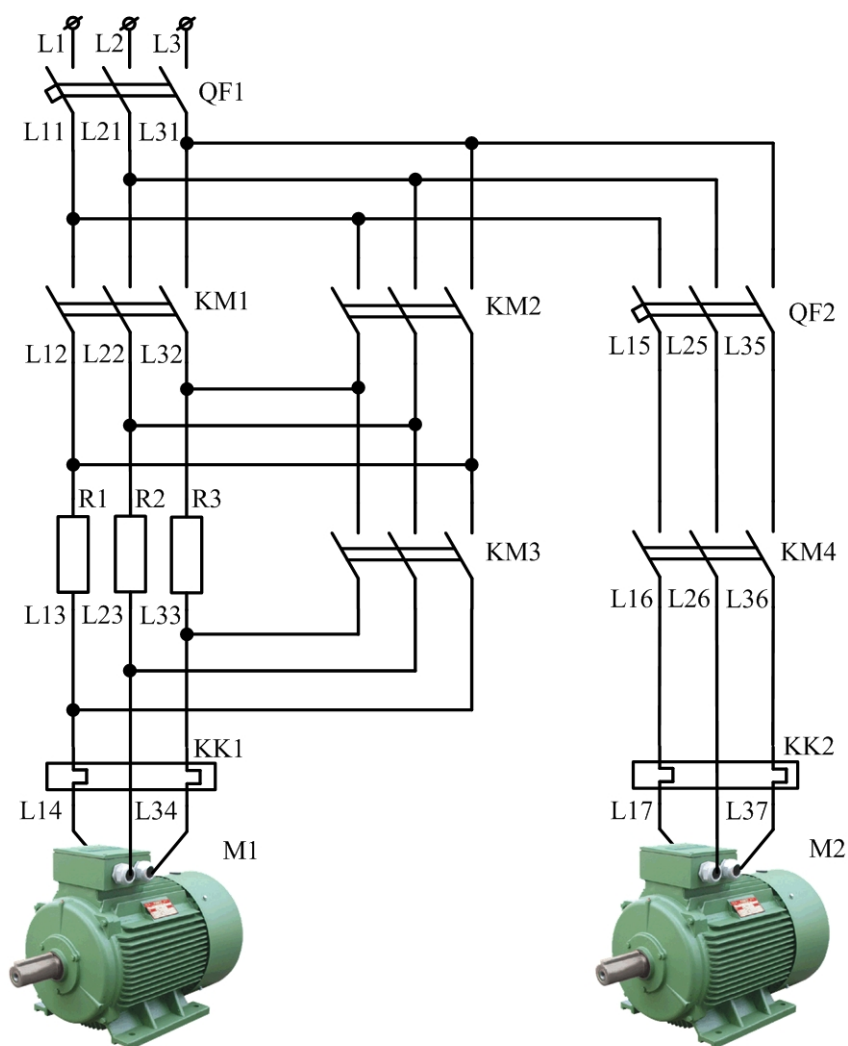


Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв



Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Вінницький національний технічний університет

**Монтаж та налагоджування
електромеханічних пристроїв**

Вінниця
ВНТУ
2011

УДК 621.313(075)

ББК 31.261я73

М77

Автори:

В. В. Грабко, С. М. Бабій, М. М. Мошноріз, Ю. В. Шевчук

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол №7 від 24.02.2011 р.)

Рецензенти:

О. П. Чорний, доктор технічних наук, професор

В. М. Кутін, доктор технічних наук, професор

М. Й. Бурбело, доктор технічних наук, професор

Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв :
М77 навчальний посібник / [Грабко В. В., Бабій С. М., Мошноріз М. М. та ін.] – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 137 с.

Навчальний посібник призначений для організації вивчення теоретичного курсу з дисципліни «Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв» і буде корисним студентам електротехнічних спеціальностей.

УДК 621.313(075)

ББК 31.261я73

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	6
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ ТА НАЛАГОДЖУВАЛЬНИХ РОБІТ	7
2 ОРГАНІЗАЦІЯ І СПОСОБИ ПРОВЕДЕННЯ ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ РОБІТ	9
2.1 Загальні питання організації електромонтажних робіт. Структура електромонтажного управління	9
2.2 Основні нормативні і правові документи, які регламентують проведення електромонтажних робіт	9
2.3 Підготовка до виконання електромонтажних робіт	13
2.4 Способи проведення електромонтажних робіт	17
2.5 Прийом обладнання під монтаж	18
2.6 Організація виконання електромонтажних робіт в два етапи	19
2.7 Здача змонтованого обладнання під пусконалагоджувальні роботи	21
3 ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОВЕДЕННЯ НАЛАГОДЖУВАЛЬНИХ РОБІТ	22
3.1 Загальні відомості про налагоджувальні роботи	22
3.2 Підготовка до виконання налагоджувальних робіт. Проект виконання налагоджувальних робіт	22
3.3 Виконання налагоджувальних робіт	23
3.3.1 Налагоджувальні роботи, які проводяться поза зоною монтажу	23
3.3.2 Налагоджувальні роботи, які проводяться в зоні монтажу за суміщеним графіком	24
3.4 Здача-приймання виконаних налагоджувальних робіт	25
4 МОНТАЖ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН	26
4.1 Загальні відомості. Класифікація електричних машин	26
4.2 Конструктивне виконання електричних машин за способом монтажу	27
4.3 Виконання електричних машин за ступенем захисту від впливу навколишнього середовища	31
4.4 Монтаж електричних машин малої потужності на	

фундаментах, технологічному обладнанні, підлогах, стінах, колонах.....	35
4.5 Особливості монтажу електричних машин середньої та великої потужностей.....	38
4.5.1 Вимоги до приміщень під монтаж електричних машин середньої та великої потужностей.....	38
4.5.2 Основні вимоги, задача фундаментів під монтаж електричних машини середньої і великої потужностей.....	39
4.5.3 Монтаж електричних машин середньої та великої потужностей на фундаментних плитах.....	43
5 ЦЕНТРУВАННЯ ВАЛІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН.....	48
5.1 Загальні відомості про центрування валів.....	48
5.2 З'єднання валів електричних та робочих машин і механізмів.....	50
5.3 Підготовка до центрування валів.....	55
5.4 Центрування валів.....	59
6 НАЛАГОДЖУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН.....	64
6.1 Маркування виводів обмоток електричних машин.....	64
6.2 Об'єми випробувань електричних машин.....	66
6.2.1 Зовнішній огляд і перевірка механічної частини.....	67
6.2.2 Перевірка полярності виводів обмоток електричних машин та відповідності схем з'єднання обмоток інструкціям і схемам заводу-виробника.....	68
6.2.3 Вимірювання опору ізоляції обмоток.....	71
6.2.4 Визначення можливості включення електричної машини без сушіння.....	72
6.2.5 Випробовування ізоляції обмоток підвищеною напругою.....	74
6.2.6 Вимірювання опору обмоток постійному струму.....	74
6.2.7 Пробний пуск електричної машини та перевірка її роботи у режимі холостого ходу та під навантаженням.....	77
6.2.7 Вимірювання вібрації підшипників.....	79
7 ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ.....	81
7.1 Основні поняття, терміни та означення. Види і типи схем.....	81
7.2 Загальні правила виконання схем.....	82
7.3 Маркування в електричних установках.....	88

7.3.1 Загальні відомості про маркування	88
7.3.2 Умовні буквено-цифрові позначення елементів	89
7.3.3 Буквено-цифрове позначення затискачів	93
7.3.4 Позначення ділянок кіл	97
7.4 Принципові електричні схеми	101
7.4.1 Загальні вимоги при проектуванні принципів електричних схем	101
7.4.2 Правила виконання принципів електричних схем	103
7.5 Монтажні електричні схеми.....	106
7.5.1 Правила виконання монтажних схем	106
7.5.2 Графічний і адресний способи виконання монтажних схем	109
ЛІТЕРАТУРА	113
ГЛОСАРИЙ.....	115
Додаток А. Умовні графічні позначення елементів схем	116
Додаток Б. Буквені позначення елементів.....	130

ПЕРЕДМОВА

Виробити якісний, конкурентоспроможний товар і отримати гарантований прибуток – не кожне підприємство може задекларувати такі результати. Це зумовлено порушенням хоча б однієї з умов, які повинні бути дотримані як на рівні управління та менеджменту, так і на технічному рівні, який визначається не лише впровадженням передових технологій та новітнього обладнання (*equipment*), але і рівнем виконаних монтажних та налагоджувальних робіт.

В галузі електроенергетики питанням організації проведення електромонтажних і налагоджувальних робіт займаються відповідні спеціалізовані управління. Безпосереднє виконання робіт на об'єктах здійснюють спеціально підготовлені працівники – монтажники та наладчики.

Фахівець з *монтажу (mounting)* та *налагоджування (debugging)* *електромеханічного обладнання (electromechanical equipment)* є різносторонньо розвинутою, технічно грамотною людиною, яка повинна добре знати електротехніку, фізику, механіку, математику, хімію, володіти навиками читання не лише принципів та монтажних схем, а й будівельних креслень, вміти користуватись різними інструментами та вимірювальними засобами, бути кваліфікованим зварювальником, технологом, знавцем іноземних мов, а також, що, можливо, є найголовнішим – самостійно уміти здобувати нові знання. І це далеко не повний перелік вимог – він, безперечно, набагато більший. Це обумовлено специфікою обладнання, кількість якого постійно збільшується.

Саме тому можна стверджувати, що фахівець з монтажу та налагоджування електромеханічного обладнання буде завжди користуватися попитом на ринку праці не лише як безпосередній виконавець (*performer*) робіт, але і їх керівник.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ ТА НАЛАГОДЖУВАЛЬНИХ РОБІТ

До електромеханічних відносять пристрої, які поєднують в собі електричну та механічну частини, а також призначені для приведення в рух виконавчих органів робочих машин, з'єднання електричних та робочих машин, керування їх роботою та захисту, формування сигналів зворотних зв'язків тощо.

Найбільш поширеними електромеханічними пристроями є *електричні двигуни (electric motor)*, *з'єднувальні муфти (coupling box)*, тахогенератори, комутаційні електричні апарати, апарати захисту (окрім запобіжників), електромеханічні гальма тощо.

Монтаж та налагоджування – комплекс робіт, які передбачають установлення обладнання на місці використання, а також його підготовку до виконання певного кола функцій.

Однією з основних вимог, які висуваються до такого роду робіт, є дотримання діючих Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), Правил технічної експлуатації (ПТЕ), Правил техніки безпеки (ПТБ), Будівельних норм і правил (БНіП), Державних будівельних норм (ДБН), заводських інструкцій тощо.

До переліку основного кола робіт, пов'язаних з монтажем електромеханічного обладнання, відносяться:

- ✓ перевірка комплектності обладнання і прийом його під монтаж;
- ✓ розбирання обладнання (за необхідності), його очищення від консервувальних матеріалів та речовин, огляд конструктивних складових, закладання мастильних матеріалів;
- ✓ складання обладнання, яке постачається у розібраному вигляді;
- ✓ переміщення обладнання, його окремих вузлів і деталей в межах монтажної зони;
- ✓ перевірка *фундаментів (foundation)* і прийом їх під монтаж;
- ✓ установлення фундаментних болтів і закладних частин;
- ✓ установлення обладнання відповідно до проекту;
- ✓ з'єднання *валів (arbor)*, вивірення лінії валів та *центрування (centering)*;
- ✓ встановлення огорожень;
- ✓ установлення контрольно-вимірювального та пуско-регулювального обладнання тощо [1].

Випробовувально-налагоджувальні роботи проводяться на всіх етапах життєвого циклу обладнання:

- ✓ під час виготовлення – заводські типові і контрольні випробовування;
- ✓ під час монтажу – приймально-здавальні випробовування;
- ✓ під час експлуатації – профілактичні, післяремонтні випробовування [2].

Під час монтажу налагоджувальні роботи доцільно проводити паралельно із завершальною частиною комплексу монтажних робіт, не чекаючи їх повного закінчення.

До переліку основного кола робіт, пов'язаних з налагоджуванням електромеханічного обладнання, відносяться:

- ✓ перевірка відповідності проекту встановленого обладнання і виконаного монтажу;
- ✓ перевірка всіх елементів електричної схеми з метою визначення їх придатності до експлуатації за призначенням;
- ✓ перевірка полярності виводів електричних машин та правильності схем з'єднання обмоток відповідно до заводських інструкцій та проектної документації;
- ✓ перевірка правильності виконаного монтажу первинних і вторинних кіл електричної схеми;
- ✓ налагоджування всіх елементів схеми на заданий режим роботи, визначений технічними умовами і розрахунковими даними проекту;
- ✓ перевірка правильності взаємодії всіх елементів схеми під *напругою (voltage)*;
- ✓ налагоджування і комплексне *випробовування (test)* електрообладнання в режимі холостого ходу та в робочому режимі;
- ✓ остаточне регулювання всіх елементів схеми для досягнення чіткої і безвідмовної роботи як в робочих, так і в перехідних режимах;
- ✓ введення в нормальну експлуатацію електроустановки і спостереження за її роботою в початковий період (проводиться спільно з експлуатаційним персоналом);
- ✓ розробка і здача звітної технічної документації [3-5].

Усі *вимірювання (measurement)* і випробовування обладнання, проведені монтажним персоналом у процесі монтажу і налагоджувальним персоналом перед вводом електрообладнання в експлуатацію, повинні бути оформлені актами і протоколами встановленого зразка [2].

2 ОРГАНІЗАЦІЯ І СПОСОБИ ПРОВЕДЕННЯ ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ РОБІТ

2.1 Загальні питання організації електромонтажних робіт Структура електромонтажного управління

Питання організації проведення електромонтажних робіт виникає в основному при:

- ✓ будівництві нового об'єкта;
- ✓ реконструкції підприємства або його окремих ділянок;
- ✓ модернізації виробництва та капітальному ремонті;
- ✓ впровадженні нового технологічного обладнання.

При будівництві нового об'єкта організація виконання будівельних та монтажних робіт охоплює широке коло питань, серед яких:

- ✓ виготовлення проектної документації;
- ✓ укладання договорів на проведення окремих видів робіт;
- ✓ розробка плану спільних дій організацій, що беруть участь у будівництві нового об'єкта. План спільних дій повинен забезпечувати раціональну послідовність виконання робіт з метою якнайшвидшого введення в експлуатацію об'єкта;
- ✓ організація матеріально-технічного забезпечення;
- ✓ забезпечення безпечних умов праці та контроль за дотриманням правил техніки безпеки;
- ✓ контроль за здійсненням робіт відповідно до проекту;
- ✓ організація приймальних робіт тощо [6].

Основною організацією, яка виконує електромонтажні роботи, є електромонтажне управління (рис. 2.1) [6].

2.2 Основні нормативні і правові документи, які регламентують проведення електромонтажних робіт

Виконання електромонтажних робіт регламентується документацією:

- ✓ технічною – *технічний проект (technical project)* електроустановки; документація заводу-виробника на обладнання (паспорт; схеми; інструкції



Рисунок 2.1 – Узагальнена структура електромонтажного управління

на монтаж, випробовування і обкатку; акти заводу-виробника на контрольні випробовування з вказанням фактичних значень параметрів тощо);

✓ нормативною – Правила улаштування електроустановок (ПУЕ), Будівельні норми і правила (БНіП), Державні будівельні норми (ДБН) тощо;

✓ договірною – генеральні, підрядні та прямі *договори (contract)*;

✓ кошторисною;

✓ технологічно-монтажною – проект виконання робіт (ПВР) тощо [1, 7].

Технічний проект розробляється проектною організацією і узгоджується з газовою, енергопостачальною, теплопостачальною інстанціями тощо, узгоджується з організацією, яка виступає в ролі «Замовника (*customer*)», і лише після цього може бути переданий організації, яка виступає в ролі «Виконавця» [1].

Якщо «Виконавцем» є загально-будівельна організація (генеральний підрядник), то для виконання окремих видів робіт вона залучає інші підрядні організації, їх називають субпідрядними. У цьому випадку електромонтажне управління є субпідрядником, якому

генеральний підрядник передає робочий проект електричної частини об'єкта, необхідну кошторисну документацію і основні положення організації будівництва об'єкта, прийняті проектом організації будівництва [9].

В електромонтажному управлінні отриману документацію ретельно вивчають і у випадку виявлення недоліків направляють в проектну організацію зауваження для внесення до проекту узгоджених змін. Якщо на будівельному майданчику присутній представник проектної організації як авторський нагляд, то всі узгодження здійснюються безпосередньо через нього [1].

В окремих випадках проект доопрацьовує електромонтажна організація: внесення незначних змін, пов'язаних з невідповідністю окремих вузлів проекту електричної частини будівельним і технологічним конструкціям; впровадження типових електроконструкцій і монтажних виробів заводів електромонтажної організації; розробка додаткових креслень і ескізів на укрупнені монтажні вузли, блоки тощо [1].

Після внесення узгоджених змін електромонтажна організація розробляє проект виконання електромонтажних робіт (ПВЕР).

Договір на проведення монтажних робіт – основний документ, що регламентує взаємовідносини між організацією, яка виступає в ролі «Замовника» та підрядною організацією, яка виступає в ролі «Виконавця» [8].

Розрізняють:

✓ генеральний договір – укладається між «Замовником» та загально-будівельною підрядною організацією, яка виступає в ролі «Виконавця» і несе повну відповідальність за будівництво об'єкта у встановлені терміни. Генеральний договір діє протягом усього будівництва;

✓ субпідрядні договори – укладаються між генеральним підрядником та субпідрядними організаціями на основі генерального договору;

✓ прямі договори – укладаються між організацією-замовником, яка здійснює будівництво власними силами, і підрядними організаціями [6, 9].

Обов'язковими пунктами укладеного договору є:

✓ об'єми та терміни виконання робіт;

✓ джерела фінансування та кошторис;

✓ відповідальність сторін за невиконання умов договору.

Окрім цих основних пунктів договору є ще й інші, які стосуються

питань поетапного фінансування, матеріально-технічного забезпечення (термінів постачання обладнання, забезпечення технічною документацією, необхідними приміщеннями, машинами, матеріалами, електроенергією, водою, паром, газом і стиснутим повітрям в кількостях, необхідних для проведення монтажних робіт і випробовування змонтованого обладнання), кадрового забезпечення тощо.

Проект виконання електромонтажних робіт (ПВЕР) – основний документ, який регламентує організацію і виконання електромонтажних робіт. При розробці ПВЕР враховують вимоги передової монтажної технології і забезпечують максимальну індустріалізацію електромонтажних робіт [6, 9].

Розробкою ПВЕР займається відділ підготовки виробництва (ВПВ) електромонтажного управління. Вихідними матеріалами для його розробки є:

- ✓ проект організації будівництва;
- ✓ завдання на розробку ПВЕР;
- ✓ робочі креслення, специфікації, технічна документація на електрообладнання заводів-виробників, кошторисна документація;
- ✓ відомості постачання електрообладнання і основних матеріалів «Замовником» і генеральним підрядником для виконання електромонтажних робіт;
- ✓ діючі нормативні документи – ПУЕ, БНіП, ДБН, монтажні інструкції, інструкції з техніки безпеки і пожежної безпеки [9, 10].

Робочі креслення є основною проектною документацією, яка визначає об'єм і склад монтажних робіт. До основних робочих креслень належать: структурні, функціональні, принципів, монтажні схеми; схеми зовнішніх електричних та трубних проводок; креслення щитів і пультів; плани розміщення обладнання, електричних і трубних проводок, специфікації до креслень тощо.

Структура ПВЕР може бути подана в повній, скороченій або типовій формах. Критерієм вибору тієї чи іншої форми ПВЕР є мінімальний обсяг за умови конкретності змісту, що визначається технічною складністю і характером робіт, новизною обладнання, яке монтується, місцевими умовами організації виконання робіт тощо.

Як правило, структуру ПВЕР складають:

- ✓ пояснювальна записка – дає загальну характеристику об'єкта,

технології виконання окремих видів монтажних робіт та заходів з техніки безпеки, а також містить короткий опис та принципову схему технологічного процесу виробничого об'єкта; відомість фізичних об'ємів робіт, їх вартість та графік виконання; відомість узгоджених з проектною організацією та «Замовником» змін, внесених у робочі креслення при розробці ПВЕР тощо;

- ✓ графік інженерного забезпечення монтажної ділянки;
- ✓ графік виконання суміжними організаціями будівельних та підготовчих робіт;
- ✓ графік постачання обладнання та матеріалів на об'єкт від генерального підрядника та «Замовника»;
- ✓ монтажний генплан, на копію якого наносять план розміщення електрообладнання; схеми тимчасового електропостачання, постачання стиснутим повітрям, газом, водою; схеми такелажно-транспортних робіт (маршрут; місця встановлення вантажопідйомного обладнання; мінімальні відстані до будівель, естакад, ліній електропередач, місць руху транспорту та пішоходів; майданчики для розвантаження); монтажні зони тощо;
- ✓ відомість обладнання, яке монтується;
- ✓ відомість технологічного оснащення і спеціалізованого інструменту;
- ✓ комплектні відомості на прилади, апаратуру, укрупнені вузли і блоки;
- ✓ документація для прийому обладнання під монтаж та здачу змонтованого обладнання під пусконаладжувальні роботи [6, 8-10].

Такелажно-транспортні роботи пов'язані з переміщенням великогабаритних і важких (більше 60 кг) блоків та вузлів від монтажно-заготівельного заводу або складу до місця монтажу [6].

2.3 Підготовка до виконання електромонтажних робіт

Підготовка до виконання електромонтажних робіт охоплює широкий комплекс технічних, підготовчих і організаційних заходів, які спрямовані на підвищення ефективності монтажного виробництва.

Інженерно-технічна підготовка передбачає розгляд проекту, розробленого проектною організацією; розробку ПВЕР в об'ємі, який забезпечує повну попередню заготовку необхідних монтажних виробів,

конструкцій, вузлів і блоків, а також проведення електромонтажних робіт найбільш прогресивним методом [6].

Матеріально-технічна підготовка передбачає заготівлю матеріалів, монтажних виробів, конструкцій, вузлів і блоків; комплектацію устаткування; контейнерну доставку матеріалів, укрупнених вузлів, блоків і постачання комплектного устаткування в монтажну зону [6].

Організаційна підготовка передбачає організацію майстерень, прорабських і складських приміщень; організацію комплексних бригад; забезпечення ритмічної роботи і безпечних умов праці; контроль за своєчасним виконанням будівельними організаціями передбаченого фронту робіт (особлива увага звертається на правильність виконання та встановлення передбачених проектом закладних деталей та отворів у будівельних конструкціях і елементах будівель) [6].

Основні функції підготовки виробництва в електромонтажній організації зосереджені у ВПВ, який є структурним підрозділом електромонтажного управління.

Існують різні варіанти структури ВПВ, але основна їх задача однакова – розгляд проектно-кошторисної документації; розробка ПВЕР і контроль за його виконанням; комплектація об'єктів монтажу укрупненими вузлами і блоками, включаючи прилади, апаратуру і матеріали [6, 10].

Найбільш поширеною структурою ВПВ є сукупність трьох груп: групи підготовки виробництва (ГПВ), проектно-кошторисної групи (ПКГ) та групи комплектації (ГК), роботу яких організовує начальник ВПВ [6, 10].

На структурній схемі ВПВ (рис. 2.2) суцільними лініями показано адміністративну підлеглість; пунктиром – виробничий зв'язок ВПВ з іншими підрозділами електромонтажного управління; пунктиром з крапкою – виробничий зв'язок між групами ВПВ.

Група підготовки виробництва забезпечує безпосередню підготовку до виконання електромонтажних робіт і складається таких груп:

а) групи перспективної підготовки виробництва, яка:

✓ отримує від «Замовника» або генерального підрядника проектно-кошторисну документацію, спільно з ПКГ вивчає і перевіряє її, складає відомість принципів зауважень для виправлення проектною організацією;

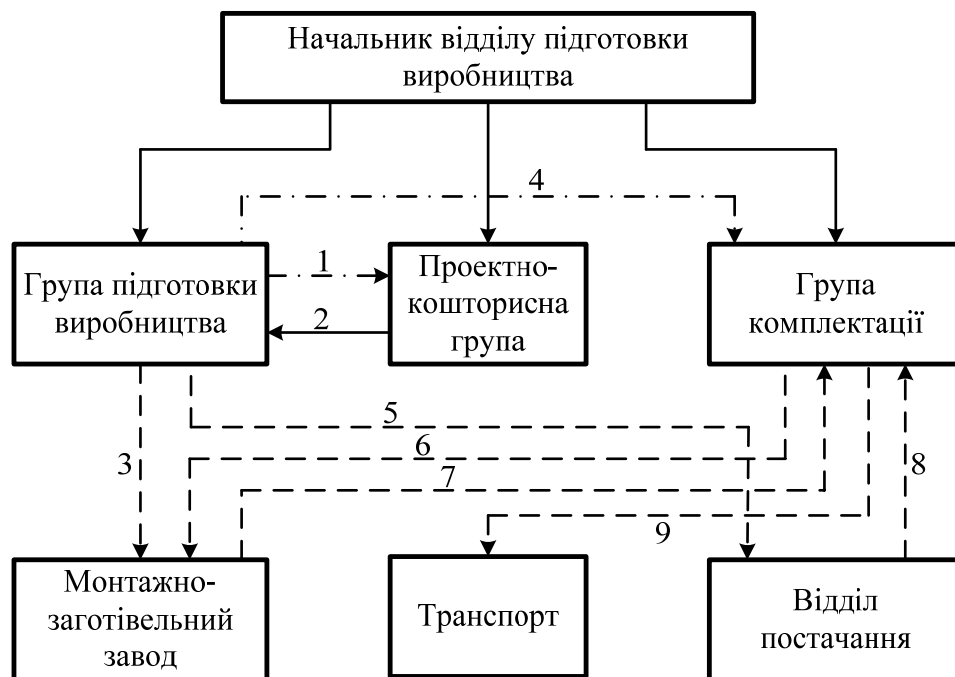


Рисунок 2.2 – Структура ВПВ з основними виробничими зв'язками

На рисунку 2.2: 1 – завдання на ПВЕР; 2 – готовий ПВЕР; 3 – замовлення; 4 – відомості комплектування; 5 – заявки на матеріали, вироби; 6 – комплектуючі вироби, прилади; 7 – готові вузли; 8 – готові вироби, матеріали; 9 – готова продукція.

✓ спільно з групою поточної підготовки виробництва та ПКГ розробляє ПВЕР;

✓ визначає об'єми робіт по окремих об'єктах;

✓ складає заявки і відомості комплектувань на вироби, устаткування і матеріали, необхідні для виконання робіт, а також визначає черговість їх постачання на підставі графіків будівництва об'єктів за узгодженням із «Замовником»;

✓ визначає, на основі передбачених об'ємів і видів робіт, чисельність електромонтажного персоналу, його кваліфікацію, а також потребу в механізмах, пристосуваннях та інструменті;

✓ спільно з ПКГ бере участь в підготовці субпідрядних договорів, уточнюючи об'єми робіт, терміни введення в експлуатацію об'єктів, терміни постачання замовником та генпідрядником устаткування і матеріалів, особливі умови [6, 7];

а) групи поточної підготовки виробництва, яка:

✓ складає план робіт, який забезпечує відповідно до ПВЕР виготовлення на монтажно-заготівельному заводі (МЗЗ) необхідних

виробів і блоків (до початку монтажних робіт на об'єкті), для цього розробляє ескізи і креслення вузлів та блоків, готує відповідні замовлення і здійснює контроль за якістю їх виконання;

- ✓ здійснює контроль за термінами і виконанням замовлень в МЗЗ;
- ✓ готує документацію для здачі-приймання обладнання та виконаних робіт;
- ✓ здійснює зв'язок із «Замовником» щодо виконання замовлень на нестандартне обладнання і контроль за виконанням ПВЕР [6, 7].

Проектно-кошторисна група після узгоджень проекту з проектними організаціями, спільно з ГПВ розробляє ПВЕР і готує кошторисну документацію на проведення електромонтажних робіт.

Кошторисна документація включає в себе:

- ✓ витрати на придбання електротехнічного обладнання, комплектуючих виробів і матеріалів;
- ✓ витрати на виготовлення виробів, пов'язаних із монтажем електромеханічних пристроїв (кріплення, з'єднувальні пристрої тощо);
- ✓ витрати, пов'язані з навчанням інженерно-технічного персоналу;
- ✓ витрати на проведення електромонтажних робіт на першому етапі;
- ✓ витрати на проведення електромонтажних робіт на другому етапі;
- ✓ витрати на проведення випробувань.

Окрім цього ПКГ здійснює контроль за розрахунками «Замовника» за виконані роботи.

Група комплектації:

- ✓ приймає обладнання і матеріали від «Замовника» або генерального підрядника відповідно до комплектних відомостей і заявок;
- ✓ передає прилади наладчикам для виконання стендової перевірки;
- ✓ виконує комплектування замовлень МЗЗ необхідними матеріалами, виробами, устаткуванням і контролює їх виконання;
- ✓ комплектує монтажні ділянки готовими виробами, вузлами, блоками і матеріалами відповідно до комплектних відомостей [6, 7].

Відділ постачання заключає договори на придбання і постачання необхідного електротехнічного обладнання, комплектуючих виробів і матеріалів.

Монтажно-заготівельний завод – виробничий підрозділ електромонтажного управління, оснащений необхідним обладнанням та інструментом і призначений для виконання монтажно-заготівельних робіт

поза зоною монтажу.

Основне завдання МЗЗ – виконання якомога більшого об'єму робіт, пов'язаних із складанням обладнання, конструкцій і виробів в укрупнені вузли і блоки поза монтажною зоною.

На МЗЗ:

- ✓ проводяться роботи з виготовлення і монтажу силових шаф і пультів керування;
- ✓ виготовляють з'єднувальні пристрої (муфти, шківни, зірочки,...) та інші металоконструкції;
- ✓ виконують зварювальні та малярні роботи [6, 7].

2.4 Способи проведення електромонтажних робіт

Електромонтажні роботи проводяться декількома способами: підрядним; господарчим; комбінованим.

При підрядному способі ведення робіт будівництво нового об'єкта здійснює основна загально-будівельна організація (генеральний підрядник) на замовлення підприємства («Замовника»). Генеральний підрядник очолює будівництво всього об'єкта і на основі договору з «Замовником» несе відповідальність перед ним за своєчасне і якісне виконання всіх робіт незалежно від того, виконані вони власними силами чи силами інших субпідрядних організацій, які генеральний підрядник залучає для виконання окремих видів спеціальних робіт. Зокрема, до їх переліку відносяться і електромонтажні роботи [9, 10].

Спеціалізовані електромонтажні управління займаються монтажем спеціального обладнання: акумуляторних і конденсаторних батарей, електричних машин великої потужності, високовольтних повітряних ліній електропередач та іншого обладнання, робота з яким потребує спеціальної підготовки та пристосувань.

Генеральний підрядник укладає з «Замовником» генеральний договір, який діє протягом всього будівництва, і на його основі – субпідрядні договори з субпідрядними організаціями. В договорах зазначаються права і обов'язки сторін, а також їх взаємовідносини [9, 10].

Одразу після укладення договору у певний термін «Замовник» передає «Виконавцю» всю технічну документацію, розроблену проектною організацією, і кошторисну документацію на об'єкт в цілому або етапи

проведення робіт. «Виконавець», в свою чергу, розробляє проект виконання електромонтажних робіт, кошторисну документацію та графіки виконання робіт, які в подальшому передаються «Замовнику» для контролю та погодження. Лише після цього приступають до безпосереднього виконання робіт.

При господарчому способі підприємство виконує всі роботи власними силами. Зокрема, електромонтажні роботи виконуються службою головного енергетика підприємства. При цьому обов'язковим є розробка ПВЕР, який має дещо спрощену форму [9, 10].

Даним способом користуються, зокрема, при частковій заміні технологічного обладнання, проведенні ремонтних робіт, розширенні виробництва, будівництві нових невеликих цехів.

Однією з основних переваг господарчого способу є загальна зацікавленість керівництва та робітників в швидкому і якісному виконанні робіт.

До недоліків слід віднести недостатню технічну оснащеність підприємства та рівень кваліфікації робітників, що знижує якість виконаних робіт.

При комбінованому способі ведення робіт одна їх частина виконується власними силами підприємства, а інша – сторонніми підрядними організаціями, які залучаються для виконання окремих видів спеціалізованих робіт. При цьому відношення між підприємством-замовником та підрядними організаціями регламентуються прямими договорами [9, 10].

Даним способом користуються при реконструкції окремих технологічних ліній тощо.

2.5 Прийом обладнання під монтаж

Залежно від способу ведення монтажних робіт електромонтажне управління приймає матеріали і електрообладнання під монтаж безпосередньо від «Замовника» або від генерального підрядника.

При прийманні електрообладнання під монтаж перевіряють:

- ✓ відповідність технічному проекту;
- ✓ комплектність обладнання відповідно до пакувальних листів і комплектно-відвантажувальних відомостей;

- ✓ наявність пломб;
- ✓ відсутність видимих пошкоджень;
- ✓ технічну документацію на обладнання, якщо вона не була отримана раніше [1].

Документом, який фіксує здачу-приймання обладнання під монтаж, є відповідний акт, в якому робиться така примітка: повна характеристика технічного стану – дефекти конструкції і заводського виготовлення, некомплектність, виявлена при розконсервації, ревізії, монтажі і випробовуванні обладнання, буде зафіксована додатковим актом. Акт здачі-приймання підписують представники «Замовника», монтажної організації і генерального підрядника, а також при необхідності заводу-виробника [1].

Прийняте під монтаж обладнання знаходиться на відповідальному зберіганні монтажної організації до закінчення монтажу і здачі його «Замовнику» для комплексного випробовування [1, 10].

Консервація – тимчасове оберігання захисними покриттями (змащувальними матеріалами, фарбами, лаками, упаковкою) поверхонь від корозії [1].

Розконсервація – видалення захисних покриттів з поверхонь обладнання. Розконсервацію виконують на складах поряд з об'єктом або в монтажній зоні на спеціально відведених майданчиках, або безпосередньо на фундаментах [1].

Передмонтажна ревізія – комплексна перевірка стану обладнання і усунення пошкоджень, зумовлених зберіганням обладнання на складах «Замовника» понад нормативні гарантійні терміни, передбачені технічними умовами. За відсутності гарантійного терміну ревізія проводиться через один рік. Передмонтажна ревізія полягає в розконсервації обладнання, його розбиранні та огляді рухомих і обертових деталей; видаленні корозії, бруду і сторонніх часток з наступним промиванням і протиранням; заміні мастил і деталей, що прийшли в непридатний стан внаслідок зберігання; усуненні незначних дефектів, шліфуванні шийок валів тощо [1].

2.6 Організація виконання електромонтажних робіт в два етапи

Монтаж в два етапи є одним із основних принципів організації робіт індустріальними методами, які спрямовані на підвищення

продуктивності праці, зниження собівартості монтажу, підвищення якості робіт і скорочення термінів їх виконання [7, 8, 10].

Перший етап монтажу – виконують підготовчі роботи в майстернях МЗЗ і безпосередньо на монтажних об'єктах [10].

По заздалегідь зоною монтажу і незалежно від будівельної готовності об'єкта в майстернях МЗЗ здійснюють підготовку до монтажу комплектних пристроїв; виготовляють і збирають укрупнені блоки; проводять ревізію і попереднє налагоджування комплектуючого електрообладнання і апаратів, перевірку електричних схем і роботу пускових пристроїв; знімають характеристики і проводять налаштування апаратів захисту на зібраних блоках електричних конструкцій. Безпосередньо на об'єкті монтажу за суміщеним графіком з будівельними роботами і при їх певній готовності проводять: розмітку і підготовку трас електричних мереж, прокладання заземлювальних *провідників (conductor)* і монтаж електродів заземлення; закладання труб у фундаменти і інші будівельні конструкції при переході з одного приміщення в інше і виході назовні; контроль правильності формування в процесі будівництва ніш, каналів, гнізд, а також установлення закладних деталей, необхідних для кріплення до них електрообладнання і конструкцій [10].

До першого етапу монтажу відносять також і монтаж мостових кранів, який виконується після закінчення основних будівельних робіт [10].

Другий етап монтажу – виконують електромонтажні роботи безпосередньо в зоні монтажу за суміщеним графіком з монтажем технологічного обладнання і при повністю закінчених будівельних роботах. В окремих випадках дозволяється, щоб будівельні роботи в приміщеннях, які приймаються під монтаж електрообладнання, знаходилися в такому стані, який забезпечує нормальне і безпечне виконання електромонтажних робіт, захист змонтованого обладнання, кабельних ліній і електричних матеріалів від впливу атмосферних опадів, ґрунтових вод і низьких температур, від забруднення і випадкових пошкоджень при виконанні подальших робіт суміжними організаціями [7, 10].

Збудовані будівлі або окремі приміщення приймаються від будівельних організацій згідно з актом для виконання електромонтажних робіт другого етапу.

До переліку основного кола робіт, які виконуються на другому

етапі, відносять установлення на підготовлені місця окремого електрообладнання і комплектних пристроїв; прокладання по підготовлених трасах готових елементів електропроводок; підключення до електричних мереж змонтованого електрообладнання, апаратів, приладів тощо [7, 10].

2.7 Здача змонтованого обладнання під пусконалагоджувальні роботи

Змонтовані прилади, електромеханічне обладнання і засоби автоматизації приймаються «Замовником» від електромонтажної організації під пусконалагоджувальні роботи.

Для цього спеціально призначається робоча комісія, яка приймає змонтоване обладнання в об'ємі, передбаченому проектом і яке пройшло індивідуальне випробовування.

Індивідуальне випробовування є завершальною стадією електромонтажних робіт. Зазвичай воно проводиться організацією, що здійснювала монтаж обладнання (хоча і можуть бути залучені спеціалізовані організації). Під час випробовування встановлюється:

✓ відповідність змонтованого обладнання робочим кресленням, проекту і вимогам нормативно-технічної документації, а також якість виконаних монтажних робіт;

- ✓ правильність реагування обладнання на керуючі сигнали;
- ✓ комплектність і якість документації, що здається [6].

Після закінчення індивідуального випробовування обладнання оформляється акт, до якого додаються:

- ✓ робочі креслення проекту зі змінами, внесеними в процесі монтажу;
- ✓ перелік документів, які дозволяють відійти від робочих креслень проекту;
- ✓ паспорти, інструкції і креслення заводів-виробників;
- ✓ відомість змонтованого обладнання;
- ✓ акти на виконані роботи;
- ✓ акти вимірювання опору ізоляції;
- ✓ акти стендових перевірок тощо [6].

Після закінчення індивідуального випробовування і складання акта здачі, обладнання приймається робочою комісією під пусконалагоджувальні роботи.

3 ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОВЕДЕННЯ НАЛАГОДЖУВАЛЬНИХ РОБІТ

3.1 Загальні відомості про налагоджувальні роботи

Налагоджувальні роботи є завершальною частиною комплексу електромонтажних робіт і, як правило, виконуються тією ж організацією, яка проводить основні електромонтажні роботи і несе за них відповідальність або спеціалізованими налагоджувальними управліннями.

Необхідність проведення налагоджувальних робіт, в першу чергу, пояснюється тим, що при виготовленні, транспортуванні і монтажі електрообладнання можливим є його пошкодження, приховані дефекти і просто помилки монтажу, які потрібно виявити. Окрім цього, змонтоване обладнання потрібно налаштувати на заданий режим роботи, а також забезпечити визначені проектом технологічні показники, наприклад, швидкість, швидкодію, продуктивність тощо [3-5, 11].

Об'єм налагоджувальних робіт визначається нормативно-технічною документацією.

Виявлені у процесі налагоджувальних робіт дефекти обладнання і помилки виконаного монтажу повідомляються «Замовнику» або генеральному підряднику. Як правило, усунення дефектів обладнання або його заміну здійснює «Замовник», а виправлення помилок монтажу – персонал електромонтажної організації.

3.2 Підготовка до виконання налагоджувальних робіт. Проект виконання налагоджувальних робіт

До початку налагоджувальних робіт повинні бути реалізовані такі підготовчі заходи:

✓ вивчено електричну частину проекту та її зв'язок з технологією виробництва. Якщо виявлено недоліки проекту, то у певному порядку вносяться зміни в принципові та монтажні електричні схеми;

✓ вивчено технічну документацію заводів-виробників електрообладнання;

✓ проведено перевірний розрахунок і узгодження уставок апаратів керування і захисту;

- ✓ розроблено проект виконання налагоджувальних робіт (ПВНР);
- ✓ узгоджено графік виконання робіт;
- ✓ підібрано необхідні інструкції і технічну літературу;
- ✓ підготовлено у необхідній кількості форми протоколів;
- ✓ підготовлено парк приладів і пристосувань [3-5].

ПВНР є документом, який визначає технічну підготовку і організацію налагоджувальних робіт [4, 5].

ПВНР повинен включати такі пункти:

- ✓ об'єм майбутніх налагоджувальних робіт;
- ✓ чисельність і кваліфікацію технічного персоналу, необхідного для виконання робіт, і його розподіл на об'єкті монтажу;
- ✓ програми налагоджування окремих видів електрообладнання;
- ✓ графіки суміщеного виконання налагоджувальних і монтажних робіт;
- ✓ об'єм налагоджувальних операцій, які можуть бути виконані до початку монтажу електрообладнання на об'єкті (попереднє налагоджування в МЗЗ або в спеціально відведених приміщеннях);
- ✓ перелік приладів і пристосувань, необхідних для виконання робіт і необхідних матеріалів для виконання тимчасових схем живлення електроенергією, а також засобів техніки безпеки (боти, рукавиці, штанги, килими тощо) [4, 5].

3.3 Виконання налагоджувальних робіт

3.3.1 Налагоджувальні роботи, які проводяться поза зоною монтажу

За наявності великих партій складного електрообладнання (шаф тиристорних перетворювачів, систем керування *електричним приводом (electric drive)*, панелей релейного захисту тощо), якщо це передбачено ПВНР, проводиться попереднє його налагоджування до готовності будівельно-монтажних робіт і передачі його в монтажну зону [4, 5].

При цьому повинні бути виконані:

- ✓ перевірка відповідності проекту обладнання;
- ✓ перевірка і регулювання релейно-контакторної апаратури і приладів релейного захисту;

- ✓ перевірка і налагоджування блоків систем керування приводом;
- ✓ перевірка роботи перетворювачів на макетах електропривода;
- ✓ перевірка роботи шаф керування [4, 5].

Відповідальність за техніку безпеки при виконанні налагоджувальних робіт поза зоною монтажу несе керівник налагоджувальних робіт.

3.3.2 Налагоджувальні роботи, які проводяться в зоні монтажу за суміщеним графіком

До початку налагоджувальних робіт безпосередньо на об'єкті повинні бути встановлені шафи, пульти і станції керування, панелі релейного захисту, автоматики і сигналізації із змонтованими на них приладами і апаратами.

Стан приміщень, в яких змонтовано електрообладнання, що підлягає налагоджуванню, повинен забезпечувати нормальні і безпечні умови виконання робіт. Будівельні і оздоблювальні роботи в зоні налагоджувальних робіт повинні бути закінчені [4, 5].

Підхід до електрообладнання повинен бути вільним (прибрані будівельні ліси, опалубки, закриті люки, ями, отвори, траншеї і кабельні канали). В приміщеннях або місцях, де проводитимуться налагоджувальні роботи, повинні бути змонтовані постійні або тимчасові мережі живлення, постійного освітлення, а також води і стислого повітря, якщо останні є необхідними для проведення налагоджувальних робіт.

Загальні заходи безпеки при виконанні суміщених монтажних і налагоджувальних робіт забезпечує керівник електромонтажних робіт. Відповідальність за техніку безпеки безпосередньо в зоні виконання налагоджувальних робіт несе керівник налагоджувальних робіт [4, 5].

При суміщеному графіку виконання налагоджувальних і монтажних робіт виконуються лише ті налагоджувальні операції, які не потребують подання напруги на електричні установки, що монтуються.

При цьому виконуються такі налагоджувальні операції:

- ✓ перевірка відповідності встановленого електрообладнання проекту, його комплектності і справності;
- ✓ перевірка правильності виконаного монтажу відповідно до принципів і монтажних схем;
- ✓ перевірка і налаштування апаратів керування і захисту на задані

уставки;

- ✓ перевірка заземлювальних пристроїв [4, 5].

Усі виявлені дефекти фіксуються у відповідному журналі. Журнальні записи передаються для ознайомлення керівникові монтажних робіт, який після їх усунення робить відповідну відмітку в журналі.

З моменту подання напруги в оперативні і силові кола за постійною схемою на електроустановці вводиться експлуатаційний режим.

Після введення експлуатаційного режиму налагоджувальною організацією повинно бути виконано:

- ✓ випробовування електроприводів при ручному керуванні;
- ✓ комплексне випробовування установки в усталеному режимі та з імітацією можливих режимів для випробовування захисту, блокувань і сигналізації;
- ✓ регулювання і налагоджування електрообладнання без навантаження та під навантаженням відповідно до заданих проектом технологічних режимів;
- ✓ включення приладів і сенсорів в схему і випробування їх в автоматичному режимі;
- ✓ зняття основних характеристик роботи електроприводів (діапазон регулювання, швидкодія, стійкість режимів тощо);
- ✓ закінчення опрацювання звітної документації (протоколи випробувань і налагоджування) [4, 5].

3.4 Здача-приймання виконаних налагоджувальних робіт

Закінчення налагоджувальних робіт на об'єкті оформляється спеціальним актом з передачею «Замовникові» звітної документації, після чого об'єкт приймається в дослідно-промислову експлуатацію, під час якої на складних об'єктах проводиться режимне налагодження, що забезпечує отримання заданих технологічних параметрів, надійності і режимів роботи [4, 5].

Звітною документацією є протоколи на проведені перевірки і випробовування, а також принципові схеми. Звітна документація передається «Замовникові» в одному екземплярі, другий екземпляр документації залишається в налагоджувальній організації.

4 МОНТАЖ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

4.1 Загальні відомості. Класифікація електричних машин

Електричні машини – електромеханічні пристрої, призначені для перетворення електричної енергії в механічну і навпаки, а також однієї форми електричної енергії в іншу, яка відрізняється за напругою, *струмом* (*current*) та інколи частотою.

Електричні машини класифікують таким чином.

За призначенням:

✓ електричні генератори – перетворюють механічну енергію в електричну (є основним джерелом електричної енергії в промисловості, сільському господарстві і побуті);

✓ електричні двигуни – перетворюють електричну енергію в механічну (використовуються в електроприводах);

✓ електромашинні перетворювачі – перетворюють електричну енергію з одними параметрами в електричну енергію іншого роду струму, частоти і напруги (використовуються в системах передачі і розподілення електроенергії);

✓ електромеханічні перетворювачі сигналів – перетворюють і підсилюють різні сигнали. Використовуються в системах автоматичного керування та як сенсори у вимірних пристроях.

За родом струму:

✓ машини постійного струму;

✓ машини змінного струму.

За потужністю:

✓ мікромашини – до 500 Вт (машини постійного і змінного струму промислової (50 Гц) та підвищеної (до 600 Гц) частот);

✓ машини малої потужності – від 0,5 до 100 кВт (машини постійного і змінного струму промислової частоти);

✓ машини середньої потужності – від 100 до 1000 кВт для машин змінного струму промислової частоти і від 100 до 500 кВт для машин постійного струму;

✓ машини великої потужності – від 1000 кВт і вище для машин змінного струму та від 500 кВт і вище для машин постійного струму.

За швидкохідністю:

- ✓ тихохідні – до 300 об/хв;
- ✓ середньої швидкохідності – від 300 до 1500 об/хв;
- ✓ швидкохідні – від 1500 до 6000 об/хв;
- ✓ надшвидкохідні – більше 6000 об/хв;

Мікромашини можуть мати швидкості обертання від декількох обертів за хвилину до десятків тисяч обертів за хвилину.

4.2 Конструктивне виконання електричних машин за способом монтажу

Конструктивне виконання електричних машин за способом монтажу згідно з ГОСТ 2479-79 позначається у вигляді коду, який складається з двох літер латинського алфавіту ІМ і чотирьох цифр:



Перша цифра:

- 1 – на лапах з підшипниковими щитами (з вбудованим редуктором);
- 2 – на лапах з підшипниковими щитами, з фланцем на підшипниковому щиті (або щитах);
- 3 – без лап з підшипниковими щитами, з фланцем на одному підшипниковому щиті (або щитах), з цокольним фланцем;
- 4 – без лап з підшипниковими щитами, з фланцем на станині;
- 5 – без підшипникових щитів;
- 6 – на лапах з підшипниковими щитами із стояковими

підшипниками;

7 – на лапах із стояковими підшипниками (без підшипникових щитів);

8 – з вертикальним валом, окрім груп від ІМ1 до ІМ4;

9 – спеціального виконання за способом монтажу.

Друга та третя цифри визначають просторове положення машини та напрямок кінця вала. Слід зазначити, що цифра 8 в позначенні напрямку кінця вала означає, що машина може працювати при будь-якому напрямку кінця вала, а цифра 9 – вказує, що напрямок кінця вала не відповідає жодному з тих, які вказуються цифрами 0–8, а вказується окремо в технічній документації.

Четверта цифра:

0 – без кінця вала (перетворювачі електричної енергії, які складаються з двигуна та генератора, розміщених в одному корпусі);

1 – з одним циліндричним кінцем вала;

2 – з двома циліндричними кінцями вала;

3 – з одним конічним кінцем вала;

4 – з двома конічними кінцями вала;

5 – з одним фланцевим кінцем вала;

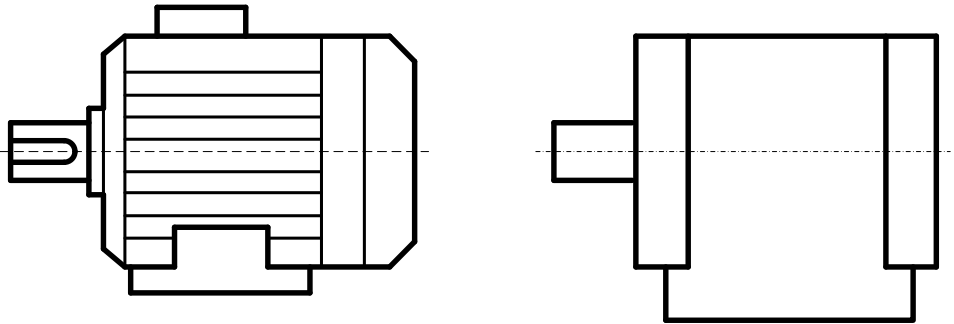
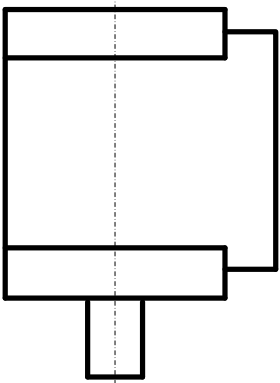
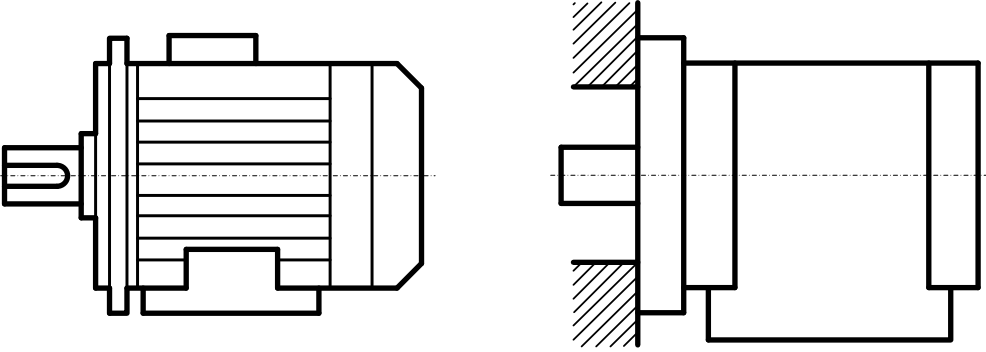
6 – з двома фланцевими кінцями вала;

7 – з фланцевим кінцем вала на стороні D і циліндричним кінцем вала на стороні N, причому під стороною D розуміють при одному кінці вала для двигунів – ведучу, а для генераторів – ведену сторону; при двох кінцях вала – сторону з кінцем вала більшого розміру, а при однакових діаметрах для машин на лапах з коробкою виводів, розміщених не зверху, – сторону, з якої коробку виводів видно справа;

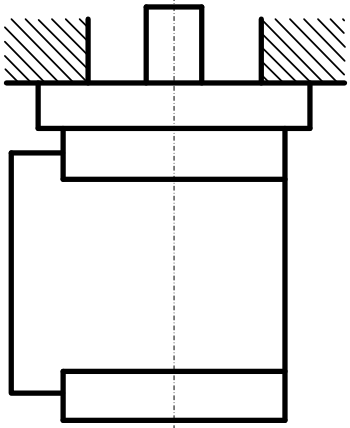
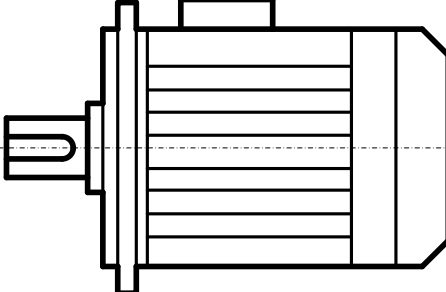
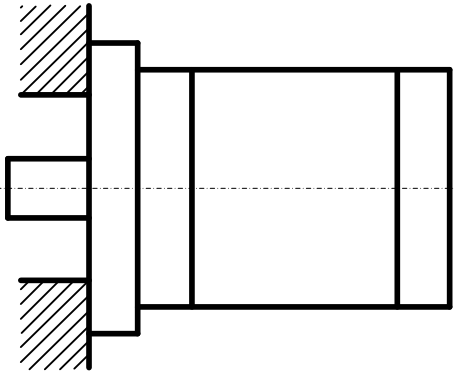
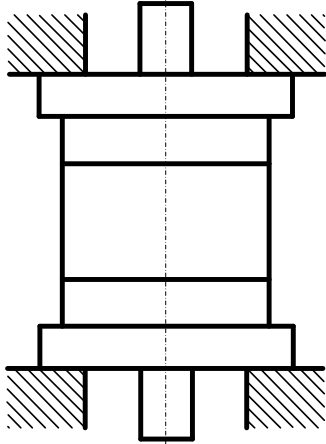
8 – інше виконання кінця вала.

Приклади умовних позначень форм конструктивного виконання електричних машин подані у табл. 4.1 [12, 13].

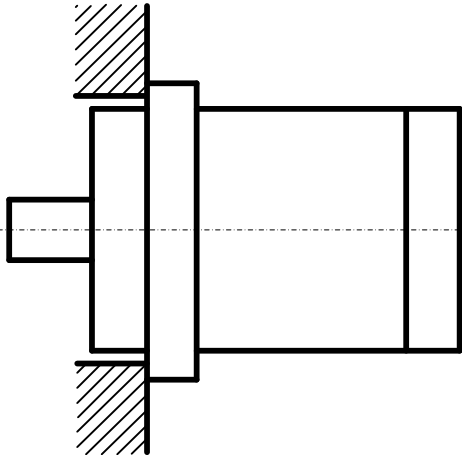
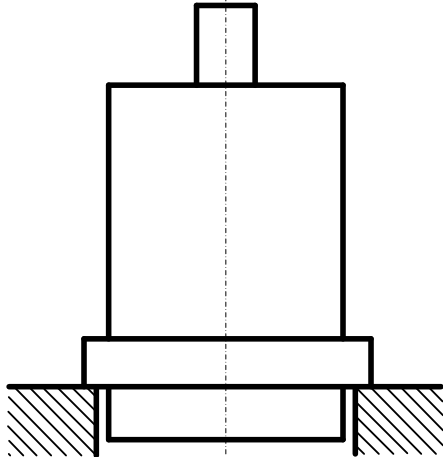
Таблиця 4.1 – Приклади умовних позначень форм конструктивного виконання електричних машин

Група виконання	Конструктивне виконання
IM1	 <p>IM1001: на лапах з двома підшипниковими щитами, вал горизонтальний з циліндричним кінцем</p>
	<p>IM1011: на лапах з двома підшипниковими щитами, вал вертикальний з циліндричним кінцем, направленим вниз</p> 
IM2	 <p>IM2001: на лапах, з фланцем на одному підшипниковому щиті, доступним із зворотного боку, вал горизонтальний з циліндричним кінцем</p>

Продовження таблиці 4.1

Група виконання	Конструктивне виконання	
IM2	<p>IM2131: на лапах, з фланцем на одному підшипниковому щиті, не доступним із зворотного боку, вал вертикальний з циліндричним кінцем, направленим вгору</p>	
IM3		 <p>IM3001: з двома підшипниковими щитами, з фланцем на стороні D, доступним із зворотного боку, вал горизонтальний з циліндричним кінцем</p>
	<p>M3912: з двома підшипниковими щитами, з фланцями, доступними із зворотного боку на обох підшипникових щитах, вал вертикальний з циліндричними кінцями</p>	

Продовження таблиці 4.1

Група виконання	Конструктивне виконання	
ІМ4	<p>М4001: з двома підшипниковими щитами, з фланцем на стороні D, доступним із зворотного боку, вал горизонтальний з циліндричним кінцем</p>	
	<p>М4731: з одним підшипниковим щитом, з фланцем на стороні N, доступним із зворотного боку; вал вертикальний з циліндричним кінцем, направленим вгору</p>	

4.3 Виконання електричних машин за ступенем захисту від впливу навколишнього середовища

Під поняттям ступеня захисту електричних машин розуміють захист обслуговуючого персоналу від дотику до струмоведучих або обертових частин, які знаходяться всередині машин, і захист від попадання всередину сторонніх твердих тіл і води.

Відповідно до ГОСТ 14254-96 встановлено 7 ступенів захисту від попадання всередину твердих тіл і 9 – від проникнення рідини.

Ступінь захисту вказується кодом IP:



Перша цифра характеризує ступінь захисту персоналу від дотику до струмоведучих або обертових частин, які знаходяться всередині машин, а також ступінь захисту самої машини від потрапляння всередину сторонніх твердих тіл.

Друга цифра – ступінь захисту від проникнення води всередину машини.

Додаткова літера характеризує захист людей від дотику до небезпечних частин: A – тильною стороною долоні; B – пальцем; C – інструментом; D – проволокою.

Допоміжна літера означає:

M – випробувано на проникнення води, коли об'єкт працює (*rotor* машини обертається);

S – випробувано на проникнення води, коли об'єкт не працює (ротор машини не обертається);

W (поставляється відразу після літер IP) – об'єкт з таким позначенням призначений для використання в особливих кліматичних умовах при здійсненні додаткових заходів захисту в конструкції об'єкта.

Відсутність додаткових літер означає, що об'єкт відповідає даному ступеню захисту при нормальних умовах роботи.

Якщо для об'єкта потрібно вказати ступінь захисту тільки однією цифрою, то пропущена цифра замінюється літерою X.

Таблиця 4.2 – Ступені захисту від проникнення зовнішніх твердих предметів, що позначаються першою характеристичною цифрою

Познач.	Ступінь захисту
0	Спеціальний захист відсутній
1	Захист від потрапляння всередину корпусу машини тіла людини (наприклад руки) і від потрапляння твердих предметів діаметром понад 50 мм.
2	Захист від потрапляння всередину корпусу машини пальців або предметів завдовжки не більше 80 мм і від потрапляння твердих тіл діаметром понад 12,5 мм.
3	Захист від потрапляння всередину корпусу машини твердих предметів діаметром понад 2,5 мм.
4	Захист від потрапляння всередину корпусу машини твердих предметів діаметром понад 1,0 мм і більше.
5	Проникнення всередину корпусу машини пилу виключено не повністю. Проте пил не повинен проникати в кількості, достатній для порушення нормальної роботи обладнання або зниження рівня безпеки його експлуатації.
6	Повний захист від проникнення пилу.

Таблиця 4.3 – Ступені захисту від проникнення води, що позначаються другою характеристичною цифрою

Познач.	Ступінь захисту
0	Захист відсутній
1	Захист від вертикально падаючих крапель води: вертикально падаючі краплі води не повинні чинити шкідливої дії.
2	Захист від крапель води під кутом до корпусу машини до 15°: падаючі краплі під кутом до корпусу машини не більше 15° не повинні чинити шкідливої дії.
3	Захист від дощу: дощ, що падає на корпус машини під кутом до 60° від вертикалі, не повинен чинити шкідливої дії.
4	Захист від бризок: вода, що падає у вигляді бризок на корпус з будь-якого напрямку, не повинна чинити шкідливої дії.

Продовження таблиці 4.3

Познач.	Ступінь захисту
5	Захист від водяних струменів: вода, що направляєється на корпус у вигляді струменів з будь-якого напрямку, не повинна чинити шкідливої дії.
6	Захист від сильних водяних струменів: вода, що направляєється на корпус у вигляді сильних струменів з будь-якого напрямку, не повинна чинити шкідливої дії.
7	Захист при тимчасовому (нетривалому) зануренні у воду: вода не повинна проникати в корпус занурений у воду (при певному тиску і часу занурення) в кількості, достатній для пошкодження виробу.
8	Захист при тривалому зануренні у воду: вироби придатні для довготривалого занурення у воду при дотриманні умов, встановлених виробником, проте жорсткіших, ніж умови для ступеня 7.

Таблиця 4.4 – Допустимі ступені захисту електричних машин (ГОСТ 14254-80)

Ступені захисту від потрапляння твердих тіл	Ступені захисту від проникнення води								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	IP00	IP01	–	–	–	–	–	–	–
1	IP10	IP11	IP12	IP13	–	–	–	–	–
2	IP20	IP21	IP22	IP23	–	–	–	–	–
3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	–	–	–	IP43	IP44	–	–	–	–
5	–	–	–	–	IP54	IP55	IP56	–	–
6	–	–	–	–	–	–	–	–	–

4.4 Монтаж електричних машин малої потужності на фундаментах, технологічному обладнанні, підлогах, стінах, колонах

Електричні машини малої потужності можуть монтуватись на технологічному обладнанні, площадках, полах, фундаментах, колонах, стінах.

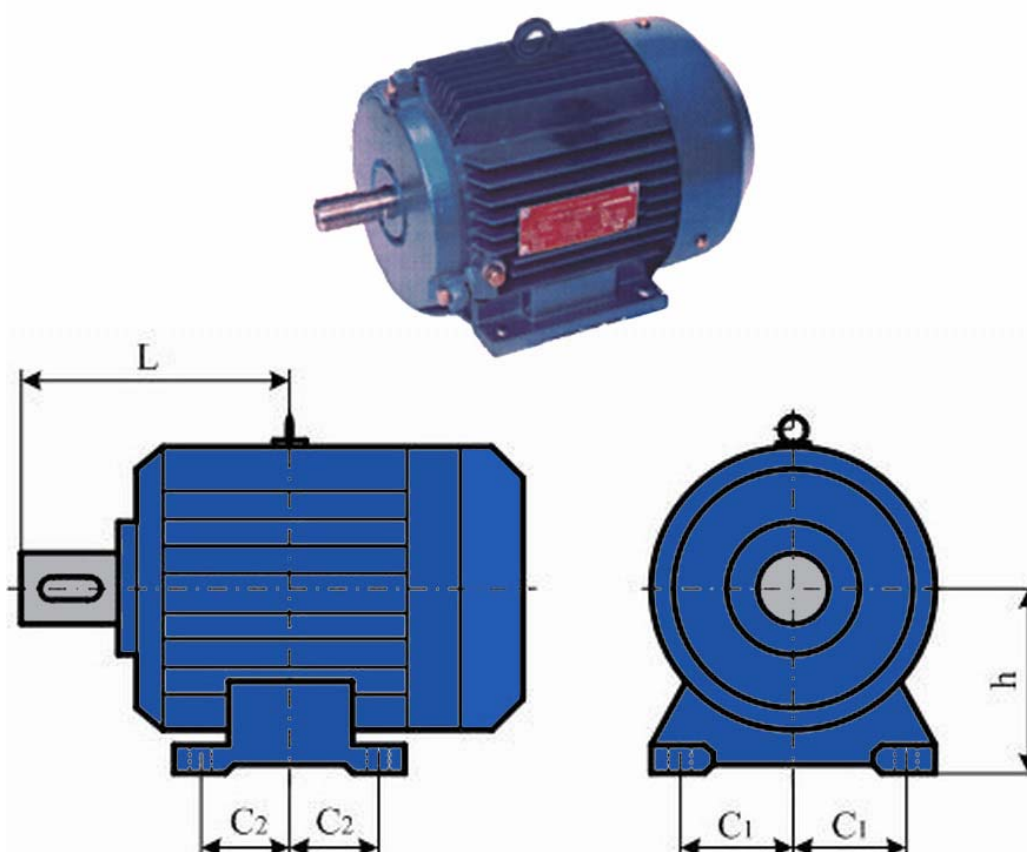


Рисунок 4.1 – Позначення установочних розмірів електродвигуна

До початку монтажних робіт визначають основні розміри електродвигуна, необхідні для його встановлення (рис. 4.1):

- ✓ відстань між вертикальною віссю електродвигуна і торцем вала L або торцем посаженої на вал півмуфти;
- ✓ відстані між отворами в лапах в перпендикулярному до осі електродвигуна напрямку C_1 ;
- ✓ відстані між отворами в лапах вздовж осі електродвигуна C_2 ;
- ✓ висота осі вала механізму та електродвигуна h .

Монтаж на технологічному обладнанні здійснюється на спеціальних площадках, які передбачають можливість центрування

електричної машини.

Технологічне обладнання на місце монтажу, згідно з договорами, може постачатись з повною або частковою комплектацією.

При повній комплектації усе обладнання, що входить в комплект поставки, проходить на заводі-виробнику весь комплекс механічних і електричних випробувань, про що свідчать відповідні акти. При цьому, силова частина електричного привода монтується на технологічному обладнанні. Шафи, панелі та пульти керування вже скомплектовані і можуть встановлюватись як на технологічному обладнанні, так і поряд з ним.

У випадку повної комплектації поставки обладнання виконання монтажних та налагоджувальних робіт передбачає:

✓ *зовнішній огляд (visual inspection)* обладнання (встановлюють відповідність проекту; перевіряють наявність зовнішніх механічних пошкоджень; для приводів постійного та змінного струмів, укомплектованих двигунами з фазним ротором, перевіряють стан щіткового механізму);

✓ підключення обладнання згідно зі схемами живлення;

✓ перевірку електричного стану силового привода та системи керування (*опір ізоляції (insulation resistance)*, опір перехідного з'єднання з контуром заземлення; стан електричних з'єднань);

✓ перевірку обладнання в режимі холостого ходу та навантаження.

Часткова комплектація технологічного обладнання означає, що замовник відмовляється від комплектації силовим електроприводом або системою керування. Технологічне обладнання в цьому випадку може мати пристосування для кріплення елементів системи електричного привода або ж вони можуть бути відсутні. У такому випадку їх виготовлення і монтаж здійснюється власними силами.

Монтаж на фундаментах. Для двигунів малої потужності фундаменти можуть бути:

✓ цегляні – основа цегляного фундаменту повинна знаходитися вище рівня ґрунтових вод, цегла для фундаменту повинна бути марки не нижче 75, а бетонний розчин – не нижче марки М 150. Вага 1 м³ такого фундаменту складає 1700 кг;

✓ бутобетонні – бутовий камінь, цемент марки 300. Вага 1 м³ такого фундаменту складає 1800 кг;

✓ бетонні – бетон заливається на гравієву основу висотою до 10 мм.

Вага 1 м³ такого фундаменту складає 2200 ÷ 2400 кг.

При виконанні фундаменту власними силами необхідно враховувати таке:

✓ глибина закладання фундаменту в закритих приміщеннях повинна бути на 0,6 м нижче рівня підлоги, а на відкритому повітрі – на 100 мм нижче рівня промерзання ґрунту (для Вінницької області глибина промерзання ґрунту становить 900 мм);

✓ зовнішні розміри фундаменту повинні бути на 100 ÷ 150 мм більші розмірів обладнання на кожну із сторін;

✓ висота фундаменту залежить від умов роботи і обслуговування обладнання, але повинна бути не нижчою 150 мм від рівня підлоги (нульового репера).

Монтаж електричних машин на фундаменті здійснюється на спеціальних монтажних конструкціях: фундаментних плитках, полозках, рамах тощо.

Фундаментні плитки, полозки і рами вивіряють по осях і по горизонталі та закріплюють на площині фундаменту за допомогою фундаментних болтів, які закладаються в спеціально передбачені отвори в фундаменті і заливаються бетоном чи спеціальною сумішшю. Якщо отвори в фундаменті зроблено не було, то їх пробивають за допомогою спеціального інструмента із наконечниками з твердих сплавів.

Монтаж на підлогах передбачає установлення технологічного обладнання разом з приводним двигуном на литих чавунних або зварних конструкціях – плитах або рамах. Такий монтаж дозволяється виконувати лише при умові відсутності появи ґрунтових вод або підтоплення, навантаження повинно носити характер збалансованого і добре відцентрованого, без вібрацій та ударів.

При такому способі монтажу виготовляються цегляні або бетонні колодязі розміром 100×100 мм або 150×150 мм і глибиною до 400 мм всередину яких встановлюються фундаментні болти, за допомогою яких кріплять плити або рами.

На стінах та колонах монтаж двигунів малої потужності допускається лише з відцентрованими і добре збалансованими механізмами у випадку відсутності ударного навантаження (рис. 4.2).

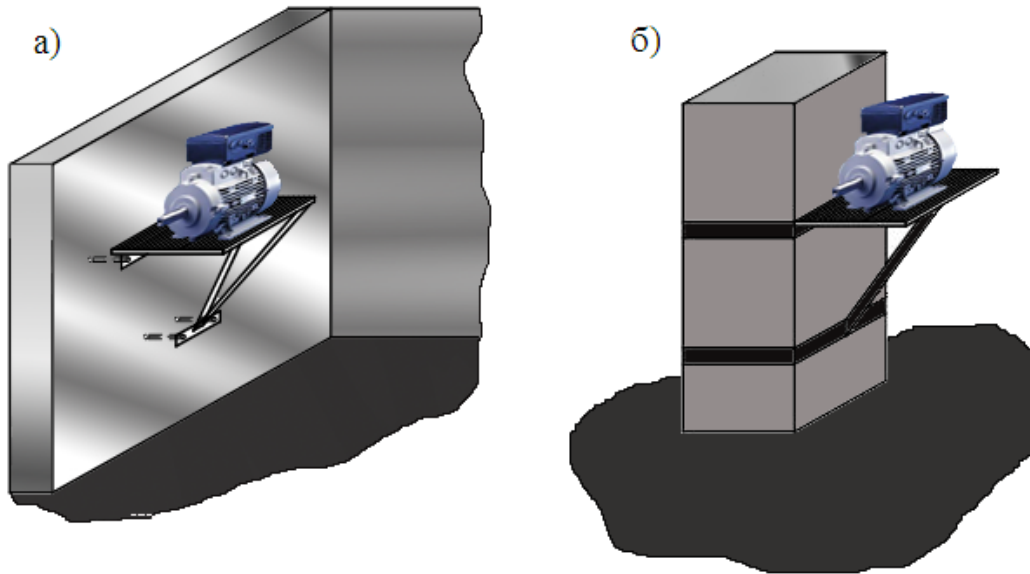


Рисунок 4.2 – Монтаж двигунів на стінах (а) та колонах (б)

4.5 Особливості монтажу електричних машин середньої та великої потужностей

4.5.1 Вимоги до приміщень під монтаж електричних машин середньої та великої потужностей

У приміщеннях, які приймають під монтаж електричних машин середньої та великої потужностей, повинно бути:

- ✓ закінчено всі будівельні і оздоблювальні роботи;
- ✓ прибрано опалубки, зайві будівельні опори і сміття;
- ✓ очищено, осушено і закрито щитами (з метою уникнення травм персоналу) кабельні канали;
- ✓ передбачено отвори і люки, необхідні для доставки електричних машин у зібраному вигляді або по частинах [14].

Окрім того, площа і висота приміщень повинна забезпечувати можливість виконувати монтаж і демонтаж електричних машин: виймати ротор в осьовому напрямі; вільно переміщувати при крайньому верхньому положенні гака мостового крана машину в зібраному вигляді або її найбільш габаритні частини над іншим установленим обладнанням; мати доступ до машини під час її обслуговування тощо.

Температура в машинних приміщеннях та їх підвалах під час монтажу не повинна опускатись нижче плюс 5 °С. Не допускається здійснювати монтаж електричних машин у запилених приміщеннях.

4.5.2 Основні вимоги, задача фундаментів під монтаж електричних машини середньої і великої потужностей

Технологічне обладнання, а також електричні машини середньої та великої потужностей, монтують на спеціальних несучих будівельних конструкціях – фундаментах.

Фундамент – бетонна або залізобетонна будівельна конструкція, яка відповідає габаритам і зовнішнім контурам обладнання, що монтується; містить необхідні отвори і закладні деталі, передбачені для кріплення та обслуговування обладнання в процесі експлуатації.

Питанням спорудження фундаментів займаються спеціалізовані будівельні організації.

Основні розміри фундаменту під монтаж електричної машини задає завод-виробник електричної машини.

З метою запобігання нерівномірного просідання, перекосів фундаментних плит і порушення правильності установлення змонтованої електричної машини фундамент для неї виконують спільним з фундаментом технологічного обладнання або первинного двигуна незалежно від того, встановлюють їх на загальній чи окремих фундаментних плитах.

Фундаменти відокремлюють від колон та інших несучих конструкцій будівлі або фундаментів іншого обладнання, яке не має відношення до даного агрегату. Це необхідно робити для того, щоб не передавати на них вібрацій, які виникають внаслідок невірноваженості частин електричних машин або з інших причин.

До початку монтажу електричних машин середньої та великої потужностей фундаменти повинні бути здані під монтаж, що передбачає виконання ряду перевірок, основними серед яких є [14-16]:

➤ перевірка розмірів приміщень під монтаж і положення фундаменту відносно несучих конструкцій;

➤ перевірка граничних відхилень будівельних розмірів фундаментів від проектних. Значення відхилень, які подано в табл. 4.5, не повинні перевищувати допустимих за винятком тих випадків, коли допустимі відхилення визначаються паспортом технологічного обладнання;

Таблиця 4.5 – Гранично допустимі відхилення геометричних розмірів фундаментів

Геометричні розміри фундаментів	Гранично допустимі відхилення, мм
Основні геометричні розміри на плані	±30
Висотні відмітки поверхні фундаменту без врахування висоти підливки	-30
Розміри фундаментних колодязів на плані	+20
Осі анкерних болтів (<i>anchor bolt</i>) на плані	±5
Осі закладних деталей на плані	±10
Відмітки верхніх торців анкерних болтів	±20

➤ перевірка опорних поверхонь фундаментів. Опорні поверхні фундаментів, на яких розміщують фундаментні плити, повинні бути рівними, не мати обрмлених бортів, сколів, впадин, поверхневих тріщин, пошкоджених кутів і оголеної арматури, а також повинні бути очищені від мастила. З метою захисту бетонний фундамент покривають стійкою до дії мастил фарбою або рідким склом;

➤ перевірка головних осей фундаменту. Положення головних осей на площині фундаменту повинно бути зафіксовано керном на попередньо закріплених у фундаменті металевих пластинках розміром 80×80 мм;

➤ перевірка наявності забетонуваних у фундаменті реперів, які є відміткою верхньої поверхні фундаменту відносно нульового репера. Як репери використовують болти або металеві стержні;

➤ перевірка наявності закладних металевих пластин для установаження клинів, підкладок або інших пристосувань. Ці закладні пластини повинні бути вивірені по горизонталі з точністю до 3 – 5 поділок рівнеміра (при ціні поділки 0,1 мм/м).

Особливість користування рівнеміром полягає у такому: при розміщенні рівнеміра на похилій поверхні (рис. 4.3, а) вказівник відхиляється від нульового положення на кількість поділок, яка відповідає куту нахилу поверхні до горизонталі [14].

Відстань по висоті між двома точками деталі А і В, віддалених одна від одної на довжину l :

$$N = n \cdot a \cdot l, \quad (4.1)$$

де N – різниця висот точок A і B , мм;
 n – зміщення вказівника по шкалі рівнеміра;
 a – ціна поділки рівнеміра, мм/м;
 l – відстань по горизонталі між точками A і B , м.

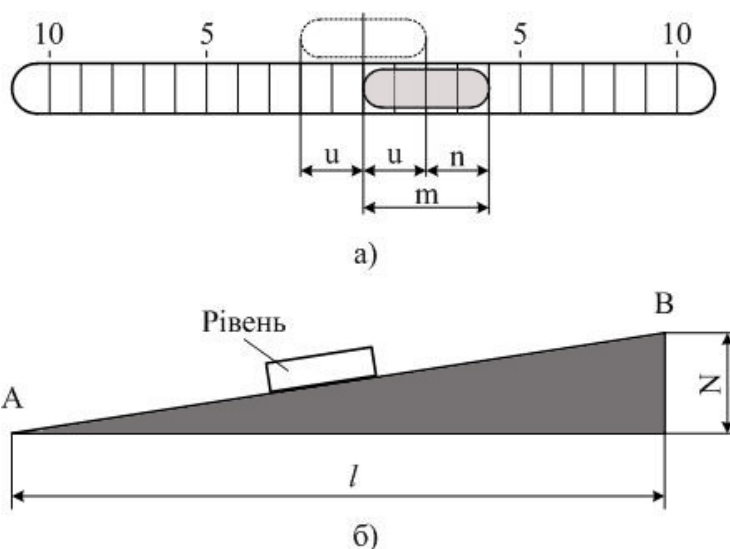


Рисунок 4.3 – Шкала рівнеміра (а) та приклад використання (б)

Приклад: Визначити висоту точки B , якщо відомо: $l = 1,5$ м, $a = 0,1$ мм/м, $n = 2,0$.

$$N = 2,0 \cdot 0,1 \cdot 1,5 = 0,3 \text{ (мм)}; \quad (4.2)$$

➤ перевірка стану колодязів під анкерні болти. Зсув і нахил колодязів може бути допустимим лише у тому випадку, якщо відстань від вертикально встановлених болтів до стінок колодязя, в будь-якому місці, не менша відстані, яка відповідає діаметру болта.

На рис. 4.4, а) зображено розріз колодязя, виконаного відповідно до вимог БНіП. Колодязь, в якому будівельниками була перекошена опалубка, внаслідок чого робоча частина отвору зменшилася від заданого значення d до значення d_1 , зображено на рис. 4.4, б). В останньому випадку (рис. 4.4, в) анкерний болт може бути встановлений тільки з перекосом, оскільки нижня анкерна плита при установленні буде перекошена [14].

При перевірці ніш в стіні фундаменту для плиток анкерних болтів необхідно враховувати, що розміри ніш повинні дозволяти вільне установлення плиток і мати рівну горизонтальну поверхню по всій площині прилягання плиток;

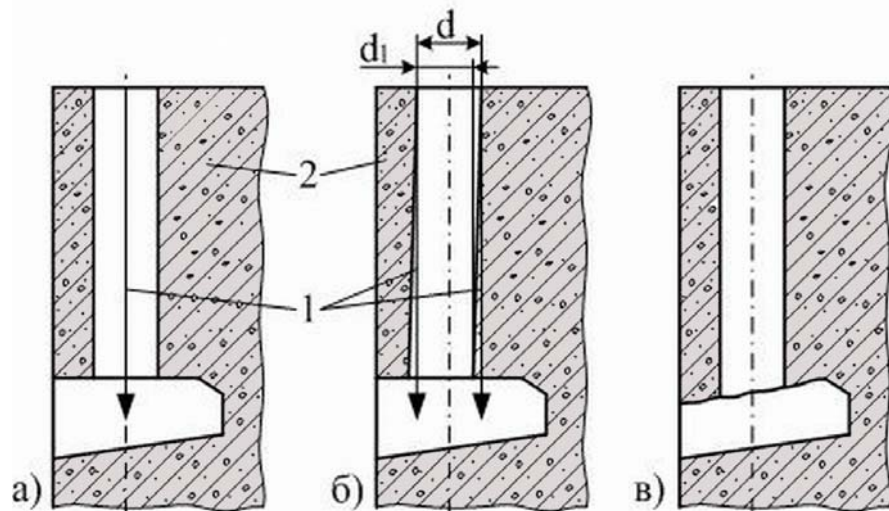


Рисунок 4.4 – Колодязі під анкерні болти: а) правильне виконання; б) *вісь (axis)* анкерного колодязя перекошена; в) поверхня прилягання нижньої анкерної плити нерівна; 1 – підвішений вантаж; 2 – фундамент

➤ перевірка якості бетону з якого відлито фундамент. Міцність бетону визначає будівельна лабораторія шляхом дослідження контрольних зразків, які відливаються одночасно з фундаментом з того ж бетону. Перевірку самого фундаменту здійснюють за допомогою спеціалізованих приладів або, в найпростішому випадку, шляхом його обстукування молотком і проб зубилом у вертикальному і горизонтальному напрямках. Бетон при обстукуванні не повинен кришитися і обсипатися. Монолітність бетону визначають за звуком при обстукуванні, звук повинен бути чистим, не глухим. При сумніві щодо міцності фундаменту проводять експертизу із залученням фахівців для складання відповідного акта про придатність чи непридатність фундаменту.

Готовність фундаменту під монтаж оформляється актом, підписаним представниками «Замовника», будівельної і монтажної організацій. До акта додається формуляр, в якому зазначають проектні і фактичні геометричні розміри фундаментів.

Виявлені при прийомі фундаментів дефекти і недоліки усуває будівельна організація до початку монтажних робіт.

Терміном здачі-приймання фундаменту під монтаж вважається дата закінчення робіт зі усунення всіх дефектів і недоліків, зазначених в акті готовності фундаменту.

4.5.3 Монтаж електричних машин середньої та великої потужностей на фундаментних плитах

Машини середньої та великої потужностей монтується на фундаментних плитах, які, в свою чергу, розміщують на фундаментах.

Фундаментні плити або рами (рис. 4.5) є сталевими зварними конструкціями. Основними матеріалами для їх виготовлення є товстолистова сталь товщиною від 20 мм, двотаврові балки, швеллери та косинки.

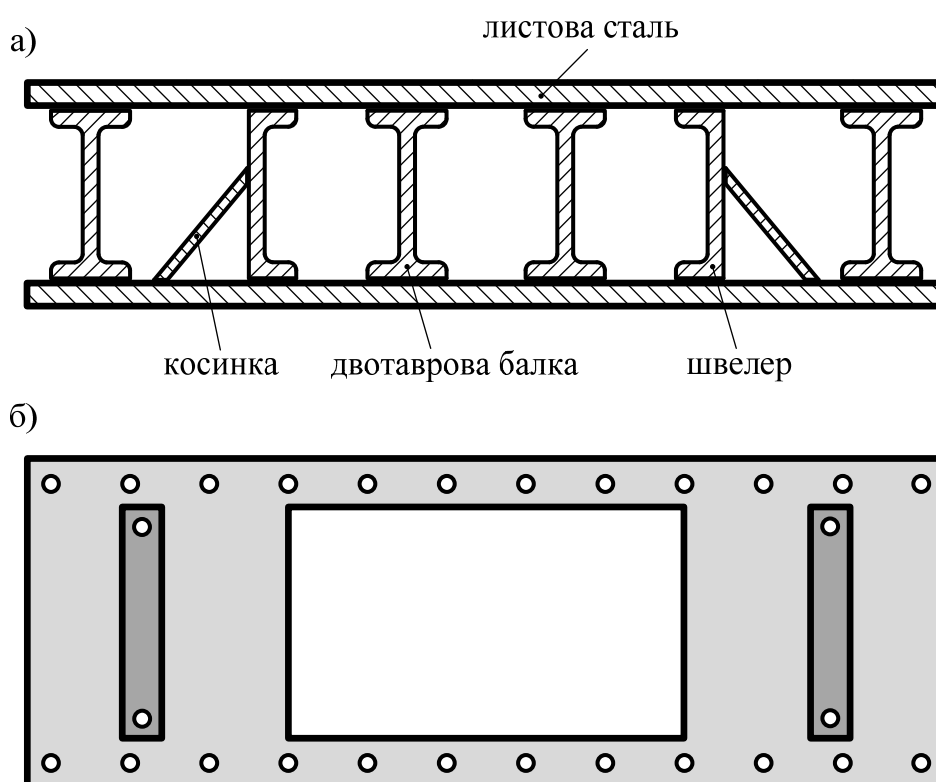


Рисунок 4.5 – Фундаментна плита: розріз (а); вигляд зверху (б)

Фундаментну плиту розміщують на площині фундаменту таким чином, щоб їх головні осі повністю збігалися (рис. 4.6). Висота установлення фундаментної плити регулюється підкладками, болтовими або клиновими домкратами і контролюється повірочною лінійкою шляхом порівняння відмітки верхньої установочної поверхні плити і висотного репера. Висота установлення плити повинна бути меншою розрахункової на 1 мм, що дозволяє в подальшому регулювати висоту лінії вала і враховує похибки вимірювання. Допустиме відхилення установленної фундаментної плити від горизонтального положення складає (0,1 – 0,15) мм на 1 м довжини плити [14].

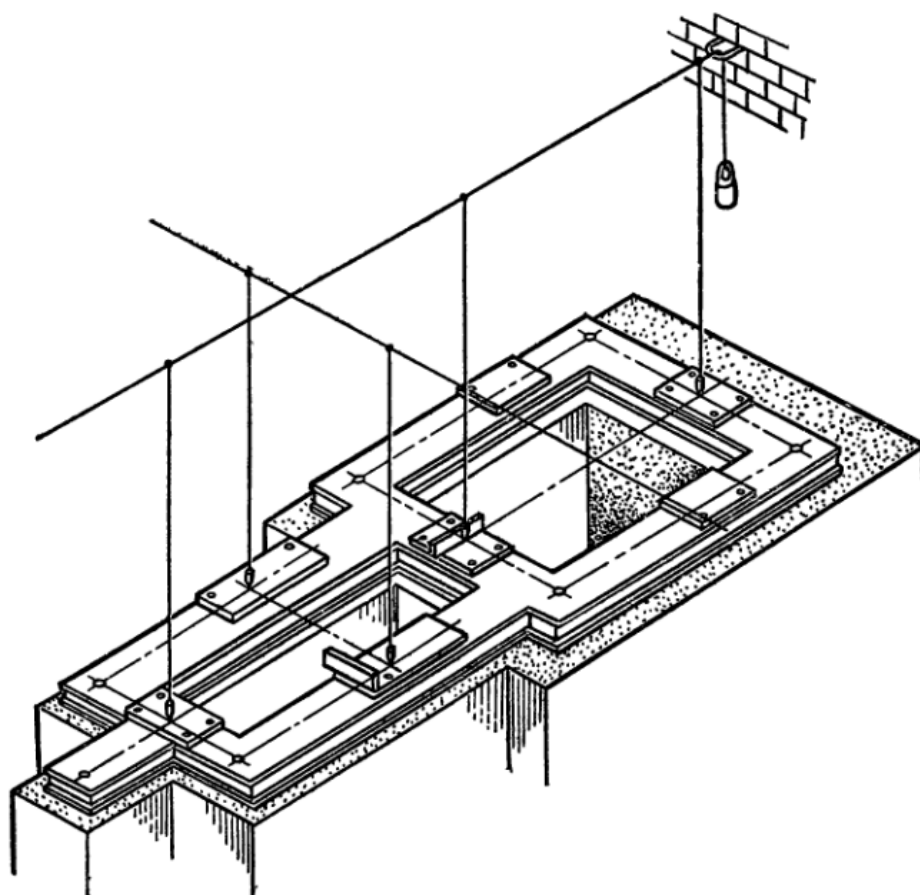


Рисунок 4.6 – Установлення фундаментної плити

Для кріплення фундаментної плити на площині фундаменту використовуються анкерні болти (рис. 4.7), які зазвичай входять до комплекту поставки електричної машини [14].

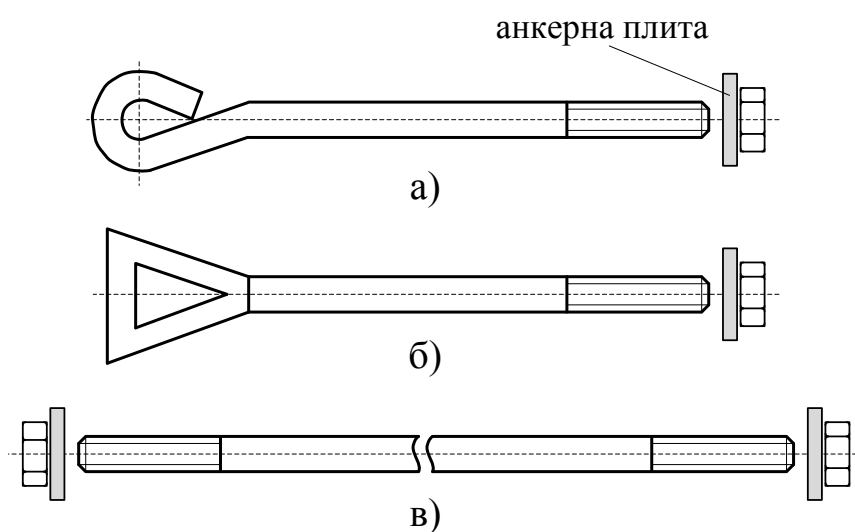


Рисунок 4.7 – Анкерні болти

Якщо анкерні болти не включені до комплекту поставки, то вони можуть бути виготовлені на місці монтажу але, обов'язково, згідно з кресленнями і розрахунками заводу-виробника чи проектної організації.

Анкерні болти, зображені на рис. 4.7, а), використовують для кріплення машин порівняно невеликої потужності. Загальна довжина болта – до 2000 мм.

Анкерні болти, зображені на рис. 4.7, б), в), використовують для кріплення машин великої потужності. Розміри таких болтів до 90×3500 мм, а маса кожного болта – до 175 кг.

Анкерні болти, зображені на рис. 4.8 а), б), в), заливають бетоном разом з підливкою або окремо після попереднього встановлення обладнання, після чого остаточно центрують електричну машину, затягують фундаментні болти і роблять підливку [15].

Найбільш надійне кріплення анкерних болтів досягається шляхом їх встановлення у фундамент під час його відливання (рис. 4.8, г). Кріплення в такий спосіб є технологічно складним, оскільки потребує виконання точної розмітки місць закладання анкерних болтів та використання додаткових пристосувань. Закріплені таким чином анкерні болти використовуються для кріплення електричних машин і іншого обладнання, яке працює в динамічних режимах [14].

Існує декілька способів монтажу електричних машин:

- ✓ на металевих підкладках;
- ✓ на клинових домкратах (монтаж без підкладок) [14, 16].

Монтаж на підкладках передбачає встановлення пакетів металевих підкладок під фундаментні плити. Підкладки виконують роль основних несучих елементів і необхідні для вивірення фундаментних плит, а також для регулювання висотних відміток електричних машин. Кількість металевих підкладок, їх розміри (табл. 4.6) та місце розташування, як правило, зазначають заводи-виробники електричних машин. Якщо таких вказівок немає, то для фундаментних плит, які мають підшву, підкладки необхідно закладати лише в місцях концентрованих навантажень (під підшипниковими стояками, під лапами станин і з двох сторін анкерних болтів). Для фундаментних плит, які не мають нижньої підшви, підкладки закладають під ребра, які знаходяться безпосередньо біля анкерних болтів, під підшипникові стояки, під лапи станин і під сталеві ребра таким чином, щоб відстань між осями підкладок була не більше 1000 мм [14].

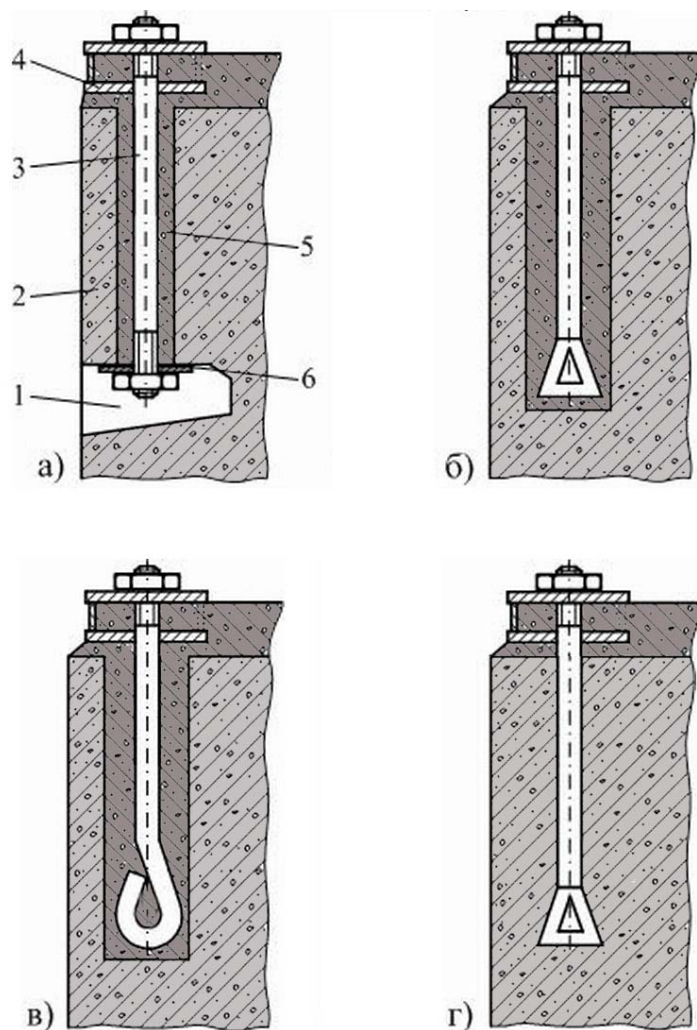


Рисунок 4.8 – Установлення анкерних болтів: 1 – ніша; 2 – фундамент; 3 – анкерний болт; 4 – фундаментна плита; 5 – колодязь; 6 – анкерна плитка

Таблиця 4.6 – Підкладки під фундаментні плити

Матеріал і форма підкладки	Розміри, мм		
	Висота	Ширина	Довжина
Пластина або бруски чавунні	50 – 100	100 – 120	Ширина фундаментної плити + (50 – 100)
Сталь полосова або листова	5 – 50	50 – 120	
Сталь полосова для регулювальних прокладок	0,5 – 4	50 – 120	

Кількість підкладок в кожному пакеті рекомендується використовувати не більше трьох, враховуючи і підкладки з тонколистової сталі, які використовуються для остаточного вивірення.

Для того, щоб забезпечити рівномірне підливання фундаментної плити бетоном, товщина кожного пакета підкладок повинна становити не менше 50 мм, але не перевищувати 100 мм.

Безпосередньо перед підливанням пакети металевих підкладок зварюють.

Головним недоліком даного способу монтажу є:

- ✓ значні витрати часу на монтаж;
- ✓ залежно від типу і розмірів електричних машин на підкладки для них витрачається від декількох сотень кілограмів до декількох тонн металу.

Спосіб монтажу електричних машин без використання підкладок передбачає використання бетону підливки як основного несучого опорного елемента, який з'єднує фундаментну плиту з фундаментом. При даному способі монтажу замість пакетів металевих підкладок використовують болтові або клинові домкрати, які перед підливанням обгороджують опалубкою, а після затвердіння бетонної підливки взагалі забирають [14, 16].

Переваги способу монтажу без підкладок:

- ✓ значна економія металу;
- ✓ порівняно менші затрати праці на вивірення фундаментних плит;
- ✓ збільшена площа контакту фундаментної плити з поверхнею основного несучого опорного елемента – бетонної підливки, яка забезпечує зв'язок з фундаментом.

5 ЦЕНТРУВАННЯ ВАЛІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

5.1 Загальні відомості про центрування валів

З'єднані між собою електричні машини та механізми надійно і довговічно експлуатуватимуться лише у тому випадку, коли осьові лінії їх валів будуть продовженням одна одної без зміщення і злому в площині спряження. Установлення валів відповідно до зазначених вимог отримала назву центрування [18].

Природний прогин валів (особливо характерний для машин середньої та великої потужностей) зумовлює необхідність установлення їх з певним нахилом до горизонту. В іншому випадку (при строгому горизонтальному установленні валів) робота такого агрегата супроводжуватиметься появою значних вібрацій та небезпечних для шийок валів навантажень (рис. 5.1 точки 2 та 3) [17, 19].

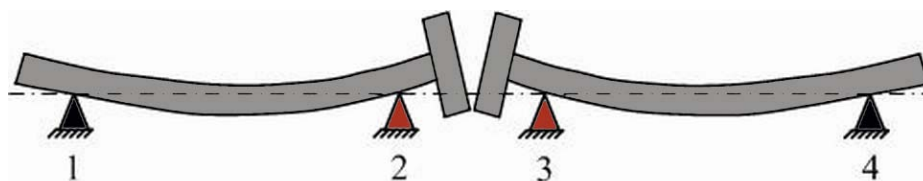


Рисунок 5.1 – Положення з'єднаних валів та півмуфт

Операцію, яка передбачає формування плавної осьової лінії з'єднаних валів називають вивіренням лінії валів.

Способи вивірення лінії валів за рівнеміром [17].

➤ До вала машини I прицентровують вал машини II (рис. 5.2, а). Вал машини I встановлюють строго горизонтально, а вал машини II дещо підіймають. При цьому рівнемір 5 по черзі розміщують на кожній з шийок валів I та II. Покази рівнеміра 5 біля підшипників 1 і 2 повинні бути однаковими за величиною, але різними за знаком. Покази рівнеміра 5 біля підшипника 3 повинні збігатися за величиною і знаком з показами, які були зафіксовані біля підшипника 2.

➤ Кінець вала машини I (біля півмуфти) встановлюють строго горизонтально, а другий кінець цього вала встановлюють з деяким підйомом. Машину II прицентровують до машини I, при цьому рівнемір 5, розміщений біля підшипника 3, також повинен показувати нульове

відхилення (рис. 5.2, б).

➤ До вала машини II прицентрують вал машини I (рис. 5.2, в). Вал машини II встановлюють строго горизонтально, а вал машини I – з деяким підйомом. Покази рівнеміра 5, який розміщують біля підшипників 3 і 4, повинні бути однаковими за величиною, але різними за знаком, а покази рівнеміра 5, розміщеного біля підшипника 2, повинні збігатися за величиною і знаком із показами, які були зафіксовані біля підшипника 3.

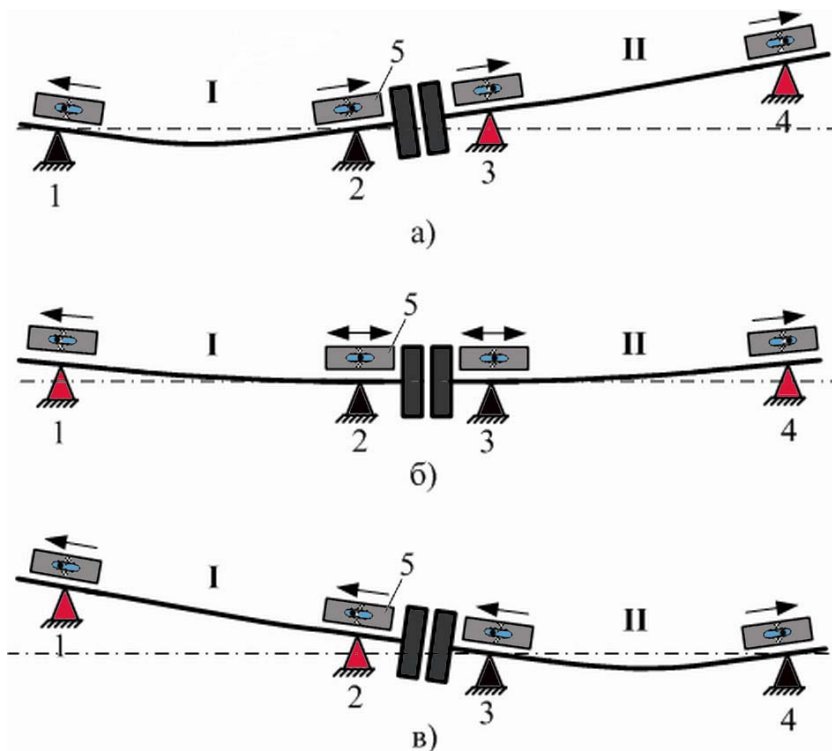


Рисунок 5.2 – Способи вивірення лінії валів за рівнем

Неточність вивірення лінії валів з'єднаних машин компенсують шляхом використання з'єднувальних муфт, які допускають незначні радіальні та осьові зміщення (рис. 5.3) [17].

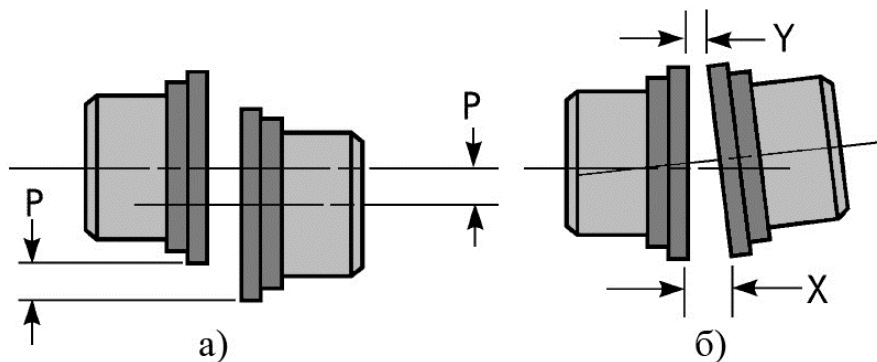


Рисунок 5.3 – Зміщення валів: радіальне (а), осьове (б)

5.2 З'єднання валів електричних та робочих машин і механізмів

З'єднання валів електричних машин між собою або з валами інших машин здійснюється за допомогою муфт, основне призначення яких полягає в переданні кутової швидкості і моменту без зміни його величини і напрямку з одного вала на інший.

Вибір типу муфти визначається характером з'єднання валів (жорстке, напівжорстке, еластичне) та компенсаційною здатністю муфти [16, 17].

Муфти вибирають також із врахуванням обертового моменту:

$$M_{\text{в}} \geq (\beta_1 + \beta_2) \cdot M, \quad (5.1)$$

де $M_{\text{в}}$ – найбільший обертовий момент для даного типу муфти;

β_1 – коефіцієнт, значення якого залежить від типу двигуна (для електродвигуна $\beta_1 = 0,25$);

β_2 – коефіцієнт, який враховує характер навантаження;

M – обертовий момент.

➤ Жорстке з'єднання валів застосовується у тих випадках, коли необхідно забезпечити роботу двох валів без зсувів у вузлах з'єднання, тобто як єдиного вала [17].

Жорстке з'єднання валів реалізовується за допомогою фланців, викуваних разом з валом (фланцеве з'єднання) або за допомогою глухих (втулкових, поздовжньо-скрутних, поперечно-скрутних) муфт, які хоч і призначені для з'єднання строго співвісних валів, але допускають незначні радіальні і кутові зміщення [16, 17].

Фланцеве з'єднання валів (рис. 5.4) застосовується для з'єднання машин з одноопорними валами, роль другої опори виконує саме з'єднання валів. При такому з'єднанні один з фланців має центрувальний виступ, а інший фланець – виточку, діаметр якої більший діаметра виступу на 0,03 – 0,08 мм. Фланці з'єднуються між собою болтами, які повинні щільно входити у відповідні отвори під дією легких ударів свинцевої кувалди [16, 17].

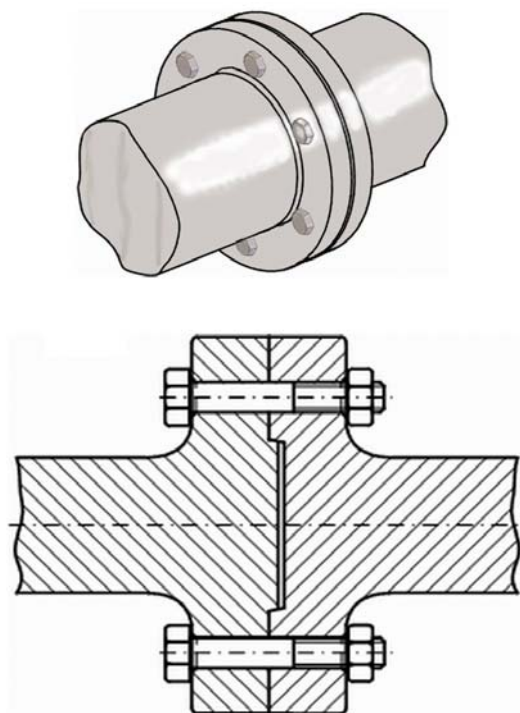


Рисунок 5.4 – З'єднання валів за допомогою фланців, викуваних разом з валом

Втулкові муфти (рис. 5.5) є найбільш простим видом глухих муфт, які з'єднують з валами за допомогою призматичних та сегментних шпонок, циліндричних та конічних штифтів або шліців. Для запобігання осьовому зміщенню муфти використовують стопорні гвинти. Основними перевагами втулкових муфт є простота конструкції і виготовлення, а також малий момент інерції, а недоліком – складність монтажу і демонтажу, що пов'язано з необхідністю переміщення валів або муфти уздовж вала. Область застосування втулкових муфт обмежується валами діаметром 100 мм та максимальним моментом, який необхідно передати.

Співвідношення розмірів втулкових муфт:

✓ зовнішній діаметр

$$D = (1,5 \div 2)d; \quad (5.2)$$

✓ довжина

$$L = (2,8 \div 4)d, \quad (5.3)$$

де d – діаметр вала.

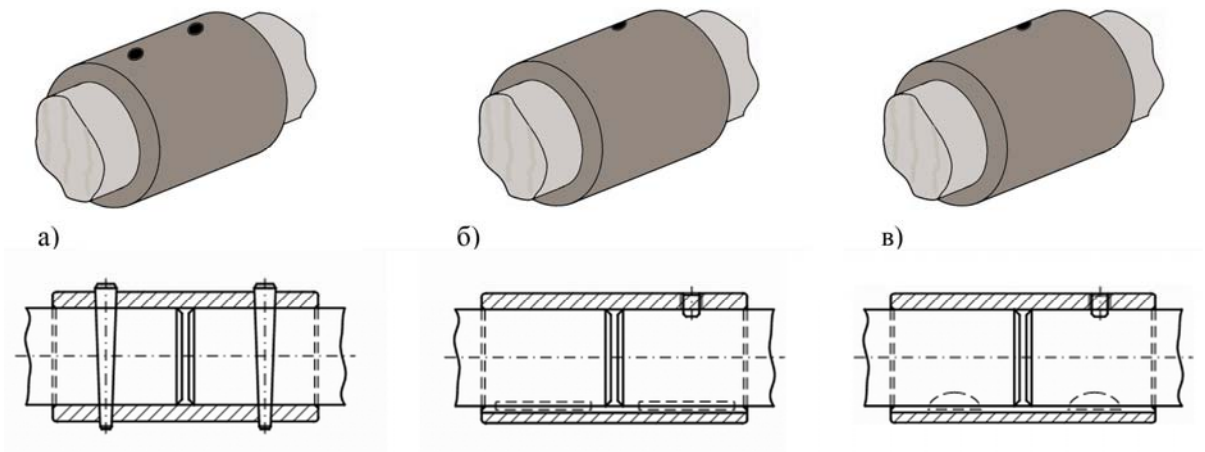


Рисунок 5.5 – З'єднання валів за допомогою втулкових муфт із штифтами (а), призматичними шпонками (б), сегментними шпонками (в)

Фланцеві поперечно-скрутні муфти (рис. 5.6, а, б) є найбільш поширеним видом глухих муфт і складаються з двох півмуфт. Окремі півмуфти з'єднуються між собою спеціальними точеними болтами з щільною посадкою в отвори півмуфт під розгортку. Півмуфти можуть мати центрувальний виступ і виточку (рис. 5.6, а) або диски, які, за допомогою спеціально передбачених конструктивних елементів, фіксуються з торців з'єднуваних валів (рис. 5.6, б). Для запобігання повертанню півмуфт на валах використовують шпонки, а для запобігання осьовим зміщенням півмуфт – стопорні болти [1, 16, 17].

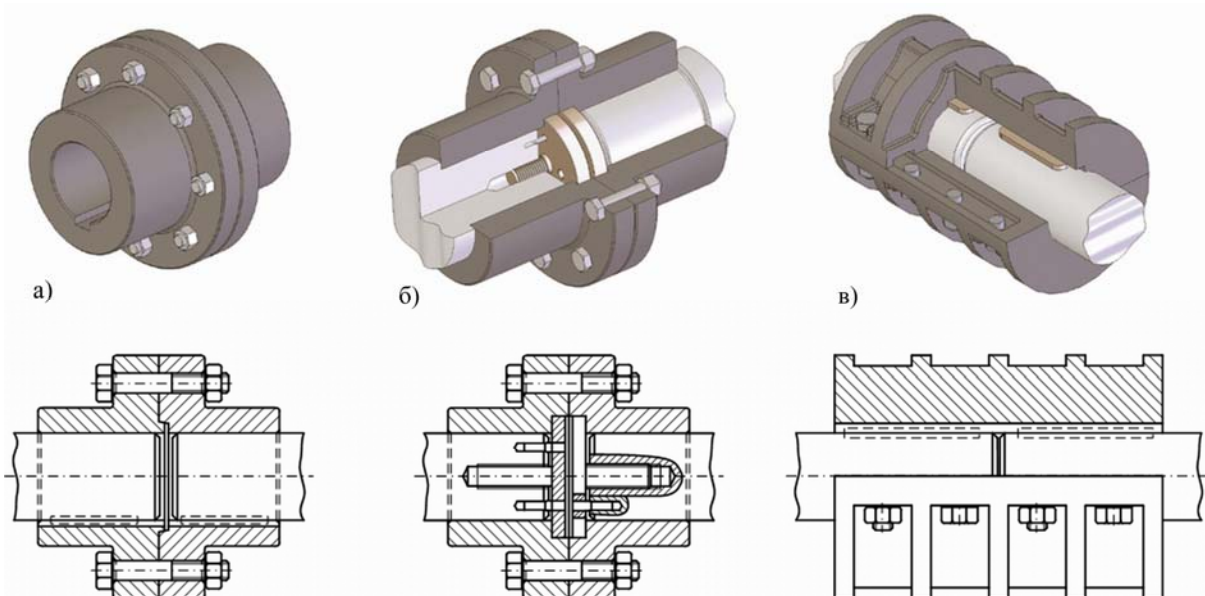


Рисунок 5.6 – З'єднання валів за допомогою поперечно- та поздовжньо-скрутних муфт

Жорсткі поздовжньо-скрутні муфти (рис. 5.6, в) складаються з двох розділених по площині осі валів півмуфт, які накладаються з обох сторін на з'єднанні вали і стягуються болтами. Додатково півмуфти з'єднуються з валами шпонками. Основними перевагами таких муфт є зручність монтажу і демонтажу без будь-яких зміщень валів, а недоліками – складність виготовлення та балансування, а також непридатність для використання при ударних навантаженнях [1, 16, 17].

Поздовжньо-скрутні муфти використовують лише в тихохідних передачах:

- ✓ для муфт з діаметром вала $d = 100$ мм $n = 250$ об/хв;
- ✓ для муфт з діаметром вала $d = (110 - 140)$ мм $n = 100$ об/хв.

Зубчасті муфти (рис. 5.7) – найбільш поширений вид жорстких компенсувальних муфт. Вони забезпечують передання великих обертових моментів і використовуються для з'єднання горизонтальних співвісних валів і здатні компенсувати незначні радіальні і осьові зміщення валів. Зубчаста муфта складається з двох півмуфт, кожна з яких складається з зубчастого вінця, що входить в зачеплення з відповідною зубчастою втулкою, закріпленою шпонкою на кінці вала. Між собою півмуфти з'єднуються болтами [1, 16, 17].

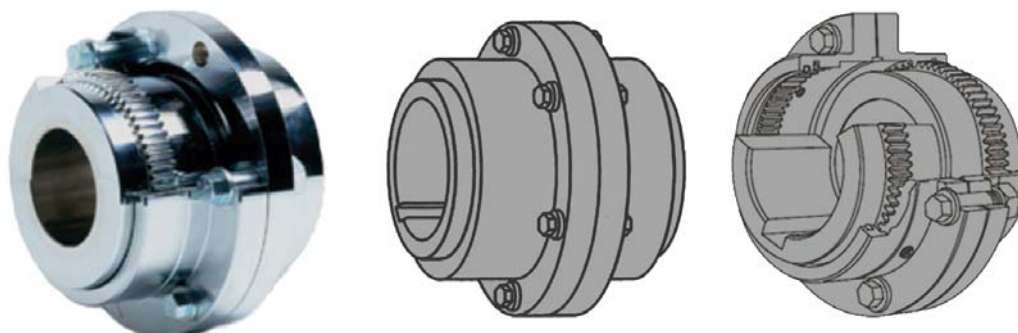


Рисунок 5.7 – З'єднання валів за допомогою зубчастої муфти

➤ Еластичне з'єднання валів використовують для компенсації відносно значних радіальних або осьових зсувів валів у вузлах з'єднання, а також при необхідності пом'якшення ударів. Еластичне з'єднання валів реалізують за допомогою втулково-пальцевих муфт, муфт з зірочкою, мембранних муфт тощо [17].

Втулково-пальцева муфта (рис. 5.8), складається з двох півмуфт, закріплених на кінцях валів з'єднаних машин. Еластичність з'єднання

досягається за рахунок пальців-болтів із надітими на них і запресованими шкіряними шайбами або гумовими манжетами. У ведучу півмуфту пальці входять щільно своєю металевою частиною, а у ведену – еластичною частиною із невеликим зазором [1, 16, 17].

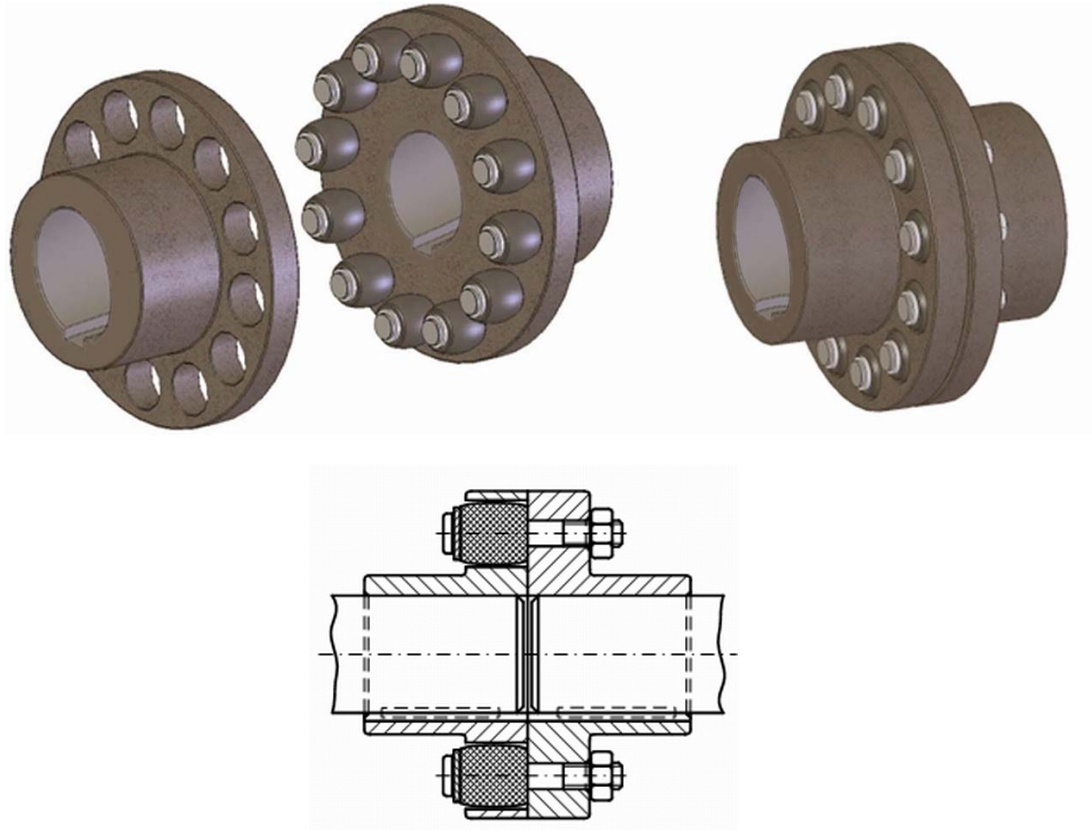


Рисунок 5.8 – З'єднання валів за допомогою втулково-пальцевої муфти

➤ Напівжорстке з'єднання валів посідає проміжне місце між жорстким та еластичним з'єднанням валів. Воно забезпечує компенсацію невеликих радіальних та осьових зміщень валів, усуває резонансні явища при циклічних навантаженнях, зменшує вібрації та величину короточасних перевантажень, які виникають у нестационарних режимах роботи. Напівжорстке з'єднання валів реалізують, зокрема, за допомогою зубчасто-пружинних муфт (муфт змінної жорсткості) [18].

Напівжорстка зубчасто-пружинна муфта (рис. 5.9) складається з двох півмуфт, насаджених на кінці валів, що з'єднуються. Обидві півмуфти з'єднані між собою хвилеподібною стрічковою пружиною, яка охоплює зубці обох півмуфт і утримується в робочому положенні кожухом. Кожух

складається з двох частин, які скручуються між собою болтами. Поштовхи, які виникають у процесі роботи, сприймаються і поглинаються пружиною. Для зменшення зносу в кожух заливають змащувальний матеріал [1, 16, 17].

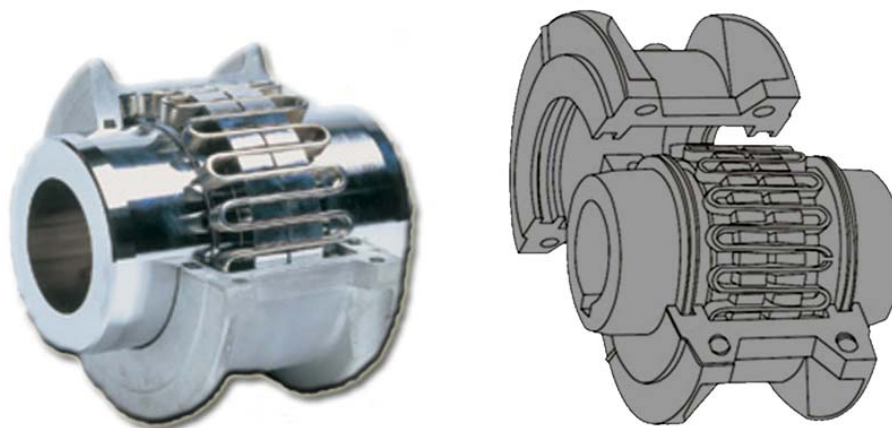


Рисунок 5.9 – З'єднання валів за допомогою зубчасто-пружинної муфти

5.3 Підготовка до центрування валів

Підготовка до центрування валів передбачає виконання ряду операцій [17].

➤ Перевірка шийок валів. Шийки валів електричних машин, які постачають у розібраному вигляді, очищають від антикорозійного покриття чистими ганчірками, змоченими у розчиннику. Виявлені подряпини чи сліди корозії усуваються шляхом шліфування наждачним полотном змоченим у мастилі і поліруванням.

➤ Перевірка стану півмуфт. Півмуфти очищають від антикорозійного покриття чистою змоченою у розчиннику ганчіркою. Виявлені подряпини і сліди корозії зачищають наждачним полотном.

➤ Підготовка півмуфт до посадки. Перевіряють відповідність посадочних розмірів вала і півмуфти виду посадки.

➤ Нагрів півмуфт. Здійснюють у масляній ванні, електричним нагрівачем, індукційним методом, газовим нагрівачем тощо.

➤ Посадка півмуфт. Виконують за допомогою спеціалізованого інструмента.

➤ Очистка і огляд вкладишів підшипників. Проводять при монтажі

машин середньої та великої потужностей, при цьому вкладиші очищають від захисного покриття, промивають, перевіряють на відсутність механічних і корозійних пошкоджень, розслоювання.

➤ Перевірка положення шийок вала в нижніх вкладишах. Укладений на нижні вкладиші підшипників вал з ротором декілька раз провертають. При цьому перевіряють відсутність перекошування нижніх вкладишів шляхом вимірювання зазору між шийкою вала і вкладишем з обох сторін вала.

➤ Попередня перевірка збігу лінії валів. Збіг ліній валів попередньо перевіряють за півмуфтами при допомозі щупа та лінійки. Лінійку накладають на обидві однієї з півмуфт (рис. 5.10) і щупом заміряють радіальний (боковий) a і осьовий (кутовий) b зазори. Такі вимірювання проводять в чотирьох точках по окружності півмуфти (через 90°). При правильному взаємному розташуванні валів бокові зазори a (при однакових діаметрах півмуфт) повинні дорівнювати нулю, а кутові зазори b повинні бути рівними між собою і відрізнятися не більше як на $0,01$ мм на кожні 100 мм діаметра вала.

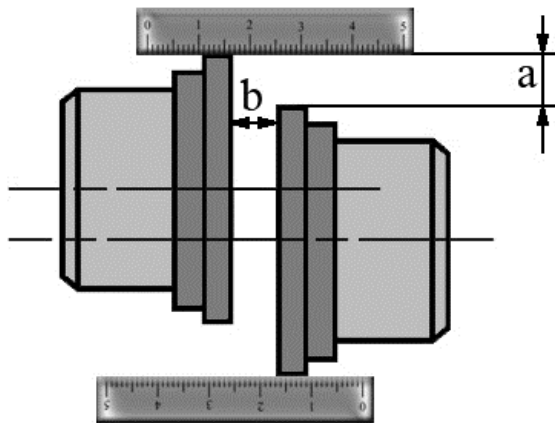


Рисунок 5.10 – Схема попередньої перевірки збігу ліній валів за півмуфтами

➤ Перевірка радіального биття вала і півмуфт. Радіальне биття вала перевіряють у декількох площинах уздовж вала, при цьому окружність вала ділять на вісім рівних частин (рис. 5.11). Для перевірки використовують індикатор, який встановлюють на жорстку підставку з таким розрахунком, щоб вимірювальний стрижень індикатора доторкався до поверхні вала. Перед початком перевірки стрілку індикатора

встановлюють у нульове положення. Провертають ротор і записують покази індикатора при кожному з восьми положень вала. Покази будуть додатними (+) при відхиленні стрілки в один бік і від’ємними (–) при відхиленні в інший. Величина викривлення вала відносно його осі дорівнює половині биття. Щоб уникнути помилок, вимірювання необхідно проводити два-три рази, кожного разу дещо зміщуючи індикатор уздовж осі вала. Результати вимірювань рекомендується заносити до табл. 5.1.

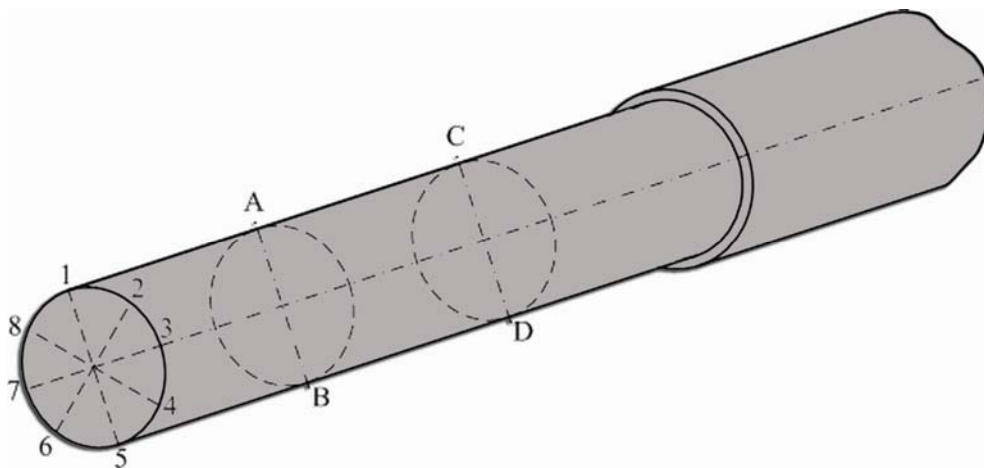


Рисунок 5.11 – Перевірка радіального биття вала

Таблиця 5.1 – Результати вимірювань

Переріз	Показник індикатора в точках								Максимальне биття
	1	2	3	4	5	6	7	8	
A – B									
C – D									

Максимальне биття буде на діаметрально протилежних точках з найбільшою різницею показів.

Для вала діаметром до 200 мм допускається биття шийки вала не більше 0,02 мм, а для вала діаметром більше 200 мм – 0,03 мм. Биття вала ротора в інших місцях допускається: для швидкохідних машин – до 0,04 – 0,08 мм; для тихохідних машин – до 0,15 – 0,2 мм.

➤ Перевірка півмуфт на осьове биття. Два індикатори 1 встановлюють у діаметрально протилежних точках торця півмуфти 2 (рис. 5.12) на однаковій відстані від осі обертання вала. Окружність півмуфти ділять на парне число рівних частин (наприклад, вісім) і торцеве биття визначають на підставі восьми пар вимірювань. Для визначення биття торця півмуфти

визначають суму показів обох індикаторів для однієї і тієї ж точки при двох положеннях вала (до і після повороту його на 180°), потім від першої суми віднімають другу і ділять отриману різницю навпіл.

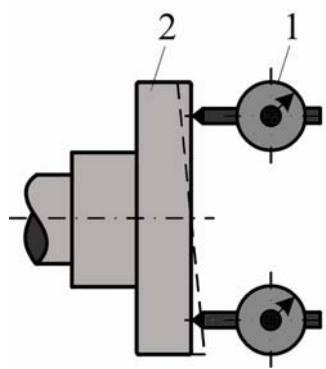


Рисунок 5.12 – Схема перевірки осьового биття півмуфт

Якщо відстань між півмуфтами не дозволяє скористатися індикаторами, то для перевірки використовують щупи (рис. 5.13) або центрувальні скоби.

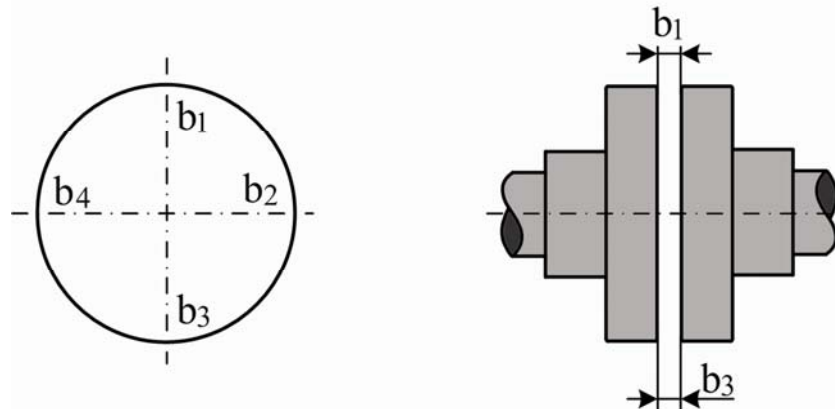


Рисунок 5.13 – Схема перевірки осьового биття півмуфт за допомогою щупів

Якщо вимірювання проведені правильно, то сума величин зазорів b_1+b_3 повинна відповідати b_2+b_4 (b_1 і b_3 – відповідно верхній і нижній зазори; b_2 і b_4 – бокові зазори між площинами півмуфт).

Згідно з технічними умовами вимірювання вважають завершеним, якщо різниця вказаних сум становить не більше $0,03 - 0,04$ мм. При незадовільному результаті, не змінюючи положення валів, необхідно повторювати вимірювання, поки не буде досягнуто зазначеного вище співвідношення.

5.4 Центрування валів

У практиці електромонтажних організацій застосовують ряд способів центрування валів: центрування валів за допомогою однієї або двох пар радіально-осьових скоб; центрування способом обходу однієї точки; центрування валів за півмуфтами тощо.

Спосіб центрування валів за допомогою однієї пари радіально-осьових скоб набув найбільшого поширення у монтажній практиці [17].

Конструкцію радіально-осьових скоб і їх кріплення на півмуфтах зображено на рис. 5.14.

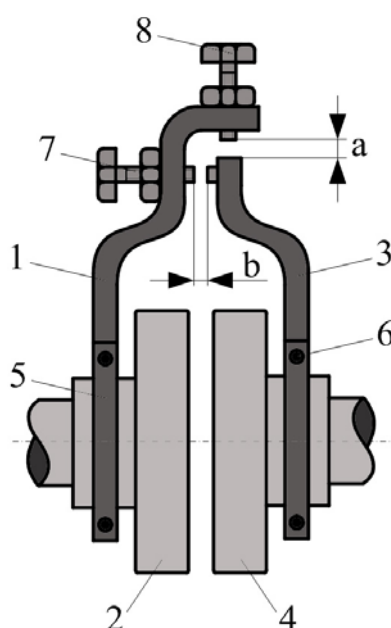


Рисунок 5.14 – Центрування двоопорних валів за допомогою однієї пари радіально-осьових скоб

За допомогою хомутів 5 і болтів 6 зовнішню скобу 1 закріплюють на півмуфті 2, а внутрішню скобу 3 – на півмуфті 4. В процесі центрування вимірюють бокові зазори a і кутові b зазори за допомогою щупів, індикаторів або мікрометрів. У двох останніх випадках індикатор або мікрометричну головку встановлюють на місце болтів 7 і 8. Вимірювання щупом проводять таким чином, щоб пластинки щупа входили в зазор з відчутним тертям і на глибину близько 20 мм.

Центрування валів можна проводити як при з'єднаних, так і роз'єднаних півмуфтах. Центрування при з'єднаних півмуфтах потребує менше часу і забезпечує сумісний поворот валів. При центруванні з

роз'єднаними півмуфтами, необхідно уважно здійснювати сумісний поворот валів, щоб мітки, нанесені на півмуфтах, повністю збігалися як при вимірюванні, так і при провертанні [17].

На рис. 5.15 показано чотири взаємні положення валів машин:

а) вали розташовані на одній прямій і центри їх збігаються – при одночасному провертанні валів зазори a і b повинні залишатися незмінними;

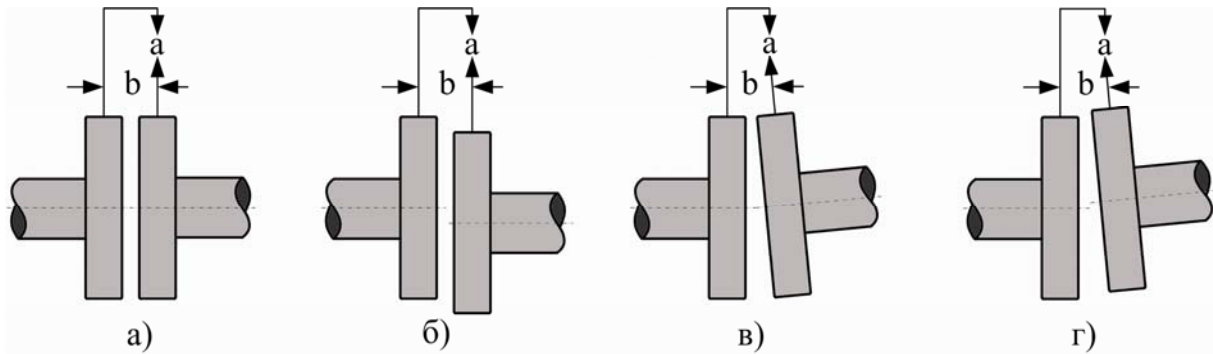


Рисунок 5.15 – Взаємні положення валів машин

б) вали паралельні один одному, але між ними є зміщення – при провертанні валів кутові зазори b залишаються незмінними, а бокові зазори a змінюються;

в) центри валів збігаються, але осі їх розташовані під кутом – при провертанні валів змінюються величини куткових зазорів b , а бокові зазори a зберігаються;

г) центри валів зміщені і осі їх розташовані під кутом – при провертанні валів змінюються величини як куткових b , так і бокових a зазорів.

Перше вимірювання зазорів a_1 і b_1 проводять, коли скоби знаходяться у верхньому положенні. Потім вали спільно провертають на 90° в напрямку обертання приводного двигуна і вимірюють зазори a_2 і b_2 . Всього роблять чотири вимірювання при кожному повертанні валів на 90° . П'яте вимірювання виконують як контрольне, коли скоби знову знаходяться у верхньому положенні. Величини зазорів у першому і п'ятому положеннях скоб повинні збігатися.

Дійсна величина зазорів a і b у даній точці буде дорівнювати півсумі відповідних зазорів, виміряних при двох вимірюваннях в цій точці.

Результати вимірювань графічно подають у вигляді діаграми

центрування (рис. 5.16). На діаграмі значення бокових зазорів пишуть над колом, а кутових – всередині кола, цифри у позначеннях зазорів показують порядкові номери вимірювань [17].

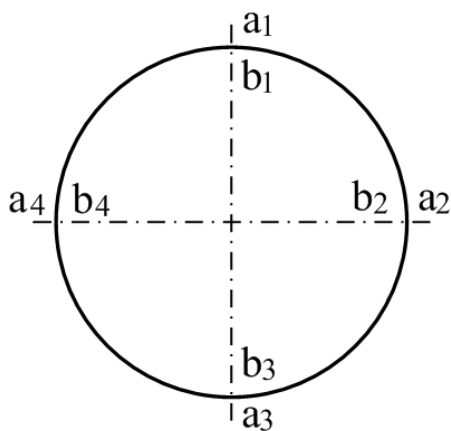


Рисунок 5.16 – Діаграма центрування

При правильно проведених вимірюваннях сума числових значень парних вимірювань дорівнює сумі числових значень непарних вимірювань:

$$a_1 + a_3 = a_2 + a_4, \quad (5.4)$$

$$b_1 + b_3 = b_2 + b_4. \quad (5.5)$$

Вимірювання вважають завершеним, якщо різниця між цими сумами складатиме не більше 0,03–0,04 мм. Інакше вимірювання необхідно повторити більш ретельно.

Використовуючи результати вимірювань та значення основних геометричних розмірів (рис. 5.17, а) визначають необхідні переміщення підшипників [17]:

$$x_1 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \cdot \frac{l_1}{r}, \quad (5.6)$$

$$x_2 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \cdot \frac{l_2}{r}, \quad (5.7)$$

$$y_1 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \cdot \frac{l_1}{r}, \quad (5.8)$$

$$y_2 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \cdot \frac{l_2}{r}, \quad (5.9)$$

де x_1 (x_2) – горизонтальне переміщення ближнього (дальнього) відносно муфти підшипника;

y_1 (y_2) – вертикальне переміщення ближнього (дальнього) відносно муфти підшипника;

l_1 (l_2) – відстань від муфти до ближнього (дальнього) відносно муфти підшипника;

r – відстань від центра вала до точки вимірювання кутового зазору.

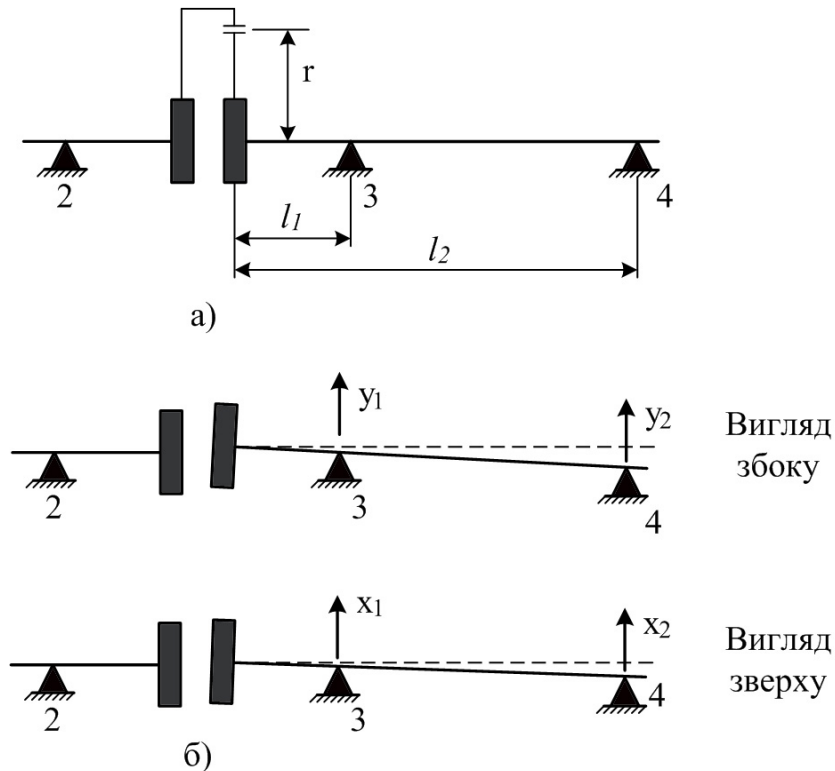


Рисунок 5.17 – Основні геометричні розміри при centruванні (а), зміщення опорних підшипників (б)

Якщо отримане значення x додатне, то підшипник переміщують по плиті вправо, інакше – вліво (дивитись потрібно на торець муфти з боку установленної машини) (рис. 5.17, б).

Якщо отримане значення y додатне, то підшипник переміщують вгору, інакше – вниз (рис. 5.17, б).

Приклад. На рис. 5.18 записано значення вимірюваних зазорів для чотирьох положень валів і значення основних геометричних розмірів (в міліметрах). Перевірити правильність вимірювань та визначити необхідні переміщення підшипників 3 і 4 у горизонтальній та вертикальній площинах.

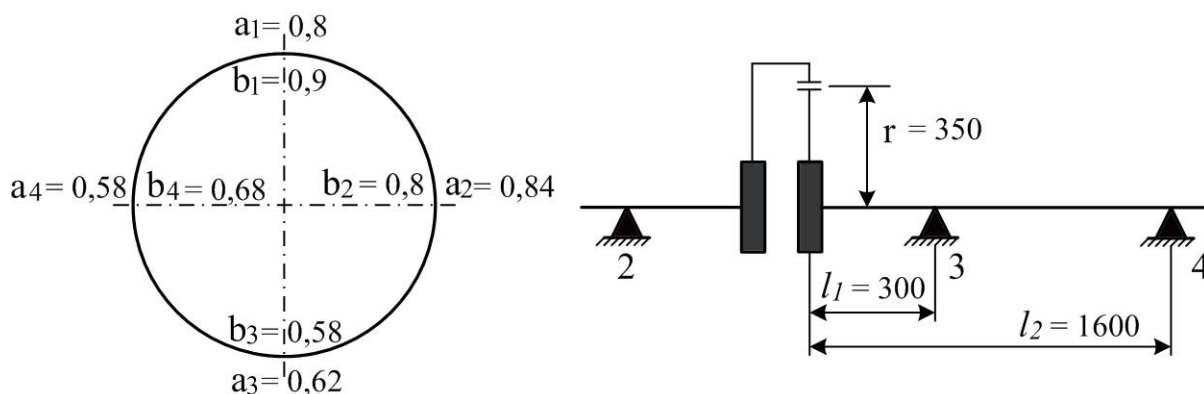


Рисунок 5.18 – Приклад центрування валів за допомогою однієї пари радіально-осьових скоб

З рис. 5.18 видно, що сума парних вимірів бокових і кутових зазорів дорівнює сумі непарних:

$$a_1 + a_3 = a_2 + a_4 = 1,42 \text{ (мм)},$$

$$b_1 + b_3 = b_2 + b_4 = 1,48 \text{ (мм)}.$$

Необхідні переміщення можна розраховувати за формулами (5.6) – (5.9), підставляючи числові значення, вказані на рис. 5.18.

$$x_1 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \cdot \frac{l_1}{r} = \frac{0,84 - 0,58}{2} + \frac{0,8 - 0,68}{2} \cdot \frac{300}{350} = 0,16 \text{ (мм)},$$

$$x_2 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \cdot \frac{l_2}{r} = \frac{0,84 - 0,58}{2} + \frac{0,8 - 0,68}{2} \cdot \frac{1600}{350} = 0,87 \text{ (мм)},$$

$$y_1 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \cdot \frac{l_1}{r} = \frac{0,8 - 0,62}{2} + \frac{0,9 - 0,58}{2} \cdot \frac{300}{350} = 0,23 \text{ (мм)},$$

$$y_2 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \cdot \frac{l_2}{r} = \frac{0,8 - 0,62}{2} + \frac{0,9 - 0,58}{2} \cdot \frac{1600}{350} = 0,82 \text{ (мм)}.$$

Отже, підшипник 3 необхідно підняти вгору на 0,23 мм і пересунути вправо на 0,16 мм, а підшипник 4 необхідно підняти вгору на 0,82 мм і пересунути вправо на 0,87 мм.

6 НАЛАГОДЖУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

6.1 Маркування виводів обмоток електричних машин

Для перевірки правильності підключення електричних машин необхідно знати *маркування (marking)* їх виводів (табл. 6.1), яке зазвичай зазначається на наконечниках виводних кінців обмоток, пластмасових кільцях біля наконечників або виводній колодці поряд з виводами.

Виводи обмоток електричних машин, які були розроблені раніше, промарковані згідно з ГОСТ 183-74, а виводи машин, які були виготовлені останнім часом і виготовляються сьогодні, маркують згідно з ГОСТ 26772-85.

Таблиця 6.1 – Маркування виводів обмоток трифазних електричних машин

Назва та схема з'єднання обмоток	Кіл. вив.	Назва виводів	Позначення виводів			
			ГОСТ 183-74		ГОСТ 26772-85	
			поч.	кін.	поч.	кін.
<i>Обмотка статора (stator winding) при відкритій схемі</i>	6	перша фаза друга фаза третья фаза	C1 C2 C3	C4 C5 C6	U1 V1 W1	U2 V2 W2
Обмотка статора при з'єднанні у зірку	3 або 4	перша фаза друга фаза третья фаза нульова точка	C1 C2 C3 0		U V W N	
Обмотка статора при з'єднанні у трикутник	3	перший вивод другий вивод третій вивод	C1 C2 C3		U V W	
Обмотка збудж. синхр. машини	2	–	И1	И2	F1	F2
<i>Обмотки ротора (rotor winding) трифазних асинхронних машин</i>	3 або 4	перша фаза друга фаза третья фаза нульова точка	P1 P2 P3 0		K L M Q	

Слід зазначити, що контактні кільця роторів асинхронних двигунів позначають таким самим чином, що й приєднані до них виводи обмоток ротора, при цьому кільце Р1 розташоване якнайдалше від обмотки ротора. Маркування самих контактних кілець є не обов'язковим.

Таблиця 6.2 – Маркування виводів обмоток однофазних електричних машин і машин постійного струму

Назва та схема з'єднання обмоток	Кіл. вив.	Позначення виводів			
		ГОСТ 183-74		ГОСТ 26772-85	
		поч.	кін.	поч.	кін.
Обмотки синхронних машин: - статора	2	С1	С2	U1	U2
	2	И1	И2	F1	F2
Обмотки статора асинхронних двигунів: - головна	2	С1	С2	U1	U2
	2	В1	В2	Z1	Z2
Обмотки машин постійного струму: - якоря	2	Я1	Я2	A1	A2
	2	К1	К2	C1	C2
	2	Д1	Д2	B1	B2
	2	С1	С2	D1	D2
	2	Н1	Н2	F1	F2
	2	Ш1	Ш2	E1	E2
	2				
- компенсаційна					
- додаткових полюсів					
- послідовна збудження					
- незалежна збудження					
- паралельна збудження					

У табл. 6.1 та табл. 6.2 маркування виводів обмоток електричних машин наведено частково. Маркування у повній формі подано у відповідній нормативній документації (ГОСТ 183-74, ГОСТ 26772-85).

На рис. 6.1 наведено схеми з'єднань обмоток трифазних асинхронних двигунів і схеми з'єднання виводних затискачів їх обмоток.

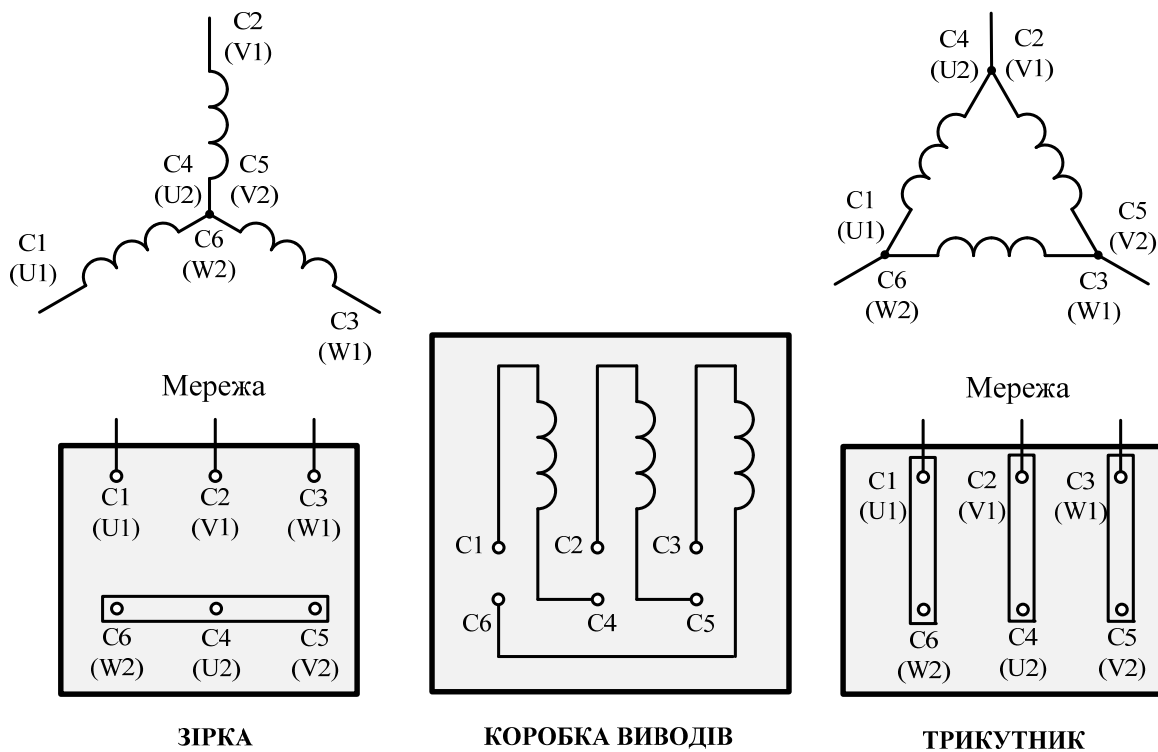


Рисунок 6.1 – Схеми з'єднань обмоток трифазних асинхронних двигунів і схеми з'єднання виводних затискачів їх обмоток

6.2 Об'єми випробувань електричних машин

Об'єми випробувань електричних машин регламентуються ПУЕ, відповідними стандартами та інструкціями.

При налагоджувальних роботах проводять випробовування, які є загальними для машин усіх типів:

- ✓ зовнішній огляд та перевірка механічної частини;
- ✓ перевірка полярності виводів обмоток електричної машини;
- ✓ вимірювання опору ізоляції обмоток;
- ✓ визначення можливості включення електричної машини без сушки;
- ✓ випробовування ізоляції обмоток підвищеною напругою;
- ✓ вимірювання опору обмоток постійному струму;
- ✓ пробний пуск електричної машини та перевірка її роботи у режимі холостого ходу та під навантаженням;
- ✓ вимірювання вібрації підшипників [2].

6.2.1 Зовнішній огляд і перевірка механічної частини

При зовнішньому огляді перевіряють:

- ✓ комплектність електричної машини – наявність вентилятора і його кожуха, кільця для підйому, паспорта, клемної колодки виводів і позначень на них;
- ✓ відповідність паспортних даних електричної машини проекту на дану електроустановку;
- ✓ наявність і зміст технічної документації щодо ревізії і ремонту електричної машини;
- ✓ заповнення підшипників мастилом і відсутність його протікання;
- ✓ відсутність у внутрішній частині електричної машини сторонніх предметів;
- ✓ відповідність заданого заводом-виробником напрямку обертання електричної машини напрямку обертання первинного двигуна або виробничого механізму (заводська мітка на корпусі електричної машини, яка вказує напрямок обертання, відповідає конструкції її вентилятора);
- ✓ цілісність ізоляції і з'єднань видимих частин обмоток електричної машини і виводів;
- ✓ надійність кріплення лобових частин обмоток електричної машини, а також відстань між неізольованими струмопровідними частинами і корпусом електричної машини;
- ✓ повітряний зазор між *статором (stator)* і ротором електричної машини;
- ✓ стан колектора, щіткотримачів та щіток, відповідність їх технічним вимогам;
- ✓ стан кілець фазного ротора (відсутність вибоїн, глибоких подряпин, плям корозії);
- ✓ наявність і якість виконання заземлення (занулення) електричної машини;
- ✓ стан з'єднувальної муфти, пасової чи ланцюгової передач і захисного кожуха [2].

Для перевірки механічної частини також здійснюють повертання ротора та перевірку кріплення машини і її деталей.

Повертання ротора здійснюють при першому включенні електричної машини або після тривалого її зберігання, що необхідно для перевірки вільного обертання ротора електричної машини і відсутності

його заклинювання. Для машин малої потужності ця операція здійснюється вручну з попереднім зняттям захисних кожухів. Для машин середньої та великої потужності провертання ротора здійснюють за допомогою лома або підйомного крана [2].

6.2.2 Перевірка полярності виводів обмоток електричних машин та відповідності схем з'єднання обмоток інструкціям і схемам заводу-виробника

Якщо маркування виводів обмоток електричної машини відсутнє, то його визначають індуктивним методом на постійному або змінному струмі. Маркування виводів обмоток електричної машини великої потужності рекомендується перевіряти навіть при наявності заводського маркування.

На початковому етапі, за допомогою *мегомметра (megger)*, контрольної лампи або індикатора, знаходять парні виводи обмоток і маркують їх. У подальшому перевіряють полярність виводів на постійному чи змінному струмі за допомогою одного із описаних нижче методів.

➤ Найбільш простим є метод перевірки напругою постійного струму при почерговому включенні обмоток (рис. 6.2). Акумуляторну батарею включають імпульсом на одну із фаз, а до інших фаз почергово підключають вольтметр. При цьому підбирають таке включення вольтметра, при якому у момент подання напруги від акумуляторної батареї стрілка прилада відхилиться вправо. При такому включенні до «+» акумуляторної батареї та «-» вольтметра підключені початки фазних обмоток [20].

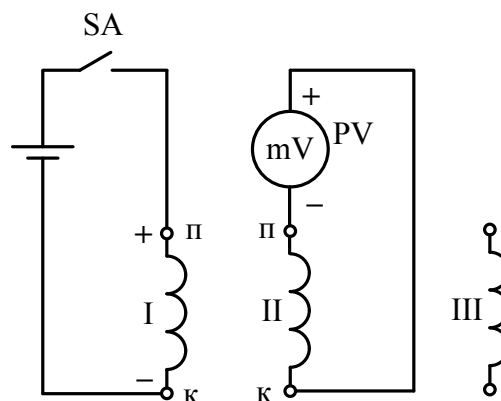


Рисунок 6.2 – Визначення полярності виводів фазних обмоток на постійному струмі при почерговому включенні обмоток

➤ Для більш відповідальної перевірки використовують метод парного послідовного включення двох фазних обмоток і акумуляторної батареї (рис. 6.3). Вольтметр включають у третю фазу. Якщо перші дві фази з'єднані однойменними виводами (рис. 6.3, а), то стрілка вольтметра не буде відхилятися при включенні акумуляторної батареї. Якщо ж фази з'єднані різнойменними виводами (рис. 6.3, б), то вольтметр буде реагувати на включення та відключення акумуляторної батареї [20].

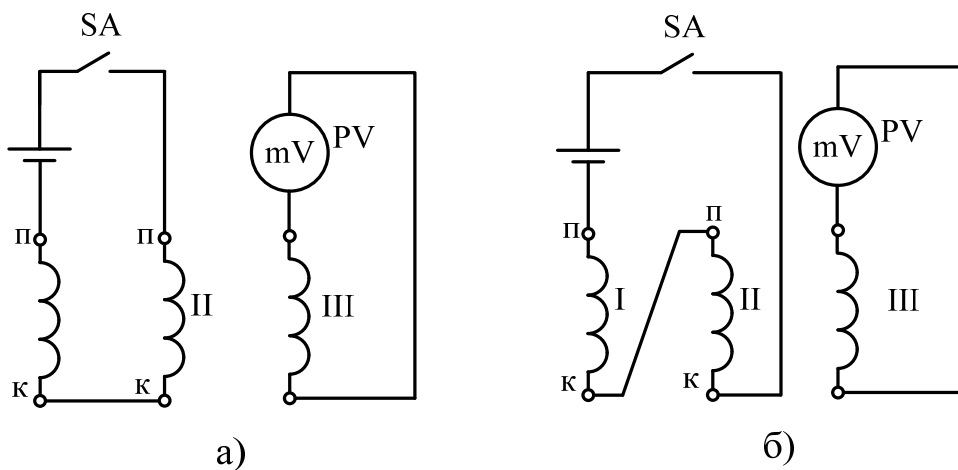


Рисунок 6.3 – Визначення полярності виводів фазних обмоток на постійному струмі при попарному включенні обмоток

➤ На змінному струмі перевірку полярності виводів обмоток окремих фаз здійснюють таким чином (рис. 6.4).

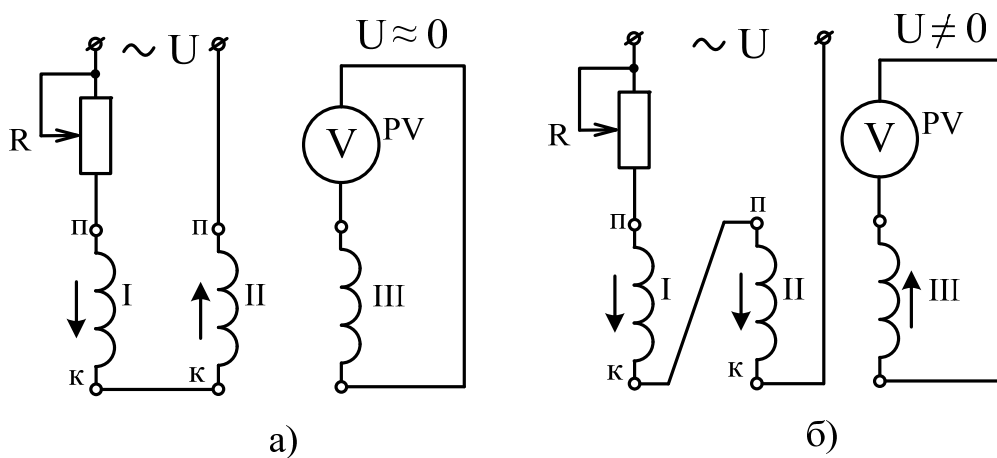


Рисунок 6.4 – Визначення полярності фазних обмоток на змінному струмі

Дві довільні фазні обмотки з'єднують послідовно і включають на понижену напругу мережі змінного струму. До третьої фазної обмотки підключають вольтметр змінного струму. Якщо перші дві фази з'єднані однойменними виводами (рис. 6.4, а), то вольтметр не покаже напругу на третій фазі. При з'єднанні двох фазних обмоток різнойменними виводами (рис. 6.4, б) вольтметр покаже наявність напруги. Аналогічно маркують виводи третьої фази.

Якщо потрібно перевірити маркування виводів багатшвидкісного двигуна, то перевірку починають з визначення окремих складових частин кожної обмотки за допомогою джерела змінного струму та вольтметра.

Для цього одну частину обмотки включають на понижену напругу і визначають іншу частину обмотки цієї фази за найбільшим значенням вимірної напруги (рис. 6.5, а). Аналогічно перевіряють решту фаз.

Полярність складових частин обмотки визначають відповідно до схеми, зображеної на рис. 6.5, б. У випадку з'єднання різнойменних виводів частин обмотки, що належать одній фазі, значення вимірної напруги U_2 близьке до нуля. Аналогічно перевіряють полярність решти частин обмотки.

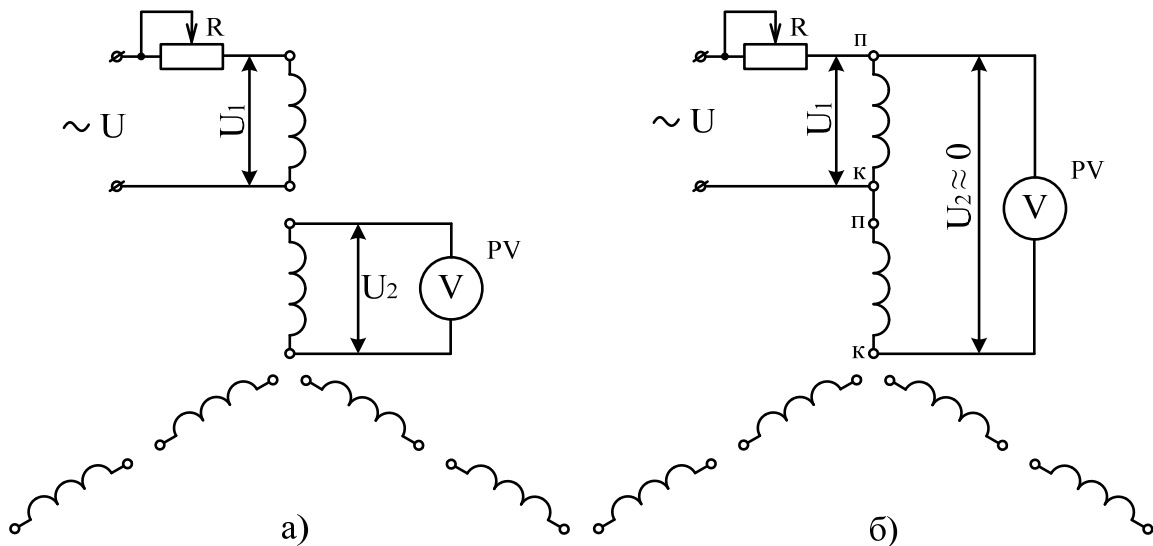


Рисунок 6.5 – Визначення складових частин фазних обмоток (а) та визначення полярності складових частин обмоток (б)

Наступним кроком є перевірка полярності одинарних обмоток окремих фаз відповідно до однієї з описаної вище методик.

6.2.3 Вимірювання опору ізоляції обмоток

Вимірювання опору ізоляції обмоток відносно корпусу машини і між обмотками є одним із найбільш важливих контрольних випробувань, за результатами якого визначають можливість включення машини на робочу напругу.

Опір ізоляції обмоток електричних машин вимірюють за допомогою мегомметра. При чому, для машин з номінальною напругою до 1000 В, вимірювання проводять за допомогою мегомметра на напругу 500...1000 В [2].

При вимірюваннях по чергово перевіряють опір ізоляції кожної обмотки відносно заземленого корпусу і між окремими обмотками. При цьому один вивід мегомметра підключають до вивода випробуваної обмотки, а інший – до заземленого корпусу машини, з яким, на час випробовування даної обмотки, з'єднують усі інші обмотки, що на даний момент не випробовуються.

При вимірюванні опору ізоляції обмоток необхідно мати на увазі, що результати вимірювань залежать від величини залишкового заряду ізоляції. Для усунення залишкового заряду необхідно перед кожним вимірюванням заземлювати обмотку на 3...4 хв [20].

Після випробувань в обмотці електричної машини залишився потенціал високої напруги, який знімають приєднанням виводів обмоток до заземленого корпусу машини на час не менше 1 хв [2, 20].

Опір ізоляції обмоток електричної машини відносно її корпусу і опір ізоляції між обмотками при робочій температурі машини повинен бути менше значення [2, 20]:

$$R_{60} = \frac{U}{1000 + \frac{P}{100}}, \quad (6.1)$$

де R_{60} – опір ізоляції, виміряний після прикладення напруги мегомметра через 60 с, МОм;

U – номінальна напруга обмотки електричної машини, В;

P – номінальна потужність машини, кВт.

При цьому прийнято, що опір ізоляції машин всіх типів повинен становити не менше 1 МОм на 1 кВ номінальної напруги машини, але не менше 0,5 МОм (при робочій температурі машини, тобто 75 °С).

Якщо вимірювання опору ізоляції здійснюється при температурі нижче робочої, то отримане за формулою (6.1) значення опору ізоляції слід подвоювати на кожні 20 °С різниці між робочою температурою і температурою при вимірюванні.

Вимірювання опору ізоляції повинно проводитися при температурі машини не нижче 10 °С.

Опір ізоляції обмотки статора (кожна фаза окремо відносно корпусу і двох інших заземлених фаз) електричних машин із номінальною напругою до 1000 В при температурі 10...30 °С повинен становити не менше 0,5 МОм. Опір ізоляції вимірюється мегомметром на напругу 1000 В.

Опір ізоляції обмотки ротора при температурі 10...30 °С повинен становити не менше 0,5 МОм. Допускається вводити в експлуатацію неявнополюсні ротори, які мають опір ізоляції не нижче 2 кОм при температурі 75 °С або 20 кОм при температурі 20 °С. Опір ізоляції вимірюється мегомметром на напругу 1000 В. Дозволяється використання мегомметра на напругу 500 В.

6.2.4 Визначення можливості включення електричної машини без сушіння

Вимоги до включення електричних машин постійного та змінного струму без попереднього сушіння ізоляції відрізняються і визначаються рядом факторів, в тому числі їх потужністю, частотою обертання, номінальною напругою тощо.

Для визначення можливості включення машини без сушіння необхідно знати:

✓ абсолютне значення опору ізоляції обмоток R_{60} , тобто опір, виміряний через 60 с після приведення мегомметра у дію (при температурі не нижче 10 °С);

✓ значення коефіцієнта абсорбції, який визначається як відношення двох значень опору ізоляції, виміряних через 60 і 15 с після приведення мегомметра у дію (при температурі 10...30 °С)

$$K_{60} = \frac{R_{60}}{R_{15}}; \quad (6.2)$$

✓ залежність струмів витоку через ізоляцію обмотки від значення випробувальної напруги випрямленого струму [20].

$$i_{yt} = f(U_{\text{випр}}). \quad (6.3)$$

Цю умову виражає коефіцієнт нелінійності

$$K_n = \frac{R_{0,5U_n}}{R_{U_{\max}}}, \quad (6.4)$$

де $R_{0,5U_n}$ – опір ізоляції обмотки, виміряний при половині номінальної напруги машини;

$R_{U_{\max}}$ – опір ізоляції обмотки, виміряний при максимальній напрузі [20].

Значення коефіцієнта нелінійності не повинно перевищувати встановленої величини.

Абсолютне значення струму витоку при різних ступенях випробувальної напруги при температурі 10...30 °С не повинно перевищувати значень, наведених у табл. 6.3 [20].

Таблиця 6.3 – Допустимі струми витоку

Ступінь випробувальної напруги відносно номінальної	0,5	1	1,5	2	2,5 U_{\max}	3 U_{\max}
Найбільший допустимий струм витоку, мкА	250	500	1000	2000	3000	3500

✓ значення відношення ємностей C_2/C_{50} за методом «ємність-частота» для машин потужністю до 5000 кВт з частотою обертання не більше 1500 об/хв., де C_2 і C_{50} – ємності обмоток машин змінного струму, виміряних при частотах 2 і 50 Гц. Ця умова не відноситься до генераторів, синхронних компенсаторів, двигунів потужністю понад 5000 кВт та двигунів з частотою обертання понад 1500 об/хв. [20].

При визначенні умов, задоволення яких є обов'язковим для включення машин без сушіння, всі машини змінного струму поділяють на дві групи:

✓ перша – електродвигуни потужністю до 5000 кВт з частотою

обертання не більше 1500 об/хв;

✓ друга – електродвигуни потужністю більше 5000 кВт та електродвигуни з частотою обертання понад 1500 об/хв, генератори і синхронні компенсатори [20].

Другу групу поділяють на дві підгрупи:

✓ машини на напругу до 15,75 кВ;

✓ машини на напругу вище 15,75 кВ [20].

6.2.5 Випробовування ізоляції обмоток підвищеною напругою

Випробовування ізоляції підвищеною напругою виконується з метою виявити приховані дефекти ізоляції і переконатись у її надійності.

Випробовування ізоляції обмоток електричних машин, які мають шість виводів, виконується пофазно [2].

При випробовуванні ізоляції одної фази дві інші з'єднують з корпусом машини.

Ізоляція вважається такою, що витримала випробовування, якщо не було її пробую. Поява корони або поверхневих ковзаючих розрядів не береться до уваги [2].

6.2.6 Вимірювання опору обмоток постійному струму

Вимірювання опору обмоток постійному струму здійснюється з метою виявлення таких дефектів як неякісні з'єднання, міжвиткові короткі замикання, а також помилок у схемах з'єднань.

Опір вимірюється за допомогою амперметра і вольтметра або подвійним мостом. Вимірювання опору за допомогою омметра є найменш точним, тому його застосовують при попередніх вимірюваннях з метою порівняння з відомим опором.

Опір постійному струмі обмоток електричної машини з трьома виводами обмоток, коли з'єднання обмоток в зірку або трикутник виконано у середині машини, виконується між кожними двома виводами попарно (рис. 6.6) [2].

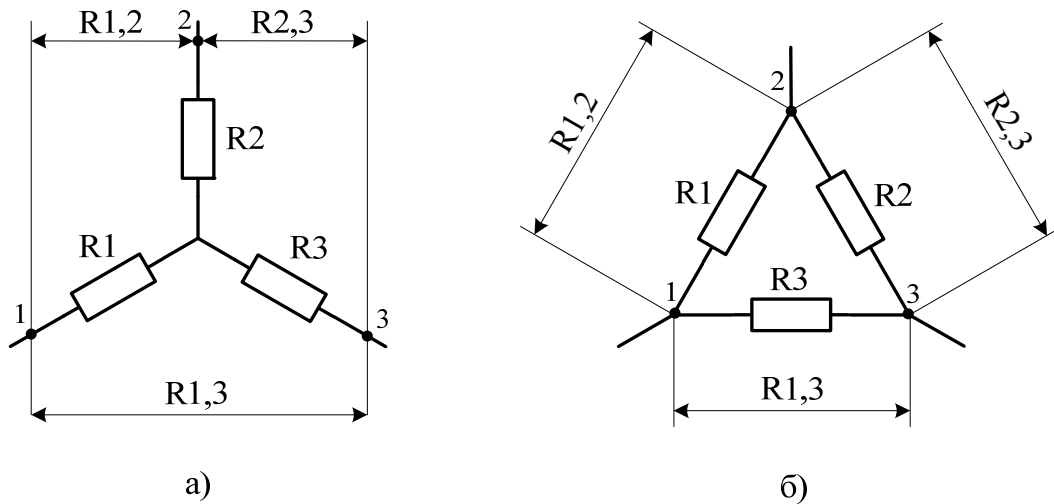


Рисунок 6.6 – Вимірювання опорів при з'єднанні обмоток електричної машини в зірку (а), трикутник (б)

У даному випадку опір окремих фаз визначається із виразів [2]:

✓ при з'єднанні у зірку

$$R_1 = \frac{1}{2}(R_{1,2} + R_{1,3} + R_{2,3}), \quad (6.5)$$

$$R_2 = \frac{1}{2}(R_{1,2} + R_{2,3} + R_{1,3}), \quad (6.6)$$

$$R_3 = \frac{1}{2}(R_{1,3} + R_{2,3} + R_{1,2}). \quad (6.7)$$

При однакових значеннях виміряних опорів [2]

$$R_1 = R_2 = R_3 = \frac{R_{1,2}}{2}; \quad (6.8)$$

✓ при з'єднанні у трикутник

$$R_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{4 \cdot R_{2,3} \cdot R_{1,3}}{-R_{1,2} + R_{2,3} + R_{1,3}} - (-R_{1,2} + R_{2,3} + R_{1,3}) \right), \quad (6.9)$$

$$R_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{4 \cdot R_{1,3} \cdot R_{1,2}}{R_{1,2} - R_{2,3} + R_{1,3}} - (R_{1,2} - R_{2,3} + R_{1,3}) \right), \quad (6.10)$$

$$R_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{4 \cdot R_{1,3} \cdot R_{2,3}}{R_{1,2} + R_{2,3} - R_{1,3}} - (R_{1,2} + R_{2,3} - R_{1,3}) \right). \quad (6.11)$$

При однакових значеннях виміряних опорів [2]

$$R_1 = R_2 = R_3 = \frac{3}{2} R_{1,2}. \quad (6.12)$$

Опір обмотки суттєво залежить від її температури, тому велике значення має правильне визначення температури обмотки.

При вимірюванні опору обмоток постійному струму в холодному стані машини температура обмоток не повинна відрізнятися від температури навколишнього середовища більше як $\pm 3^\circ\text{C}$ [2].

Якщо немає можливості виміряти температуру обмоток машини, то вона повинна знаходитися у місці вимірювання опору обмоток у неробочому стані до тієї пори, поки її температура не стане рівною температурі навколишнього середовища. Зміна температури навколишнього середовища за цей час повинна бути не більшою $\pm 5^\circ\text{C}$. При цьому температурою обмоток вважається температура навколишнього середовища під час вимірювання опору [2].

Вимірювання проводиться декілька раз. Результати вимірювань одного і того ж опору не повинні відрізнятися від середнього більше, ніж на $\pm 0,5\%$. За дійсне значення опору береться середнє арифметичне результатів усіх вимірювань, які задовольняють цю вимогу [2].

Схеми вимірювання опорів методом вольтметра та амперметра зображені на рис. 6.7.

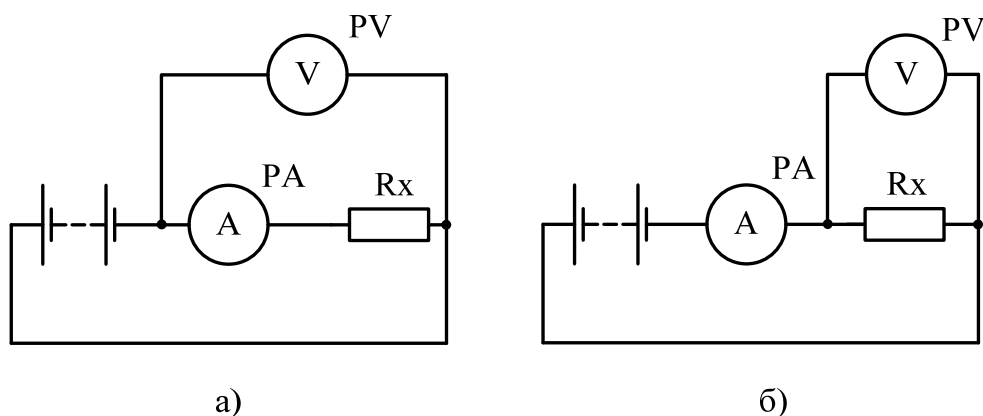


Рисунок 6.7 – Схеми підключення вольтметра та амперметра для вимірювання великих (а) та малих (б) опорів

Значення виміряного опору:

✓ для схеми, зображеної на рис. 6.7, а)

$$R_x = \frac{U - I \cdot R_A}{I}, \quad (6.13)$$

де R_A – опір амперметра;

✓ для схеми, зображеної на рис. 6.7, б)

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}, \quad (6.14)$$

де R_V – опір вольтметра.

6.2.7 Пробний пуск електричної машини та перевірка її роботи у режимі холостого ходу та під навантаженням

Пробний пуск двигунів проводять після закінчення усіх його випробовувань і при їх позитивних результатах, а також після виконання організаційних і технічних заходів із техніки безпеки.

Пуск двигуна здійснюють наладчики у присутності представників електромонтажної організації, замовника, а при пуску з механізмом – представники організації, яка здійснювала монтаж технологічного обладнання. Без механізмів прийнято прокручувати і випробовувати усі двигуни великої та середньої потужності, а також двигуни приводів з важкими умовами пуску [2, 20].

Якщо технологічне обладнання постачається при повній комплектації, то двигуни (зазвичай малої потужності) вже змонтовані і приєднані до редукторів механізмів відразу після центрування. У цьому випадку, щоб уникнути додаткових робіт із розбирання муфт, наладчики проводять випробовування двигунів спільно з механізмами [20].

Якщо монтаж двигунів здійснювався господарчим способом, тобто власними силами служби головного енергетика, то їх пуск також здійснюється власними силами.

Пробний пуск двигуна здійснюють у режимі поштовху – тривалість включення становить 1...2 с. При цьому вал двигуна повинен зробити лише декілька оборотів, не набираючи повної швидкості.

Якщо при першому пуску вал електричної машини почав обертатися у необхідному напрямку і при цьому не спостерігається ненормальних явищ, проводиться повторний пуск на більш тривалий час,

достатній для розгону машини до номінальної швидкості. Після досягнення номінальної швидкості обертання електричну машину відключають.

При задовільному результаті пробного пуску машину включають на 20-30 хв. При цьому перевіряють нагрів обмоток (вимірюють струм в обмотках), підшипників, магнітопровода. При пошкодженні обмоток з'являється характерний запах горілої ізоляції, який виявляється раніше, ніж відбудеться повне нагрівання обмотки [20].

При з'єднанні двигунів з механізмами останні не завантажують (вентилятори із закритою засувкою, транспортери без вантажу тощо).

Перевірка електричних машин на холостому ході здійснюється після пробних пусків і усунення усіх зауважень. Тривалість перевірки становить не менше однієї години [2].

Перевірка електричних машин під навантаженням здійснюється після успішної перевірки на холостому ході. Перевірка під навантаженням здійснюється при потужності, яку потребує технологічне обладнання до моменту здачі в експлуатацію [2].

Випробовування у режимі холостого ходу та під навантаженням включають:

- ✓ перевірку підшипників (температура підшипників, робота системи змащення, подача масла та ін). Гранична допустима температура підшипників ковзання становить 80 °С, а підшипників кочення – 90 °С. Фактично таке нагрівання підшипників свідчить про наявність того чи іншого дефекту у них, який слід виявити шляхом повторної ревізії і усунути. При нормальному режимі роботи підшипники ковзання мають температуру 50...60 °С;

- ✓ перевірку відповідності частоти обертання паспортним даним і межам регулювання частоти обертання (у машин з регульованою частотою обертання);

- ✓ перевірку комутації. Комутацію машин постійного струму перевіряють шляхом спостереження за колекторами під час пусків, при роботі без навантаження, при максимальних значеннях напруги і частоти обертання;

- ✓ перевірку систем охолодження і змащення. Контролюють температуру частин електричної машини. Допустимий перегрів частин електричної машини залежить від класу ізоляції. Основними класами

ізоляції, які використовуються на даний час при виготовленні електричних машин, є класи В, F і Н. Допустимі температура нагріву і перевищення температури для різних класів ізоляції подано в табл. 6.4 [20, 21].

Таблиця 6.4 – Допустимі температура нагріву і перевищення температури для різних класів ізоляції

Параметри	Клас ізоляції		
	В	F	Н
Допустима температура нагріву ізоляційного матеріалу, °С	≤130	≤155	≤180
Допустима температура нагріву обмоток електричної машини, °С	≤120	≤140	≤165
Допустиме перевищення температури (перегрів), °С	80	100	125

✓ перевірку вібрації підшипників.

6.2.7 Вимірювання вібрації підшипників

Через неточності при виготовленні обертові частини електричної машини майже завжди мають більш або менш значну неврівноваженість. У результаті цієї неврівноваженості, а також дефектів будівельної частини або монтажу машини при її обертанні виникає вібрація, яка передається підшипникам, а через них і іншим частинам машини. Усунути вібрацію повністю практично неможливо, головне, щоб вона не перевищувала установлені межі [20].

Величина вібрації вимірюється на усіх підшипниках електричної машини (рис. 6.8) у вертикальному, горизонтально-поперечному (перпендикулярно до осі вала) і горизонтально-осьовому напрямках [2].

Вимірювання у горизонтально-поперечному та горизонтально-осьовому напрямках здійснюється на рівні осі вала, а у вертикальному напрямку – у найвищій точці кришки підшипника.

Вібрація вимірюється віброметрами.

Підвищена вібрація може бути зумовлена електромагнітними або механічними причинами.

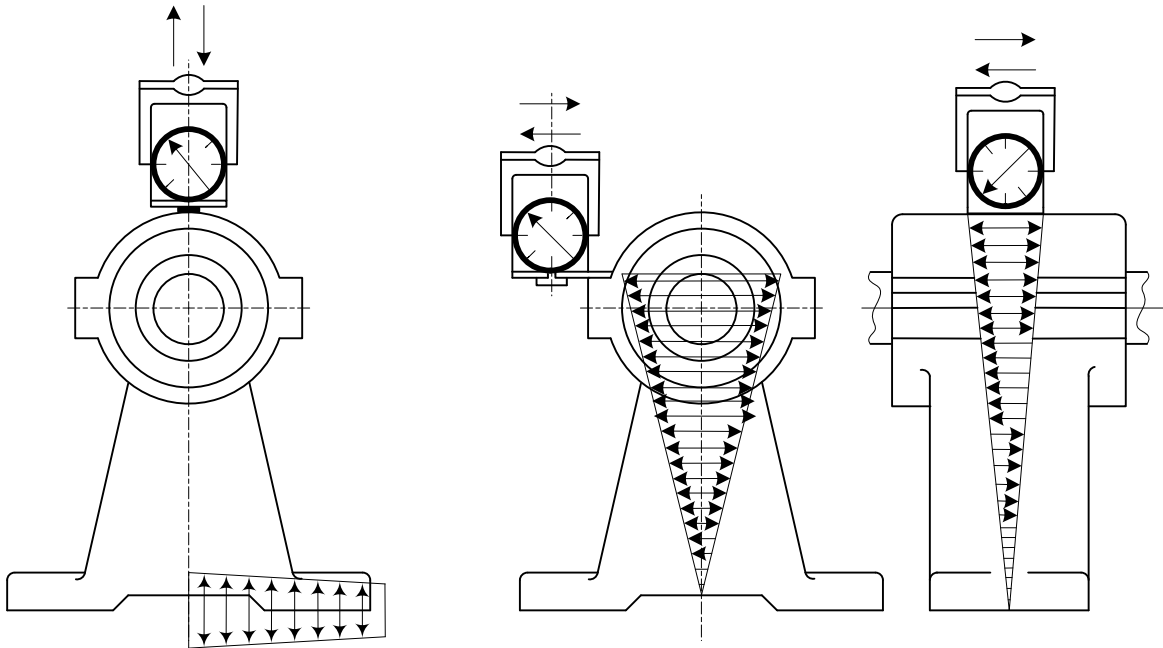


Рисунок 6.8 – Установлення вібрметра для вимірювання амплітуд вібрації у вертикальному (а), горизонтально-поперечному (б), горизонтально-осьовому (в) напрямках

Електромагнітні причини:

- ✓ неправильно виконане з'єднання окремих частин чи фаз обмоток;
- ✓ недостатня жорсткість корпусу статора;
- ✓ невдале співвідношення чисел зубців магнітопровода статора і ротора;
- ✓ замикання в обмотках електричної машини;
- ✓ обриви в обмотках електричної машини;
- ✓ нерівномірний повітряний зазор між статором і ротором тощо [2].

Механічні причини:

- ✓ неправильно виконане центрування електричної та робочої машин;
- ✓ несправності у з'єднувальній муфті (перекіс півмуфт, зношення з'єднувальних пальців);
- ✓ викривлення вала;
- ✓ невірноваженість обертових частин електричної або робочої машини;
- ✓ ослаблення кріплення чи посадки обертових частин тощо [2].

7 ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ

7.1 Основні поняття, терміни та означення. Види і типи схем

Схема – це конструкторський документ, на якому показано у вигляді умовних графічних позначень складові частини виробу і зв'язки між ними.

Елемент схеми – складова частина схеми, яка виконує певну функцію у виробі і не може бути розділена на частини, які мають самостійне функціональне призначення (резистор, контакт реле, насос, муфта, трансформатор тощо). Всі елементи схеми мають власні умовні графічні і буквено-цифрові позначення.

Пристрій – сукупність елементів, що являє собою єдину конструкцію (багатоконтактне реле, набір транзисторів, плата, блок, шафа тощо).

Функціональна група – сукупність елементів, що виконують у виробі певну функцію і не з'єднаних в єдину конструкцію.

Лінія взаємозв'язку – відрізок лінії, який вказує на наявність зв'язку між функціональними частинами виробу (елементами і пристроями).

Установка – умовне найменування об'єкта в енергетичних конструкціях, на який випускається комплект схем (схема).

Відповідно до стандарту (ГОСТ 2.701-84), залежно від видів елементів і зв'язків, які входять до складу виробу, схеми поділяються на певні види, кожному з яких відповідає буквене позначення, а залежно від основного призначення – на типи, кожному з яких відповідає цифрове позначення (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Види і типи схем

Вид схеми	Позначення	Тип схеми	Позначення
Електрична	Е	Структурна	1
Автоматизації	А	Функціональна	2
Гідравлічна	Г	Принципова	3
Пневматична	П	Монтажна	4
Кінематична	К	Підключення	5
Енергетична	Р	Загальна	6

Продовження таблиці 7.1

Вид схеми	Позначення	Тип схеми	Позначення
Комбінована	С	Розміщення	7
Оптична	Л	Інші	8
Газова	Х	Об'єднана	0

Назва схеми визначається її видом та типом. Так, наприклад, *схема електрична принципова (electric principle circuit) Е3, схема електрична монтажна (electric montage circuit) Е4* і т. д.

7.2 Загальні правила виконання схем

Правила виконання схем відповідно до ГОСТ 2.701-84.

➤ Номенклатура схем. Кількість типів схем на виріб (установку) повинна бути мінімальною, але в сукупності вони повинні містити відомості в об'ємі, достатньому для проектування, виготовлення, експлуатації і ремонту установки.

Між схемами одного комплексу конструкторських документів повинен бути встановлений однозначний зв'язок, що дозволяє швидко відшукувати одні і ті ж елементи, зв'язки або з'єднання на всіх схемах даного комплексу.

➤ Формати. Схеми виконуються на стандартних форматах А4...А0. Вибраний формат повинен забезпечувати компактне виконання схеми, не порушуючи її наочності і зручності користування.

➤ Побудова схеми. Схеми виконують без дотримання просторового масштабу, тобто дійсне просторове розташування складових частин установки не враховують або враховують наближено.

Графічні позначення елементів і лінії їх зв'язку необхідно розташовувати на схемі таким чином, щоб забезпечити якнайкраще уявлення про структуру виробу і взаємодію його складових частин.

Допускається розташовувати умовні графічні позначення елементів на схемі у тому ж порядку, в якому вони розташовані у виробі, за умови, що це не порушить легкість читання схеми.

За наявності у виробі трьох і більше однакових елементів, з'єднаних послідовно, допускається, замість зображення усіх послідовно з'єднаних елементів, зображати лише перший та останній елементи, показуючи зв'язки між ними штриховими лініями.

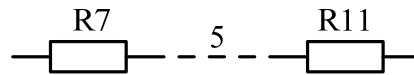


Рисунок 7.1 – Спрощення у схемах

При присвоєнні елементам схеми позначень повинні бути враховані елементи, не зображені на схемі (рис. 7.1). Над штриховою лінією при цьому зазначають загальну кількість однакових елементів. Елементи у цьому випадку записують до переліку елементів в один рядок.

Схеми допускається виконувати в межах умовного контуру, який спрощено зображає конструкцію виробу. У цих випадках умовні контури виконують лініями, рівними по товщині лініям зв'язку.

Відстань між двома сусідніми лініями графічного позначення повинна бути не менше 1,0 мм. Відстань між сусідніми паралельними лініями зв'язку повинна бути не менше 3,0 мм. Відстань між окремими умовними графічними позначеннями повинна бути не менше 2,0 мм.

При проектуванні виробу, до якого входять декілька різних пристроїв, на кожний пристрій рекомендується виконувати самостійну принципову схему. На загальній схемі кожен такий пристрій розглядають як елемент схеми виробу і зображають його у вигляді умовного графічного позначення або фігури прямокутної (інколи не прямокутної) форми суцільною лінією, рівною по товщині лініям зв'язку. Такому елементу присвоюють позиційне позначення і записують в перелік елементів однією позицією.

При виконанні принципової схеми на декількох листах необхідно виконувати такі вимоги:

- ✓ при присвоєнні елементам позиційних позначень проводять наскрізну нумерацію в межах виробу (установки);
- ✓ перелік елементів повинен бути загальним;
- ✓ окремі елементи допускається повторно зображати на інших листах схеми, зберігаючи позиційні позначення, присвоєні їм на одному з листів схеми.

При розробці на один виріб декількох самостійних принципових схем слід виконувати такі вимоги:

- ✓ на кожній схемі повинен бути перелік тільки тих елементів, позиційні позначення яким присвоєні на цій схемі;

✓ окремі елементи допускається повторно зображати на декількох схемах, зберігаючи за ними позиційні позначення, присвоєні їм на одній з схем.

➤ Графічні позначення. При виконанні схем застосовують умовні графічні позначення, зазначені в стандартах, а також побудовані на їх основі (додаток А). За необхідності застосовують також і нестандартизовані умовні графічні позначення, але при цьому на схемі необхідно привести відповідні пояснення.

Розміри умовних графічних позначень, а також товщини їх ліній повинні бути однаковими на всіх схемах для даного виробу (установки) і відповідати розмірам, зазначеним в стандартах на умовні графічні позначення.

Умовні графічні позначення, співвідношення розмірів яких наведені у відповідних стандартах на модульній сітці, повинні зображатися на схемах з розмірами, які визначаються по вертикалі і горизонталі кількістю кроків модульної сітки. При цьому крок модульної сітки для кожної схеми може бути будь-яким, але однаковим для всіх елементів і пристроїв даної схеми.

Графічні позначення на схемах слід виконувати лініями тієї ж товщини, що і лінії зв'язку.

Умовні графічні позначення елементів зображають на схемі у положенні, в якому вони наведені у відповідних стандартах, або поверненими на кут, кратний 90° , якщо у відповідних стандартах відсутні спеціальні вказівки. Допускається умовні графічні позначення повертати на кут, кратний 45° , або зображати дзеркально поверненими.

Якщо при повороті або дзеркальному зображенні умовних графічних позначень може порушитися їх значення або легкість читання, то такі позначення повинні бути зображені у положенні, в якому вони наведені у відповідних стандартах.

Умовні графічні позначення, що містять цифрові або буквено-цифрові позначення, допускається повертати проти годинникової стрілки тільки на кут 90° або 45° .

➤ Лінії зв'язку. Лінії зв'язку виконують товщиною від 0,2 до 1,0 мм залежно від форматів схеми і розмірів графічних позначень. Рекомендована товщина ліній від 0,3 до 0,4 мм.

Лінії зв'язку повинні складатися з горизонтальних і вертикальних

відрізків і мати якнайменшу кількість зломів і взаємних перетинів. В окремих випадках допускається застосовувати похилі відрізки ліній зв'язку, довжину яких слід по можливості обмежувати.

Лінії зв'язку, що переходять з одного листа або одного документа на інший, необхідно обривати за межами зображення схеми без стрілок. Поряд з обривом лінії зв'язку вказується позначення або найменування, присвоєне цій лінії (наприклад, номер провідника, найменування сигналу або його скорочене позначення тощо), і в круглих дужках номер листа схеми і зони при її наявності (наприклад, (5, А6) – лист 5 зона А6) або позначення документа, при виконанні схем самотійними документами, на який переходить лінія зв'язку.

У межах одного листа лінії зв'язку повинні бути показані, як правило, повністю. Якщо лінії зв'язку ускладнюють читання схеми, то їх допускається обривати. При цьому обриви ліній зв'язку закінчують стрілками, біля яких вказують місця призначень перерваних ліній, (наприклад, підключення) і (або) необхідні характеристики кіл (наприклад, полярність, потенціал, тиск, витрата тощо).

➤ Перелік елементів. Дані про елементи, що входять до складу принципової електричної схеми, повинні бути записані до переліку елементів, який оформляється у вигляді таблиці (рис. 7.2).

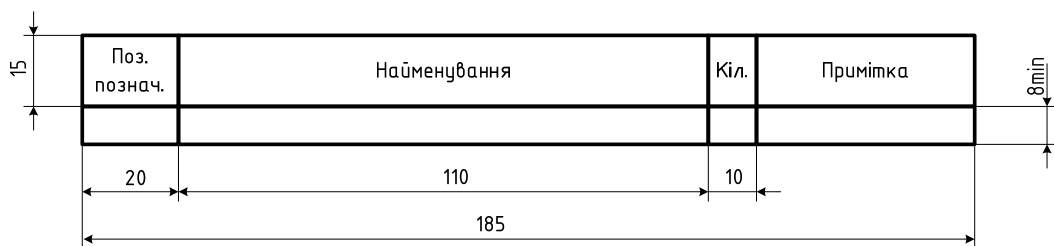


Рисунок 7.2 – Перелік елементів

При розбитті поля схеми на зони перелік елементів доповнюють графою «Зона» (рис. 7.3).



Рисунок 7.3 – Перелік елементів при розбитті на зони

У графі «Поз. позначення» вказують позиційні позначення елементів, пристроїв або функціональних груп.

У графі «Найменування» для елемента (пристрою) вказують найменування відповідного документа, на підставі якого цей елемент (пристрій) застосований, і позначення цього елемента; для функціональної групи – найменування;

У графі «Примітка» рекомендується вказувати технічні дані елемента (пристрою), що не містяться в його найменуванні.

У графі «Кількість» вказують кількість елементів.

У графі «Зона» вказують позначення зони або номер рядка (при рядковому способі виконання схеми), в якому розташований даний елемент (пристрій).

Перелік елементів розміщують на першому листі схеми над основним написом на відстані не менше 12 мм або виконують у вигляді самостійного документа на форматі А4.

При оформленні переліку елементів у вигляді самостійного документа його шифр повинен складатися з букви «П» і шифру схеми, до якої відноситься перелік, наприклад, код переліку елементів до електричної принципової схеми – ПЕЗ. При цьому в основному написі (графа 1) вказують найменування виробу, а також найменування документа «Перелік елементів».

Перелік елементів записують до специфікації після схеми, до якої він відноситься.

Елементи до переліку записують групами в алфавітному порядку буквено-позиційних позначень. У межах кожної групи, що має однакові буквені позиційні позначення, елементи розташовують у порядку збільшення порядкових номерів. Для полегшення внесення змін допускається залишати декілька незаповнених рядків між окремими групами елементів, а при великій кількості елементів – всередині груп і між елементами.

Елементи одного типу з однаковими параметрами, які мають на схемі послідовні порядкові номери, допускається записувати до переліку в один рядок. У цьому випадку в графу «Поз. позначення» записують тільки позиційні позначення з найменшим і найбільшим порядковими номерами, наприклад: R8...R12, а у графу «Кіл.» – загальну кількість таких елементів.

При записуванні елементів, що мають однакову першу частину

позиційних позначень, допускається записувати найменування елементів у графі «Найменування» у вигляді загального найменування (заголовка) один раз на кожному листі переліку або записувати у загальному найменуванні позначення документів, на підставі яких ці елементи застосовані.

Запис елементів, що входять до окремого пристрою (функціональної групи), починають з найменування пристрою або функціональної групи, яке записують в графі «Найменування» і підкреслюють. При автоматизованому проектуванні найменування пристрою (функціональної групи) допускається не підкреслювати. Нижче за найменування пристрою (функціональної групи) повинен бути залишений один вільний рядок, вище – не менше як один вільний рядок.

Якщо у схемі виділяють окремі функціональні групи і позиційні позначення елементам присвоюють в межах цих функціональних груп, то до переліку елементи записують окремо за функціональними групами. Запис починається з відповідного заголовка у графі «Найменування» переліку.

Якщо у виробі є декілька однакових пристроїв або функціональних груп, то в переліку вказують кількість елементів, що входять в один пристрій (функціональну групу). Загальну кількість однакових пристроїв (функціональних груп) вказують в графі «Кіл.» в одному рядку з заголовком.

Якщо на схемі виробу є елементи, що не входять до складу пристроїв (функціональних груп), то при заповненні переліку елементів спочатку записують ці елементи без заголовка, а потім пристрої і функціональні групи з елементами, що входять до них.

➤ **Текстова інформація.** У випадках, коли відомості про елементи недоцільно або неможливо виразити графічно, дозволяється на схемах розміщувати необхідні текстові дані.

Текстові дані залежно від їх змісту і призначення можуть бути розташовані:

- ✓ поряд із графічними позначеннями;
- ✓ всередині графічних позначень;
- ✓ в розривах або поряд із кінцями ліній зв'язку;
- ✓ на вільному полі схеми.

Біля графічних позначень елементів і пристроїв розташовують,

наприклад, номінальні значення їх параметрів, а на вільному полі схеми – діаграми, таблиці, вказівки про специфічні вимоги до монтажу тощо.

Зміст тексту повинен бути коротким і точним. У написах на схемах не повинні застосовуватися скорочення слів, за винятком загальноприйнятих або встановлених у стандартах.

Текстові дані, що відносяться до ліній, орієнтують паралельно горизонтальним ділянкам відповідних ліній. При великій насиченості схеми допускається вертикальна орієнтація даних.

Написи, знаки або графічні позначення, призначені для нанесення на виріб, на схемі беруть у лапки.

На полі схеми над основним написом допускається розміщувати необхідні технічні вказівки, наприклад, вимоги про неприпустимість сумісного прокладення деяких провідників, джгутів, кабелів, трубопроводів, величини мінімально допустимих відстаней між провідниками, джгутами, джгутами і кабелями, трубопроводами, дані про специфічність прокладання і захисту провідників, джгутів, кабелів і трубопроводів тощо. Технічні вказівки, що відносяться до окремих елементів, розташовують або у безпосередній близькості від зображення елемента, або на вільному полі листа.

Усі написи на схемах виконують креслярським шрифтом відповідно до ГОСТ 2.304-81.

7.3 Маркування в електричних установках

7.3.1 Загальні відомості про маркування

Питання про маркування значно важливіше і складніше, ніж здається на перший погляд. По-перше, без маркування не можна зрозуміти електротехнічні креслення. По-друге, неправильно виконане маркування або неправильно прочитане маркування може призвести до неприпустимих і навіть небезпечних дій персоналу.

Маркування необхідно проставляти не лише на кресленнях, а й безпосередньо на панелях, щитах, апаратах, машинах приладах, затискачах тощо.

Значно ускладнилося маркування у зв'язку з тим, що заводи-виробники випускають типові вироби, які мають власне маркування, яке,

очевидно, не може збігатися з маркуванням на конкретних схемах. Коли такі типові вироби, кожен з яких має власне маркування, збираються на одному монтажному майданчику, то при їх поєднанні виникають труднощі. Усе це зумовлює необхідність вводити так зване генеральне маркування, яке зазвичай не збігається з маркуванням виробів.

Існують три види маркування з'єднувальних провідників:

✓ залежне маркування – система маркування провідників або груп провідників, яка базується на маркуванні затискачів, до яких приєднані провідники;

✓ незалежне маркування – система маркування провідників або груп провідників, яка не залежить від маркування затискачів, до яких приєднані провідники (провідники, які з'єднують точки з однаковими потенціалами, мають однакове маркування, незалежно від того, до яких приладів і апаратів відносяться ці точки);

✓ складне маркування – система маркування, яка використовує одночасно залежне та незалежне маркування.

7.3.2 Умовні буквено-цифрові позначення елементів

Кожен елемент схеми, пристрій або функціональна група елементів повинні мати умовне позначення відповідно до вимог ГОСТ 2.710-81.

ГОСТ 2.710-81 передбачає такі типи умовних позначень:

✓ позначення вищого рівня – умовне позначення, присвоєне об'єкту, який має схему і перелік елементів;

✓ позначення функціональної групи – умовне позначення, присвоєне функціональній групі, яке передає, як правило, інформацію про функціональне призначення функціональної групи;

✓ позначення конструктивного розташування – умовне позначення, яке вказує місце розташування елемента або пристрою у виробі;

✓ позиційне позначення – умовне позначення, присвоєне кожному елементу і пристрою, який входить до складу виробу, і містить інформацію про вид елемента (пристрою), його порядковий номер серед елементів (пристроїв) даного вигляду і, за необхідності, інформацію про функцію, яку виконує даний елемент (пристрій) у виробі;

✓ позначення електричного контакту – умовне позначення, присвоєне електричному контакту (виводу) елемента або пристрою, призначеному

для здійснення електричних з'єднань або контролю;

✓ адресне позначення – умовне позначення, яке вказує місце на документі, в якому міститься зображення (на схемі) або опис (у таблиці) відповідного елемента (пристрою, функціональної групи); адресне позначення застосовують тільки у складених позначеннях;

✓ складене позначення – умовне позначення, яке складається з двох і більше умовних позначень різного типу і передає сукупність відомостей, що містяться в умовних позначеннях, які входять до його складу.

Перед кожним умовним позначенням, що входить у складене позначення, повинен бути вказаний кваліфікаційний символ – спеціальний, установлений стандартом знак, який вказує тип умовного позначення (табл. 7.2).

Таблиця 7.2 – Позначення кваліфікаційного символу

Тип умовного позначення	Кваліфікаційний символ
Вищий рівень	=
Функціональна група	≠
Конструктивне розміщення	+
Позиційне	–
Електричний контакт	:
Адресне	()

Приклад складеного позначення: ≠75-A1-KY1 – реле KY1 входить до складу пристрою A1, який входить до функціональної групи 75.

Запис умовного позначення з кваліфікаційним символом, якщо воно не входить у складене, не потрібний.

Буквені коди найбільш поширених елементів подані в додатку Б.

Розглянемо докладніше правила побудови умовних позначень, які найбільш широко використовуються у принципових та монтажних електричних схемах проектів автоматизації та привода: функціональної групи; позиційного позначення; електричного контакту.

➤ Позначення функціональної групи складається з букв, у скороченій формі, які вказують на функціональне призначення групи, і порядкового номера. Допускається застосовувати цифрове позначення функціональної групи, у цьому випадку його потрібно записувати з кваліфікаційним символом, наприклад ≠75. Позначення функціональної групи вказують

біля її зображення зверху або справа. Однаковим функціональним групам (групам, що мають однакові принципові схеми) слід присвоювати одне і те ж умовне позначення. Допускається в умовні позначення однакових функціональних груп включати порядкові номери, відокремлюючи їх від основного позначення.

➤ Позиційні позначення присвоюються всім елементам і пристроям, зображеним на принциповій електричній схемі. У більшості випадків позиційне позначення складається з двох частин, які мають самостійне смислове значення і записуються без розділових знаків і пропусків.

У першій частині позиційного позначення, яке містить одну або дві літери латинського алфавіту, вказується вид елемента або пристрою.

У другій частині позиційного позначення повинен бути вказаний порядковий номер елемента (пристрою) у межах елементів (пристроїв) даного виду. Порядкові номери елементам (пристроям) присвоюють, починаючи з одиниці, у межах групи елементів (пристроїв) даного виду. Окрім цього, порядкові номери елементам (пристроям) присвоюють відповідно до послідовності розташування елементів або пристроїв на схемі зверху вниз у напрямку зліва направо. При необхідності допускається застосовувати послідовність присвоєння порядкових номерів залежно від розміщення елементів у виробі, напрямку проходження сигналів або функціональної послідовності процесу. Якщо до схеми вносяться зміни, то послідовність присвоєння порядкових номерів може бути порушена.

Позиційні позначення проставляють на схемі поряд з умовними графічними позначеннями елементів (пристроїв) з правого боку або над ними.

При зображенні на схемі елемента або пристрою рознесеним способом позиційне позначення елемента або пристрою проставляють біля кожної складової частини. Іноді доцільно (якщо це не ускладнює схему) роздільно зображені частини елементів сполучати лінією механічного зв'язку, вказуючи тим самим на належність їх до одного елемента. У цьому випадку позиційні позначення елементів проставляють біля одного або обох кінців лінії механічного зв'язку.

На схемах електроустановок при однолінійному зображенні біля одного умовного графічного позначення, яке замінює декілька умовних графічних позначень однакових елементів або пристроїв, вказують

позиційні позначення всіх цих елементів або пристроїв. Якщо однакові елементи або пристрої знаходяться не у всіх колах, зображених однолінійно, то праворуч від позиційного позначення або під ним у квадратних дужках вказують позначення кіл, в яких знаходяться ці елементи або пристрої (рис. 7.4).

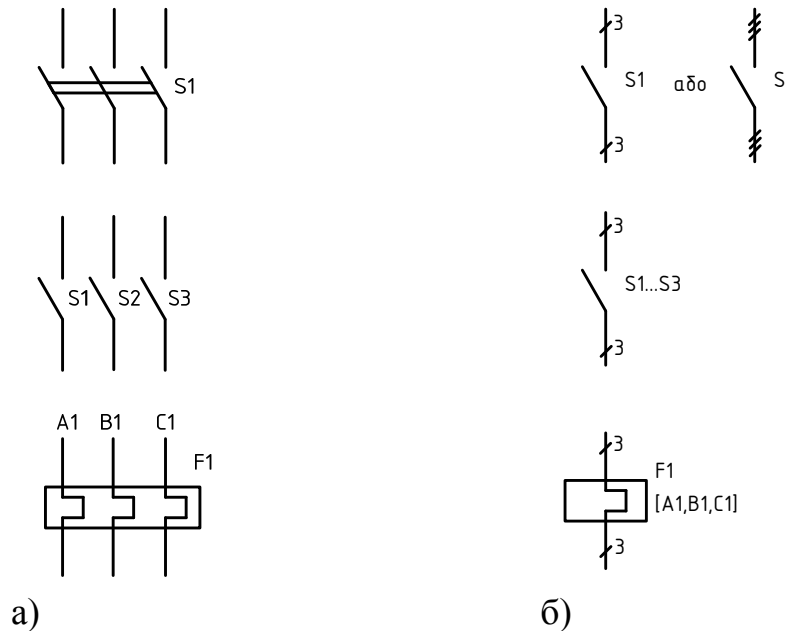


Рисунок 7.4 – Багатолінійне (а) та однолінійне (б) зображення електричних кіл

Якщо поле схеми розбито на зони або схема виконана рядковим способом, то праворуч від позиційного позначення або під позиційним позначенням кожної складової частини елемента чи пристрою допускається вказувати у дужках позначення зон або номерів рядків, у яких зображена решта складових частин цього елемента чи пристрою (рис. 7.5).

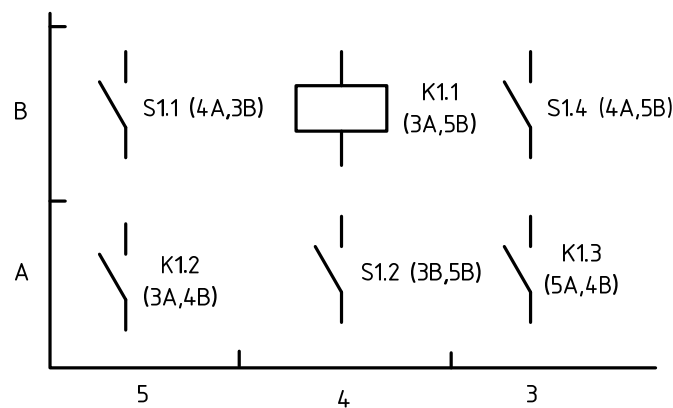


Рисунок 7.5 – Маркування при розбитті на зони

На схемі виробу, до складу якого входять функціональні групи, спочатку присвоюють позиційні позначення елементам, що не входять до складу функціональних груп, а потім елементам, що входять до складу функціональних груп. За наявності у виробі декількох однакових функціональних груп позиційні позначення елементів, присвоєні в одній з цих груп, слід повторювати у всіх подальших групах.

➤ Позначення електричного контакту. Біля усіх виводів елементів і пристроїв, зображених на схемі, вказують позначення, нанесені на вироби або встановлені в їх документації.

Якщо у конструкції елемента (пристрою) і в його документації позначення виводів не вказані, то потрібно умовно присвоїти їм позначення на схемі, повторюючи їх в подальшому на інших документах з відповідними поясненнями.

Якщо на схемі зображено декілька однакових елементів (пристроїв), то позначення виводів допускається вказувати на одному з них.

При рознесеному способі зображення однакових елементів (пристроїв) позначення виводів вказують на кожній складовій частині елемента (пристрою).

Для відмінності на схемі позначень виводів від позначень інших елементів, наприклад від позначень кіл тощо, допускається записувати позначення виводів з відповідним кваліфікаційним символом; на принципових електричних схемах позначення виводів, як правило, зображають у вигляді умовної точки біля вивода з вказанням номерів контактів.

7.3.3 Буквено-цифрове позначення затискачів

Буквено-цифрове позначення затискачів повинно відповідати ГОСТ 2.709-89.

При побудові буквено-цифрових позначень використовують великі літери латинського алфавіту (окрім І та О) і (або) арабські цифри.

Для відокремлення позначень, які складаються лише з цифр чи літер, використовують крапку, яку за необхідності можна опустити. Наприклад повне позначення 1U1 можна записати так: 1.1, якщо нема необхідності вказувати групу U.

Кінцеві точки (затискачі) елементів позначають послідовними

цифрами (наприклад 1 і 2 на рис. 7.6, а). Проміжні точки простого елемента позначають наступними цифрами (3, 4 і т. д.), починаючи від кінцевої точки, якій присвоюють менший номер. Наприклад, проміжні точки елемента з кінцевими затискачами 1 і 2 позначають цифрами 3, 4 (рис. 7.6, б).

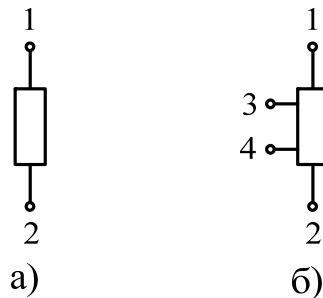


Рисунок 7.6 – Маркування кінцевих точок елементів

У випадку з'єднання декількох однакових елементів у групу, кінці цих елементів позначають таким чином: перед цифрами розміщують літери (наприклад U, V, W) відповідно фаз трифазної мережі (рис. 7.7, а); перед цифрами, при відсутності необхідності чи можливості розрізнення фаз, розміщують наступну цифру. Наприклад, кінці одного елемента позначені 1.1 і 1.2, а ті ж кінці наступного елемента – 2.1 і 2.2 (рис. 7.7, б).

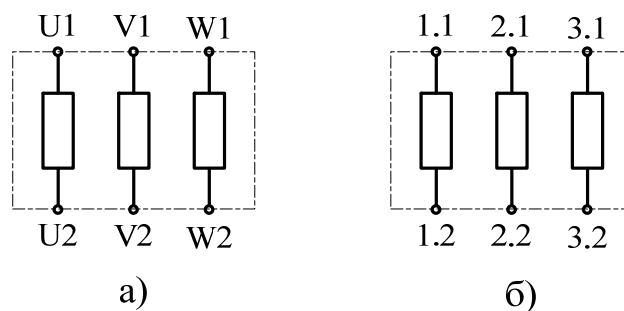


Рисунок 7.7 – Маркування при з'єднанні однакових елементів у групу

Однакові групи елементів, кінцям яких всередині цих груп вже присвоєні відповідні позначення, розрізняють, розміщуючи перед цим позначенням порядкові номери груп (рис. 7.8).

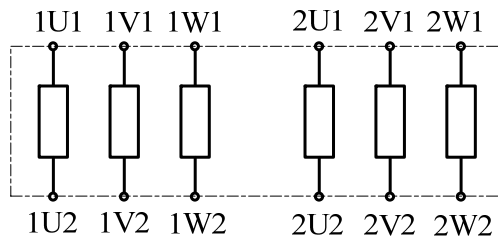


Рисунок 7.8 – Маркування елементів однакових груп

Буквене позначення затискачів для елементів постійного струму бажано вибирати з першої половини латинського алфавіту, а для елементів змінного струму – з другої половини алфавіту.

Приклад застосування буквено-цифрових позначень провідників і затискачів трифазної мережі наведений на рис. 7.9.

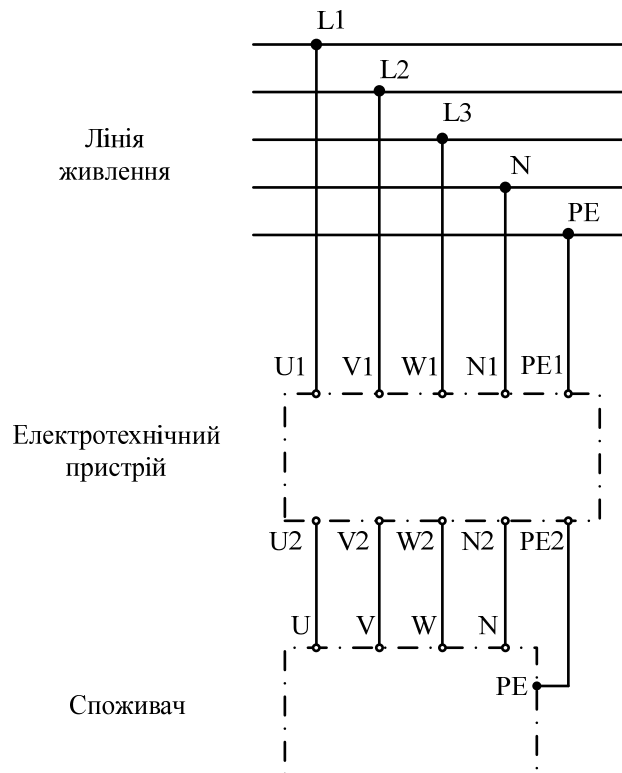


Рисунок 7.9 – Маркування провідників і затискачів трифазної мережі

Позначення затискачів електричних пристроїв, які приєднані до спеціальних провідників, наведено у табл. 7.3.

Таблиця 7.3 – Позначення затискачів електричних пристроїв

Затискач електричного пристрою	Буквено-цифрове позначення
Для змінного струму	
1-а фаза	U
2-а фаза	V
3-я фаза	W
нейтральний провід	N
Захисний провід	PE
Заземлювальний провід	E
Провід без шумового заземлення	TE
Провід з'єднання з корпусом	MM
Провід еквіпотенціальний	CC

Затискачі електричних пристроїв, які призначені для прямого або непрямого з'єднання з живлячими проводами трифазної мережі, бажано позначати буквами U, V, W, якщо необхідно зберігати послідовність фаз.

Затискач, з'єднаний з корпусом, позначають буквами MM, затискач еквіпотенціальний – CC. Цим позначенням користуються у тому випадку, коли з'єднання цього затискача із захисним проводом чи землею не є видимим.

Позначення проводів спеціального виду наведено в табл. 7.4.

Таблиця 7.4 – Позначення проводів спеціального виду

Найменування	Буквено-цифрове позначення
Система живлення змінного струму:	
фазний провід	L
1-а фаза	L1
2-а фаза	L2
3-я фаза	L3
нейтральний провід	N
Система живлення постійного струму:	
позитивний полюс	L+
негативний полюс	L-
середній полюс	M
Захисний провід з заземленням	PE

Продовження таблиці 7.4

Найменування	Буквено-цифрове позначення
Захисний провід незаземлений	PU
З'єднаний захисний і середній провід	PEN
Заземлювальний провід	E
Провід без шумового заземлення	TE
Провід з'єднання з корпусом	MM
Провід еквіпотенціальний	CC

7.3.4 Позначення ділянок кіл

Позначення ділянок кіл повинно відповідати ГОСТ 2.709-89.

При позначенні ділянок кіл використовують великі літери латинського алфавіту і арабські цифри, виконані одним розміром шрифту.

Усі ділянки електричного кола, розділені контактами апаратів, обмотками машин, резисторами та іншими елементами, повинні мати різне позначення. Ділянки кола, які проходять через роз'ємні, розбірні або нерозбірні контактні з'єднання, повинні мати однакове позначення (за необхідності дозволяються різні позначення).

Ділянки кола на схемі позначають незалежно від нумерації вхідних і вихідних затискачів машин і пристроїв. Послідовність позначення повинна бути, як правило, від вводу (джерела живлення) до приймача. Розгалужені електричні кола позначають зверху вниз у напрямку зліва направо.

При позначенні ділянок кіл на схемах дозволяється залишати резервні номери або деякі номери пропускати.

При розробці принципів електричних схем необхідно дотримуватися такого порядку позначення окремих ділянок електричних кіл.

➤ Позначення силових кіл змінного струму складається з позначення ділянок кіл фази і послідовного номера (рис. 7.10).

Наприклад, ділянки кола

1-ї фази –	L1, L11, L12, L13 і т. д.
2-ї фази –	L2, L21, L22, L23 і т. д.
3-ї фази –	L3, L31, L32, L33 і т. д.

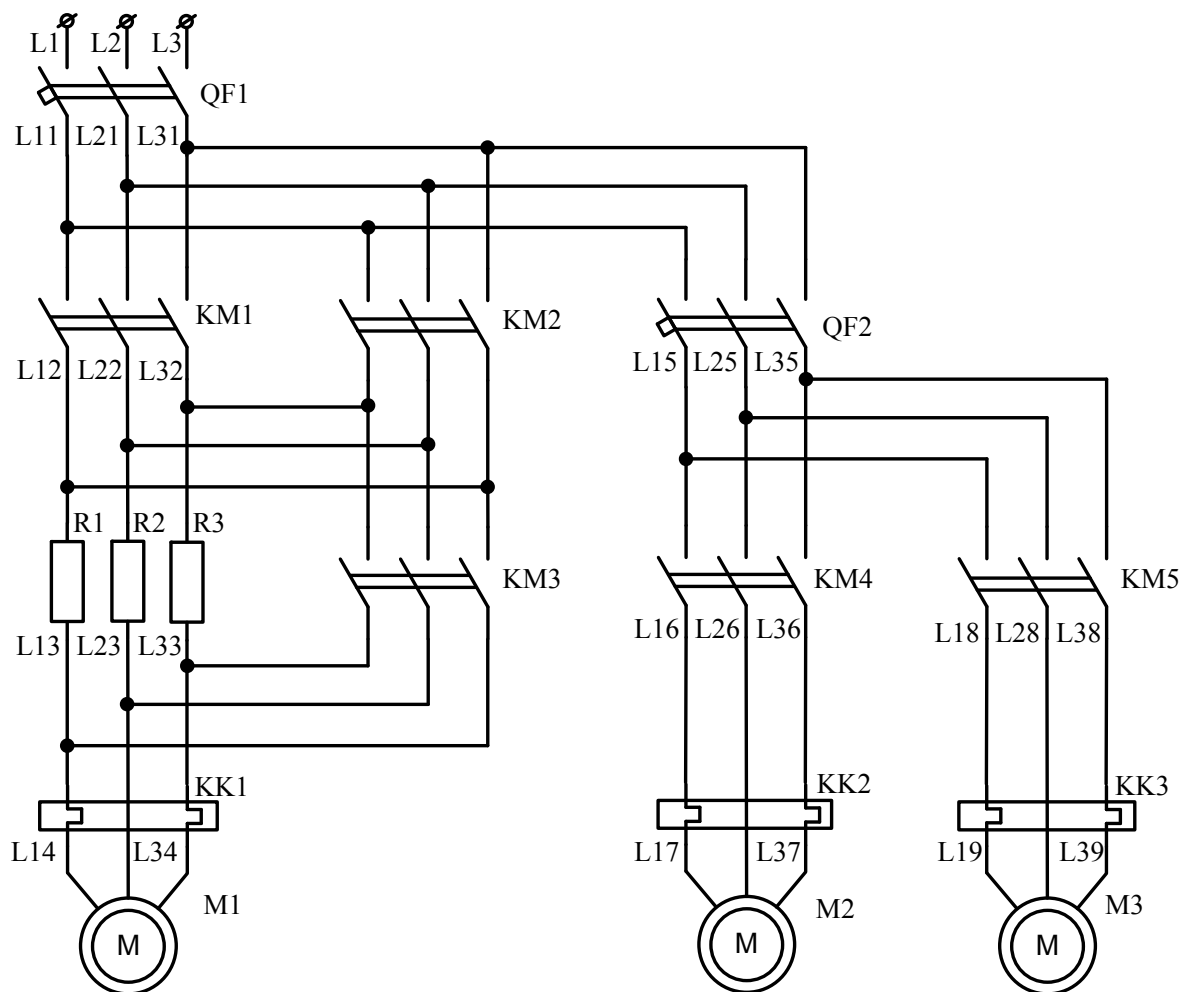


Рисунок 7.10 – Позначення ділянок кіл змінного струму

Допускається, якщо це не призведе до помилкового підключення, позначати фази кіл змінного струму літерами А, В, С.

Для розрізнення проводів фази або полярності, які відносяться до різних споживачів, використовують послідовно номери, які розміщують перед позначенням даної фази чи полярності (наприклад, позначення 2L1 позначає провід першої фази, який веде до другого споживача).

➤ Ділянки силових кіл постійного струму позначають непарними числами на ділянках позитивної полярності і парними числами на ділянках негативної полярності (рис. 7.11). Вхідні та вихідні ділянки кола позначають із зазначенням полярності «L+» і «L-» (допускається використовувати лише знаки «+» або «-»).

Дозволяється ділянки кола позначати послідовними числами, як показано на рис. 7.12.

струму позначаються непарними числами, а кола постійного струму – парними. Для полегшення читання схем рекомендується використовувати числа відповідно до функціонального призначення електричного кола (табл. 7.5).

Таблиця 7.5 – Маркування електричних кіл за функціональним призначенням

Група	Діапазон	Призначення
100	100-199	Кола керування постійного струму і кола захисту розподільних пристроїв
200	200-299	Кола керування змінного струму і кола захисту розподільних пристроїв, а також кола керування і автоматики електроприводів
300	300-399	Кола трансформаторів напруги або цифрові кола
400	400-499	Кола трансформаторів струму
500	500-599	Резервна група
600	600-699	Кола автоматичного регулювання і керування або кола аварійної сигналізації розподільних пристроїв
700	700-799	Кола попереджувальної сигналізації розподільних пристроїв
800	800-899	Кола живлення
900	900-999	Інші кола

У позначення кола дозволяється включати позначення, яке характеризує його функціональне призначення. У цьому випадку послідовність чисел дозволяється встановлювати в межах функціонального кола. Дозволяється також у позначення кіл окремого пристрою, який входить до складу виробу, включати великі літери латинського алфавіту (крім А, В, С, М), вибрані для позначення кіл даного пристрою. У цьому випадку послідовність чисел дозволяється встановлювати в межах пристрою.

На схемі позначення проставляють біля кінців чи всередині ділянки кола: зліва від зображення кола – при вертикальному розміщенні кола; над зображенням кола – при горизонтальному розміщенні кола.

7.4 Принципові електричні схеми

Схема принципова – схема, що визначає повний склад елементів виробу, спільна дія яких забезпечує вирішення задач керування, регулювання, захисту, вимірювання і сигналізації, а також зв'язків між ними і, як правило, дає детальне уявлення про принципи роботи виробу (установки).

Принципова електрична схема служить основою для розробки інших конструкторських документів (наприклад, монтажних схем) і є найбільш повним документом для вивчення принципу роботи виробу (установки), а також використовується при його налагоджуванні, контролі і ремонті.

7.4.1 Загальні вимоги при проектуванні принципових електричних схем

Розробка принципових електричних схем завжди містить елементи творчості і потребує умілого застосування елементарних електричних кіл і типових функціональних вузлів, оптимальної компоновки їх в єдину схему з урахуванням вимог, що висуваються до схем, а також можливого спрощення і мінімізації схем.

У практиці проектування принципових електричних схем, на базі досвіду проектування, монтажу, налагоджування і експлуатації, склалися деякі загальні принципи побудови електричних схем. Електрична схема повинна забезпечувати високу надійність, простоту і економічність, чіткість дій при аварійних режимах, зручність оперативної роботи, експлуатації, чіткість оформлення тощо.

➤ **Надійність.** Під надійністю схеми розуміють її здатність безвідмовно виконувати свої функції протягом певного інтервалу часу у заданих режимах роботи. Ця вимога, зазвичай, забезпечується цілим рядом технічних заходів, таких як застосування найбільш надійних елементів, приладів і апаратів; оптимальні режими їх роботи; резервування малонадійних або найбільш відповідальних елементів або кіл схеми; автоматичний контроль за несправністю схеми; заборонні блокування, що виключають можливість проведення помилкових операцій; скорочення часу знаходження елементів схеми під напругою тощо.

Якщо при проектуванні забезпеченню надійності дії схеми не буде приділено належної уваги, то усі інші її переваги можуть бути втрачені. Вимоги до рівня надійності електричних схем визначаються оцінкою наслідків їх відмови для технологічного процесу та людей.

➤ Простота і економічність проєктованих схем забезпечується застосуванням стандартної елементної бази і типових вузлів; скороченням до мінімуму числа елементів у схемі і обмеженням їх номенклатури тощо.

Істотне, а іноді і вирішальне значення при виборі схеми контролю і керування процесом на відстані має вартість з'єднувальних кабелів або провідників.

Вирішуючи питання економічності схеми, необхідно враховувати не тільки капітальні вкладення, але і щорічні експлуатаційні витрати.

➤ Чіткість дії схеми в аварійних режимах. Кожна принципова електрична схема повинна бути побудована таким чином, щоб при виникненні аварійних режимів, зумовлених несправностями в силових колах, колах керування, сигналізації або захисту, а також при повному зникненні або зниженні і подальшому відновленні напруги живлення забезпечувалася безпека обслуговуючого персоналу і запобігався подальший розвиток аварії.

При аналізуванні роботи схеми в аварійних режимах слід враховувати можливість перегорання запобіжників або відключення автоматів; появу короткого замикання або замикання на землю в різних точках схеми; обрив проводів; згорання котушок контакторів або реле; приварювання контактів тощо. Прийнято розглядати аварійний режим, що виникає у результаті появи якої-небудь однієї несправності, оскільки імовірність одночасної появи двох або більше несправностей в одній і тій же схемі досить низька.

➤ Зручність оперативної роботи. Принципова електрична схема повинна забезпечувати оптимальні умови для роботи оперативного персоналу. Цю вимогу передбачає спрощення операцій, які виконує обслуговуючий персонал; скорочення числа органів управління; можливість простого і швидкого вибору необхідного режиму роботи; перехід з автоматичного керування на ручне і назад; зняття і введення блокувальних зв'язків тощо.

➤ Зручність експлуатації. Принципова електрична схема повинна бути спроектована таким чином, щоб її експлуатація у виробничих умовах

потребувала мінімум уваги експлуатаційного персоналу, забезпечувала можливість проведення ремонтних і налагоджувальних робіт з дотриманням необхідних заходів безпеки.

➤ Чіткість оформлення. Оформлення будь-якої електричної схеми необхідно виконувати ясно, просто і компактно. Графічне оформлення схеми повинно сприяти якнайкращому сприйняттю змісту схеми.

7.4.2 Правила виконання принципів електричних схем

Принципові схеми оформляють відповідно до ГОСТ 2.702-75.

На принциповій схемі зображають усі електричні елементи або пристрої, необхідні для здійснення і контролю заданих електричних процесів, усі електричні зв'язки між ними, а також електричні елементи (з'єднувачі, затискачі тощо), якими закінчуються вхідні і вихідні кола.

Всі елементи схеми, як правило, зображають у знеструмленому стані. Однак в технічно обґрунтованих випадках допускається окремі елементи схеми зображати у вибраному робочому положенні з вказанням на полі схеми режиму, для якого зображені ці елементи.

Елементи і пристрої, умовні графічні позначення яких встановлені у стандартах, зображають на схемі у вигляді цих умовних графічних позначень. Якщо елементи або пристрої використовуються у виробі частково, то допускається зображати їх на схемі не повністю, обмежуючись тільки зображенням частин або елементів, що використовуються.

Елементи і пристрої на принципових схемах зображають суміщеним або рознесеним способом. При суміщеному способі складові частини елементів, наприклад котушки, контакти тощо, зображають на схемі в безпосередній близькості один біля одного.

При рознесеному способі складові частини елементів і пристроїв або окремі елементи пристроїв зображають на схемі у різних місцях таким чином, щоб окремі кола були зображені найбільш наочно. У цьому випадку схема складається з сукупності рядків, в яких умовні графічні позначення елементів або їх складових частин зображають послідовно один за одним у послідовності їх дії в напрямку зліва направо (рядковий спосіб).

При виконанні схеми рядковим способом допускається нумерувати

рядки арабськими цифрами (рис. 7.13).

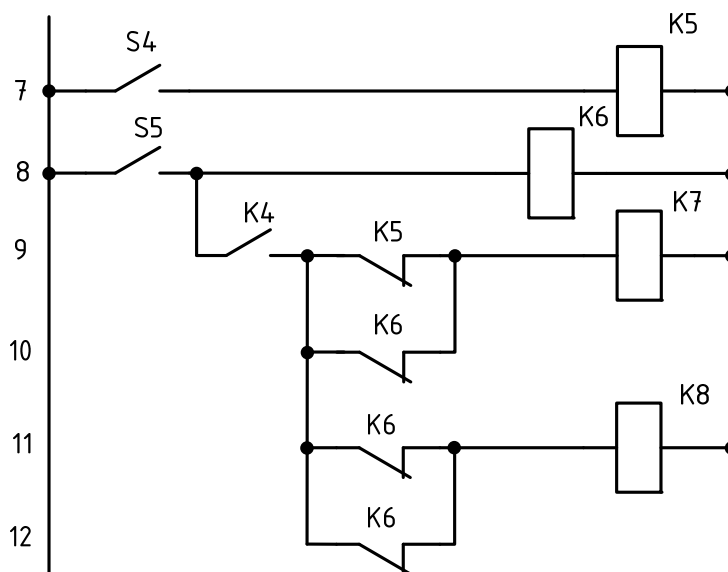


Рисунок 7.13 – Рядковий спосіб виконання принципівих схем

При зображенні на одній схемі різних функціональних кіл допускається розрізняти їх за товщиною лінії. На одній схемі рекомендується застосовувати не більше трьох товщин ліній. За необхідності на полі схеми розміщують відповідні пояснення.

Для спрощення схеми допускається декілька електрично не зв'язаних ліній зв'язку зливати в лінію групового зв'язку, але при підході до контактів (елементів) кожену лінію зв'язку зображають окремою лінією з відповідним маркуванням.

На принциповій схемі повинні бути однозначно визначені всі елементи і пристрої, що входять до складу виробу і зображені на схемі. Дані про елементи повинні бути записані у перелік елементів. При цьому зв'язок переліку з умовними графічними позначеннями елементів повинен здійснюватися через позиційні позначення. Допускається в окремих випадках відомості про елементи поміщати біля умовних графічних позначень.

При зазначенні біля умовних графічних позначень номіналів резисторів і конденсаторів (рис. 7.14) допускається застосовувати спрощений спосіб позначення одиниць вимірювання:

✓ для резисторів:

- від 0 до 999 Ом – без вказання одиниць вимірювання;

- від $1 \cdot 10^3$ до $999 \cdot 10^3$ Ом – в кілоомах з позначенням одиниці вимірювання малою літерою «к»;
- від $1 \cdot 10^6$ до $999 \cdot 10^6$ Ом – в мегаомах із позначенням одиниці вимірювання великою літерою «М»;
- понад $1 \cdot 10^9$ Ом – в гігаомах із позначенням одиниці вимірювання великою літерою «Г»;
- ✓ для конденсаторів:
 - від 0 до $9999 \cdot 10^{-12}$ Ф – в пікофарадах без вказівки одиниці вимірювання;
 - від $1 \cdot 10^{-8}$ до $9999 \cdot 10^{-6}$ Ф – в мікрофарадах із позначенням одиниці вимірювання маленькими літерами «мк».

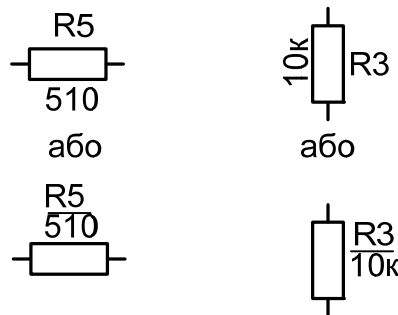


Рисунок 7.14 – Позначення на схемі одиниць вимірювання

При зображенні на схемі елементів, параметри яких підбираються при регулюванні, біля позиційних позначень цих елементів на схемі і в переліку елементів просявляють зірочки (наприклад $R1^*$), а на полі схеми поміщають виноску: «* Підбирають при регулюванні».

До переліку повинні бути записані елементи, параметри яких найбільш близькі до розрахункових. Допустимі граничні значення параметрів елементів вказують у переліку в графі «Примітки».

Якщо паралельне або послідовне з'єднання здійснено для отримання певного значення параметра (ємності або опору), то у переліку елементів в графі «Примітки» вказують загальний (сумарний) параметр елементів (наприклад $R = 151$ кОм).

7.5 Монтажні електричні схеми

Схема монтажна (з'єднання) – схема, що показує з'єднання складових частин установки і визначає провідники, джгути, кабелі або трубопроводи, якими здійснюються ці з'єднання, а також місця їх приєднань і вводи (роз'єми, плати, затискачі тощо).

Схеми з'єднань є документом, за яким проводиться монтаж установки.

Схемами з'єднань користуються при проведенні монтажних робіт, при розробці інших конструкторських документів, в першу чергу, креслень, що визначають прокладення і способи кріплення провідників, джгутів, кабелів або трубопроводів в установці. Ними також керуються при контролі, експлуатації і ремонті установок.

Монтажні схеми виконують декількома способами: графічним, адресним і табличним.

7.5.1 Правила виконання монтажних схем

При виконанні монтажних схем керуються ГОСТ 2.702-75.

Монтажна схема повинна точно відповідати принциповій схемі: всі апарати, пристрої і елементи, передбачені принциповою схемою, а також з'єднання між ними повинні бути зображені на монтажній схемі; позиційні позначення елементів і пристроїв, а також маркування ділянок електричних кіл, присвоєні їм на принциповій схемі, повинні зберігатись і на монтажній схемі. Окрім цього, на монтажній схемі потрібно зображати і вказувати позначення затискачів пристроїв і елементів, нанесених на корпусі або встановлених в їх документації. Якщо у конструкції пристрою або елемента і в його документації позначення вхідних і вихідних затискачів елементів не вказані, то допускається умовно присвоювати їм позначення на схемі, повторюючи їх надалі у відповідних конструкторських документах.

При умовному присвоєнні позначень вхідним і вихідним елементам на полі схеми поміщають відповідне пояснення. При зображенні на схемі декількох однакових пристроїв позначення виводів допускається вказувати на одному з них.

Пристрої на схемі зображають у вигляді прямокутників або

спрощених зовнішніх контурів, всередині яких допускається розташовувати умовні графічні позначення елементів.

Розташування графічних позначень пристроїв і елементів на схемі, а також виводів всередині графічних позначень, повинно приблизно відповідати дійсному їх розміщенню у виробі, за винятком випадку, коли схему виконують на декількох листах або розміщення пристроїв і елементів на місці експлуатації невідомо.

Елементи, які використовуються у виробі частково, допускається зображати на схемі не повністю, обмежуючись тільки зображенням частин, що використовуються.

Проводи, групи проводів, джгути і кабелі (багатожильні проводи, електричні шнури) повинні бути показані на схемі окремими лініями з товщиною від 0,4 до 1 мм. Для спрощення зображення схеми допускається об'єднувати окремі провідники або кабелі (багатожильні проводи, електричні шнури), що йдуть на схемі в одному напрямі, у загальну лінію.

При підході до контактів кожний провід і жилу кабеля (багатожильного провода, електричного шнура) зображають окремою лінією.

На схемі виробу, до складу якого входять багатоконтактні елементи, лінії, що зображають джгути (кабелі – багатожильні проводи, електричні шнури, групи провідників), допускається доводити тільки до контура графічного позначення елемента, не показуючи приєднання до контактів. Вказання про приєднання наводять у цьому випадку:

✓ біля контактів показують кінці ліній, які зображають провідники або жили кабеля і вказують їх позначення. Кінці ліній направляють у бік відповідного джгута, кабеля, групи провідників (рис. 7.15);

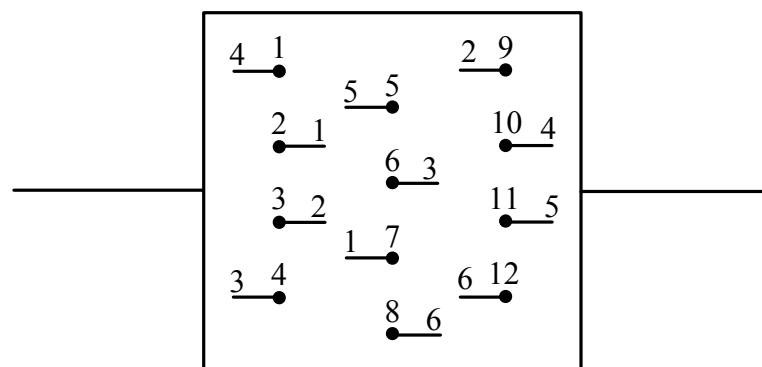


Рисунок 7.15 – Нанесення вказань про приєднання

✓ біля зображення багатоконтактного елемента поміщують таблицю з вказанням підключення контактів. Таблицю сполучають виносною лінією з відповідним джгутом, кабелем, групою провідників (рис. 7.16).

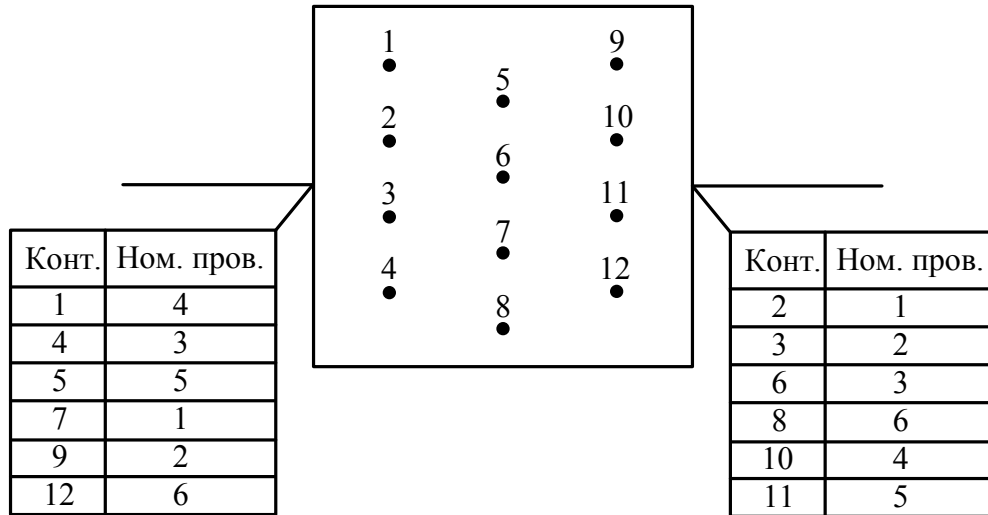


Рисунок 7.16 – Нанесення вказань про приєднання

Одножильні провідники, джгути, кабелі (багатожильні проводи, електричні шнури) повинні бути позначені порядковими номерами у межах виробу. При цьому провідники, що входять в джгут, нумерують в межах джгута, а жили кабеля (багатожильного провода, електричного шнура) – у межах кабеля (багатожильного провода, електричного шнура).

Допускається наскрізна нумерація всіх провідників і жил кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів) у межах виробу.

Номери провідників і жил кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів) на схемі проставляють, як правило, біля обох кінців зображень.

Номери кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів) проставляють в колах, розміщених у розривах зображень кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів) поблизу від місць розгалуження жил. При великій кількості кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів), що йдуть на схемі в одному напрямі, допускається номери кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів) проставляти в розриві лінії без кола.

Номери джгутів проставляють на полках виносних ліній біля місць розгалуження проводів.

При зображенні на схемі провідників, джгутів і кабелів

(багатожильних проводів, електричних шнурів) великої довжини, номери проставляють через певні проміжки, які визначаються зручністю користування схемою.

На полі схеми над основним написом допускається розміщувати необхідні технічні вказівки, наприклад: вимоги про неприпустимість сумісної прокладки деяких проводів, джгутів і кабелів (багатожильних дротів, електричних шнурів); величини мінімально допустимих відстаней між проводами, джгутами і кабелями (багатожильними дротами, електричними шнурами); дані про специфічність прокладання і захисту проводів, джгутів і кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів) тощо.

7.5.2 Графічний і адресний способи виконання монтажних схем

При виконанні монтажної схеми адресним способом порядкові номери присвоюють попанельно, зазвичай, зліва направо зверху вниз і проставляють у чисельнику (рис. 7.17, а). У знаменнику записують позиційні позначення елементів і пристроїв, присвоєні їм на принциповій схемі. У простих схемах порядкові номери можна і не проставляти (рис. 7.17, б).

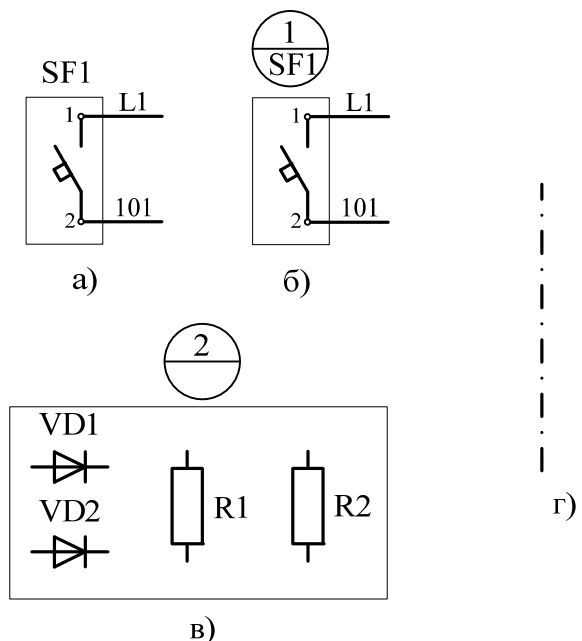


Рисунок 7.17 – Позначення на монтажних схемах

Діоди, тріоди, конденсатори, резистори і інші вироби розміщують, як правило, на окремих платах, яким присвоюють порядкові номери

(чисельник), знаменник в колі не заповнюють. Поблизу діодів, тріодів і інших виробів, розташованих на платі, вказують їх позиційні позначення відповідно до принципової схеми (рис. 7.17, в).

Провідники, які прокладають у щитах, пультах, штативах, зображають штрих-пунктирними або суцільними лініями (рис. 7.17, г). Суцільна лінія – провідники вимірювальних кіл, які потребують окремого прокладення; штрих-пунктирна – провідники кіл живлення, сигналізації і керування.

Відповідно до принципової схеми (рис. 7.18) розробимо відповідну їй монтажну схему графічним (рис. 7.19) та адресним (рис. 7.20) способами. При використанні табличного способу складається таблиця, в якій вказують маркування провідника та адреси точок його приєднання (початок і кінець).

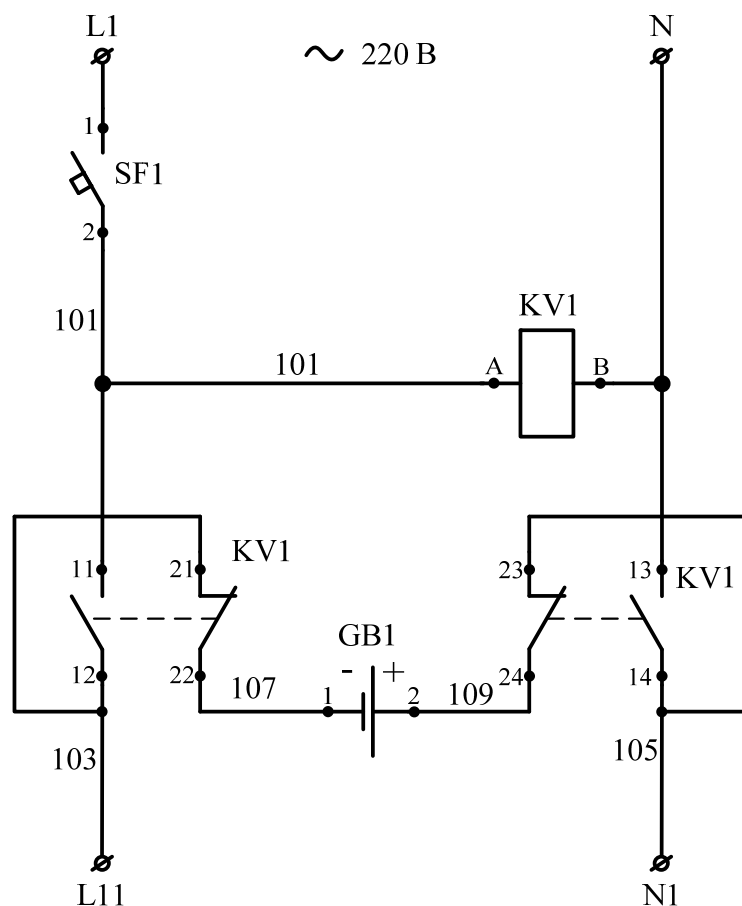


Рисунок 7.18 – Принципова схема пристрою безперебійного живлення

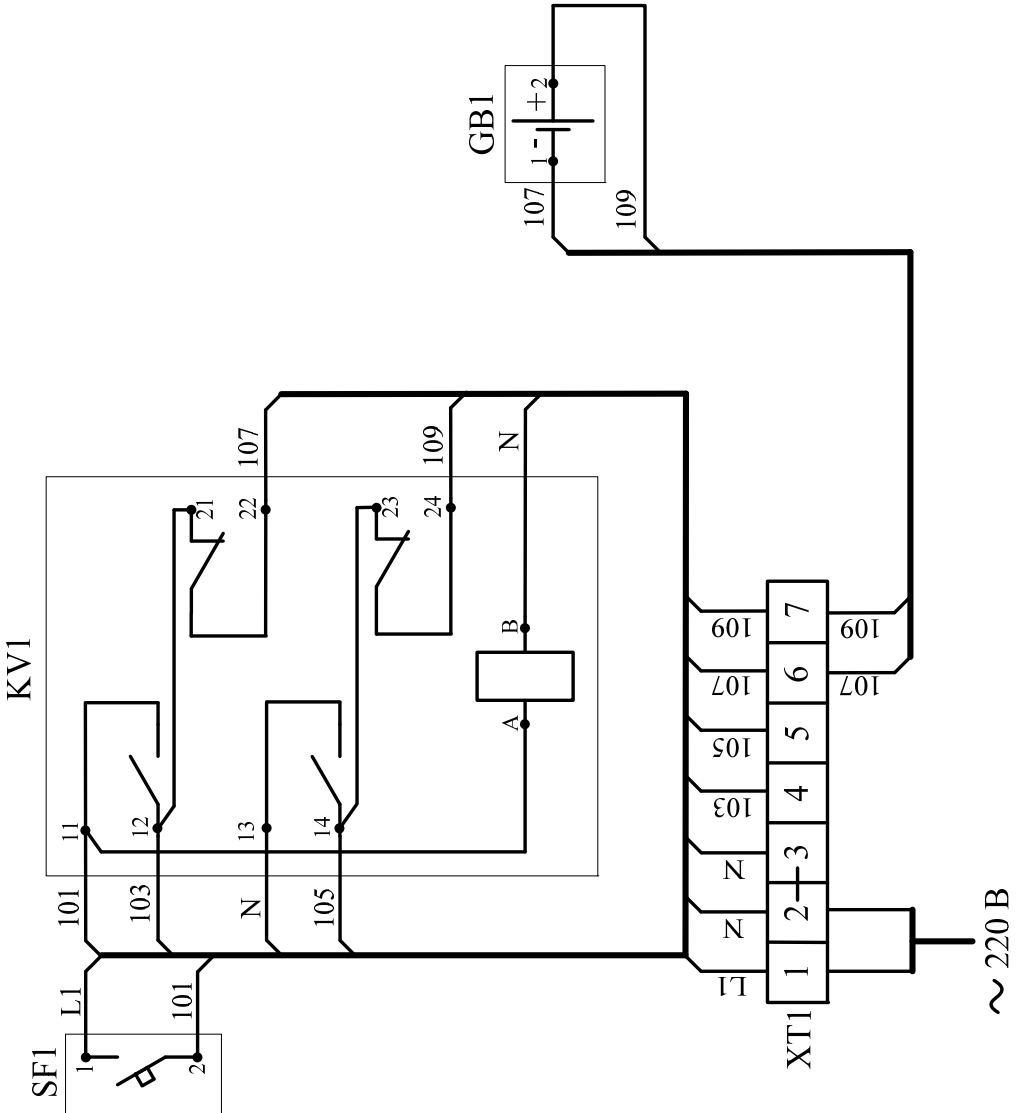


Рисунок 7.19 – Монтажна схема, виконана графічним способом

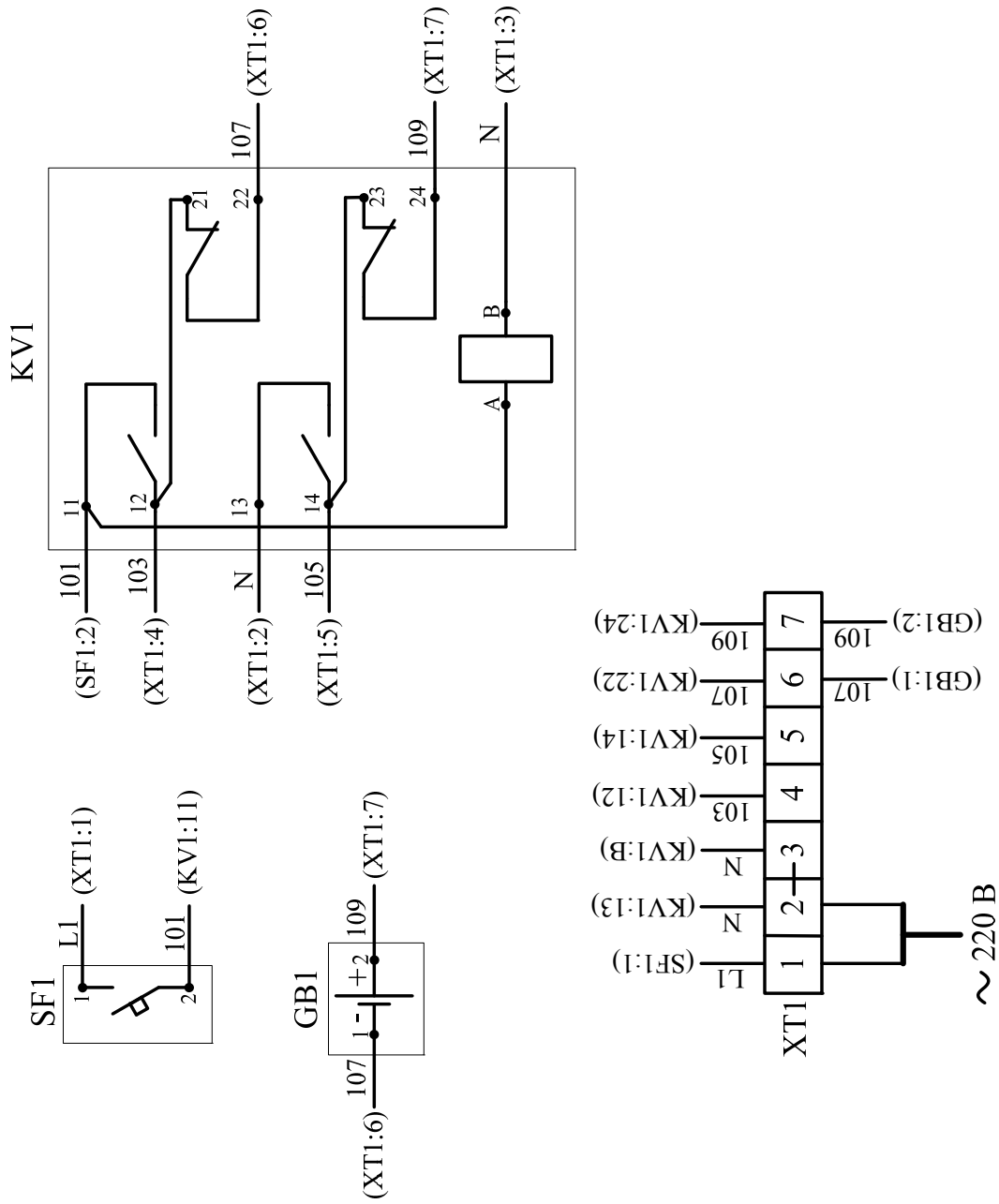


Рисунок 7.20 – Монтажна схема, виконана адресним способом

ЛІТЕРАТУРА

1. Справочник слесаря-монтажника технологического оборудования / [Алексеев П. П., Григорьев Л. А., Рубин И. Л. и др.]; под ред. П. П. Алексеева. – М. : Машиностроение, 1990. – 704 с.
2. Кисаримов Р. А. Настройка электрооборудования. Справочник / Кисаримов Р. А. – М. : РадиоСофт, 2004. – 352 с.
3. Справочник по электроустановкам промышленных предприятий: в 4-х томах / [под общ. ред. И. Е. Боричева, А. И. Даниленко, А. М. Храмушина]. – М. : Энергия, 1965.
Т. 3: Настройка электроустановок промышленных предприятий / [под ред. А. С. Дорофеюка, В. И. Круповича]. – 1965. – 704 с.
4. Справочник по настройке электроустановок / [под ред. А. С. Дорофеюка, А. П. Хечумяна]. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Энергия, 1977. – 560 с.
5. Справочник по электроустановкам промышленных предприятий / [под ред. М. Г. Зименкова, Г. В. Розенберга, Е. М. Фуськова]. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 480 с.
6. Монтаж приборов, средств автоматизации и слаботочных устройств / [Клюев А. С., Кошелев С. В., Осипенко Ю. К., Рожков Н. Г.]. – М. : Стройиздат, 1978. – 512 с.
7. Зюзин А. Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок / Зюзин А. Ф., Поконов Н. В., Антонов И. В. – М. : Высшая школа, 1986. – 416 с.
8. Монтаж средств измерений и автоматизации. Справочник / [под ред. А. С. Клюева.]. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 490 с.
9. Трифонов А. Н. Я электромонтажник / Трифонов А. Н. – М. : Энергия, 1980. – 136 с.
10. Живов М. С. Как организовать электромонтажные работы / Живов М. С. – М. : Энергия, 1972. – 104 с.
11. Вишневецкий Л. М. Я – электроналадчик / Л. М. Вишневецкий, Л. Г. Левин. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 160 с.
12. Справочник по электрическим машинам: в 2 т. / [под общ. ред. И. П. Копылова, Б. К. Клокова]. – М. : Энергоатомиздат, 1988.
Т. 1. – 1988. – 456 с.

-
13. Лихачев В. Л. Электродвигатели асинхронные / Лихачев В. Л. – М. : СОЛОН-Р, 2002. – 304 с.
 14. Каминский М. Л. Бесподкладочный монтаж электрических машин / М. Л. Каминский, В. А. Кожемякин. – М. : Энергоатомиздат, 1982. – 80 с.
 15. Киянов И. Д. Монтаж технологического оборудования / Киянов И. Д. – Киев : Будівельник, 1980. – 160 с.
 16. Монтаж электрических машин и трансформаторов / [под ред. Б. А. Делибаша, А. Д. Смирнова, Б. А. Соколова]. – М. : Энергия, 1979. – 200 с.
 17. Каминский М. Л. Центровка валов электрических машин / Каминский М. Л. – М. : Энергия, 1972. – 72 с.
 18. Общетехнический справочник / [под ред. А. Е. Скороходова]. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Машиностроение, 1982. – 415 с.
 19. Родионов Н. А. Методики центровки валов / Н. А. Родионов // Основы технической диагностики. – 2009. – С. 7.
 20. Каминский М. Л. Проверка и испытание электрических машин / Каминский М. Л. – М. : Энергия, 1977. – 104 с.
 21. Москаленко В. В. Электрический привод / Москаленко В. В. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 368 с.

ГЛОСАРІЙ

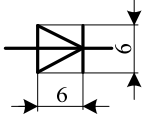

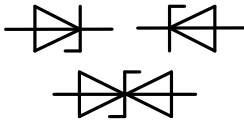


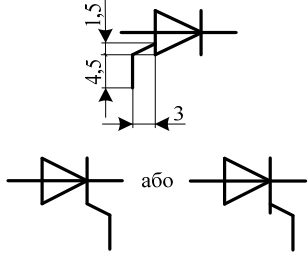
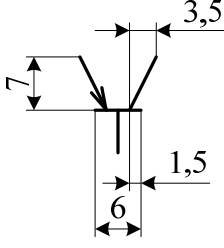

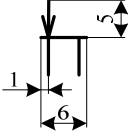

Анкерний болт	anchor bolt
Вал	arbor
Вимірювання	measurement
Випробовування	test
Вісь	axis
Виконавець	performer
Договір	contract
Електричний привод	electric drive
Електромеханічне обладнання	electromechanical equipment
Електричний двигун	electric motor
Замовник	customer
Зовнішній огляд	visual inspection
З'єднувальна муфта	coupling box
Маркування	marking
Мегомметр	megger
Монтаж	mounting
Налагоджування	debugging
Напруга	voltage
Обладнання	equipment
Обмотка статора	stator winding
Обмотка ротора	rotor winding
Опір ізоляції	insulation resistance
Провідник	conductor
Ротор	rotor
Схема електрична монтажна	electric montage circuit
Схема електрична принципова	electric principle circuit
Статор	stator
Струм	current
Технічний проект	technical project
Фундамент	foundation
Центрування	centering

Додаток А
Умовні графічні позначення елементів схем

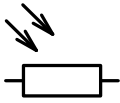
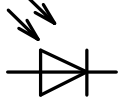

Таблиця А.1 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 728-74
(резистори, конденсатори)

Опис	Графічне позначення
Резистор постійний	
Резистор змінний Примітка: для змінного резистора у реостатному ввімкненні допускається використовувати таке позначення: 1) загальне позначення 2) з нелінійним регулюванням	
Шунт вимірювальний	
Конденсатор постійної ємності Примітка: для того щоб вказати полярність конденсатора використовують позначення	
Конденсатор змінної ємності	
Конденсатор електролітичний поляризований	
Конденсатор електролітичний неполяризований	

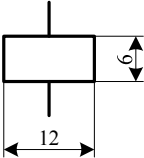
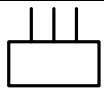
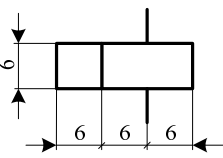
Таблиця А.2 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.730-73 (прилади напівпровідникові)

Опис	Графічне позначення
Діод	
Тунельний діод	
Стабілітрон: 1) односторонній 2) двосторонній	
Варікап	
Діод Шоткі	
Тиристор тріодний, який запирається в зворотному напрямку: 1) з управлінням за анодом 2) з управлінням за катодом	
Транзистор PNP <i>Примітка:</i> Допускається позначення транзисторів зображати в дзеркальному положенні	
Транзистор NPN	
Транзистор польовий	
Транзистор польовий з ізолюваним затвором	

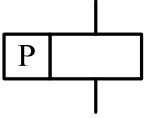
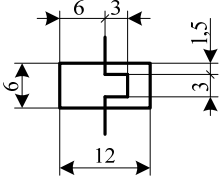
Продовження таблиці А.2

Опис	Графічне позначення
Фоторезистор:	
Фотодіод	
Фототранзистор (PNP та NPN відповідно):	

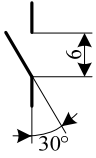
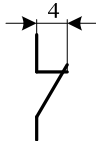

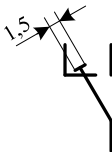
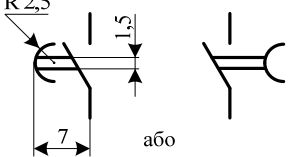
Таблиця А.3 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.756-76 (сприймаюча частина електромеханічних пристроїв)

Опис	Графічне позначення
Котушка електромагнітного пристрою	
Котушка електромеханічного пристрою трифазного струму	
Котушка електромеханічного пристрою з додатковим графічним полем (у додатковому полі вказують уточнюючі дані електромеханічного пристрою)	
Котушка електромеханічного пристрою з зазначенням виду обмотки:	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">I</div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; margin-right: 5px;"></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">U</div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; margin-right: 5px;"></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">I></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; margin-right: 5px;"></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">U<</div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; margin-right: 5px;"></div> </div> </div>

Продовження таблиці А.3

Опис	Графічне позначення
Котушка поляризованого електромеханічного пристрою	
Сприймаюча частина електротеплового реле	

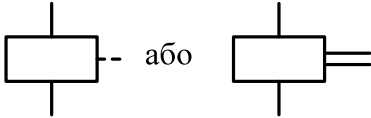
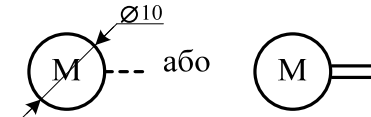
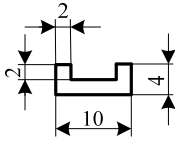
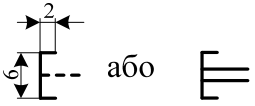
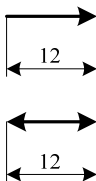
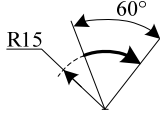
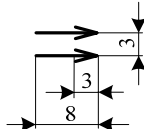
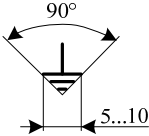
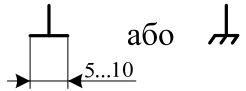
Таблиця А.4 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.755-87 (пристрої комутаційні і контактні з'єднання)

Опис	Графічне позначення
Нормально розімкнутий контакт комутаційного пристрою	
Нормально замкнутий контакт комутаційного пристрою	
Контакт комутаційного пристрою, який забезпечує переключення	
Контакт комутаційного пристрою, який забезпечує переключення із нейтральним центральним положенням	
Контакт комутаційного пристрою, який забезпечує переключення без розмикання кола	
Нормально розімкнутий контакт, який замикається з витримкою часу при спрацюванні	

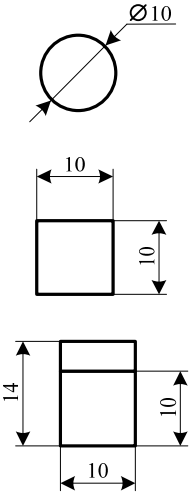
Продовження таблиці А.4

Опис	Графічне позначення
Нормально розімкнутий контакт, який замикається з витримкою часу при поверненні	
Нормально розімкнутий контакт, який замикається з витримкою часу при спрацюванні і поверненні	
Нормально замкнутий контакт, який розмикається з витримкою часу при спрацюванні	
Нормально замкнутий контакт, який розмикається з витримкою часу при поверненні	
Нормально замкнутий контакт, який розмикається з витримкою часу при спрацюванні і поверненні	
Вимикач кнопковий нажимний з нормально розімкнутим контактом	
Вимикач кнопковий нажимний з нормально замкнутим контактом	
Вимикач триполюсний	
Вимикач триполюсний з автоматичним спрацюванням максимального струму	
Контакт електротеплового реле при рознесеному способі зображення	
Реле електротеплове без самоповернення	
Контакт кінцевого вимикача	


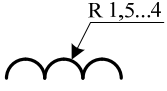



Таблиця А.5 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.721-74 (позначення загального застосування)

Опис	Графічне позначення
Електромагнітний привод	
Електромашинний привод	
Магніт постійний	
Привод ручний, який приводиться в рух натисненням кнопки	
Рух прямолінійний: 1) односторонній 2) з поверненням	
Обертальний рух	
Зв'язок оптичний	
Заземлення (загальне позначення)	
Електричне з'єднання з корпусом	


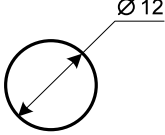
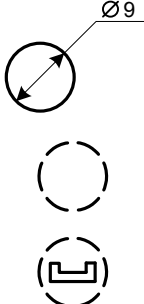

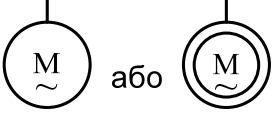
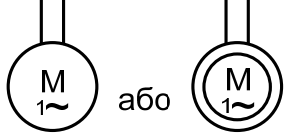


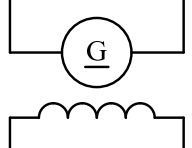
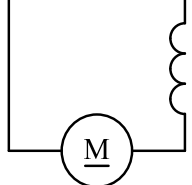
Таблиця А.6 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.729-68 (прилади електровимірювальні)

Опис	Графічне позначення
<p>Прилад електровимірювальний:</p> <p>1) показувальний</p> <p>2) реєструвальний</p> <p>3) інтегрувальний (лічильник електричної енергії)</p>	

Таблиця А.7 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.722-68 (електричні машини)

Опис	Графічне позначення
<p>Машина електрична. Загальне позначення</p> <p>Примітка: у середині кола дозволяється вказувати такі дані:</p> <p>а) рід машини (генератор – G, двигун – M, генератор синхронний – GS, двигун синхр. – MS, сельсин – ZZ, перетворювач – C);</p> <p>б) рід струму, число фаз або вид з'єднання обмоток</p>	
<p>Обмотка електричної машини</p>	
<p>Обмотка додаткового полюса</p>	
<p>Обмотка компенсаційна</p>	
<p>Обмотка статора машини змінного струму, обмотка послідовного збудження машини постійного струму</p>	

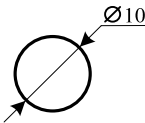
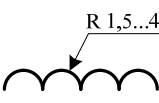
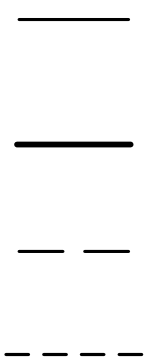
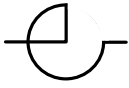
Продовження таблиці А.7

Опис	Графічне позначення
Обмотка паралельного (незалежного) збудження машини постійного струму	
Статор електричної машини	
Ротор електричної машини: 1) короткозамкнений 2) з явно вираженими полюсами (явнополюсний) з прорізами по колу 3) явнополюсний з постійним магнітом	
Двигун асинхронний з фазним ротором	
Двигун асинхронний з КЗ ротором	
Двигун асинхронний однофазний з КЗ ротором	
Двигун лінійний	
Двигун кроковий	
Машина постійного струму з незалежним збудженням	
Машина постійного струму з послідовним збудженням	

Продовження таблиці А.7

Опис	Графічне позначення
Машина постійного струму з паралельним збудженням	
Машина постійного струму зі змішаним збудженням	
Машина постійного струму зі збудженням від постійних магнітів	

Таблиця А.8 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.723-68 (катушки індуктивності, дроселі, трансформатори)

Опис	Графічне позначення	
	форма I	форма II
Обмотка трансформатора (силового), автотрансформатора, дроселя і магнітного підсилювача		
<p>Магнітопровід</p> <p>1) феромагнітний</p> <p>2) феритовий (зображають товстою лінією)</p> <p>3) феромагнітний з повітряним зазором</p> <p>4) магнітодіелектричний</p> <p><i>Примітка.</i> Кількість штрихів не встановлюється</p>		
Реактор		

Продовження таблиці А.8

Опис	Графічне позначення	
	форма I	форма II
Трансформатор без магнітопровода 1) з постійним зв'язком <i>де d – діаметр</i> 2) з змінним зв'язком		
Трансформатор струму з одною вторинною обмоткою		
Трансформатор вимірювальний напруги		

Таблиця А.9 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.737-68 (пристрої зв'язку)

Опис	Графічне позначення
Генератор прямокутних імпульсів	
Генератор синусоїдальних коливань (50 Гц)	
Генератор з кварцовою стабілізацією	
Випрямляч	
Перетворювач постійного струму	


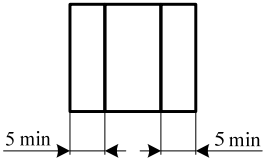
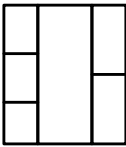
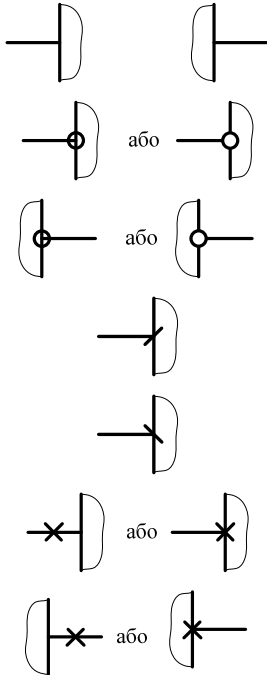
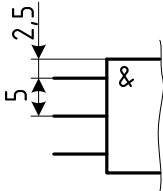
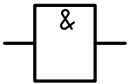
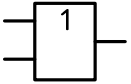
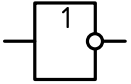
Продовження таблиці А.9

Опис	Графічне позначення
Інвертор	
Випрямляч-інвертор	
Перетворювач частоти f_1 в частоту f_2	
Помножувач частоти	
Подільник частоти	
Інвертор імпульсів	
Перетворювач змінного струму в бінарний код	
Формувач імпульсів	
Підсилювач багатокаскадний (наприклад, п'яти)	

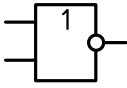
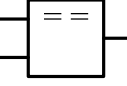
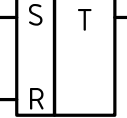
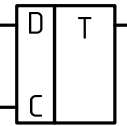
Таблиця А.10 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.743-91 (елементи цифрової техніки)

Опис	Графічне позначення
Елемент цифрової техніки, що має тільки основне поле	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і одне (праве) додаткове поле	

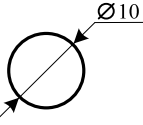
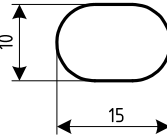


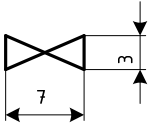
Продовження таблиці А.10

Опис	Графічне позначення
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і одне (ліве) додаткове поле	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і два додаткових поля	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і два додаткових, які розділені на зони (кількість зон – необмежена)	
<p>Позначення виводів елементів:</p> <p>прямий статичний вхід та вихід, відповідно</p> <p>інверсний статичний вхід</p> <p>інверсний статичний вихід</p> <p>прямий динамічний вхід</p> <p>інверсний динамічний вхід</p> <p>вивід, який не несе логічної інформації</p>	
Позначення логічного елемента з групою рівнозначних ввідів	
Елемент «І» («&»)	
Елемент «АБО» («1»)	
Елемент «НЕ»	

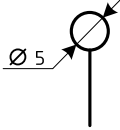
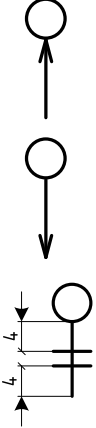

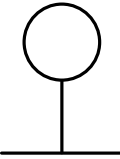
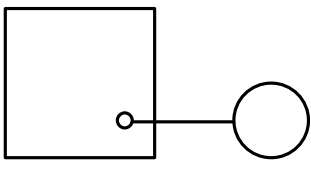
Продовження таблиці А.10

Опис	Графічне позначення
Елемент «АБО–НЕ»	
Компаратор	
RS-тригер	
D-тригер	

Таблиця А.11 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 21.404-85 (пристрої і засоби автоматизації)

Опис	Графічне позначення
<p>Засіб автоматизації, який встановлюють поза щитом</p> <p>1) основне позначення</p> <p>2) допустиме позначення</p>	 
<p>Засіб автоматизації, розташований в щиті, пульті:</p> <p>1) основне позначення</p> <p>2) допустиме позначення</p> <p>Примітка. Горизонтальну розділювальну лінію всередині графічного позначення зображають суцільною тонкою лінією.</p>	 
Регулювальний орган	

Продовження таблиці А.11

Опис	Графічне позначення
Виконавчий механізм, загальне позначення	
<p>Виконавчий механізм, який при припиненні подачі енергії чи управляючого сигналу:</p> <p>1) відкриває регулювальний орган</p> <p>2) закриває регулювальний орган</p> <p>3) залишає регулювальний орган у незмінному положенні</p>	
Виконавчий механізм з додатковим ручним приводом	
Відбірний пристрій для всіх постійно підключених приладів зображають суцільною тонкою лінією, яка з'єднує технологічний трубопровід або апарат з приладом	
При необхідності вказати конкретне місце розташування відбірного пристрою (усередині контура технологічного апарата) його зображають кружком діаметром 2 мм	

Додаток Б

Буквені позначення елементів

Таблиця Б.1 – Буквені коди найбільш поширених елементів згідно з ГОСТ 2.710-81

Код	Елементи	Приклади елементів	Код
<i>A</i>	Пристрій (загальне позначення)		
<i>B</i>	Перетворювачі неелектричних величин в електричні (крім генераторів і джерел живлення) або навпаки; аналогові і багаторозрядні перетворювачі; сенсори для показу або вимірювання:	гучномовець	<i>BA</i>
		магнітострикційний елемент	<i>BB</i>
		детектор іонізуючих випромінювань	<i>BD</i>
		сельсин-приймач	<i>BE</i>
		сельсин-сенсор	<i>BC</i>
		тепловий сенсор	<i>BK</i>
		фотоелемент	<i>BL</i>
		мікрофон	<i>BM</i>
		сенсор тиску	<i>BP</i>
		п'єзоелемент	<i>BQ</i>
		звукознімач	<i>BS</i>
	сенсор швидкості	<i>BV</i>	
<i>C</i>	Конденсатори		
<i>D</i>	Схеми інтегральні:	схема інтегральна аналогова	<i>DA</i>
		схема інтегральна, цифрова, логічний елемент	<i>DD</i>
		пристрій зберігання інформації	<i>DS</i>
		пристрій затримки	<i>DT</i>
<i>E</i>	Елементи різні:	нагрівальний елемент	<i>EK</i>
		лампа освітлювальна	<i>EL</i>
		піропатрон	<i>ET</i>
<i>F</i>	Розрядники, запобіжники, пристрої захисту:	дискретний елемент захисту за струмом миттєвої дії	<i>FA</i>
		дискретний елемент захисту за струмом інерційної дії	<i>FP</i>

Продовження таблиці Б.1

Код	Елементи	Приклади елементів	Код
<i>F</i>	Розрядники, запобіжники, пристрої захисту:	запобіжник плавкий	<i>FU</i>
		дискретний елемент захисту за напругою, розрядник	<i>FV</i>
<i>G</i>	Генератори, джерела живлення:	батарея	<i>GB</i>
<i>H</i>	Пристрої індикаційні і сигнальні:	прилад звукової сигналізації	<i>HA</i>
		індикатор символний	<i>HG</i>
		прилад світлової сигналізації	<i>HL</i>
<i>K</i>	Реле, контактори, пускачі:	реле струмове	<i>KA</i>
		реле вказівне	<i>KH</i>
		реле електротеплове	<i>KK</i>
		контактор, магнітний пускач	<i>KM</i>
		реле часу	<i>KT</i>
		реле напруги	<i>KV</i>
<i>L</i>	Котушки індуктивності, дроселі, реактори	дросель люмінесцентного освітлення	<i>LL</i>
<i>M</i>	Двигуни		
<i>P</i>	Прилади вимірювальні: <i>Примітка.</i> Поєднання <i>PE</i> є недопустимим	амперметр	<i>PA</i>
		лічильник імпульсів	<i>PC</i>
		частотомір	<i>PF</i>
		лічильник активної енергії	<i>PI</i>
		лічильник реактивної енергії	<i>PK</i>
		омметр	<i>PR</i>
		реєструвальний прилад	<i>PS</i>
		годинник, вимірювач часу, дії	<i>PT</i>
		вольтметр	<i>PV</i>
		ватметр	<i>PW</i>
<i>Q</i>	Вимикачі і роз'єднувачі в силових колах:	вимикач автоматичний	<i>QF</i>
		короткозамикач	<i>QK</i>
		роз'єднувач	<i>QS</i>

Продовження таблиці Б.1

Код	Елементи	Приклади елементів	Код
<i>R</i>	Резистори:	терморезистор	<i>RK</i>
		потенціометр	<i>RP</i>
		шунт вимірювальний	<i>RS</i>
		варистор	<i>RU</i>
<i>S</i>	Пристрої комунікаційні в колах керування, сигналізації і вимірювальних: <i>Примітка.</i> Позначення <i>SF</i> використовують для апаратів, які не мають контактів в силових колах	вимикач або перемикач	<i>SA</i>
		вимикач кнопочний	<i>SB</i>
		вимикач автоматичний	<i>SF</i>
		вимикач, що спрацьовує від різних впливів:	
		рівня	<i>SL</i>
		тиску	<i>SP</i>
		положення (шляховий)	<i>SQ</i>
		частоти обертання	<i>SR</i>
температури	<i>SK</i>		
<i>T</i>	Трансформатори, автотрансформатори:	трансформатор струму	<i>TA</i>
		електромагнітн. стабілізатор	<i>TS</i>
		трансформатор напруги	<i>TV</i>
<i>U</i>	Пристрої зв'язку. Перетворювачі електричних величин в електричні:	модулятор	<i>UB</i>
		демодулятор	<i>UR</i>
		дискримінація	<i>UI</i>
		перетворювач частоти, інвертор, генератор частоти, випрямляч	<i>UZ</i>
<i>V</i>	Прилади електровакуумні і напівпровідникові	діод, стабілітрон	<i>VD</i>
		прилад електровакуумний	<i>VL</i>
		транзистор	<i>VT</i>
		тиристор	<i>VS</i>
<i>W</i>	Лінії і елементи СВЧ. Антени:	відгалужувач	<i>WE</i>
		короткозамикач	<i>WK</i>
		вентиль	<i>WS</i>
		трансформатор, фазообертач	<i>WT</i>
		атенюатор	<i>WU</i>
		антена	<i>WA</i>

Продовження таблиці Б.1

Код	Елементи	Приклади елементів	Код
<i>X</i>	З'єднання контактні:	струмознімач, контакт ковзний	<i>XA</i>
		штир	<i>XP</i>
		гніздо	<i>XS</i>
		з'єднання розбірне	<i>XT</i>
		з'єднувач високочастотний	<i>XW</i>
<i>Y</i>	Пристрої механічні з електромагнітними приводами:	електромагніт	<i>YA</i>
		гальмо з електромагнітним приводом	<i>YB</i>
		муфта з електромагнітним приводом	<i>YC</i>
		електромагнітний патрон або плита	<i>YH</i>
<i>Z</i>	Пристрої кінцеві, фільтри, обмежувачі:	обмежувач	<i>ZL</i>
		фільтр кварцовий	<i>ZQ</i>

Таблиця Б.2 – Буквені позначення елементів схем автоматизації згідно з ГОСТ 21.404-85

Призна- чення	Позначення, яке наносять всередині пристрою		Позначення, яке наносять зовні зображення пристрою	
	код	пояснення	код	пояснення
Вимірю- вана величина	H	ручна дія	H	максимальне значення вимірювальної величини
	D	густина		
	E	електрична величина		
	F	витрата		
	G	розмір, положення, переміщення		
	BNOXYZ	резерв		
	K	час, часова програма		
	L	рівень	L	мінімальне значення вимірювальної величини
	M	вологість		
	P	тиск, розрідження		
	Q	склад, концентрація		
	R	радіоактивність		
	S	швидкість, частота		
	T	температура		
	U	декілька різномірних параметрів		
	V	в'язкість		
	W	маса		

Продовження таблиці Б.2

Призначення	Позначення, яке наносять всередині пристрою		Позначення, яке наносять зовні зображення пристрою	
	код	пояснення	код	пояснення
Уточнення вимірюваної величини	D	різниця, перепад		
	F	співвідношення, частина		
	J	автоматичне переключення		
	Q	інтегрування, сумування в часі		
	I	показ		
	R	ресстрування		
	C	автоматичне регулювання, управління		
	S	включення, відключення, переключення		
Функціональні ознаки	A	сигналізація		
	E	початкове перетворення (чуттєвий елемент)		
	T	проміжне перетворення (дистанційна передача)		
	K	станція управління		
	Y	перетворення, обчислювальна функція		

Продовження таблиці Б.2

Призначення	Позначення, яке наносять всередині пристрою		Позначення, яке наносять зовні зображення пристрою	
	код	пояснення	код	пояснення
Додаткові функціональні ознаки пристрою			G	сигнал гідравлічний
			A	сигнал аналоговий
			D	сигнал дискретний
			Σ	підсумовування
			k	множення сигналу на постійний коеф. k
			\times	множення двох і більше сигналів один на одного
			:	ділення сигналів один на одного
			f_n	піднесення величини сигналу f в степінь n
			$\sqrt[n]{\quad}$	добування з величини сигналу кореня степеня n
			lg	логарифмування
			dx/dt	диференціювання
			x(-1)	змінення знаку сигналу
			max	обмеження верхнього значення сигналу
			min	обмеження нижнього значення сигналу
			B_i	передавання сигналу на ЕОМ
			B_0	виведення інформації з ЕОМ

Навчальне видання

**Володимир Віталійович Грабко
Сергій Миколайович Бабій
Микола Миколайович Мошнорізі
Юрій Володимирович Шевчук**

МОНТАЖ ТА НАЛАГОДЖУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ

Навчальний посібник

Редактор Т. Старічек

Оригінал-макет підготовлено С. Бабієм

Підписано до друку
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. др. арк.
Наклад прим. Зам №

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.