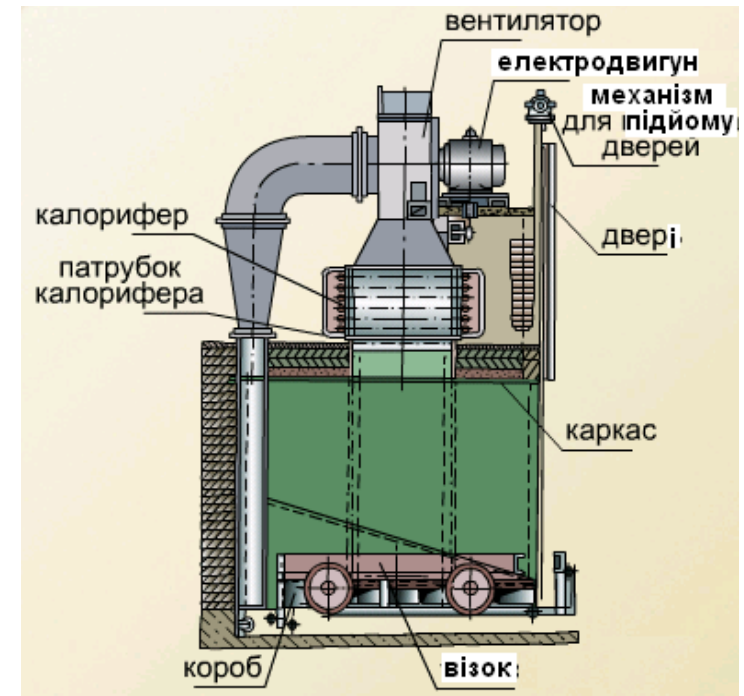


Рис. 21 - Конструкція сушильної печі

- розміри і вага просочених вузлів; як правило, чим більша вага і розміри вузла, тим довше повинна продовжуватися сушка;
- швидкість і температура повітря, що обдуває просочені вузли. При збільшенні швидкості і температури тривалість сушки зменшується;
- конструкція ізоляції обмоток.

Тривалість сушки після першого просочення більша, ніж після другого і третього. У зв'язку з цим необхідно уточнювати режим сушки для кожної конкретної сушильної установки і для різних габаритів просочених вузлів і конструкції ізоляції. Контроль сушки зазвичай ведуть по величині опору ізоляції і величині коефіцієнта абсорбції.

Заздалегідь на початку експлуатації сушильної печі уточнюють режими сушки; для цього завантажують в піч просочені вузли і деталі обмотки і по зміні величини опору ізоляції і коефіцієнта абсорбції уточнюють необхідну тривалість сушки як після першого, так і після кожного подальшого просочення; надалі сушку ведуть по уточненому режиму без вимірювання величини опору ізоляції і коефіцієнта абсорбції. Проте періодично (не рідше за один раз на рік) проводять перевірку правильності режиму за контрольною сушкою з побудовою графіка зміни опору ізоляції і коефіцієнта абсорбції.

*Конвекційна сушка електричних машин за допомогою тепловоздуховки.*  
У даному методі використовують теплоповітродувку 20-30 кВт (рис. 22). Для зменшення втрат машину закривають щитами або брезентом, натягнутим на каркас. У щитах передбачають отвори для видалення вологи. Під час сушки стежать за тим, щоб температура гарячого повітря, що поступає в машину, не перевищувала 90 °С, а температура обмоток в найбільш нагрітій частині – 75 °С.

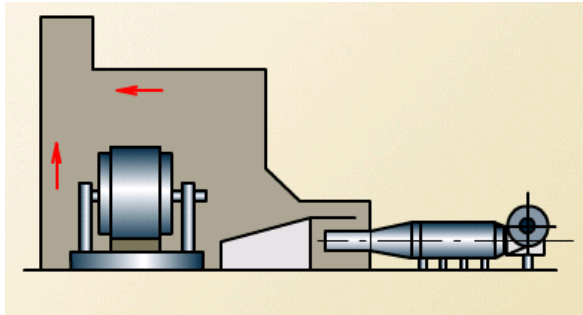


Рис. 22 - Схема сушки гарячим повітрям за допомогою тепловоздуховки

### 3 Збирання і випробовування електродвигунів після ремонту

#### 3.1 Порядок збирання короткозамкнутих асинхронних двигунів

*Методика введення ротора в статор.* Перед введенням ротора в статор перевіряють зовнішню поверхню ротора і внутрішню поверхню статора (рис. 23). Очищають їх від пилу і натікань лаку, виступаючих з пазів ізоляції і клинів. Потім в розточування статора укладають лист електрокартону і вводять в нього ротор. Прокладка з електрокартону необхідна для захисту поверхні ротора і статора від пошкоджень.

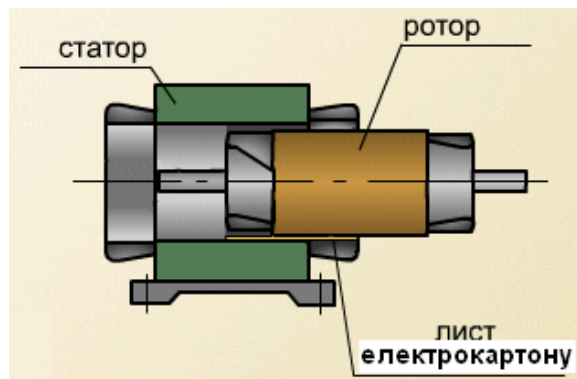


Рис. 23 - Установка ротора в корпус статора

Для забезпечення умов електробезпечної роботи обслуговуючого персоналу первинні і вторинні кола трансформаторів напруги повинні бути заземлені.

Найчастіше застосовуються схеми включення трансформаторів напруги із захистом запобіжниками. Трансформатори типу НТМІ-10 - це п'ятистержньові трансформатори з однією первинною трифазною обмоткою і двома вторинними трифазними обмотками. Трансформатори напруги на підстанціях і станціях встановлюються в спеціально обладнаних, окремих шафах КСО-366, в які вбудовані стаціонарно апарати, збірні шини, вимірювальні прилади, пристрої захисту і сигналізації, а також допоміжне устаткування.

*Схема під'єднання трансформатора напруги.* Однофазний трансформатор напруги складається із замкнутого сердечника (магнітопровода) і двох обмоток. Первинна обмотка включена на напругу  $U_1$ , а до вторинної обмотки (напруга  $U_2$ ) приєднують паралельно обмотки приладів і реле.

Принцип дії, будова і схеми включення трансформаторів напруги аналогічні силовим трансформаторам (рис. 24). Проте їх номінальна потужність невелика (не більше 100-600 кВА). Коефіцієнт трансформації рівний  $k \Rightarrow 1$ .

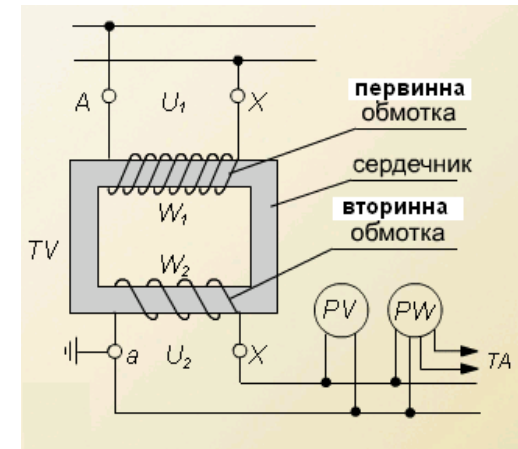


Рис. 24 - Схема підключення трансформатора напруги

У нормальному режимі роботи напруга на кінцях розімкненого трикутника обмотки рівна нулю, оскільки геометрична сума фазної напруги трифазної системи рівна нулю. При однофазному замиканні на землю на стороні вищої напруги напруга на кінцях обмоток рівна сумі напруги двох фаз. В цьому випадку прилади і апарати релейного захисту повинні спрацювати і подати сигнал про наявність несправності в мережі.

Трансформатор напруги. Вимірювальні прилади, апарати релейного захисту на станціях і підстанціях включають через вимірювальні трансформатори напруги. Трансформатори напруги (ТН) використовуються для живлення захистів, що діють при ненормальних режимах або пошкодженнях, що не супроводжуються значними змінами міжфазної напруги. ТН дозволяють:

- відокремити вторинні кола (вимірювання і захисту) від первинних кіл, що забезпечує безпеку вимірювань, регулювання приладів і реле, зручність їх обслуговування;
- стандартизувати прилади і реле по напрузі (вторинна напруга трансформатора напруги 100 В);
- зменшити перетин контрольних кабелів, понизивши їх вартість.

Залежно від значення допустимої похибки трансформатори напруги розділені на чотири класи точності: 0,2; 0,5; 1; 3. Ці цифри позначають похибку по напрузі, виражену у відсотках. Трансформатори класу точності 0,2 призначені для точних лабораторних досліджень; класу 0,5 - для приєднання лічильників електроенергії; 1 - для підключення вказівних приладів; 3 - для приєднання реле.

Трансформатори напругою до 6 кВ виконуються з повітряним охолодженням (сухими) і позначаються "С"; трансформатори напругою 10 кВ і вище виконуються з масляним охолодженням і позначаються "М".

По конструкції ТН виконуються однофазними (НІС-0,5; НОМ-10 (рис. 23); НКФ-110) і трифазними (НТМІ-10). Число, що стоїть після позначення типу ТН, вказує значення первинної номінальної напруги в кіловольтах. У позначенні трансформаторів напруги, призначених для контролю ізоляції, ставиться буква І, наприклад, НТМІ-1.

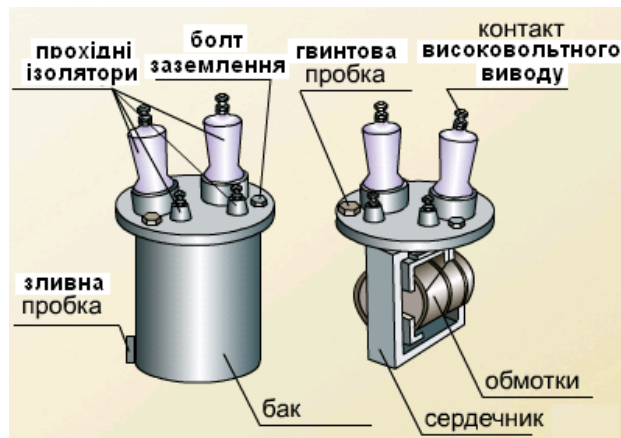


Рис. 23 - Трансформатор напруги НОМ-10

Будова сердечника ротора електричної машини. Сердечники ротора електричних машин, по яких проходить змінний магнітний потік, збирають (шихтують) з ізованих один від одного листів електротехнічної сталі завтовшки 0,5 мм. Цим досягається значне зниження втрат від вихрових струмів. Сердечники роторів машин змінного струму виконують з листів у вигляді кілець або сегментів, які при збірці утворюють магнітну систему кільцевої форми. У кільцях і сегментах виштамповані пази під обмотку. У сегментах, крім того, є пази для кріплення їх на ободі ротора (рис. 24).

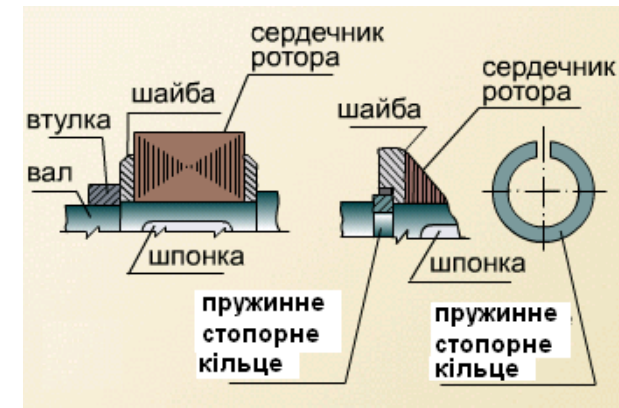


Рис. 24 - Кріплення сердечника на валу втулкою і пружинним кільцем

Сердечники роторів при зовнішньому діаметрі до 300-400 мм насаджують безпосередньо на вал. Для передачі обертового моменту на валу в місці посадки сердечника встановлюють шпонку. У машинах малої потужності замість шпонки застосовують накатку. Сердечники спресовують між нажимними шайбами. З одного боку ротора шайба упирається в буртик вала, з іншої - фіксується в осьовому напрямі втулкою, насадженою по пресовій посадці, або пружинним стопорним кільцем, що встановлюється в канавку на валу. Нажимна шайба має виточку на глибину 3-4 мм, яка оберігає кільце від розгинання під дією відцентрових сил. Пружинні кільця можуть бути встановлені з обох боків сердечника. У якорях машин постійного струму і фазних роторах асинхронних двигунів нажимні шайби поєднуються з обмоткотримачами, які виконуються у вигляді кільцевих приливів на шайбі і служать для опори лобових частин. При коротких і жорстких лобових частинах в тихохідних машинах обмоткотримачі не передбачають.

Сердечники роторів при зовнішньому діаметрі від 300-400 мм до 900 мм насаджують зазвичай на проміжну втулку з отворами або ребрами для зменшення маси. Втулку напресовують на вал.

Монтаж підшипників на вал. Нові кулькові і роликові підшипники перед монтажем повинні бути промиті в бензині.

При монтажі підшипників посадку кільця, що обертається, проводять з натягом для забезпечення нерухомості його на валу або в корпусі, а посадку нерухомого кільця підшипника - із зазором, що забезпечує можливість деякого зсуву кільця навколо або уздовж підшипника.

Кулькові і роликові підшипники ставлять на вал з напруженою посадкою.

Номинальні діаметри, мм	Відхилення внутрішнього діаметру підшипника, мм		Відхилення валу, мм		Натяг, мм	
	верхнє	нижнє	верхнє	нижнє	найбільший	найменший
Від 0 до 18	0	-0,010	+0,014	+0,002	0,024	0,002
Від 19 до 30	0	-0,010	+0,017	+0,002	0,027	0,002
Від 31 до 50	0	-0,012	+0,020	+0,003	0,032	0,003
Від 51 до 80	0	-0,016	+0,023	+0,003	0,039	0,003
Від 51 до 80	0	-0,020	+0,026	+0,003	0,046	0,003

Установка кулькових і роликових підшипників в підшипниковий щит проводиться з щільною посадкою.

Номинальні діаметри, мм	Відхилення внутрішнього діаметру підшипника, мм		Відхилення валу, мм		Натяг, мм	
	верхнє	нижнє	верхнє	нижнє	найбільший	найменший
Від 30 до 50	0	-0,011	-0,008	+0,018	0,008	0,029
Від 51 до 80	0	-0,013	-0,010	+0,020	0,010	0,033
Від 51 до 80	0	-0,015	-0,012	+0,023	0,012	0,038

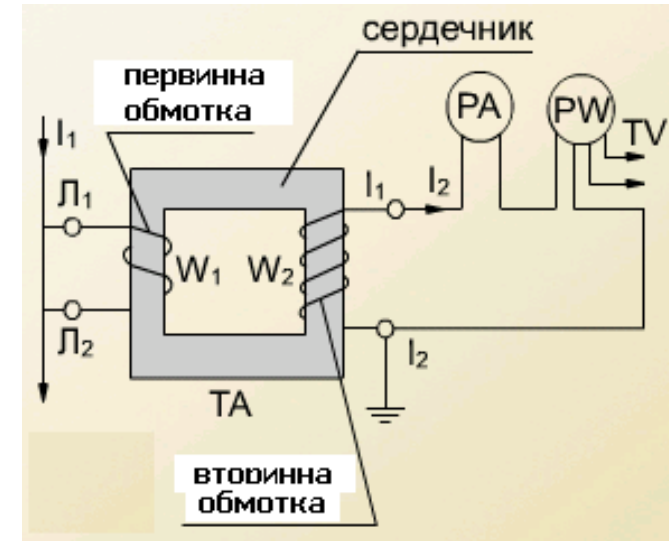


Рис. 22 - Схема включення трансформатора струму

Вторинну обмотку не можна розмикати під час роботи, оскільки на її затискачах може виникнути дуже висока, небезпечна напруга. Вторинне коло зазвичай розраховане на струм  $I_2=5$  А, а первинна обмотка - на струми 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1200 і 1500 А.

Якщо струм в лінії  $I_n=85$  А, то для підключення пристроїв релейного захисту необхідно вибрати трансформатор струму струм  $I_1=100$  А. Коефіцієнт трансформації трансформатора струму визначається як  $k_t=I_1/I_2=100/5=20$ , тобто струм у вторинному колі ТА буде в 20 разів менше, ніж в первинному колі, але не перевищуючи значення 5 А.

Трансформатори струму включаються в кожен ліній при з'єднанні в повну зірку і в дві лінії при з'єднанні трансформаторів струму в неповну зірку. Трансформатори струму в схемах позначаються буквами і цифрами (порядковий номер) ТА1. При цьому вторинні кола трансформаторів струму повинні бути заземлені.

Виводи первинних і вторинних обмоток трансформаторів струму маркують так, щоб можна було визначити напрям струму у вторинній обмотці. Маркування первинної обмотки може бути довільним, проте прийнято позначати  $L_1$  і  $L_2$ . Вторинну обмотку треба маркувати так, щоб при проходженні струму по первинній обмотці від прийнятого початку до кінця за початок вторинної обмотки брався вивід ( $I_1$ ), з якого витікає струм в коло навантаження; відповідно другий вивід є кінцем вторинної обмотки ( $I_2$ ).



(внутрішня, зовнішня), конструкцією, класом точності (0,2; 0,5; 1; 3; 10). Цифри класу точності означають струмову похибку, виражену у відсотках. Трансформатори класу точності 0,2 призначені для точних лабораторних досліджень; класу 0,5 для приєднання лічильників електроенергії; 1 і 3 для приєднання вимірювальних приладів. Для кіл релейного захисту використовуються ТА з класом точності 10.

Трансформатори струму внутрішньої установки напругою 10 кВ мають наступні позначення (рис. 21): ТПЛ-10К - багатовиткові на струми від 5 до 630 А; ТПЛУ-10 - посилені на струми від 10 до 100 А; ТПОЛ-10 - одновиткові, на струми 630, 800, 1000 і 1600 А; ТПОЛА-10 - з алюмінієвою первинною обмоткою на ті ж струми; ТПШЛ-10 - шинні, на струми 2000-5000 А.

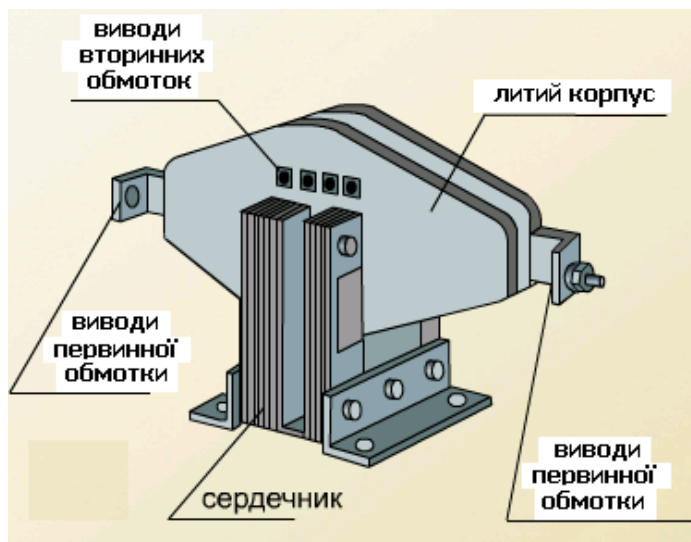


Рис. 21 - Трансформатор струму ТПЛ-10

Прохідні трансформатори струму зовнішньої установки мають наступні позначення: ТФН - з фарфоровим корпусом, залиті трансформаторним маслом; ТВТ, ТВС – вбудовані в прохідні ізолятори апаратів і силових трансформаторів.

Для установок напругою до 1 кВ використовують котушкові трансформатори струму типу ТКЛ. Трансформатори струму на підстанціях і станціях встановлюються в спеціально обладнаних, окремих шафах КСО-272.

Схема підключення трансформатора струму. Первинна обмотка трансформатора струму включається послідовно в коло навантаження (рис. 22), а вторинна завжди повинна замикатися на коло послідовно включених реле і різних приладів (амперметрів, лічильників електричної енергії і ін.).

Перед установкою підшипника шийка вала і корпус повинні бути ретельно промиті бензином. Дрібні нерівності і задирки на посадочних поверхнях рекомендується усувати шліфувальною шкіркою з подальшою промивкою гасом.

Перед монтажем підшипники нагрівають в гарячій масляній ванні при температурі, що не перевищує 90 °С. Робиться це для полегшення посадки підшипника на вал. При нагріванні підшипники рекомендується підвішувати на гаку або класти на поміщені на дно ванни азбестові прокладки, дерев'яні бруски і т. д. Нагріті підшипники треба швидко встановити на місце за допомогою спеціального пристосування або ударами молотка по кільцю через дерев'яний клин, виготовлений з твердої породи дерева, або відрізком труби з червоної міді чи сталі.

Якщо посадку підшипника виконувати, упираючись в зовнішню обойму, можна пошкодити обойми підшипника і кульки. Другий кінець труби має заглушку, до якої прикладається зусилля, що створюється ручним молотком або пресом (рис. 25). За допомогою преса посадка виконується м'якше, що підвищує її якість і знижує вірогідність пошкодження підшипника.

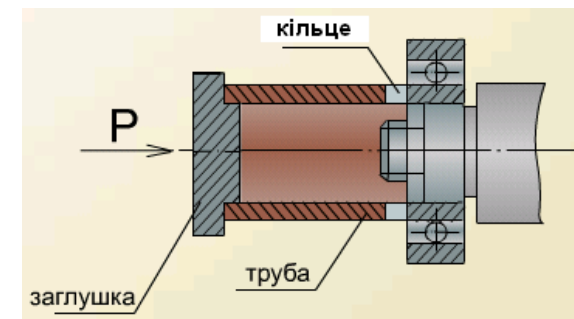


Рис. 25 - Надягання підшипника на вал за допомогою монтажної труби

При посадці підшипника з натягом дещо збільшується діаметр внутрішньої обойми і при надмірному натязі відбувається недопустиме зменшення зазорів між обоймами і кульками, що може привести до затискання кульок. Зазори зменшуються в межах 0,6-0,7 від значення натягу. Після пресування підшипника потрібно перевірити рукою легкість обертання вільного кільця підшипника.

Методика насадки підшипникового щита. Поверхня щита повинна бути співвісна з поверхнею під зовнішню обойму підшипника. Залежно від типу підшипника і умов роботи машини на його зовнішню обойму надягається щит посадкою по класу G5-Js7. Підшипниковий щит надягають на зовнішню обойму підшипника і просувають по ній вперед до моменту досягнення поверхні замка на статорі. Потім змикають замкові поверхні, для чого трохи підводять щит з

ротором і рухають його вперед до зімкнення поверхонь. Зімкнення поверхонь добиваються тим, що щит просувають по зовнішніх поверхнях підшипника і статора легкими ударами молотка, натисненням на нього спеціальним пресом або закручуванням болтів кріплення. За наявності в конструкції підшипникового вузла підшипникових кришок, насадку щита проводять з використанням технологічної шпильки.

**Методика закладки мастила.** У підшипниках кочення змащувальні функції виконує лише тонка плівка мастила, що знаходиться на поверхнях тертя. Надлишок мастила приводить до нагріву підшипника із-за додаткових втрат на тертя при її перемішуванні. Кількість мастила, яке закладають в підшипник, залежить від його вільного об'єму, який складається з порожнеч в самому підшипнику і підшипникових кришках і швидкісного параметра підшипника. Зазвичай роликові і кулькові підшипники заповнюють мастилом на 2/3 вільного простору.

**Пластичні мастила, що застосовуються в електричних машинах.** Для підшипників кочення застосовують рідкі змащувальні масла і мазеподібні пластичні мастила. Змащувальні масла в порівнянні з мастилами істотно зменшують тертя, краще проникають до поверхонь тертя через вузькі зазори і відводять теплоту від підшипника. Проте при рідкому мастилi ускладнюється конструкція ущільнень, змащувальна система вимагає ретельного догляду в експлуатації.

Пластичні мастила добре утримуються в підшипнику, заповнюючи малі зазори в ущільненнях, вони надійно оберігають підшипники від проникнення в них бруду, пилу і вологи. Експлуатація машини спрощується, оскільки не вимагається постійного контролю за системою мастила.

*Пластичні мастила, що застосовуються в електричних машинах*

Найменування мастила	Основне призначення	Особливості застосування
ВНИИНП-247	Підшипники кочення мікроелектродвигунів	Гігроскопічна. Температурний діапазон від -60 до +180°C
ЛЗ-31	Підшипники кочення закритого типу	Не допускає контакту з водою. Температурний діапазон від -40 до +130°C

напруга - трансформатори напруги (ТН), а також трансформатори власних потреб (ТВП);

- випрямлений струм - блоки живлення;
- струм розряду конденсаторів - заздалегідь заряджені конденсатори, зібрані в блоки (БК), які встановлюються спільно з блоками для заряду конденсаторів.

Зі усіх перерахованих джерел оперативного струму найнадійнішою є акумуляторна батарея. Це автономне джерело живлення, що забезпечує роботу пристроїв захисту, автоматики і управління навіть при повному відключенні підстанції від електричної мережі живлення. Проте акумуляторні батареї встановлюються тільки на електростанціях і на великих районних підстанціях.

Згідно *Правил улаштування електроустановок (ПУЕ)* в якості джерела змінного оперативного струму для захисту від КЗ, як правило, слід використовувати трансформатори струму елементу, що захищається (лінії, силового трансформатора, двигуна і ін.). Допускається також використання трансформаторів напруги або трансформаторів власних потреб підстанцій.

Трансформатори струму використовуються в простих схемах струмових захистів від КЗ, для живлення струмових реле. Вони є основними давачами, що дають інформацію пристроям релейного захисту про величину струму мережі, що захищається. Кінець і початок первинної обмотки трансформаторів струму прийнято позначати  $L_1$  і  $L_2$ , а кінець і початок вторинної обмотки -  $I_1$  і  $I_2$ . Причому виводи  $L_1$  і  $L_2$  включаються в лінію, до виводів  $I_1$  і  $I_2$  - до реле захисту.

Залежно від конкретних умов може бути застосована схема з використанням блоків живлення, зарядних пристроїв з конденсаторами.

**Трансформатор струму.** Трансформатор струму є основним давачем, що надає інформацію пристроям релейного захисту про величину струму мережі, що захищається.

Трансформатори струму в установках напругою вище 1 кВ мають наступне призначення:

- відокремити кола високої напруги від кіл вимірювальних приладів або апаратів захисту, забезпечуючи безпеку їх обслуговування;
- понизити вимірюваний струм до значення, що допускає підключення послідовних котушок вимірювальних приладів або апаратів захисту (зазвичай 5 А);
- виключити протікання струмів КЗ безпосередньо через обмотки приладів і реле, що послідовно включаються в контрольні кола;
- зменшити перетин контрольних кабелів, понизивши їх вартість.

Трансформатори струму (ТА) вибирають за номінальною напругою (110 кВ і вище; 6, 10, 35; 0,4 кВ), первинним і вторинним струмах, за родом установки



### 3.2 Перевірка трансформаторів струму і напруги

Оперативний струм. Оперативним струмом називається струм, що забезпечує роботу логічної (іноді і вимірником) частини релейного захисту, її виконавчого і сигнального органів, а також електромагнітів управління комутаційних апаратів.

Для живлення кіл релейного захисту служить оперативний постійний струм напругою 110 і 220 В, змінний - 100, 127 і 220 В. Наприклад, дві шини кіл постійного оперативного струму позначаються +ЕС і -ЕС.

Очевидно, що надійне функціонування релейного захисту в цілому багато в чому визначається надійністю джерел живлення і схеми оперативного струму. Джерела оперативного струму повинні завжди в будь-яких аварійних режимах забезпечувати такі значення напруги і потужності, які гарантують надійну дію релейного захисту і електромагнітів управління комутаційних апаратів. Тому особливу увагу слід звертати на наявність оперативного струму, справність запобіжників і автоматичних вимикачів у вторинних колах (рис. 20).

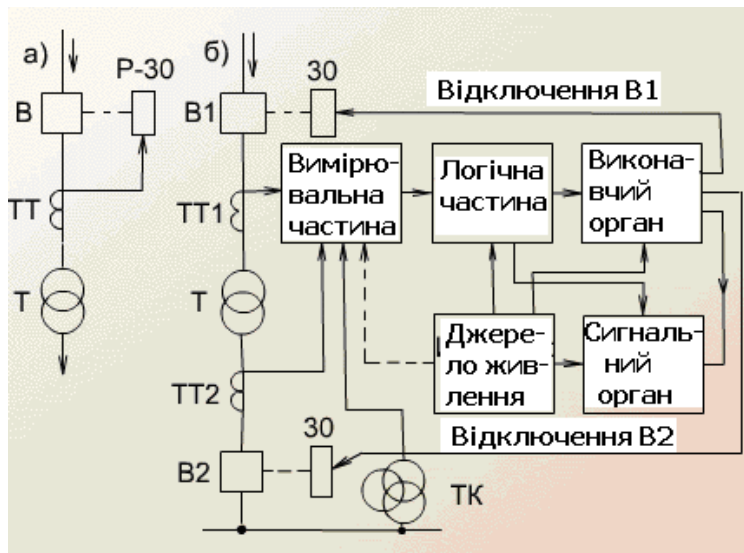


Рис. 20 - Функціональні схеми релейного захисту знижувального трансформатора з реле прямої (а) і непрямої (б) дії

На підстанціях розподільних мереж можуть застосовуватися наступні види оперативного струму і їх джерела:

- постійний струм - акумуляторні батареї;
- змінний струм - вимірювальні трансформатори струму (ТА) і змінна

ВНИИ НП-207	Підшипники кочення електричних машин з частотою обертання до 10000 об/хв.	Вологостійка. Температурний діапазон від -60 до +200°C
ВНИИ НП-219	Підшипники кочення електричних машин з підвищеним навантаженням і частотою обертання до 9000 об/хв.	Температурний діапазон від -50 до +200°C
ЦИАТИМ-221	Підшипники кочення електричних машин систем управління, приладів з частотою обертання до 10000 об/хв.	Гігроскопічна. Температурний діапазон від -60 до +150°C
ЛДС-1 (ЛДС-2)	Підшипники кочення електродвигунів серії 4А і АО2	Вологостійка

*Розміщення мастила в підшипниковій опорі.* Надійна робота підшипників залежить не тільки від кількості мастила, але і від правильної її закладки. Мастилом заповнюються порожнечі в самому підшипнику, остання її частина повинна утворити захисний шар, який захистить підшипник від забруднення. Всі щілини в ущільненнях і жирові канавки повинні бути заповнені мастилом при збірці (рис. 26). Це необхідно, так як мастило в зазорах ущільнень не перемелюється тілами кочення, має меншу температуру, ніж мастило в самому підшипнику, і краще зберігає в'язкість, забезпечуючи надійне ущільнення.

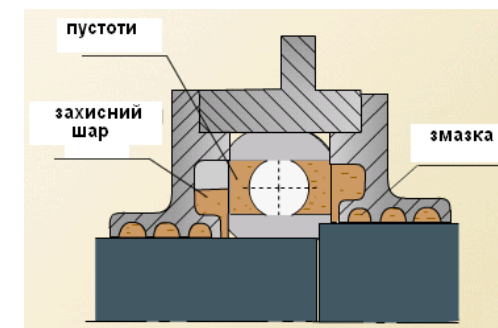


Рис. 26 - Змазка в підшипниковій опорі

**Правила затягування болтів.** При кріпленні підшипникових щитів повинні затягуватися поперемінно діаметрально протилежні болти. Кожного разу болт повинен повертатися не більше ніж на півоберта (рис. 27).

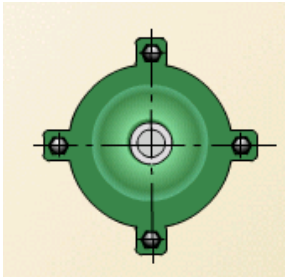


Рис. 27 - Затягування болтів підшипникового щита

**Установка коробки виводів.** Коробка виводів електричної машини служить для підведення кабеля живлення, який може бути поміщений в металевий рукав або оболонку з гуми і пластика. Конструкція коробки виводів більшості електродвигунів дозволяє розташовувати її для підведення кабеля живлення з потрібного боку.

З електричної машини виводять шість (або три) вивідних кінців і кріплять на контактних болтах гайками. Зверху на гайки при монтажі будуть встановлені кінці підвідного кабеля. До кришки коробки повинна бути прикріплена табличка-схема, на якій повинні бути показані з'єднання на колодці виводів при різній напрузі живлення.

### 3.2 Випробовування відремонтованих електродвигунів

**Осьовий розгін ротора.** Ротор електричної машини повинен мати можливість вільно переміщатися на декілька міліметрів в осьовому напрямі - осьовий розгін. Він потрібний для зменшення появи можливої механічної напруги в напівмуфті електродвигуна при під'єднуванні приводу.

**Вимірювання опору ізоляції обмоток мегомметром.** Вимірювання опору ізоляції обмоток проводять мегомметром на 500 В для всіх машин з номінальною напругою до 500 В і мегомметром на 1000 В (а також 2500 В) при вищій номінальній напрузі.

Опір вимірюють в практично холодному стані (температура обмотки не повинна відрізнятися від температури навколишнього повітря більш ніж на +3 °С).

Перед вимірюванням перевіряють справність мегомметра, для чого закорочують дроти, приєднані до його затисків і обертають ручку мегомметра з частотою обертання 120 об/хв. Потім при розімкнених проводах обертають з тією ж частотою. При замиканні стрілка повинна зупинитися на нулі, при

При зміні уставок і схем РЗ в журналі і паспорті повинні бути зроблені відповідні записи, а також внесені виправлення в принципи і монтажні схеми і інструкції з експлуатації пристроїв.

**Панелі релейного захисту.** Апаратура релейного захисту (рис. 19) розміщується в релейних відсіках шаф комплектних розподільних пристроїв (КРП) внутрішньої установки, які комплектуються з камер КСО і зовнішньої установки (КРПЗ).



Рис. 19 - Апаратура релейного захисту

Пристрої релейного захисту вмонтовуються на передній панелі шафи і підключаються до трансформаторів струму (ТА), встановлених в шафі того ж КРП. На лицьовій і оборотних сторонах панелей і шаф пристрою РЗ, сигналізації повинні бути надписи, що вказують їх призначення відповідно до диспетчерських найменувань, а на встановлених на них апаратах - надписи або маркування згідно схем.

На панелях з апаратами, що відносяться до різних приєднань або різних пристроїв РЗ одного приєднання, які можуть перевірятися роздільно, повинні бути нанесені або встановлені чіткі розмежувальні лінії. При цьому повинна бути забезпечена можливість установки огорожі при перевірці окремих пристроїв.

Технічне обслуговування пристроїв релейного захисту. Технічне обслуговування пристроїв релейного захисту проводить персонал, навчений і допущений до самостійного технічного обслуговування відповідних пристроїв, з дотриманням правил техніки безпеки. При цьому персонал повинен періодично оглядати всі панелі релейного захисту, звертаючи особливу увагу на правильність положення перемикальних пристроїв (контактних накладок, ключів управління і ін.), а також на відповідність їх положення схемам і режимам роботи електроустаткування. Періодичність оглядів визначається місцевою інструкцією, яка затверджується відповідальним за електрогосподарство підприємства.

На кожен пристрій РЗ, що знаходиться в експлуатації, на підприємстві повинна зберігатися наступна документація:

- паспорт-протокол;
- методичні вказівки або інструкція по технічному обслуговуванню;
- технічні дані і параметри пристрою у вигляді карт або таблиць уставок (або характеристик);
- принципи, монтажні або принципово-монтажні схеми.

Лицьові сторони панелей (шаф) повинні періодично очищатися від пилу спеціально навченим персоналом. Апарати відкритого виконання, а також внутрішню сторону панелей (шаф) і пультів повинен очищати персонал, що обслуговує пристрої релейного захисту, або оперативний персонал, що пройшов інструктаж.

Деякі пристрої релейного захисту, що знаходяться в експлуатації, повинні бути постійно включені в роботу. Інші пристрої повинні виводитися з роботи відповідно до призначення і принципу дії, режиму роботи електричної мережі і умов селективності. Реле, апарати і допоміжні пристрої РЗ дозволяється розкривати тільки працівникам, що здійснюють технічне обслуговування цих пристроїв.

При роботі на панелях (у шафах) і в колах управління релейного захисту повинні бути прийняті заходи проти помилкового відключення устаткування. Роботи повинні проводитися тільки ізольованим інструментом з використанням виконавчих схем.

Результати періодичних перевірок при технічному обслуговуванні пристрою повинні бути внесені до паспорта-протоколу. Докладні записи, особливо по складних пристроях РЗ ведуться в робочому журналі.

Плановий вивід з роботи пристрою РЗ повинен оформлятися відповідною заявкою і проводитися тільки з дозволу чергового персоналу. Після закінчення планового технічного обслуговування пристроїв, випробувань і після аварійних перевірок релейного захисту повинні бути складені протоколи і зроблені записи в журналі релейного захисту, а також в паспорті-протоколі.

розмиканні - на відмітці "нескінченність". При вимірюванні обертають ручку мегомметра рівномірно протягом часу, необхідного для того, щоб положення стрілки мегомметра практично встановилося, але не менше 15 сек.

Для електродвигунів з фазовим ротором опір ізоляції вимірюється окремо для обмоток статора і ротора. Якщо кінці і початки окремих фаз виведені назовні, то опір ізоляції вимірюють окремо для кожної фази відносно корпусу і між обмотками.

**Будова мегомметра.** Мегомметр призначений для вимірювання великих опорів. Його вимірювальним пристроєм є магнітоелектричний логометр, який складається з двох скріплених разом і розміщених на одній осі із стрілкою котушок. Котушки знаходяться в нерівномірному магнітному полі між полюсами  $N$  і  $S$  підковоподібного постійного магніту. У логометрі відсутня пружина, яка у вимірювальних приладах інших типів створює протидіючий момент. Для підведення струму в котушки служать три м'які срібні спіралі, що не створюють механічного моменту. Коли немає струму в котушках, рухома система приладу знаходиться в стані рівноваги, стрілка зупиняється біля будь-якої поділки шкали. Котушки живляться від вмонтованого в мегомметр генератора з ручним приводом (рис. 28).



Рис. 28 - Принципова схема мегомметра

Вимірюваний опір  $r_x$  приєднують до затисків  $L$  ("Лінія") і  $З$  ("Земля"). У колі котушок знаходяться постійні резистори  $r_1$  і  $r_2$ . При обертанні рукоятки генератора по котушках проходять струми  $I_1$  і  $I_2$ , які створюють моменти обертання  $M_1$  і  $M_2$ , що повертають рухома систему навколо осі. Моменти направлені назустріч один одному. Оскільки магнітне поле нерівномірне, моменти при повороті змінюються, а при деякому куті врівноважуються. Стрілка приладу зупиняється на певній поділці шкали.

Кут повороту рухомої системи логометра залежить від відношення струмів  $I_1$  і  $I_2$  і не залежить від їх абсолютного значення. Тому напруга, залежна від частоти обертання рукоятки мегомметра, в певних межах не впливає на показання приладу. При вимірюванні опору ізоляції електричної машини відносно її корпусу дріт від одного із затискачів  $L$  або  $З$  приєднується до виводу від обмотки, а від іншого затискача - до корпусу машини. При вимірюванні опору ізоляції між обмотками дроту від затисків  $L$  і  $З$  приєднують до виводів обмоток, а до затискача  $E$  - корпус машини, щоб уникнути впливу на покази приладу струму витоку. Рукоятку приладу обертають за годинниковою стрілкою з частотою обертання, близькою до 120 об/хв. Шкала приладу може бути градуйована в мегаомах і кілоомах. Перемикання меж вимірювання проводять поворотом круглої ручки на кришці приладу.

*Порядок вимірювання опору ізоляції.* Перевірку мегомметром стану ізоляції обмоток проводять в такій послідовності:

- переконуються у відсутності напруги в обмотці, що перевіряється, і приєднаних до неї колах;
- перевіряють справність мегомметра: встановлюють його горизонтально, приєднують дроти до затисків і, замкнувши їх накоротко, обертають ручку мегомметра. При замкнутих кінцях стрілка на шкалі приладу повинна знаходитися на нулю, а при розімкнених - на знаку, що позначає безмежність;
- переконавшись в справності приладу, торкаються кінцями проводів, приєднаних до його затискачів, до одного з виводів обмотки і не з'єднаної з нею металевої частини машини;
- про стан ізоляції судять за показами приладу. Відлік показів за шкалою проводять після того, як стрілка приладу займе стійке положення.

Величину опору ізоляції між окремими обмотками перевіряють аналогічно, з тією відмінністю, що другий кінець дроту приладу підключають не до корпусу електричної машини, а до контакту її другої обмотки.

Для вимірювання опору обмотки постійного струму підключають обидва дроти приладу до кінців однієї обмотки і відзначають положення стрілки на шкалі (при нескінченності - обрив в обмотці).

*Допустимі значення опору ізоляції.* Значення опору ізоляції електродвигунів повинні бути не менше норм, приведених в таблиці.

Реле. Реле служать для захисту трансформаторів, ліній електропередачі, електродвигунів і ін. Пристрої релейного захисту повинні забезпечувати:

- швидкодію, тобто відключення КЗ з такою швидкістю, щоб місцеве пошкодження не перейшло в системну аварію;
- селективність - вибірковість відключення місця пошкодження: відключитися повинні тільки пошкоджена ділянка або елемент мережі;
- необхідну чутливість до порушень нормального режиму, тобто реагувати на можливі малі відхилення від нього;
- надійність функціонування. При цьому реле повинно зберігати свої експлуатаційні показники в заданих межах протягом необхідного проміжку часу. Для забезпечення надійності релейний захист повинен виконуватися за допомогою високоякісних і надійно працюючих реле і інших елементів.

Для живлення кіл релейного захисту служить оперативний постійний струм напругою 110 В і 220 В, змінний - 100, 127 і 220 В.

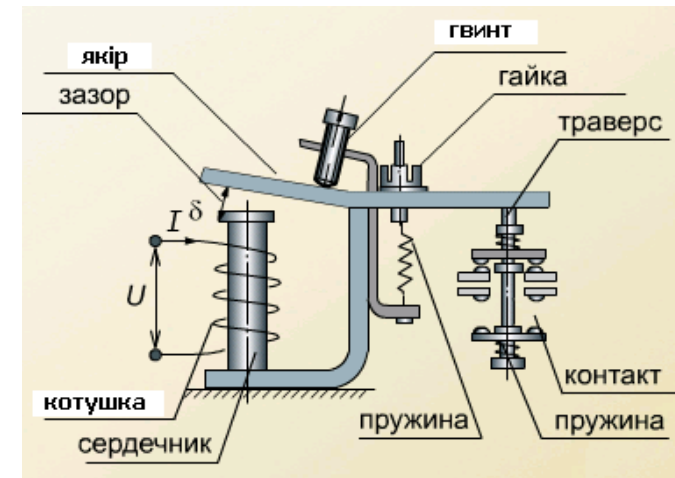


Рис. 18 - Схема електромагнітного реле

У схемах релейного захисту найбільшого поширення набули електромеханічні реле (рис. 18). Промисловість випускає електромеханічні реле, побудовані в основному на електромагнітному і індукційному принципі. Застосовують, в основному, чотири види реле: РТМ (максимального струму миттєвої дії), РТВ (те саме, з витримкою часу), РН (мінімальної напруги миттєвої дії) і РНВ (те саме, з витримкою часу).

В даний час випускаються нові, сучасні, багатофункціональні серії пристроїв релейного захисту на мікропроцесорах MODULEX, MOND, MICOM.



Релейний захист. В умовах експлуатації можливі пошкодження окремих елементів системи електропостачання (трансформатора, лінії і ін.). Причиною пошкоджень є короткі замикання (КЗ), великі струмові перевантаження і значне зниження напруги. Щоб уникнути пошкоджень електроустановок при ненормальних режимах, необхідно своєчасно відключити елементи системи електропостачання, в яких виник ненормальний режим, і усунути його причини.

У ряді випадків пошкодження повинно бути ліквідоване протягом доль секунди, людина не в змозі справитися з таким завданням. Тому для визначення місця пошкодження і подачі сигналу на відключення відповідних вмикачів встановлюються спеціальні автоматичні пристрої - релейний захист, що діє на відключення. Своєчасне відключення пошкодженого елемента установки дозволяє передавати енергію до споживачів непошкоджених ділянок без перерви в електропостачанні.

Пристрої, призначені контролювати нормальну роботу електроустановки і давати сигнал об її несправності або команду на відключення несправного елемента, відносяться також до пристроїв релейного захисту (рис. 17).

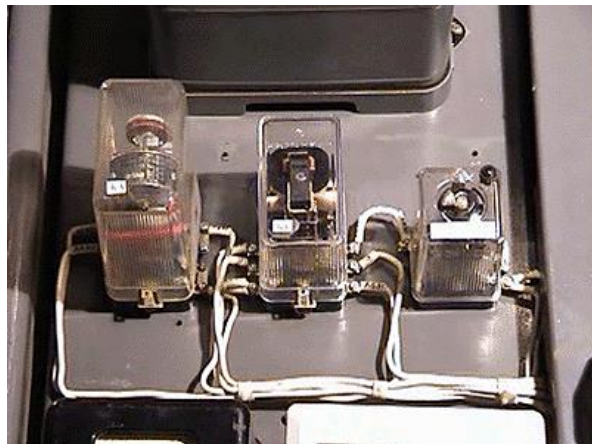


Рис. 17 - Елементи релейного захисту

Іноді в умовах експлуатації виникають ненормальні режими, існування яких допустимо протягом деякого часу. Порушення нормального режиму в цих випадках може бути ліквідоване дією оперативного персоналу. При цьому недоцільне негайне відключення елемента електричної мережі, а досить дати сигнал персоналу. Елементи релейного захисту (РЗ), на яких він виконується, називають реле.

#### Значення опору ізоляції електродвигунів

<i>Випробовуваний об'єкт</i>	<i>Напруга мегомметра, кВ</i>	<i>Опір ізоляції</i>
Обмотка статора напругою до 1 кВ	1	Не менше 0,5 МОм при температурі 10-30 °С
Обмотка ротора синхронного електродвигуна і електродвигуна з фазним ротором	0,5	Не менше 0,2 МОм при температурі 10-30 °С
Термоіндикатор	0,25	Не нормується
Підшипники синхронних електродвигунів напругою вище 1 кВ	1	Не нормується (вимірювання проводиться щодо фундаментної плити при повністю зібраних маслопроводах)

#### Допустимі значення опору ізоляції і коефіцієнта абсорбції для обмоток статора електродвигунів

Потужність, номінальна напруга електродвигуна, вид ізоляції обмоток	Критерії оцінки стану ізоляції обмотки статора	
	Значення опору ізоляції, МОм	Значення коефіцієнта абсорбції R60"/R15"
1. Потужність більше 5 МВт, термореактивна і мікалентна ізоляція, залита компаундом	Не менше десять мегаом на кіловольт номінальної лінійної напруги, або за умовами заводу-виготовлювача	Не менше 1,3
2. Потужність 5 МВт і нижче, напруга вище 1 кВ, термореактивна ізоляція	При температурі 10-30 °С опір ізоляції не нижче десяти мегаом на кіловольт номінальної лінійної напруги	Не нижче 1,2

3. Двигуни з мікалентною ізоляцією, що залита компаундом, напругою понад 1 кВ, потужність від 1 до 5 МВт включно, а також двигуни меншої потужності зовнішньої установки з такою ж ізоляцією напругою понад 1 кВ	Не нижче за значення вказаних в таблиці 2	Не нижче 1,2
4. Двигуни з мікалентною ізоляцією, що залита компаундом, напруга понад 1 кВ, потужність менше 1 МВт, окрім вказаних в п.3	Не нижче за значення вказаних в таблиці 2	Не нижче 1,2
5. Напруга нижче 1 кВ, всі види ізоляції	Не нижче за значення вказаних в таблиці 2	Не нижче 1,2

Коефіцієнт абсорбції R60"/R15" (R60" і R15" - значення опорів ізоляції, відраховані через 60 і 15 сек. після подачі напруги від мегомметра). Коефіцієнт абсорбції характеризує ступінь зволоження ізоляції.

*Найменші допустимі значення опору ізоляції для електродвигунів*

Температура обмотки, °C	Опір ізоляції R60" ( МОм) при номінальній напрузі обмотки, кВ		
	3-3,15	6-6,3	10-10,5
10	30	60	100
20	20	40	70
30	15	30	50
40	10	20	35
50	7	15	25
60	5	10	17
75	3	6	10

замиканням через землю. Внаслідок короткого замикання різко підвищується сила струму в мережі  $I_k^{(2)}$ .

Двофазні і однофазні КЗ є несиметричними, оскільки при цих замиканнях порушується симетрія напруги і струмів трифазної системи.

У мережах із заземленою нейтраллю найбільше число (порядка 65%) складають однофазні короткі замикання, 20% - двофазні на землю, 10% - двофазні і лише 5% - трифазні .В повітряних мережах з ізолюованою нейтраллю більше двох третин коротких замикань доводиться на двофазні і останні - на трифазні.

Величина струму КЗ залежить від потужності джерела живлення, величини опору кола (віддаленості місця КЗ від джерела живлення), виду, а також моменту виникнення КЗ і тривалість його дії.

Причини коротких замикань в електричних мережах вельми різноманітні. В першу чергу, це пошкодження їх ізоляції внаслідок атмосферних, а в мережах дуже високої напруги і комутаційних перенапружень. Ізоляція може бути пошкоджена також внаслідок її старіння, перехресчування і накиду голих проводів повітряних ліній, механічних пошкоджень кабельних ліній під час розкопок траншей або при падінні опор повітряних ліній, пошкодження тваринами або птахами і тому подібне

Деяку частину КЗ викликають помилки в діях обслуговуючого персоналу. Чим краще організована експлуатація електроустановки, тим рідше бувають в ній короткі замикання.

Проте повністю їх виключити не можна, тому потрібно прийняти заходи до того, щоб вони не викликали пошкоджень устаткування і тривалих порушень роботи.

При коротких замиканнях із-за великих струмів може підвищитися температура струмоведучих частин і відбутися пошкодження провідників і ізоляції.

Електродинамічні зусилля, що розвиваються при цьому, можуть зруйнувати електроустаткування. Пониження напруги внаслідок короткого замикання при певній його тривалості приводить до зупинки - "перекидання" - електродвигунів. У магістральних мережах короткі замикання можуть порушити стійкість електричної системи, що представляє найбільш серйозну і таку, що тривало усувається, аварію.

Замикання порушують електропостачання споживачів, у тому числі і непошкоджених, підключених до пошкоджених ділянок мережі, унаслідок пониження на них напруги і порушення роботи енергосистеми. Тому КЗ повинні ліквідуватися пристроями захисту в можливо короткі терміни. Чим краще організована експлуатація електроустановки, тим рідше в ній бувають короткі замикання.



### 3 Релейний захист

#### 3.1 Нагляд і догляд за пристроями релейного захисту

Коротке замикання. Коротким замиканням називається всяке, не передбачене нормальними умовами роботи замикання між фазами, а в системах із заземленою нейтраллю (або чотирипровідних) - також замикання однієї або декількох фаз на землю (або на нульовий дріт).

У трифазних електричних установках розрізняють три основні види коротких замикань: трифазне, двофазне і однофазне (рис. 16).

Коротке замикання, при якому всі три фази замикаються між собою, називається *трифазним*. У точці КЗ напруга рівна нулю, якщо перехідний опір в місці короткого замикання рівний нулю (це спостерігається при металевому КЗ).

Коротке замикання двох фаз між собою називають *двофазним*. Розрізняють двофазні КЗ в одній точці і двофазне КЗ з одночасним замиканням точки на землю. При двофазному КЗ протікає струм  $I_{\text{к}}^{(2)}$ .

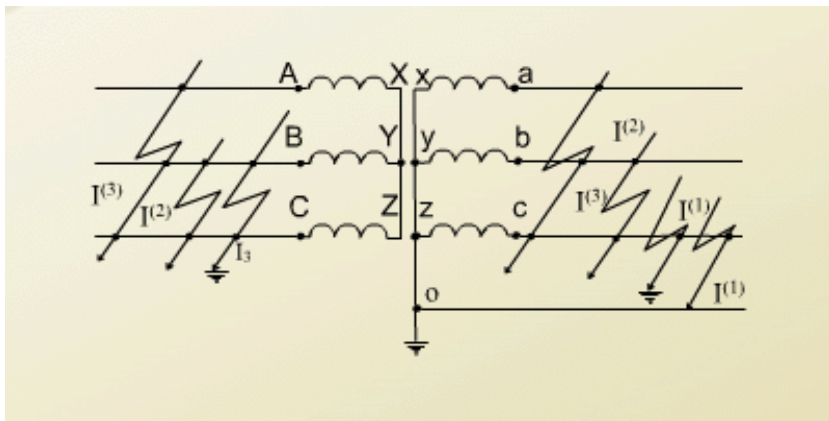


Рис. 16 - Види коротких замикань в електричних мережах напругою 6-35 кВ з ізольованою нейтраллю і нижче 1000 В з глухозаземленою нейтраллю

Коротке замикання однієї фази на нуль або на землю називають *однофазним*. Воно має місце тільки в трифазних мережах з глухо заземленою нейтраллю напругою 110 кВ і вище, а також в мережах 0,4 кВ і характеризується струмом  $I_{\text{к}}^{(1)}$ .

У системах з ізольованою нейтраллю напругою 6, 10 і 35 кВ замикання на землю однієї з фаз не є коротким замиканням, і струм, що протікає при цьому, називається не струмом КЗ, а струмом замикання на землю  $I_3$ . Проте одночасне замикання на землю двох різних фаз є в цих мережах двофазним коротким

*Контроль шуму і вібрації в підшипниках.* По характеру шумів і стукотів в підшипнику можна визначити його стан. Перевірку виконують стетоскопом або довгою викруткою з пластмасовою ручкою. Лезо викрутки прикладають можливо ближче до місця установки підшипника, ручку - до вуха. У справному підшипнику чується легке рівномірне шелестіння або тонке дзижчання. Свист або різкий дзвінкий шум свідчить про відсутність мастила або затискання тіл кочення. Гримлячий шум (часті дзвінки стукоти) вказує на наявність виточок на робочих поверхнях або попадання в підшипник абразивного пилю. Глухі удари з'являються при слабкій посадці підшипника.

*Вимірювання вібрації.* При обслуговуванні електродвигуна іноді проявляється вібрація. Виникає вона в результаті зсуву лінії валів агрегату при монтажі і ремонті або при просіданні фундаменту. Вібрація може виникнути також в результаті короткого замикання всередині обмотки статора, із-за чого створюється асиметрія магнітного поля. Причиною вібрації може бути і погане балансування ротора в процесі ремонту. В цьому випадку потрібно повторно провести статичне і динамічне балансування ротора. Вібрація сприяє ослабленню кріплення двигуна на фундаменті, розробці підшипників. Вона може привести до пошкодження ізоляції, короткого замикання в обмотках і іскріння під щітками.

Вібрацію електродвигунів вимірюють за допомогою ручного вібрографа **ВР-1** або віброметра. Найбільш зручними при експлуатації є вібрографи і віброметри, які дозволяють вимірювати вібрацію в подовжному, поперечному і вертикальному напрямках. За показами вібрографа можна судити не тільки про розміри вібрації, але і про частоту, а це легше дозволяє визначити причину вібрації - в цьому їх перевага перед віброметрами. Вимірювання вібрації у вертикальному напрямі проводять, прикріплюючи віброметр з інерційною масою до жорсткої пластини, яку приєднують до стійки підшипника болтом, а штифт віброметра встановлюють вертикально у напрямі вимірювання вібрації. Потім звільняють інерційну масу і проводять відлік показів. Ширина відхилення стрілки індикатора представляє амплітуду вібрації або подвійну амплітуду коливань.

Якщо віброметр встановити так, що площина його циферблату буде перпендикулярна осі валу, а штифт направити горизонтально, то віброметром можна зміряти горизонтально-поперечну вібрацію. Якщо потрібно зміряти подовжню (горизонтально-осьову) вібрацію, то площину циферблата індикатора направляють паралельно осі валу, а штифт - горизонтально. Вібрацію вимірюють при декількох значеннях навантаження електричної машини: при холостому ході 50, 75 і 100% номінального навантаження і при максимально допустимій частоті

обертання.

*Підвищене нагрівання підшипника.* Підвищене нагрівання підшипника може бути викликане забрудненням підшипника, надлишком або відсутністю мастила, зачіпанням деталей, що обертаються, до нерухомих, а також надмірним його зношенням або руйнуванням

Температура підшипників кочення для більшості електричних машин не повинна бути більше  $100^{\circ}\text{C}$ . Зазвичай температура підшипника перевищує температуру навколишнього середовища не більше ніж на  $30^{\circ}\text{C}$ , а температуру підшипникового щита на  $5-10^{\circ}\text{C}$ . Ненормальний нагрів підшипника виявляють порівнянням їх температур на декількох однотипних машинах. Температуру в цьому випадку контролюють рукою, прикладаючи її до поверхні щита або кришки поблизу підшипника.

*Охолодження електродвигуна.* Охолодження електричних машин може бути природним або штучним. При природному охолодженні у машин відсутні спеціальні пристрої, наприклад, вентилятор і циркуляція облягаючого повітря здійснюється, головним чином, за рахунок вентиляючої дії частин машини, що обертаються. Машини з штучним охолодженням, що мають спеціальні пристрої, діляться на машини з самовентиляцією і з незалежною вентиляцією. Машини, що самовентилюються, мають систему вентиляції, при якій її активні частини охолоджуються потоком повітря, що нагнітається вентилятором, встановленим на власному роторі машини; у машин з незалежною вентиляцією середовище охолодження (газоподібне або рідке) подається в машину спеціальним пристроєм (вентилятором або насосом), що має окремий двигун.

Електричну машину найбільш поширеного виконання зазвичай виконують з самовентиляцією і продувкою повітря через машину, при цьому вентилятор розташовується на її валу, а повітря, проходячи усередині корпусу, охолоджує обмотки і сердечники. У машинах інших виконань використовується така система охолодження, як зовнішнє обдування, при якому повітря, що охолоджує, проганяється вздовж зовнішньої поверхні обребреного корпусу за допомогою вентилятора, встановленого зовні корпусу на виступаючому кінці валу і з протилежного боку від його вихідного кінця.

Жалюзі на підшипникових щитах, станині і кришці корпусу контактних кілець забезпечують захист персоналу від можливості зіткнення пальців із струмопровідними або рухомими частинами, оберігають машини від попадання сторонніх твердих тіл діаметром не менше  $12,5\text{ мм}$  і крапель води, що падають під кутом не більше  $60^{\circ}$  до вертикалі.

Виконання за способом охолодження електричних машин визначає прийняту систему вентиляції, розташування вентилятора і спосіб прикриття



Рис. 14 - Ізолятори

*Мережа заземлення* - це контур заземлення, який встановлюється навколо підстанції. Він виконується з кутникової сталі або труб, заземлювачі з'єднують між собою шиною із смугової або круглої сталі (рис. 15).



Рис. 15 - Контур заземлення

Мережа заземлення служить для заземлення металевих частин трансформатора, оскільки при роботі силових трансформаторів магнітопровід і інші металеві деталі знаходяться в сильному електричному полі, внаслідок чого на них скупчуються електричні заряди. При обриві заземлення можуть виникати небезпечні потенціали на металевих корпусах, частинах електроустаткування РП, що може спричинити за собою небезпеку для життя людей.

Запобіжники. В більшості випадків РП напругою вище 1 кВ підстанцій (6)10/0,4 кВ забезпечені запобіжниками, які захищають трансформатори підстанції від струмів перевантаження і короткого замикання.

Патрон запобіжника складається з фарфорової трубки, заповненої кварцовим піском, яка армована латунними ковпачками з кришками (рис.13). Плавкі вставки виготовляють з посрібленого мідного дроту. Спрацьовування запобіжника визначається за покажчиком, який нормально утримується спеціальною сталевю вставкою у втягнутому всередину положенні. При цьому в стислому стані утримується також пружина.

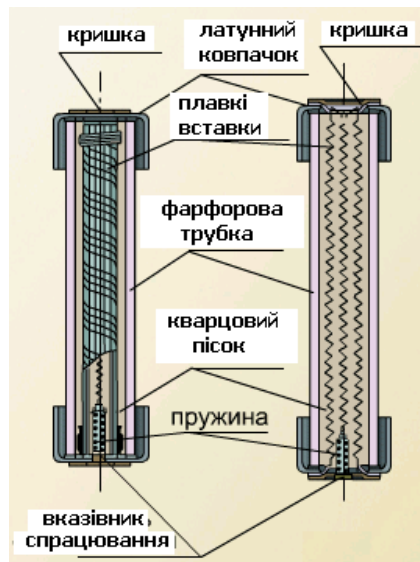


Рис. 13 - Запобіжники

Ізоляція пристроїв. Струмopовідні частини електричних установок і окремих апаратів повинні бути надійно ізольовані одні від одних і від землі. Для виконання цих функцій і кріплення струмопровідних частин використовують різні ізолятори (рис. 14), які підрозділяються на стаціонарні, апаратні і лінійні. Стаціонарні і апаратні ізолятори служать для кріплення і ізоляції шин в РП або, відповідно, струмопровідних частинах апаратів. Ці ізолятори, у свою чергу, підрозділяються на опорні і прохідні. Прокідні ізолятори встановлюють при проході шин через стіни і перекриття всередині приміщень, а також при виводі з будівель або застосовують для виведення струмопровідних частин з корпусів апаратів. Лінійні ізолятори служать для кріплення проводів повітряних ліній і шин відкритих РП.

охлаждающего повітря. Як правило, кожух вентилятора електричної машини кріпиться до корпусу трьома гвинтами (у машин малої потужності) або трьома болтами, розташованими рівномірно по колу кожуха. Для запобігання ослабленню кріплення (розкручування гвинтів), їх загортають з пружинними шайбами, тому при первинному обороті гвинта необхідно прикласти дещо більше зусилля. Нерідко під болти, що кріплять кожух, підкладають гумову шайбу замість пружинної. Кожух зафарбовують яскравою фарбою для того, щоб виділити небезпечну для здоров'я деталь в машині. У електричних машин кожухи виконують зазвичай із сталі, у машин малої потужності - з пластмаси. Вентилятори виконують з металу (сталь, алюміній) або пластмаси. Зазвичай вентилятори кріплять до валу електричної машини за допомогою радіальних гвинтів, рідше вентилятори мають пружинячий обжимний вузол, який затягується гвинтом або невеликим болтом. Для зняття вентилятора з валу необхідно спочатку вивернути гвинт кріплення і ослабити, якщо можливо, зчеплення втулки вентилятора з валом машини. Після цього, використовуючи в якості важеля викрутку, легкими ударами молотка зрушити вентилятор з валу. Після чого, прикладаючи зусилля по колу втулки вентилятора, зняти його з валу. Якщо після легких ударів молотком вентилятор не зрушився з місця, необхідно застосувати знімач (як для зняття напівмуфти).

## 1 Несправності електромагнітних комутаційних апаратів

### 1.1 Котушка апарата

Котушка є одним з основних елементів електромагнітних апаратів (рис. 1). Її зазвичай встановлюють на нерухомому сердечнику електромагніта (рис. 2). Котушки апаратів виконуються на постійну або змінну напругу. При подачі напруги на котушку магнітний потік замикається по магнітопроводу і повітряному зазору між якорем і сердечником. При цьому сердечник притягає якор, який повертається на певний кут, притискаючи рухомі контакти, що знаходяться на одному валу з ним, до нерухомих і утримує їх у включеному положенні. При розриві електричного кола котушки її сердечник продовжує утримувати якор, із-за чого рухомі контакти під дією системної маси і сили протидії (що відхиляє) пружини відпадають, розриваючи коло управління.

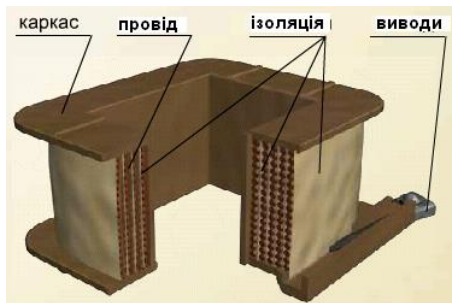


Рис. 1 – Котушка

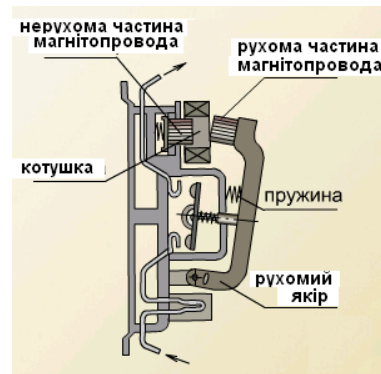


Рис. 2 – Котушка в апараті

Електромагнітні котушки бувають каркасні і безкаркасні. Найбільш пошкодження котушок, що часто зустрічаються:

- тріщини в каркасі завдовжки до 15 мм, які усувають таким чином: поверхню каркаса навколо тріщини очищають від пилу і масла бавовняною серветкою, змоченою в бензині. На поверхню тріщини наносять шар клею БФ і протягом 10-15 хв висушують на повітрі. Далі наносять другий шар і підсушують ще 5-10 хв. Після цього склеювані частини каркаса стягують тафтяною або бавовняною ізоляційною стрічкою висушують в сушильній шафі протягом 1,5-2 год. при температурі 100-110 °С, після чого охолоджують і знімають бандаж;
- пониження опору ізоляції - менше 0,5 МОм. В цьому випадку котушку поміщають в сушильну шафу при температурі 60-70 °С на декілька год. Після підсушки перевіряють опір ізоляції і, якщо досягнута норма не менше 1 МОм,

Роз'єднувачі призначені для включення і відключення електричних кіл напругою вище 1 кВ без струму. Вони служать для забезпечення безпеки при проведенні ремонтів, ревізій і інших робіт шляхом створення видимого розриву цих кіл при їх відключенні.

Роз'єднувач не має дугогасильних пристроїв, тому ними не можна відключати навіть струми навантаження і тим більше струми КЗ. Якщо відбудеться помилкове відключення цих струмів, може виникнути стійка дуга, а потім міжфазне перекриття (КЗ), пошкодження апаратури, можливі нещасні випадки з обслуговуючим персоналом.

Щоб зменшити небезпеку мимовільного відключення роз'єднувача під дією електродинамічних зусиль при проходженні струмів КЗ, що намагаються відштовхнути ніж від нерухомого контакту, використовують магнітний замок.

Роз'єднувачі, які встановлюються в лінію, називаються лінійними. Вони встановлюються в комірці (камері) КСО. Шинні роз'єднувачі служать для з'єднання збірних шин РП.

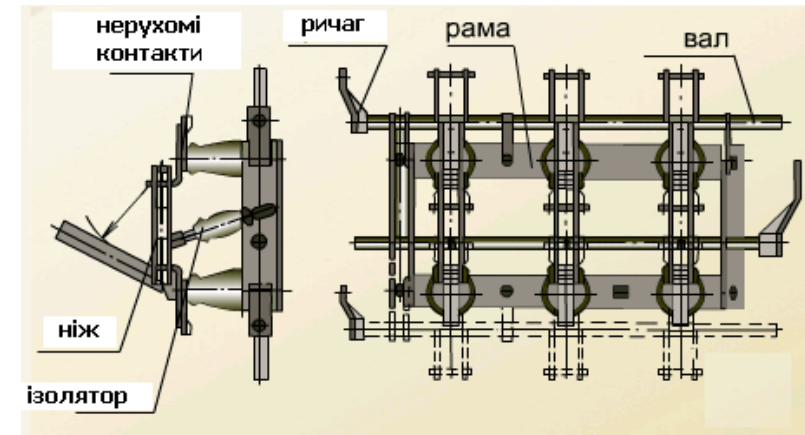


Рис. 12 - Роз'єднувач

Для управління роз'єднувачем використовують ручні приводи важелів (рис 12). Рукоятка такого приводу переміщається у вертикальній площині на кут 120-150°. Рух рукоятки за допомогою тяги і важелів передається валу ножів роз'єднувачу. При відключенні рукоятку приводу повертають вниз, при включенні - від низу до верху. Ручні приводи встановлюються на тих же опорних конструкціях, на яких розміщується роз'єднувач. Ручки приводів виводяться на зовнішню панель камери КРП або КСО. Наявність приводу дає можливість здійснити механічне або електричне блокування роз'єднувача і вмикача для запобігання неправильним операціям з роз'єднувачем при включеному вимикачі.





Рис. 10 - Привід вимикача

Вимикачем навантаження є триполюсний комутаційний апарат на напругу вище 1 кВ, розроблений на базі роз'єднувача (рис. 11). Він розрахований на включення і відключення робочого струму і не призначений для відключення струмів короткого замикання (КЗ). Для відключення струмів КЗ використовуються плавкі запобіжники. Комутаційний апарат і запобіжники типу ПК вимикача навантаження ВВП-16 змонтовані на рамі. На верхніх ізоляторах встановлені дугогасильні камери з вкладишами з органічного скла. Рухомий контакт виконаний у вигляді двополусного ножа, що охоплює у включеному положенні контактну стійку. На кінці смуг закріплені дві дугоподібні сталеві пластини, між якими затиснутий кінець дугогасильного ножа. Останній при включенні входить в коло дугогасильної камери і в кінці ходу - в нерухомі дугогасильні контакти. Робочі контакти замикаються пізніше дугогасильних. Вимикач навантаження встановлюється в комірці (камері) КСО.

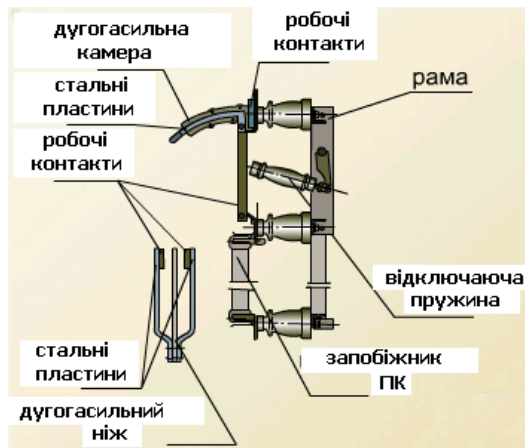


Рис. 11 - Вимикач навантаження

відразу ж виконують її просочення лаком №458 і повторно сушать протягом 8 год при температурі 100 °С;

- пошкодження зовнішнього шару ізоляції котушки або обрив обмотувального дроту у верхніх шарах обмотки. В цьому випадку знімають зовнішню ізоляцію обмотки і пошкоджені витки до місця пошкодження або обриву припаюють, ізолюють місце паяння нового обмотувального дроту і домотують необхідну кількість витків, повторивши операції, які виконують при намотуванні нових котушок;

При сильних пошкодженнях каркаса, міжвиткових замиканнях, обгорілі обмотки котушки на велику глибину котушка повинна бути замінена на іншу або намотана заново. Струм котушки електромагніту змінного струму залежить головним чином від індуктивності котушки, що визначається значенням повітряного зазору між сердечником і якорем. При великому зазорі індуктивність і повний опір котушки малі. Тому у момент включення котушки в мережу в ній проходить струм, що перевищує номінальний в 5-8 раз. З цієї причини котушка може швидко згоріти при заклинюванні якоря на початку включення, коли магнітопровід розімкнений. Це обмежує також допустиму частоту включень електромагнітів змінного струму. Тягове зусилля всіх електромагнітів залежить від сили струму котушки і повітряного зазору. Котушки електромагнітів виконуються на різну стандартну напругу постійного і змінного струму.

Нагрівання котушок. Нагрівання котушок змінного струму відбувається внаслідок заклинювання якоря електромагніта при його розімкненому положенні і невідповідності опору додаткового резистора у апаратів великих габаритів (величин). При заклиненому якорі котушка електромагніта споживає значно більший струм, ніж при втягнутому якорі, тому вона швидко перегрівається і може згоріти.

Міжвиткові замикання і замикання на корпус. Міжвиткові замикання виникають із-за поганого намотування котушки. Якщо витки, прилеглі до фланців каркаса котушки, зісковзують в нижні шари, то утворюються відносно великі різниці потенціалів, що приводить до пошкодження міжвиткової ізоляції. Міжвиткові замикання спостерігаються в основному в котушках змінного струму, оскільки в них амплітудна напруга вища, ніж в котушці постійного струму. До того ж котушкам змінного струму передається вібрація від магнітопровода. Замикання на корпус - це результат нещільної посадки безкаркасної котушки на сталевий сердечник. При цьому відбувається вібрація магнітопровода, внаслідок чого ізоляція котушки і її відводів перетирається.

Основні несправності котушки. До основних несправностей котушки відносяться:

- перегрівання котушки;



- міжвиткові залипання;
- обрив провідників котушки;
- замикання на корпус;
- погана ізоляція котушок.

Короткозамкнутий виток. При живленні котушки змінним струмом магнітний потік, міняючи напрям, періодично знижується до нуля, що викликає вібрацію якоря і гудіння. Для ослаблення і усунення цих явищ на торцеву частину сердечника (плоский наконечник) запресовують або накладають мідний короткозамкнутий виток (рис. 3). В цьому випадку в моменти переходу основного струму через нуль швидкість зміни його найбільша, і тому в короткозамкнутому витку знаходиться максимальна ЕРС. Через виток проходить струм, який створює свій магнітний потік, що замикається через сердечник і якор, що перешкоджає відпаданню якоря під час переходу основного потоку через нуль.

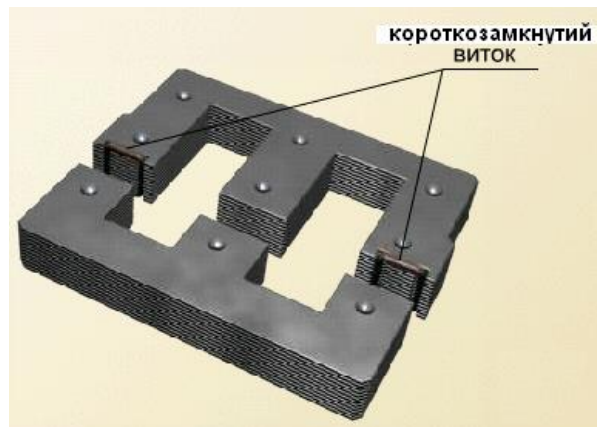


Рис. 3 – Короткозамкнутий виток

Ізоляція апарату. Несправність ізоляції виявляється в тому, що по її поверхні протікають струми витoku, тому необхідно захищати її від скупчення бруду і пилу. Значна частина несправностей може бути викликана зволоженням ізоляції і її руйнуванням під час будівельно-монтажних робіт і транспортування.

## 1.2 Механічні пошкодження

Механічні пошкодження в апаратах виникають внаслідок корозії, поломок осей, пружин і інших конструктивних елементів. Зношення деталей і втомні явища пов'язані з поганим змазуванням рухомих частин, скупченням вологи, а також застосуванням в конструкціях, що особливо працюють на удар, дуже крихких або дуже м'яких матеріалів.



Рис. 9 - Масляний вимикач ВМП-10

Основою вимикача служить сталева зварна рама, на якій змонтовано три полюси (бачки) вимикача. На рамі розміщені вал вимикача, відключаюча пружина і буферний пристрій. Для пом'якшення удару при включенні вимикача використовується масляний буфер, а при відключенні вимикача - розташований там же пружинний буфер. Бачки підвішені до рами на фарфорових ізоляторах. Вали кожного полюса з'єднані з валом вимикача ізоляційною тягою.

Струмopовідні частини і елементи вимикача, які знаходяться під напругою, ізолюють твердими матеріалами, найчастіше фарфором. Кожен контакт вимикача знаходиться в окремому бачку із сталі і фарфору. Для гасіння дуги передбачають спеціальні дугогасильні пристрої (камери) і масло. У вимикач потрібно залити 4,5 кг масла. Контроль за рівнем масла в бачку ведуть по масловказівнику. Вимикач встановлюється в окремій комірці (камері) КРП або КСО.

Привід вимикача. Для управління вимикачами використовують приводи (рис. 10). Вони забезпечують ручне або дистанційне включення і відключення вимикача. Вимикач автоматично включається під дією заздалегідь заведених (натягнутих) пружин приводу ПП-67К. Цей привід можна заводити від руки або спеціальним двигуном, який зазвичай забезпечений редуктором. Пристрій ручного приводу виводиться на зовнішню панель шафи РП. Для приводу вимикачів використовуються і інші типи приводів, наприклад, електромагнітний ПЕ-11.

заземляючих ножів і вимикача. У верхній частині фасаду розміщуються захисна огорожа, світловий карниз з люмінесцентним світильником, який освітлює приміщення РП і закривається короб камери, що служить для прокладки магістральних проводів і проводів з'єднань між камерами. Доступ в камеру забезпечується двома суцільними сталевими дверима із заксленими для огляду внутрішніх зон (вимикача і лінійного приєднання) віконцями. Верхні двері використовуються для монтажу вторинних кіл, приводи яких захищені сталевим листом.

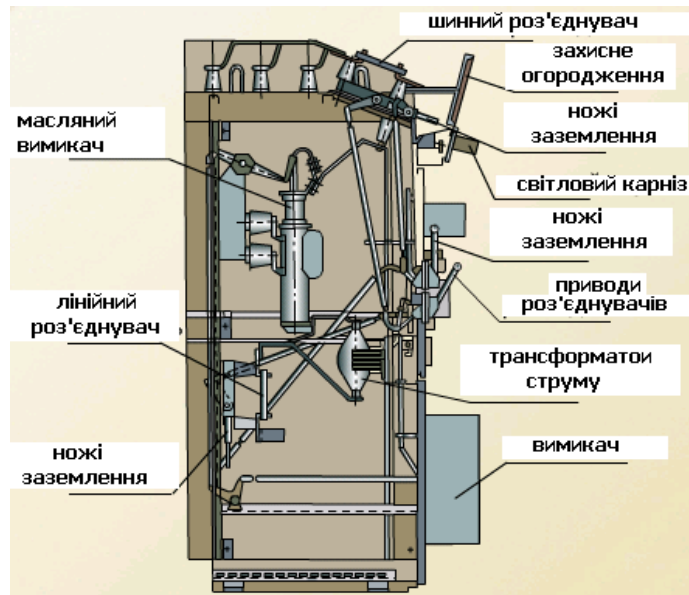


Рис. 8 - Камери КСО-272

У камері виконані наступні механічні блокування проти помилкових дій при обслуговуванні:

- блокування приводу масляного вимикача з приводами шинного і лінійного роз'єднувачів, що виключає можливість відключення роз'єднувачів при включеному вимикачі;
- блокування, що не допускає включення заземляючих ножів при включених роз'єднувачах;
- блокування, що не допускає включення роз'єднувачів при включених заземляючих ножах.

Вимикач масляний. У РП напругою 6 або 10 кВ використовується масляний вимикач типу ВМП-10 (вимикач підвісний масляний, колишня назва ВМГ-10 - масляний, горшковий) – рис. 9.

## 2 Ремонт перемикачів

### 2.1 Апарати ручного управління

В якості апаратів для ручної нечастої комутації (включення, перемикавання, виключення) в колах постійного і змінного струму напругою до 1000 В використовуються рубильники (ручні вимикачі), перемикачі, пакетні вимикачі.

Рубильники, різновиди рубильників. Рубильник - найбільш простий апарат ручного управління, призначений для нечастої комутації (включення, відключення) електричних кіл напругою до 1000 В (рис. 4). Рубильники виготовляють одно-, дво-, і трисмугового виконання. По конструкції рубильники можуть бути відкритого виконання, призначені для компоновки низьковольтних розподільних пристроїв станцій, підстанцій і інших електроустановок, і захищеного виконання (із захисним кожухом) - для окремих електричних установок. За способом управління рубильники виконують з центральною і бічною рукояткою і з центральним або бічним приводом важеля. Вони можуть бути з переднім або заднім приєднанням проводів або шин, з дугогасильним пристроєм у вигляді спеціальних решіток і без них, на номінальні струми 100, 250, 400 і 600 А.

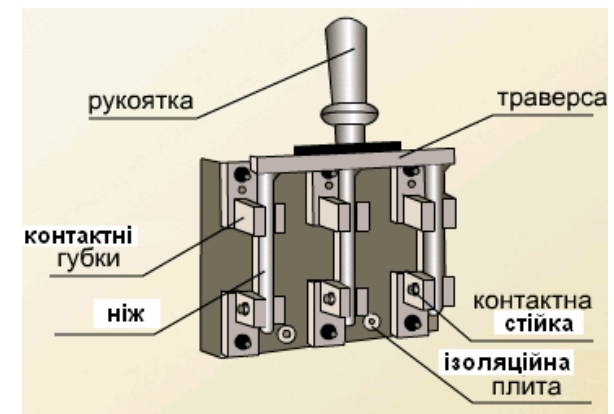


Рис. 4 – Рубильник

Позначення рубильників і перемикачів силових ящиків. Рубильники і перемикачі мають шифр позначень, що складається з букв і цифр:

**Р** - рубильник з центральною рукояткою управління;

**П** - перемикач з центральною рукояткою управління;

**РБ і ПБ** - рубильник і перемикач з бічною рукояткою управління;

**РПЦ і ППЦ** - рубильник і перемикач з центральним приводом важеля.

Перша цифра після букв вказує число полюсів (1, 2, 3), друга - умовно визначає номінальний струм рубильника (перемикача): **1** - 100 А, **2** - 250 А, **4** - 400 А, **6** - 600 А.

Приклад структури умовного позначення: **РБ-32УЗ** - рубильник з бічною рукояткою управління, триполюсний, на 250 А, для експлуатації в умовах помірного клімату, для розміщення в закритих приміщеннях без штучного мікроклімату.

Структура умовного позначення вимикачів і перемикачів серії ВР32, що застосовуються в пристроях розподілу електричної енергії:

**ВР32-XXXX12XX-XXX3:**

**ВР** - вид апарату;

**32** - номер серії;

**XXX** - номінальний струм (**31** - 100 А; **35** - 250 А);

**Х** - поєднання зйомної рукоятки і довжини валу (**А** - незнімна, довжина валу 1; **У** - знімна, довжина валу 1);

**Х** - число полюсів і вид апарату (**1** - однополюсний вимикач; **2** - двополюсний вимикач; **3** - триполюсний вимикач; **5** - однополюсний перемикач; **6** - двополюсний перемикач; **7** - триполюсний перемикач);

**1** - вид з'єднання зовнішніх провідників до контактних виводів - переднє;

**2** - розташування площини під'єднання зовнішніх затисків контактних виводів - перпендикулярно площині монтажу;

**Х** - вид ручного приводу (**2** - бічна рукоятка, **4** - передня зміщена рукоятка або передня зміщена з винесеним валом; **5** - бічна зміщена рукоятка або бічна зміщена з винесеним валом);

**Х** - наявність допоміжних контактів (**0** - без допоміжних контактів; **1** - з допоміжними контактами);

**XX** - ступінь захисту рукоятки з боку приводу по ГОСТ 14255-69 (00-IP00, 32 - IP32);

**ХЗ** - кліматичне виконання (**УХЛ, Т**) і категорії розміщення (**3**).

Структура умовного позначення силового ящика **ЯРП11-XX-XXX(Х2)**:

**ЯРП** - серія;

**11** - номер розробки;

**Х** - номінальний струм (**31** - 100 А; **35** - 250 А);

**Х** - номер схеми;

**Х** - ступінь захисту по ГОСТ 14255-69 (**32** - IP32, **54** - IP54);

**XX** - кліматичне виконання і категорії розміщення;

**(Х2)** - позначення хімічно стійкого виконання по ГОСТ 24682-81.

Структура умовного позначення блоків **БПВ** (наприклад, **БПВ-ХУЗ**):

**Б** - блок;

**П** - запобіжник типу **ПН2**;

**В** - вимикач;

**Х** - умовне позначення номінального струму (**1** - 100 А; **2** - 250 А; **4** - 400 А);

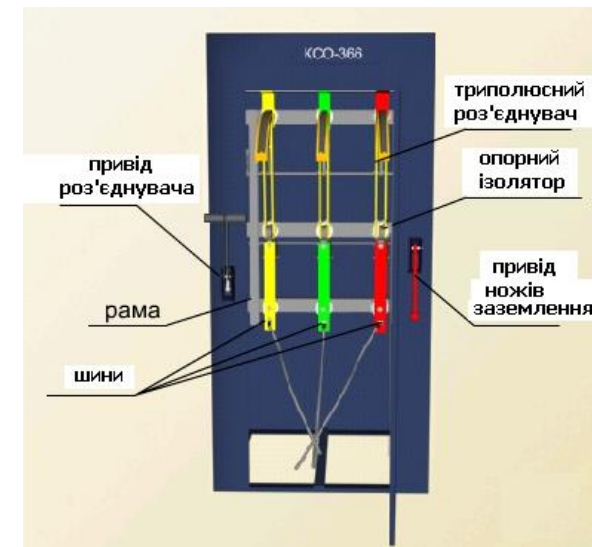


Рис. 7 - Шафа КСО-366

У коробі, розташованому вгорі по фронту камери, розміщують дрти вторинної комутації, магістралі освітлення і світильники. Короб закритий світловим карнизом, на якому вказується призначення камери. На лівій фасадній стійці камери встановлений привід вимикача навантаження, на правій стійці - привід заземляючих ножів. Приводи обладнані механічним блокуванням, що не дозволяє включати вимикач навантаження при включених заземляючих ножах і включати заземляючі ножі при включеному вимикачі навантаження. Для огороження струмоведущих частин, що залишаються під напругою при роботі персоналу, наприклад, на кабельній муфті в камері, передбачена можливість установки ізоляційної перегородки. Камери КСО-366 призначені також для установки в них роз'єднувачів, вимикачів навантаження, запобіжників, трансформаторів напруги, розрядників, в яких вбудовані стаціонарно апарати, збірні шини, вимірювальні прилади, пристрої захисту і сигналізації, а також допоміжне устаткування.

Шафи і камери КСО-272. Камери КСО-272 (рис. 8) призначені для установки масляних вимикачів ВМП-10 і ВПМ-10 з приводами ПЕ-11 і ПП-67К, вимикачів ВМПП-10 і ВПМП-10 з приводом ППВ-10, а також іншого електроустаткування: роз'єднувачів, запобіжників, трансформаторів напруги, розрядників. У нижній частині камери розміщені заземляючі ножі і лінійний роз'єднувач, а також кабельні муфти або ошиновка лінійного вводу від ПЛ 6-10 кВ, у верхній частині - шинний роз'єднувач, заземляючі ножі, масляний вимикач, трансформатори струму. На фасадній стороні розміщені приводи роз'єднувачів,





Рис. 6 - Камера КСО

Планування приміщень підстанції залежить від кількості ТП, одно- або дворядного виконання РП з камерами КРП і КСО. Трансформатори встановлюють в камері так, щоб без зняття напруги забезпечувалося зручне і безпечне спостереження за рівнем масла в маслоказівнику, а також доступ до газового реле.

Камери КСО встановлюють на кабельний канал. Висота приміщень РП при однорядній установці КСО-366 складає не менше 3200 мм до стелі, а при дворядній - 3800 мм; для камер КСО-272 - 4100 і 4700 мм відповідно.

Для опалювання РП в холодну пору року передбачені електрообігрівачі, які встановлюються на стінах приміщення. На дверях встановлені вентиляційні ґрати.

Двері в РП напругою вище 1 кВ повинні бути надійно закриті на справний замок. При вході в РП необхідно закрити за собою двері, щоб виключити доступ в установку випадкових осіб.

Шафи і камери КСО-366 (стаціонарні, одностороннього обслуговування) є металеві шафи розміром 1000×1000×2083 мм, виконані з гнутих сталевих профілів завтовшки 2,5 мм, і двері з листової сталі завтовшки 2 мм (рис. 7).

**УЗ** - кліматичне виконання (для помірного клімату) і категорії розміщення по ГОСТ (у закритих приміщеннях без штучного мікроклімату).

Вибір рубильників і перемикачів. Рубильники і перемикачі вибирають з урахуванням місця їх встановлення, за номінальною напругою, за струмом навантаження і струмом відключення (таблиця 1).

Таблиця 1 - Значення струмів відключення рубильників

	Номінальна напруга рубильника	
Виконання рубильника	380 В	500 В
Рубильник без дугогасильного пристрою	$0,3 I_n$	-
Рубильник з дугогасильним пристроєм	$I_n$	$0,5 I_n$

Регулювання рубильників (перемикачів). Рубильники (перемикачі) перевіряють на одночасність замикання і розмикання всіх фаз. Для цього на вводі рубильника подають живлення, а на виході до кожної фази приєднують лампочку, другі кінці яких заземляють. При повільному включенні і виключенні рубильника лампочки повинні спалахувати і гаснути одночасно. Щільність натиснення контактів перевіряють щупом завтовшки 0,05 мм, який повинен проходити не більше 1/3 величини контактної поверхні. При необхідності для досягнення потрібної щільності підгинають контакти.

Перемикачі і силові ящики. Різновид рубильників представляють перемикачі на два робочих і одне нейтральне положення, які застосовуються для перемикання електричних кіл (рис. 5). Для підключення окремих електроустановок зручні рубильники, змонтовані в кожусі спільно з плавкими запобіжниками - силові ящики.



Рис. 5 – Перемикачі

Блок запобіжник-вимикач. Існують такі конструкції силових розподільних ящиків, в яких замість окремо встановлюваних плавких запобіжників і рубильника використовується вмонтований блок *запобіжник-вимикач* (рис. 6). Він складається зі встановлених на ізоляційній панелі контактних губок і рухомих ножів, які виконуються разом із запобіжниками. Включення і відключення блоку проводиться рукояткою, зв'язаною системою важеля з ножами.

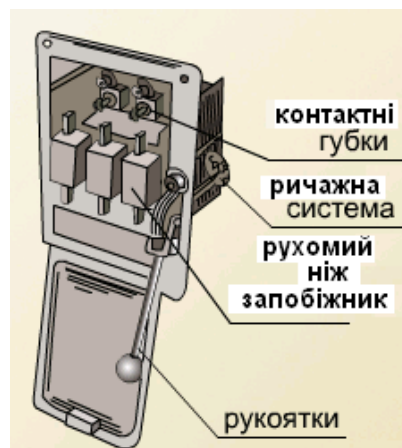


Рис. 6 – Блок запобіжник-вимикач

## 2.2 Ремонт контактних поверхонь ножів і губок

Контактні поверхні ножів і губок. У рубильнику найбільш схильні до зношення точки дотику ножів і губок (контактні поверхні) – рис. 8. При невеликому обгоранні ножів і губок їм роблять дрібний відновний ремонт - обережно, не знімаючи багато металу, очищають обгорілі поверхні від кіптяви, напливів і інших нерівностей шліфувальним папером. У разі сильного обгорання ножі і губки замінюють. Для виготовлення ножів і губок використовують тверду необпалену смугову або листову мідь і латунь, а також фосфористу, берилієву і алюмінієву бронзу. Розміри і конфігурація деталей, що виготовляються, повинні відповідати колишнім розмірам.

Щільність входження ножів в губки перевіряють щупом. Щуп завтовшки 0,05 мм повинен входити в простір між губкою і ножем на глибину не більше 6 мм. Для нормальної роботи рубильника потрібно відрегулювати глибину входження ножів в губки. У рубильників або перемикачів з приводом важеля ножі при повністю включеному положенні повинні всією контактною частиною увійти до губок, але в той же час не доходити до їх контактної майданчика на 2-4 мм. Глибину регулюють, збільшуючи або зменшуючи довжину тяги від



Рис. 5 - Комплектний розподільний пристрій внутрішньої установки

Приміщення РП напругою вище 1 кВ. Комплектний розподільний пристрій складається з повністю або частково закритих шаф або блоків з вбудованими в них апаратами, пристроями захисту і автоматики, що поставляються в зібраному або повністю підготовленому для збірки вигляді.

Перевагою комплектних РП є те, що їх збирають на заводах і в готовому вигляді із змонтованим в камерах устаткуванням встановлюють на місці монтажу. В процесі експлуатації КРП легко перекомпонуються і розширюються, якщо дозволяє наявне приміщення РП. Крім того, КРП в цілому надійні в роботі, безпечні в обслуговуванні, а устаткування і струмоведачі частини менше схильні до забруднення і запилення, оскільки розміщені в закритому приміщенні.

Найбільшого поширення в розподільних мережах набули комплектні РП 6-10 кВ закритого типу, які виконуються в основному з комірок КРП заводського виготовлення. Вони комплектуються з шаф або камер КСО (рис. 6).



Дроти і їх маркування. Дроти служать для з'єднання електричних пристроїв. Маркування проводів - це позначення проводів. У позначенні дроту поряд з маркою, що визначає його конструкцію, вказується номінальна напруга, кількість і перетин жил. Наприклад, дріт **АПР-660-4×8** - дріт на номінальну напругу 660 В з чотирма алюмінієвими жилами перетином 8 мм<sup>2</sup> кожна, з гумовою ізоляцією, в просоченому облупленні з бавовняної тканини; **ПР-660-4×8** - те ж саме, але з мідними жилами.

Кабелі і їх маркування. Кабелі - це дроти, укладені в герметичну оболонку. Кабелі служать для з'єднання електричних пристроїв. У трижильному силовому кабелі три струмопровідні жили і одна нульова жила, покриті жильною ізоляцією і поясною паперовою ізоляцією, поміщено у внутрішню оболонку і броню, між якими встановлена подушка, а зверху - покривна оболонка. Маркування кабелів - це позначення кабелів. У позначенні кабелю поряд з маркою, що визначає його конструкцію, вказується номінальна напруга, кількість і перетин жил. Наприклад, кабель **АВРГ-1-3×50+1×25** - кабель з трьома алюмінієвими жилами перетином 50 мм<sup>2</sup> і четвертою - перетином 25 мм<sup>2</sup>, гумовою ізоляцією, в поліхлорвініловій оболонці без зовнішнього покриття; **ВРГ-1-3×50+1×25** - те ж саме, але з мідними жилами.

## 2 Нагляд і догляд за розподільними пристроями напругою вище 1000 В

Розподільний пристрій (РП) служить для прийому і розподілу електроенергії споживачам. У РП встановлені комутаційні апарати, збірні і з'єднувальні шини, допоміжні пристрої (компресорні, акумуляторні), а також пристрої захисту, автоматики і вимірювальні прилади (рис. 5).

РП напругою вище 1 кВ виконуються внутрішньої і зовнішньої установки і, відповідно, називаються закритими (ЗРП) з розташуванням устаткування в будівлях і відкритими (ВРП) з розташуванням електроустаткування на відкритому повітрі.

РП комплектують з шаф комплектних розподільних пристроїв зовнішньої установки (КРПЗ) і внутрішньої установки (КРП). РП можуть бути комплектними для внутрішньої установки (КРП) і для зовнішньої установки (КРПЗ). Закриті РП застосовуються на напрузі 3-20 кВ, а також в окремих випадках на 35-220 кВ у випадках підвищеної забрудненості атмосфери і за особливо важких кліматичних умов (наприклад, Крайня Північ); відкриті РП - на 35-110 кВ і вище.

рукоятки до рубильника. При цьому потрібно добиватися, щоб всі ножі одночасно входили в губки і виходили з них, допускається різниця не більше 3 мм. Далі слід перевірити міцність з'єднання перемикача з важелем тяги і стан пружин іскрогасних контактів. Слабкі пружини потрібно замінити новими.



Рис. 8 – Контактні поверхні ножів і губок

### 2.3 Ремонт кріпильних деталей і пружин

Пружини, кріпильні деталі. Для виготовлення нових пружин використовують круглий спеціальний провідник або смугову пружинну сталь. При збірці рубильника болти шарнірного з'єднання ножів дужками забезпечують тарілчастими шайбами, а губки - пружинами. Всі болтові з'єднання туго затягують, не допускаючи при цьому перекосу ножів по відношенню до губок (рис. 9). Для збільшення терміну служби шарнірних контактів їх очищають від бруду бензином і змащують технічним вазеліном. Зношені шарніри замінюють новими, виготовленими в точній відповідності із старими.

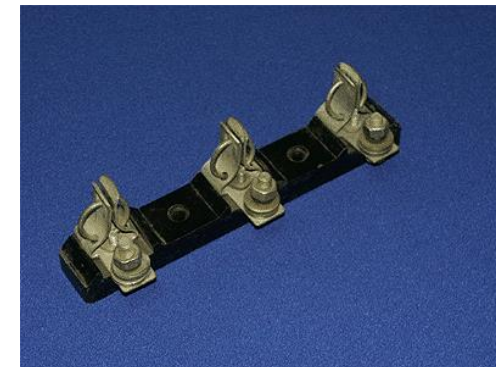


Рис. 9 – Пружини і кріпильні деталі

## 2.4 Ремонт і заміна ізоляційних плит

Ізоляційні плити (підстави рубильника) виготовляють з твердих ізоляційних матеріалів (рис. 10). На них кріпляться контактні стійки. При ремонті вигорілі плити, що обвуглилися або тріснули, замінюють новими. При виготовленні нової плити, стару можна використовувати як шаблон для свердління отворів в новій. Якщо плити асбестоцементні, то після відповідної механічної обробки їх просочують лаками або компаундами і покривають електроемаллю.



Рис. 10 – Ізоляційні плити

Електроізоляційні деталі. Пошкоджені електроізоляційні деталі (ізолятори, гвинти, шайби, прокладки) замінюють новими рівноцінними деталями. Допускається заміна пошкоджених деталей з інших матеріалів, якщо вони по електроізолюючих властивостях, теплостійкості, механічній міцності і іншим експлуатаційним якостям не поступаються замінюваним або перевершують їх. Наприклад, дозволяється замінювати стеатитові ізолятори фарфоровими.

## 3 Ремонт контакторів і магнітних пускачів

### 3.1 Контактори і магнітні пускачі

Контактори призначені для дистанційного і автоматичного (за наявності датчиків або реле в колах управління) керування електричними колами постійного і змінного струму. Вони призначені для частотої комутації і забезпечують велику кількість включень і відключень (циклів) при їх роботі (від 30 до 3600 в годину). Контактор складається з двох основних частин: електромагніта (постійного або змінного струму) і контактної системи, що складається з

- переконуються у відсутності механічних пошкоджень, тріщин, відшаровувань і обвуглених ділянок на ізоляції проводів, що підводять живлення до апаратів і проводів кіл вторинної комутації. Ділянки проводів з незначними пошкодженнями ізолюють поліхлорвініловою стрічкою;
- переконуються в справній дії апарату при включенні його спочатку від руки при знятій напрузі, а потім під напругою;
- перевіряють цілісність ущільнень апарату;
- відновлюють надписи, що вказують приналежність пускової і захисної апаратури до електроприймача.

Догляд за електроустановками може виконувати одна особа з групою допуску III з числа чергового чи оперативно-ремонтного персоналу у визначений інструкціями час. Особі, що проводить догляд, рекомендується користуватися діелектричними рукавичками, ізолюючими накладками з ізоляційного матеріалу і струмовимірними клещами.

При вході в електроустановку необхідно закрити за собою двері, щоб виключити доступ в установку випадкових осіб, поставити захищаючі щити.

Записи про несправності, відмічені при оглядах, заносять в експлуатаційний журнал. Несправності усувають в найкоротший строк.

Шини. Алюмінієві і мідні шини служать для з'єднання електричних пристроїв. Вони кріпляться до шпильки сталевими оцинкованими болтами і позначаються так (рис. 4):

- шини фази А - жовтого кольору;
- шини фази В - зеленого кольору;
- шини фази С - червоного кольору.

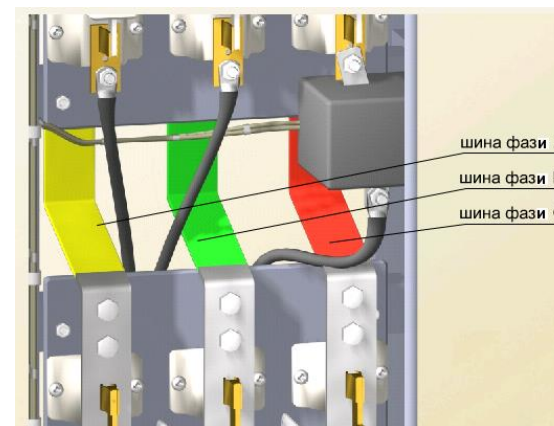


Рис. 4 - Позначення електричних шин

Лічильник електричної енергії служить для обліку електроенергії. Однофазний лічильник застосовується для обліку активної енергії однофазних електроприймачів, наприклад, квартир і так далі. Трифазний електролічильник використовується для обліку електроенергії трифазних електроприймачів підприємств. Промисловістю випускаються електромеханічні і електронні лічильники. Найбільшого поширення в даний час набули електронні лічильники (рис. 3), застосування яких дозволяє забезпечити точний облік споживання електроенергії в самих різних умовах. Для обмеження доступу передбачено опломбування лічильника.



Рис. 3 - Електронний лічильник типу ЦЭ

Догляд за РП напругою до 1 кВ. При технічному догляді за РП виконують наступне:

- оглядають і чистять розподільні пристрої, щити, збірки (залежно від місцевих умов, але не рідше одного разу в 3 місяці);
- знявши кришку або кожух апарату, видаляють пил, бруд, кіптяву із зовнішніх і доступних внутрішніх його частин, продувають їх стислим повітрям і очищають обтиральним матеріалом;
- ослаблені гвинти і гайки кріплення апарату підтягують;
- перевіряють надійність заземлення металевих корпусів збірок, щитів пускової і захисної апаратури. Контакти, що ослабли, розбирають, зачищають контактні поверхні, змащують технічним вазеліном і збирають;

головних (силових) і блокувальних (допоміжних) контактів (рис. 11). Головні контакти розміщуються в дугогасильній камері.

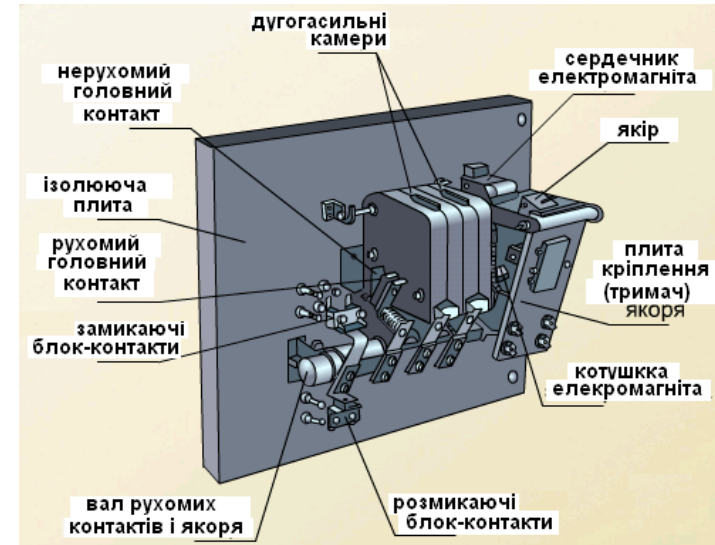


Рис. 11 - Будова триполюсного контактора

Контактори постійного і змінного струму. Контактори постійного струму (типу **КП**, **КМ**, **ККД**) виготовляють на струми від 40 до 2500 А. Контактори змінного струму (серії **КТ**) виготовляють на струми від 20 до 600 А. Номінальні струми контакторів в їх позначенні вказують величину. Наприклад, **КТ-7313**:

- **КТ** - контактор змінного струму;
- **7** - серія (7000) для легких режимів роботи;
- **3** - тип;
- **1** - величини контактора по номінальному струму (**1** - 100 А, **2** - до 160 А, **3** - до 250 А, **4** - до 400 А, **5** - до 600 А);
- **3** - число полюсів.

Електромагніт контактора. Електромагніт - основний елемент електромагнітних апаратів. Він складається з магнітопровода (сердечника і якоря) і котушки. Електромагніти виконують з поворотним якорем або з прямоходовим якорем. Електромагніти з поворотним якорем застосовують в контакторах, з прямоходовим якорем - в електромагнітних пусках. Тягове зусилля всіх електромагнітів залежить від сили струму котушки і повітряного зазору між якорем і сердечником. Воно збільшується при зменшенні повітряного зазору. Струм, при якому відбувається втягування якоря електромагніту, що має послідовну (струмову) котушку, називається струмом спрацьовування, а струм,





## ЛЕКЦІЯ № 8. РОЗПОДІЛЬНІ ПРИСТРОЇ

### 1 Нагляд і догляд за розподільними пристроями напругою до 1000 В

Маркування автоматичного вимикача - це його позначення. Автомати можуть мати різне виконання, інформація про яке міститься в позначенні. Розглянемо приклад позначення автоматичного вимикача серії АЗ700: А - автоматичний вимикач; 37 - порядковий номер розробки, четвертий знак - величина вимикача, що визначається номінальним струмом головного кола (1 - 160 А, 2 - 250 А, 3 - 400 А, 4 - 630 А), п'ятий знак - число полюсів і виконання струмового захисту (наприклад, для трьохполюсних вимикачів 2 - виконання струмообмежуюче з електромагнітним розмикачем і так далі)

Запобіжник і його маркування. Запобіжник - це комутаційний апарат, призначений для відключення кола, що захищається, за допомогою плавлення спеціальних струмоведущих частин (плавких вставок). При проходженні по колу струму КЗ плавка вставка нагрівається сильніше за інші елементи кола, що захищається, раніше розплавляється і тим самим рятує електричну установку від перегріву і руйнування.

Але для припинення проходження струму короткого замикання, тобто відключення електричної установки від електромережі живлення, недостатньо розплавлення вставки, необхідно ще погасити виниклу в цьому місці електричну дугу. Швидке гасіння дуги є найважливішим завданням плавкого запобіжника. За способом гасіння електричної дуги плавкі запобіжники, що використовуються для захисту, поділяються на дві основні групи (рис. 1):

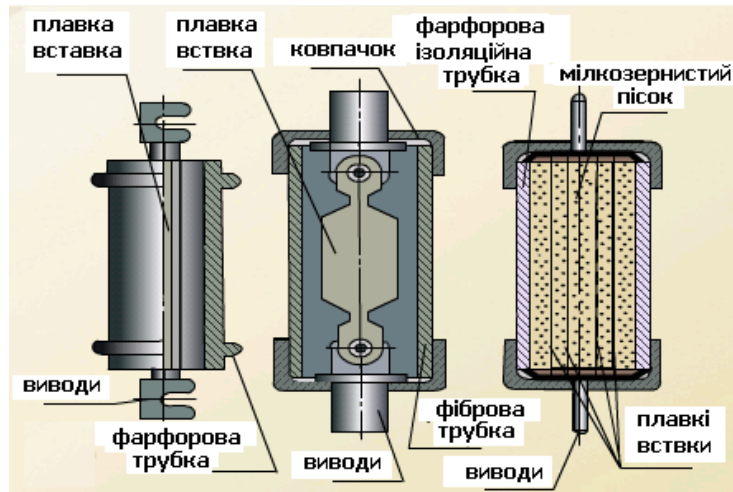


Рис. 1 - Запобіжники з трубками і з наповнювачем

них можуть виготовлятися не тільки на стандартну напругу змінного, але і постійного струму. Теплові реле до них випускають трисмугові серії РТЛ з додатковим замикаючим контактом.

### 3.2 Ремонт контактів

Основні операції при ремонті. До основних операцій при ремонті апаратів відносяться:

- огляд стану апарату в цілому і окремих його частин;
- розбирання апарату і виявлення несправностей окремих вузлів і деталей;
- ремонт окремих вузлів і деталей або заміна деталей, що вийшли з ладу, новими;
- збірка і регулювання апарату;
- перевірка якості кріплення всіх деталей.

Основні пошкодження контактних систем. Найбільш часті пошкодження в контактних системах - це забруднення, зношення, обгорання або окислення, напливи і бризки на поверхні рухомих контактів або контактних містків. При товщині контакту більше 0,5 мм грязь, нагар і кіптяву з поверхні контакту видаляють за допомогою бавовняної серветки, змоченої в бензині. При товщині контакту менше 0,5 мм обгорілі контакти або контактні містки замінюють новими.

Контакти контактників. У електромагнітних апаратах найчастіше ушкоджуються контакти, що утворюють їх контактну систему. У контактну систему входять головні (силові) і блокувальні (допоміжні або додаткові) контакти, що складаються з рухомих і нерухомих контактів. Головною частиною контактів є їх контактні поверхні, що забезпечують дотик. Навіть добре відшліфовані поверхні мають мікроскопічні піднесення і впадини, внаслідок чого дійсний дотик відбувається не по всій їх поверхні, а лише в окремих точках, які називають точками зіткнення. У контактах, що не мають при зіткненні значного тиску (зусиль, що притискають контакти один до одного), число точок незначне. При збільшеному тиску (натисненні) виступаючі нерівності поверхонь деформуються і первинні точки зіткнення перетворюються на невеликі площі. Із збільшенням сили натиснення контактів росте число "контактних точок" і їх загальна площа. Струм з однієї контактної поверхні на іншу переходить в точках зіткнення, тобто через ділянки з сильно звуженим перетином. На цих ділянках із-за їх надмірно малих поперечних перетинів виникає великий електричний опір - перехідний.

Перехідний опір - основний показник якості будь-якого контакту. Він залежить від якості обробки і стану контактних поверхонь, тиску, з яким контакти притиснуті один до одного. Але при надмірно зростаючому тиску на контакти



інтенсивність процесу утворення нових точок зіткнення сповільнюється. Це пояснюється тим, що при підвищенні тиску воно сприймається більшою площею, питомий тиск в точках зіткнення контактів зменшується, матеріал контактів зминається не так інтенсивно, тому процес збільшення кількості і площі точок зіткнення сповільнюється.

Обробка контактних поверхонь. Погано оброблені окислені контакти мають високий перехідний опір. Ретельна слюсарна обробка контактних поверхонь дає можливість видалити плівку оксидів і створити при дотику найбільшу кількість точкових контактів і, відповідно, зменшити перехідний опір, а також понизити можливість нагрівання. Контактні поверхні мідних контактів рекомендується обробляти надфілем або напильником, внаслідок чого утворюється поверхня з меншим перехідним опором, ніж при полірованих або шліфованих поверхнях. Якість контакту залежить також від властивостей контактних матеріалів (механічній міцності, температурній стійкості, тугоплавкості, електропровідності, неокислюваності і так далі).

Контактори можуть мати срібні контактні поверхні в місці замикання і розмикання контактів. Це потрібно у тому випадку, коли не можна допустити зміну струму в результаті збільшення опору контактів із-за їх підгорання. Оксид срібла добре проводить струм, тоді як оксид міді має більший опір. Останнім часом знайшли застосування також металокерамічні контакти і герметичні силові контакти (герсикони). Контактори на герсиконах типу КМГ 17, КМГ 18, наприклад, призначені для управління двигунами потужністю до 3 кВт при напрузі 380 В. У герсиконах контакти розміщені в герметичній оболонці в середовищі інертного газу, вони спрацьовують під впливом зовнішнього магнітного поля, створюваного котушкою. Контактори з використанням герсиконів володіють великою довговічністю, надійною роботою в умовах підвищеної запиленості, вологості і в інших несприятливих умовах навколишнього середовища.

### 3.3 Випробовування

Технічний огляд апаратів. При технічному огляді апаратів необхідно:

- перевірити контактну систему (чи немає перекосів), одночасність замикання контактів, чи легко переміщаються рухомі контакти і чи не зачіпають вони до дугогасильної камери. Для цього необхідно кілька разів включити і відключити контактор або пускач вручну (при відключеній мережі). З'ясувати, чи немає корозії на пружинах головних і блокувальних контактів. Пружини з дефектами замінити новими заводського виготовлення. Перевірити кріплення магнітної системи і ослаблені гвинти підтягти;

- оглянути котушку апарату. На її зовнішньому ізоляційному покритті не повинно бути темних плям, що утворилися в результаті місцевого нагріву.

Котушка повинна бути щільно посаджена на сердечник магнітопровода;

- у магнітних пускачів проконтролювати стан теплових реле.

Нагрівальний елемент повинен відповідати потужності електродвигуна, що захищається. При вигоранні металу нагрівальний елемент слід замінити. Перевіряючи роботу кнопки повернення теплового реле, потрібно переконатися в її вільному переміщенні і поверненні в початкове положення під дією пружини. Якщо необхідно, струм спрацьовування теплового реле змінюють за допомогою регулятора струму вставки.

Перевірка і випробування відремонтованих апаратів. Після ремонту апарату проводять його перевірку і випробування. До перевірки і випробування входять технічний огляд і випробування складових частин апарату і всього апарату в цілому. Після проведення перевірки і випробувань робиться висновок про придатність експлуатації даного пристрою.

Перевірка опору ізоляції котушки. Вимірювання опору ізоляції котушок проводять при від'єднаних кінцях. Ізоляцію випробовують мегомметром на 1000 В. Опір ізоляції повинен відповідати даним заводських випробувань, але бути не менше 0,5 МОм.

Перевірка при виготовленні механічної частини. При виготовленні механічної частини слід перевіряти:

- ослаблення гвинта і гайки;
- перекіс, заїдання або заклинювання механічних елементів;
- зношення втулок, осей, пружин;
- відсутність мастила на поверхнях, що труться;
- надійність робіт механічного блокування у реверсивних механічних пускачів. Воно не повинно перешкоджати вільному включенню (від руки) одного з контактів, а при спробі одночасно включити другий, між його контактами повинен залишатися зазор не менше 3 мм.