

**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

**Монтаж, налагодження та експлуатація електротехнічного  
обладнання  
методичні вказівки до виконання  
практичних робіт**

Запоріжжя 2026

**mip** metinvest  
polytechnic

УДК 621.3.004.14 (072)

М77

*Рекомендовано Науково-методичною радою  
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
(протокол № 5 від 27 лютого 2026 р.)*

*Укладач*

Шрамко Ю.Ю. канд. техн. наук,

М77      Монтаж, налагодження та експлуатація електротехнічного обладнання : методичні вказівки до виконання практичних робіт / уклад. Ю. Ю. Шрамко. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026. 52 с.

Методичні вказівки розроблено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності «Електрична інженерія» освітньо-професійної програми «Інжиніринг електропостачання та електромеханічних систем у металургії та гірництві» і призначено для забезпечення вивчення навчальної дисципліни «Монтаж, налагодження та експлуатація електротехнічного обладнання».

Матеріал спрямований на формування у студентів системних професійних компетентностей у сфері організації та виконання електромонтажних робіт, проведення пусконаладжувальних заходів, технічного обслуговування та експлуатації електротехнічного обладнання підприємств гірничо-металургійного комплексу.

У методичних вказівках викладено основні теоретичні положення з технології монтажу електротехнічного обладнання, організації пусконаладжувальних робіт, діагностики технічного стану та експлуатації електричних машин, трансформаторів, розподільчих пристроїв і систем електропостачання, приклади інженерних розрахунків, індивідуальні завдання, порядок виконання та оформлення і практичних робіт, питання для самоконтролю.

Видання призначене для використання під час проведення аудиторних занять і самостійної роботи студентів з метою поглиблення теоретичних знань, розвитку інженерного мислення та набуття практичних навичок професійної діяльності у сфері монтажу, налагодження та експлуатації електротехнічного обладнання в умовах сучасних гірничих і металургійних підприємств.

УДК 621.3.004.14 (072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ЕЛЕКТРОМОНТАЖНОЮ ДОКУМЕНТАЦІЄЮ ТА СХЕМАМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ .....	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА №2 МОНТАЖ І ПІДКЛЮЧЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ВИМИКАЧА У ЩИТОВОМУ ОБЛАДНАННІ .....	15
ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 ПІДКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ДО ПУСКОВОГО АПАРАТА (МАГНІТНОГО ПУСКАЧА) .....	25
ПРАКТИЧНА РОБОТА №4 ВИПРОБУВАННЯ ІЗОЛЯЦІЇ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ ТА ПЕРЕВІРКА ЗАЗЕМЛЕННЯ .....	35
ПРАКТИЧНА РОБОТА №5 ДІАГНОСТИКА ТИПОВИХ НЕСПРАВНОСТЕЙ У СХЕМІ КЕРУВАННЯ .....	44



## ВСТУП

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Монтаж, налагодження та експлуатація електротехнічного обладнання» розроблено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності «Електрична інженерія» освітньо-професійної програми «Інжиніринг електропостачання та електромеханічних систем у металургії та гірництві». Метою видання є забезпечення методичного супроводу аудиторної та самостійної роботи студентів під час опанування технології електромонтажу, організації пусконаладжувальних робіт, а також набуття практичних умінь щодо технічного обслуговування, діагностики та безпечної експлуатації електротехнічного обладнання в умовах підприємств гірничо-металургійного комплексу.

Зміст практичних робіт спрямовано на формування професійних компетентностей у частині читання й аналізу електромонтажної документації та схем підключення, виконання розрахунків для вибору апаратів захисту і комутації, складання монтажних рішень, а також оцінювання технічного стану кабельних ліній і систем заземлення. Окрему увагу приділено відпрацюванню алгоритмів контролю правильності монтажу, перевірці відповідності «кабель – автоматичний вимикач», аналізу кола керування та локалізації типових несправностей із формуванням обґрунтованих висновків і рекомендацій.

Кожна практична робота містить мету, основні теоретичні відомості, програму виконання, індивідуальні завдання з вихідними даними, вимоги до оформлення результатів, критерії оцінювання та питання для самоперевірки. Використання цих методичних вказівок забезпечує системність підготовки здобувачів освіти, розвиток інженерного мислення, підвищення культури електробезпеки та готовність до виконання виробничих функцій у сфері монтажу, налагодження й експлуатації електротехнічного обладнання.



## *ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ЕЛЕКТРОМОНТАЖНОЮ ДОКУМЕНТАЦІЄЮ ТА СХЕМАМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ*

Метою практичної роботи є формування у здобувачів освіти знань і практичних навичок щодо читання та аналізу електромонтажної документації, визначення типів електричних схем та встановлення функціонального призначення елементів електрообладнання.

У процесі виконання роботи здобувачі повинні навчитися розпізнавати принципи, монтажні та однолінійні схеми, розшифровувати умовні графічні позначення, виділяти силові та керувальні кола, аналізувати логіку роботи електричного кола та оцінювати відповідність схеми вимогам монтажу.

Виконання практичної роботи спрямоване на підготовку здобувачів до подальшого виконання електромонтажних, налагоджувальних і експлуатаційних робіт у складі електротехнічного обладнання.

### 1.1 Основи теоретичні відомості

Електромонтажна документація є складовою частиною проєктної документації та призначена для забезпечення правильного виконання монтажу, підключення, налагодження та введення в експлуатацію електротехнічного обладнання. Вона містить графічні та текстові матеріали, що визначають склад обладнання, структуру електричних зв'язків, технічні характеристики апаратів і порядок їх з'єднання.

До основних видів електромонтажної документації належать:

- принципів електричних схем;
- монтажні (з'єднувальні) схеми;
- однолінійні схеми електропостачання;
- структурні та функціональні схеми;
- плани розміщення електрообладнання;
- специфікації та кабельні журнали.

Приклади.

- Принципова електрична схема

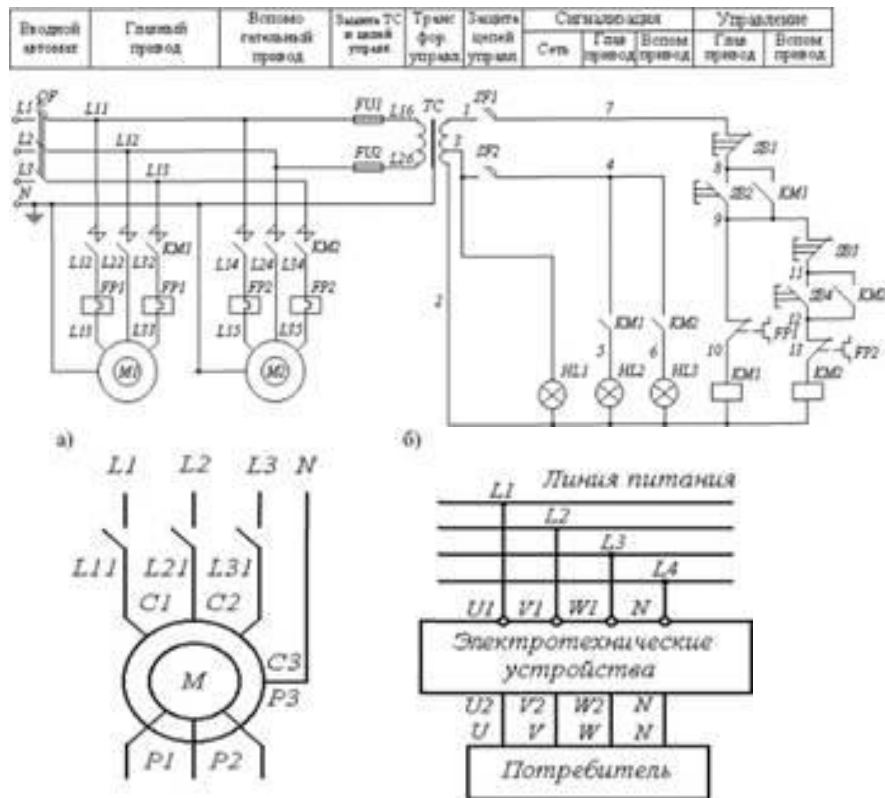


Рисунок 1.1 – Приклади принципних електричних схем

- Монтажні (з'єднувальні) схеми;

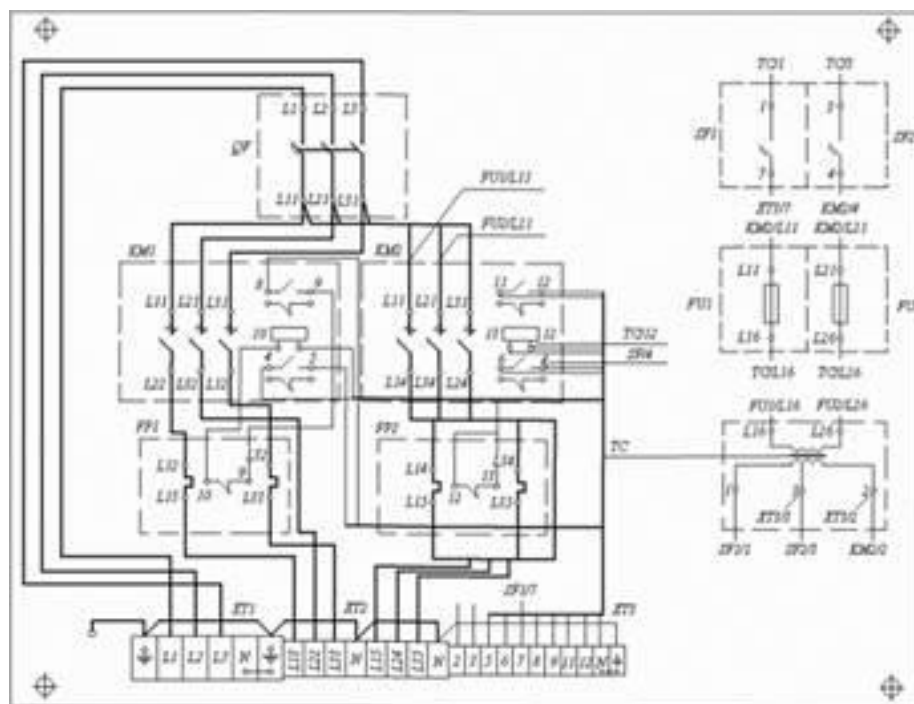


Рисунок 1.2 – Приклади схеми з'єднань



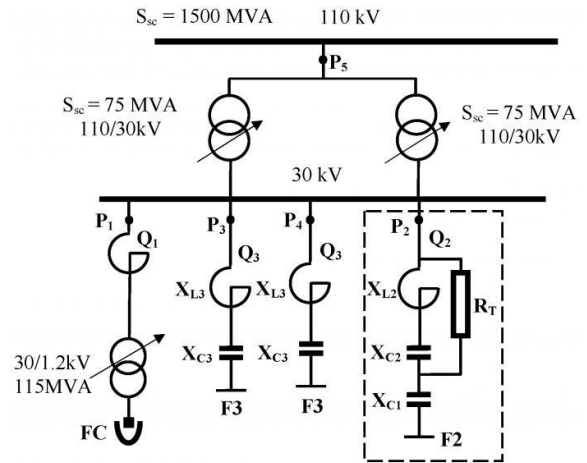
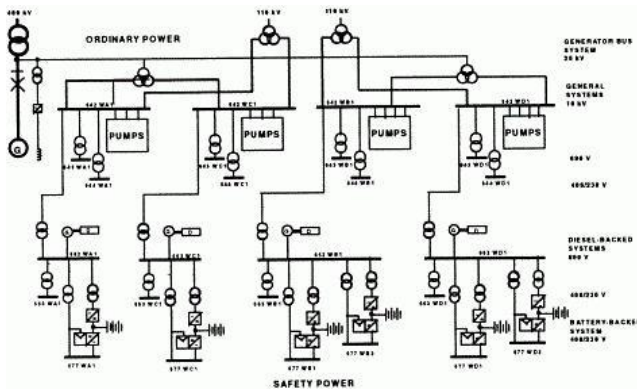


Рисунок 1.4 – Приклади однолінійні схеми електропостачання

– структурна схема

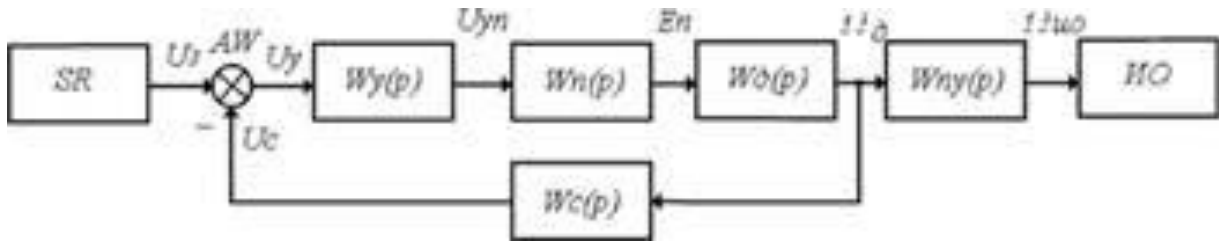


Рисунок 1.5 – Приклад структурної схеми

– плани розміщення електрообладнання;



– специфікації та кабельні журнали (ДСТУ Б А.2.4-4).

Позначення кабелю, проводу	Траса		Ділянка траси кабелю, проводу	Кабель, провід					
	початок	кінець		за проектом			прокладено		
				марка	кількість, число і переріз жил	довжина, м	марка	кількість, число і переріз жил	довжина, м
25	60	60	110	20	35	15	20	35	15
			395						

Рисунок 1.7 – Приклад кабельного журналу при прокладанні методом трас

Позначення кабелю, проводу	Траса		Прохід через трубу				Кабель, провід					
	початок	кінець	позначення			Протяжний ящик №	за проектом			прокладено		
			діаметр за стандартом, мм	довжина, м	Протяжний ящик №		марка	кількість, число і переріз жил	довжина, м	марка	кількість, число і переріз жил	довжина, м
20	46	46	20	15	15	15	15	25	15	15	25	15
			287									

Рисунок 1.8 – Приклад кабельно-трубного журналу

Умовні графічні позначення та маркування

Усі елементи електричних схем зображаються умовними графічними символами. Буквено-цифрове маркування дозволяє однозначно ідентифікувати кожен елемент на всіх видах схем.

Правильне читання умовних позначень є необхідною умовою якісного виконання монтажних та налагоджувальних робіт.

Взаємозв'язок між видами схем

Принципова схема визначає логіку роботи кола.

Монтажна схема реалізує цю логіку у фізичному виконанні.

Однолінійна схема відображає загальну структуру електропостачання.

Комплексний аналіз усіх видів схем дозволяє забезпечити правильність монтажу, безпечну експлуатацію та надійність роботи електротехнічного обладнання.

## 1.2 Програма роботи

Програма практичної роботи передбачає поетапне ознайомлення з електромонтажною документацією та виконання аналізу електричних схем підключення.

Виконання роботи можливо у двох варіантах.

### Варіант 1

Під час виконання роботи необхідно:

1. Ознайомитися з комплектом електромонтажної документації, що надана для виконання завдання.
2. Визначити вид кожної схеми (принципова, монтажна, однолінійна).
3. Проаналізувати структуру схеми та встановити її призначення.
4. Розшифрувати умовні графічні позначення елементів і визначити їх найменування.
5. Визначити склад силового кола та кола керування.
6. Встановити елементи захисту електрообладнання.
7. Простежити послідовність роботи електричного кола відповідно до принципової схеми.
8. Зіставити принципову та монтажну схеми з метою перевірки відповідності електричних з'єднань.
9. Заповнити таблицю ідентифікації елементів (позначення, найменування, функція).

### Варіант 2.

Студент використовує власні матеріали, як приклад зібрані для виконання кваліфікаційної роботи, електромонтажну документацію.

Програма роботи передбачає виконання таких етапів:

1. Обрати об'єкт електромонтажу (наприклад: схема пуску асинхронного двигуна, схема керування освітленням, реверсивний пуск двигуна тощо).
2. Визначити функціональне призначення обраної електричної установки.
3. Розробити принципову електричну схему з використанням умовних графічних позначень відповідно до чинних стандартів.
4. Присвоїти елементам буквено-цифрові позначення та скласти перелік елементів (специфікацію).
5. Виділити на схемі силове коло та коло керування.
6. Розробити монтажну (з'єднувальну) схему із зазначенням клемних з'єднань та маркування проводів.
7. За потреби побудувати однолінійну схему живлення електроустановки.
8. Проаналізувати логіку роботи електричного кола та описати послідовність його функціонування.
9. Перевірити відповідність монтажної схеми принципівій.
10. Оформити комплект документації у вигляді, придатному для виконання монтажних робіт.

### 1.3 Завдання та вихідні данні

Студент повинен самостійно сформувати комплект електромонтажної документації для обраного об'єкта електромонтажу та виконати його технічний аналіз.

У межах роботи необхідно:

1. Обрати тип електроустановки (варіант визначається викладачем або обирається самостійно).
2. Розробити принципову електричну схему.
3. Розробити монтажну (з'єднувальну) схему.
4. За потреби — побудувати однолінійну схему живлення.
5. Скласти перелік елементів (специфікацію).
6. Описати послідовність роботи електричного кола.
7. Обґрунтувати вибір апаратів захисту та комутації.

Таблиця 1.2 – Варіанти завдань

№ варіанта	Об'єкт електромонтажу	U силового кола	U керування	Потужність, кВт	cosφ	Довжина кабелю, м	Режим роботи	Ступінь захисту	Особливі умови
1	Прямий пуск АД з КЗ ротором	3×400 В	230 В	2,2	0,82	18	S1	IP20	Місцеве кнопочне керування
2	Прямий пуск АД з тепловим реле	3×400 В	230 В	4,0	0,84	25	S1	IP31	Захист від перевантаження
3	Реверсивний пуск АД	3×400 В	230 В	5,5	0,86	30	S1	IP31	Механічне та електричне блокування
4	Керування освітленням через контактор	3×400/230 В	230 В	3,0 (сумарна)	0,95	22	S1	IP20	Кнопочний пост
5	Насосна установка з поплавковим датчиком	3×400 В	230 В	3,0	0,83	35	S1	IP54	Автоматичне керування
6	Вентиляційна установка	3×400 В	230 В	7,5	0,88	28	S1	IP31	Світлова сигналізація
7	Компресор з реле тиску	3×400 В	230 В	5,5	0,87	40	S3	IP54	Автоматичний пуск за тиском
8	Стрічковий транспортер	3×400 В	24 В	4,0	0,85	32	S1	IP31	Аварійна кнопка «Стоп»
9	Деревообробний верстат	3×400 В	230 В	6,0	0,86	20	S1	IP31	Тепловий та короткочасний захист
10	Резервний електродвигун (ввід резерву)	3×400 В	230 В	4,0	0,84	27	S1	IP31	Ручне перемикання живлення

## Результат виконання

У результаті виконання роботи студент повинен подати:

- комплект оформлених схем;
- специфікацію елементів;
- опис роботи електричного кола;
- обґрунтування вибору апаратів;
- висновки щодо можливості реалізації монтажу.


### 1.4 Критерії оцінювання

Критерії оцінювання виконання практичних робіт (максимум 4 балів):

- 4 бали – повна відповідність оцінці 3 бали, також ініціативність студента у роботі над проблемою, логічність та структурованість вербальної відповіді під час навчальної дискусії, здатність комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, у т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним;
- 3 бали – всі дослід/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів повний та обґрунтований, звіт оформлений акуратно;
- 2 бали – дослід/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів неповний, або звіт оформлений неохайно;
- 1 бал – у дослід/розрахунках присутні певні помилки, або аналіз отриманих результатів неповний, звіт оформлений неохайно.

### 1.5 Питання для самоперевірки

- 1 Яке призначення електромонтажної документації?
- 2 Які основні види електричних схем застосовуються під час виконання монтажних робіт?
- 3 У чому полягає відмінність між принциповою та монтажною схемами?
- 4 Для чого використовується однолінійна схема електропостачання?
- 5 Які дані містить специфікація електрообладнання?
- 6 Що таке умовні графічні позначення та для чого вони застосовуються?
- 7 Як визначити силове коло та коло керування на принциповій схемі?
- 8 Яке призначення автоматичного вимикача у схемі пуску двигуна?
- 9 Яке призначення контактора в колі керування електродвигуном?
- 10 Для чого застосовується теплове реле?
- 11 За якою формулою визначається номінальний струм трифазного електродвигуна?
- 12 Як визначається переріз кабелю силового кола?

- 
- 13 Що таке самопідхоплення контактора та як воно реалізується на схемі?
  - 14 Які наслідки можуть виникнути у разі неправильного вибору апаратів захисту?
  - 15 Які вимоги висуваються до маркування провідників під час монтажу?
  - 16 Яким чином перевіряється відповідність монтажною схемою принципів?
  - 17 Які основні помилки допускаються під час читання електричних схем?

#### 1.6 Перелік рекомендованої джерел

- 1 Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв : навч. посіб. / В. В. Грабко та ін. Вінниця : ВНТУ, 2020. 173 с.
- 2 Циганов О. М., Мардзявко В. А., Руденко А. Ю. Монтаж, наладка і експлуатація електрообладнання : конспект лекцій. Миколаїв, 2022. 160 с.
- 3 Технологія електромонтажних робіт : підручник / В. В. Чорна, С. В. Чорний. Харків : Компанія СМІТ, 2014. 288 с.
- 4 Монтаж енергообладнання та систем керування : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / М. П. Кунденко та ін. Ч. І. Харків : ХНТУСГ, 2017. 282 с.
- 5 ДСТУ EN 50086-1:2004 Системи кабелепроводів для електричних установок. Частина 1. Загальні технічні вимоги (EN 50086- 1:1993, IDT) : [Чинний від 2005.07.01]. Київ : Держспоживстандарт, 2005.
- 6 ДБН А. 2.2-1-2003. Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування / Державні будівельні норми України. Київ : ДержБуд України, 2004. 26 с.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №2 МОНТАЖ І ПІДКЛЮЧЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ВИМИКАЧА У ЩИТОВОМУ ОБЛАДНАННІ

Мета роботи Набуття практичних навичок монтажу, механічного встановлення та електричного підключення автоматичного вимикача в складі щитового обладнання з дотриманням вимог ПУЕ, ДСТУ та правил безпечної експлуатації електроустановок.

### 2.1 Основі теоретичні відомості

Автоматичний вимикач є комутаційним апаратом, призначеним для оперативного вмикання та вимикання електричних кіл, а також для автоматичного захисту електроустановок від перевантажень і струмів короткого замикання. У щитовому обладнанні автоматичні вимикачі встановлюються у вводних, розподільчих та відхідних колах і забезпечують локалізацію аварійних режимів, запобігаючи пошкодженню кабельних ліній та електроспоживачів.

#### Принцип дії

Захист у автоматичному вимикачі реалізується двома основними розчіплювачами:

- тепловим (біметалевим) — реагує на перевантаження, що призводить до тривалого перевищення допустимого струму;
- електромагнітним — спрацьовує миттєво при короткому замиканні.

Під час розмикання контактів виникає електрична дуга, яка гаситься в дугогасильній камері. Конструкція камери забезпечує поділ дуги на декілька коротких ділянок і її швидке охолодження.

#### Основні технічні параметри

До основних характеристик автоматичного вимикача належать:

- номінальна напруга  $U_n$ ;
- номінальний струм  $I_n$ ;
- характеристика спрацювання (тип В, С, D);
- гранична вимикальна здатність;
- кількість полюсів;
- клас струмообмеження.

Вибір вимикача здійснюється відповідно до параметрів мережі та навантаження. Номінальний струм автомата повинен бути не меншим за розрахунковий струм навантаження, але не перевищувати допустимого струму провідника.

#### Розрахунок струму навантаження

Для однофазного кола:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

Для трифазного кола:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$

де  $P$ — активна потужність,  
 $U$ — номінальна напруга,  
 $\cos \varphi$ — коефіцієнт потужності,  
 $\eta$ — ККД (для електродвигунів).

Умови узгодження «кабель – автомат»

Для забезпечення захисту провідника необхідно виконати умову:

$$I_{\text{нагр}} \leq I_n \leq I_{\text{доп}}$$

де  $I_{\text{нагр}}$ — розрахунковий струм навантаження,  
 $I_n$ — номінальний струм автоматичного вимикача,  
 $I_{\text{доп}}$ — допустимий тривалий струм провідника.

Падіння напруги

Під час вибору перерізу провідника необхідно перевіряти допустиме падіння напруги. Для більшості силових мереж воно не повинно перевищувати 5 % номінальної напруги.

Таким чином, монтаж автоматичного вимикача в щитовому обладнанні повинен виконуватися на основі попередніх електротехнічних розрахунків, з урахуванням параметрів навантаження, умов прокладання кабелю та вимог електробезпеки.

## 2.2 Програма роботи

1. Ознайомитися з технічними характеристиками автоматичного вимикача (номінальна напруга, номінальний струм, характеристика спрацювання, вимикальна здатність, кількість полюсів).

2. Проаналізувати вихідні дані індивідуального варіанта (потужність навантаження, напруга мережі, коефіцієнт потужності, довжина лінії, умови прокладання кабелю).

3. Виконати електротехнічні розрахунки:

- визначити робочий струм навантаження;
- обрати номінал та характеристику автоматичного вимикача;
- визначити мінімально допустимий переріз провідника;
- перевірити допустиме падіння напруги;
- перевірити узгодження параметрів «автоматичний вимикач – кабель».

4. Розробити схему підключення автоматичного вимикача у складі щитового обладнання (однолінійну та монтажну).
5. Виконати монтаж автоматичного вимикача на DIN-рейці з дотриманням вимог електробезпеки:
  - підготовка та зачистка провідників;
  - встановлення наконечників;
  - підключення фазних та нульових провідників;
  - перевірка моменту затягування клем.
6. Провести контроль правильності монтажу:
  - перевірка відсутності механічних пошкоджень;
  - контроль правильності фазування;
  - перевірка надійності контактних з'єднань.
7. Оформити звіт, що містить вихідні дані, розрахунки, схеми підключення, результати перевірок та висновки.

### 2.3 Завдання та вихідні данні

Для кожного типу навантаження необхідно виконати 5 розрахунків:

1. визначити робочий струм;
2. обрати номінал і характеристику автоматичного вимикача;
3. визначити переріз кабелю за умовою нагріву;
4. перевірити падіння напруги;
5. перевірити узгодження «кабель – автомат».

#### Варіант 1

№	Тип навантаження	P, кВт	U, В	cosφ	η	L, м
1	Освітлення (LED)	2,5	220	0,95	1	20
2	Розеткова група	4,0	220	0,9	1	25
3	Двигун вентилятора	3,0	380	0,85	0,9	30
4	Насос	5,5	380	0,8	0,88	35
5	Електронагрівач	6,0	220	1	1	18

#### Варіант 2

№	Тип навантаження	P, кВт	U, В	cosφ	η	L, м
1	Освітлення цеху	3,2	220	0,95	1	22
2	Компресор	7,5	380	0,82	0,9	40
3	Вентилятор	4,0	380	0,85	0,9	28
4	Нагрівач	5,0	220	1	1	20
5	Розетки	3,5	220	0,9	1	18

Варіант 3

№	Тип навантаження	P, кВт	U, В	cosφ	η	L, м
1	Освітлення	2,8	220	0,95	1	15
2	Насос	7,5	380	0,8	0,88	32
3	Двигун 5 кВт	5,0	380	0,85	0,9	30
4	Електропіч	8,0	380	1	1	25
5	Розетки	4,2	220	0,9	1	20

Варіант 4

№	Тип навантаження	P, кВт	U, В	cosφ	η	L, м
1	LED освітлення	2,0	220	0,95	1	18
2	Компресор	11	380	0,82	0,9	45
3	Вентилятор	3,5	380	0,85	0,9	27
4	Нагрівач	4,5	220	1	1	16
5	Насос	5,5	380	0,8	0,88	30

Варіант 5

№	Тип навантаження	P, кВт	U, В	cosφ	η	L, м
1	Освітлення	3,0	220	0,95	1	20
2	Двигун	4,0	380	0,85	0,9	26
3	Компресор	9,0	380	0,82	0,9	38
4	Нагрівач	6,5	220	1	1	22
5	Розетки	3,8	220	0,9	1	18

Варіант 6

№	Тип навантаження	P, кВт	U, В	cosφ	η	L, м
1	Освітлення	2,2	220	0,95	1	14
2	Насос	6,0	380	0,8	0,88	30
3	Вентилятор	3,2	380	0,85	0,9	24
4	Нагрівач	5,5	220	1	1	18
5	Компресор	8,5	380	0,82	0,9	36

Варіант 7

№	Тип навантаження	P, кВт	U, В	cosφ	η	L, м
1	LED освітлення	2,7	220	0,95	1	17
2	Двигун	5,5	380	0,85	0,9	28
3	Насос	7,5	380	0,8	0,88	34
4	Нагрівач	4,8	220	1	1	19
5	Розетки	3,6	220	0,9	1	15

### Варіант 8

№	Тип навантаження	P, кВт	U, В	cosφ	η	L, м
1	Освітлення	3,4	220	0,95	1	23
2	Компресор	10	380	0,82	0,9	42
3	Вентилятор	4,2	380	0,85	0,9	29
4	Нагрівач	6,0	220	1	1	21
5	Насос	5,0	380	0,8	0,88	30

### Варіант 9

№	Тип навантаження	P, кВт	U, В	cosφ	η	L, м
1	Освітлення	2,6	220	0,95	1	18
2	Двигун	6,5	380	0,85	0,9	32
3	Компресор	9,5	380	0,82	0,9	40
4	Нагрівач	5,2	220	1	1	20
5	Розетки	3,9	220	0,9	1	17

### Варіант 10

№	Тип навантаження	P, кВт	U, В	cosφ	η	L, м
1	Освітлення	3,0	220	0,95	1	20
2	Насос	7,5	380	0,8	0,88	35
3	Двигун	4,5	380	0,85	0,9	28
4	Нагрівач	6,8	220	1	1	22
5	Компресор	11	380	0,82	0,9	45

#### Розрахункова частина

Розрахунки виконуються окремо для кожного з 5 навантажень у вибраному варіанті. Результати оформлюються у вигляді таблиці та коротких висновків щодо вибору автомата і кабелю.

Вихідні дані для розрахунків (для кожного навантаження)

$P$ — потужність, кВт;  $U$ — напруга, В;  $\cos \varphi$ ;  $\eta$ — ККД (для двигунів);  $L$ — довжина лінії, м.

Прийняти для розрахунків (типово, якщо не задано окремо):

- матеріал провідника: Cu;
- температура навколишнього середовища: 30 °С;
- допустиме падіння напруги: до 5 %;
- прокладання: у коробі/лотку (умови близькі до відкритого прокладання в приміщенні).

1) Розрахунок робочого струму навантаження

1.1. Для однофазного кола (220 В)

$$I_H = \frac{P \cdot 1000}{U \cdot \cos \varphi}$$

## 1.2. Для трифазного кола (380 В)

- для електродвигуна:

$$I_n = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$

- для активного трифазного навантаження (електропіч тощо)  
 $\eta = 1$ :

$$I_n = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} U \cdot \cos \varphi}$$

## 2) Вибір автоматичного вимикача

### 2.1. Номінальний струм автомата

Вибрати  $I_n$  зі стандартного ряду (6; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100 А) так, щоб:

$$I_n \leq I_n$$

### 2.2. Характеристика спрацювання (тип В/С/Д)

- В — освітлення, розетки, переважно активне навантаження;
- С — змішані кола, двигуни з нормальним пуском;
- Д — двигуни з важким пуском (високі пускові струми).

### 2.3. Кількість полюсів

- 220 В: 1Р (фаза) або 2Р (фаза+нуль);
- 380 В: 3Р або 4Р (з відключенням N).

## 3) Вибір перерізу провідника за допустимим струмом

Переріз  $S$  вибирається так, щоб:

$$I_n \leq I_{\text{доп}}(S)$$

## Орієнтовні допустимі струми для Cu, А

Переріз струмопровідної жили, мм <sup>2</sup>	Струм, А, для проводів та кабелів					Навантаження потужності, кВт, для проводів та кабелів				
	одножильних	двожильних		трижильних		одножильних	двожильних		трижильних	
	при прокладці					при прокладці				
	в повітрі	в повітрі	в землі	в повітрі	в землі	в повітрі	в повітрі	в землі	в повітрі	в землі
1,5	23	19	33	19	27	5,1	4,2	7,3	12,5	17,8
2,5	30	27	44	25	38	6,6	5,9	9,7	16,5	25,0
4	41	38	55	35	49	9,0	8,4	12,1	23,0	32,3
6	50	50	70	42	60	11,0	11,0	15,4	27,6	39,5
10	80	70	105	55	90	17,6	15,4	23,1	36,2	59,2
16	100	90	135	75	115	22,0	19,8	29,7	49,4	75,7
25	140	115	175	95	150	30,8	25,3	38,5	62,5	98,7
35	170	140	210	120	180	37,4	30,8	46,2	79,0	118,5
50	215	175	265	145	225	47,3	38,5	58,3	95,4	148,1
70	270	215	320	180	275	59,4	-	-	118,5	181,0
95	325	260	385	220	330	71,5	-	-	144,8	217,2
120	385	300	445	260	385	84,7	-	-	171,1	253,4
150	440	350	505	305	435	96,8	-	-	200,7	286,3
185	510	405	570	350	500	112,2	-	-	230,4	329,1
240	605	-	-	-	-	133,1	-	-	262,6	371,9

Якщо отримано проміжне значення — приймати найближчий більший переріз.

### 4) Перевірка падіння напруги $\Delta U$

#### 4.1. Вихідні значення питомого опору (для Cu)

Прийняти:

$$\rho = 0,018 \Omega \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$$

#### 4.2. Розрахунок опору лінії

- для 1-фазної лінії (туди+назад):

$$R = \frac{2\rho L}{S}$$

- для 3-фазної лінії (по одній фазі):

$$R = \frac{\rho L}{S}$$

#### 4.3. Падіння напруги

- 1-фазна лінія:

$$\Delta U = I_n \cdot R$$

- 3-фазна лінія (наближено):

$$\Delta U = \sqrt{3} I_n \cdot R$$

#### 4.4. Перевірка умови

$$\delta U = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100\% \leq 5\%$$

Якщо умова не виконується — збільшити  $S$  і повторити перевірку.

5) Перевірка узгодження «кабель – автомат»  
Підсумкова умова правильного вибору:

$$I_n \leq I_n \leq I_{\text{доп}}(S)$$

Якщо  $I_n > I_{\text{доп}}(S)$  — збільшити переріз кабелю або зменшити номінал автомата (за умови  $I_n \leq I_n$ ).

Форма подання результатів (рекомендована таблиця для звіту)  
Заповнити для кожного з 5 навантажень у варіанті:

№	Навантаження	$I_n$ , А	Автомат (полюси, $I_n$ , тип)	$S$ , мм <sup>2</sup>	$\Delta U$ , В	$\delta U$ , %	Висновок (умови виконані/ні)
---	--------------	-----------	-------------------------------	-----------------------	----------------	----------------	------------------------------

#### 2.4 Критерії оцінювання

Критерії оцінювання виконання практичних робіт (максимум 4 балів):

- 4 бали – повна відповідність оцінці 3 бали, також ініціативність студента у роботі над проблемою, логічність та структурованість вербальної відповіді під час навчальної дискусії, здатність комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, у т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним;
- 3 бали – всі досліді/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів повний та обґрунтований, звіт оформлений акуратно;
- 2 бали – досліді/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів неповний, або звіт оформлений неохайно;
- 1 бал – у досліді/розрахунках присутні певні помилки, або аналіз отриманих результатів неповний, звіт оформлений неохайно.

## 2.5 Питання для самоперевірки

- 1 Яке призначення автоматичного вимикача в електричних мережах низької напруги?
- 2 У чому полягає відмінність між тепловим і електромагнітним розчіплювачами?
- 3 Які основні технічні параметри необхідно враховувати під час вибору автоматичного вимикача?
- 4 За якою формулою визначається струм однофазного активного навантаження?
- 5 Як розрахувати струм трифазного електродвигуна з урахуванням ККД та коефіцієнта потужності?
- 6 Яка умова повинна виконуватися при узгодженні параметрів «кабель – автоматичний вимикач»?
- 7 Від чого залежить вибір характеристики спрацювання (тип В, С або D)?
- 8 Яким чином визначається мінімально допустимий переріз провідника?
- 9 Яке гранично допустиме падіння напруги в силових мережах і як воно перевіряється?
- 10 Чому номінальний струм автомата не повинен перевищувати допустимого струму провідника?
- 11 Які вимоги висуваються до моменту затягування клемних з'єднань?
- 12 У яких випадках застосовують дво-, три- та чотирьополюсні автоматичні вимикачі?
- 13 Що таке вимикальна здатність автоматичного вимикача та як її враховують при виборі?
- 14 Які основні етапи монтажу автоматичного вимикача у щитовому обладнанні?
- 15 Які типові помилки допускаються під час монтажу автоматичних вимикачів?
- 16 Які заходи електробезпеки необхідно виконувати перед початком монтажних робіт?
- 17 Яким чином перевіряється правильність фазування після монтажу?
- 18 Чому для багатодротяних провідників необхідно застосовувати наконечники?
- 19 Як впливають умови прокладання кабелю на допустимий струм?
- 20 Які контрольні вимірювання виконуються після завершення монтажу?

## 2.6 Перелік рекомендованої джерел

- 1 Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв : навч. посіб. / В. В. Грабко та ін. Вінниця : ВНТУ, 2020. 173 с.
- 2 Циганов О. М., Мардзявко В. А., Руденко А. Ю. Монтаж, налагодка і експлуатація електрообладнання : конспект лекцій. Миколаїв, 2022. 160 с.
- 3 Технологія електромонтажних робіт : підручник / В. В. Чорна, С. В. Чорний. Харків : Компанія СМІТ, 2014. 288 с.
- 4 Монтаж енергообладнання та систем керування : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / М. П. Кунденко та ін. Ч. І. Харків : ХНТУСГ, 2017. 282 с.
- 5 ДСТУ EN 50086-1:2004 Системи кабелепроводів для електричних установок. Частина 1. Загальні технічні вимоги (EN 50086- 1:1993, IDT) : [Чинний від 2005.07.01]. Київ : Держспоживстандарт, 2005.
- 6 ДБН А. 2.2-1-2003. Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування / Державні будівельні норми України. Київ : ДержБуд України, 2004. 26 с.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 ПІДКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ДО ПУСКОВОГО АПАРАТА (МАГНІТНОГО ПУСКАЧА)

Мета роботи - є формування професійних навичок монтажу, підключення та перевірки працездатності трифазного асинхронного електродвигуна при керуванні за допомогою магнітного пускача

### 2.1 Основі теоретичні відомості

Призначення та область застосування магнітного пускача

Магнітний пускач призначений для дистанційного керування трифазними асинхронними електродвигунами з короткозамкненим ротором, а також для їх захисту від перевантаження (за наявності теплового реле). Пускач забезпечує:

- пуск і зупинку електродвигуна;
- комутацію силового кола;
- захист від тривалих перевантажень;
- можливість організації реверсивного керування (у відповідних схемах).

У сучасній практиці широко застосовуються пускачі серій Schneider Electric TeSys D, IEK ПМЛ, Eaton DILM та інші.

### Конструкція магнітного пускача



Рисунок 3.1 — Зовнішній вигляд магнітних пускачів

Магнітний пускач складається з таких основних елементів:

1. Електромагнітна система
2. Включає котушку керування та рухоми й нерухому частини магнітопроводу. При подачі напруги на котушку якір притягується до осердя.
3. Головні (силові) контакти
4. Призначені для комутації струму електродвигуна. Зазвичай їх три — для кожної фази.
5. Допоміжні контакти
6. Використовуються в колі керування (самопідхват, сигналізація, блокування).

7. Теплове реле (за наявності)
8. Захищає двигун від перевантаження шляхом розмикання кола керування.

### Принцип дії магнітного пускача

При натисканні кнопки «Пуск» напруга подається на котушку пускача. Під дією електромагнітного поля яркір притягується до магнітопроводу, внаслідок чого:

- замикаються головні контакти силового кола;
- замикається допоміжний контакт самопідхвату.

Після відпускання кнопки «Пуск» живлення котушки підтримується через допоміжний контакт.

Натискання кнопки «Стоп» розриває коло живлення котушки, магнітне поле зникає, контакти повертаються у вихідне положення.

### Схема підключення електродвигуна через магнітний пускач

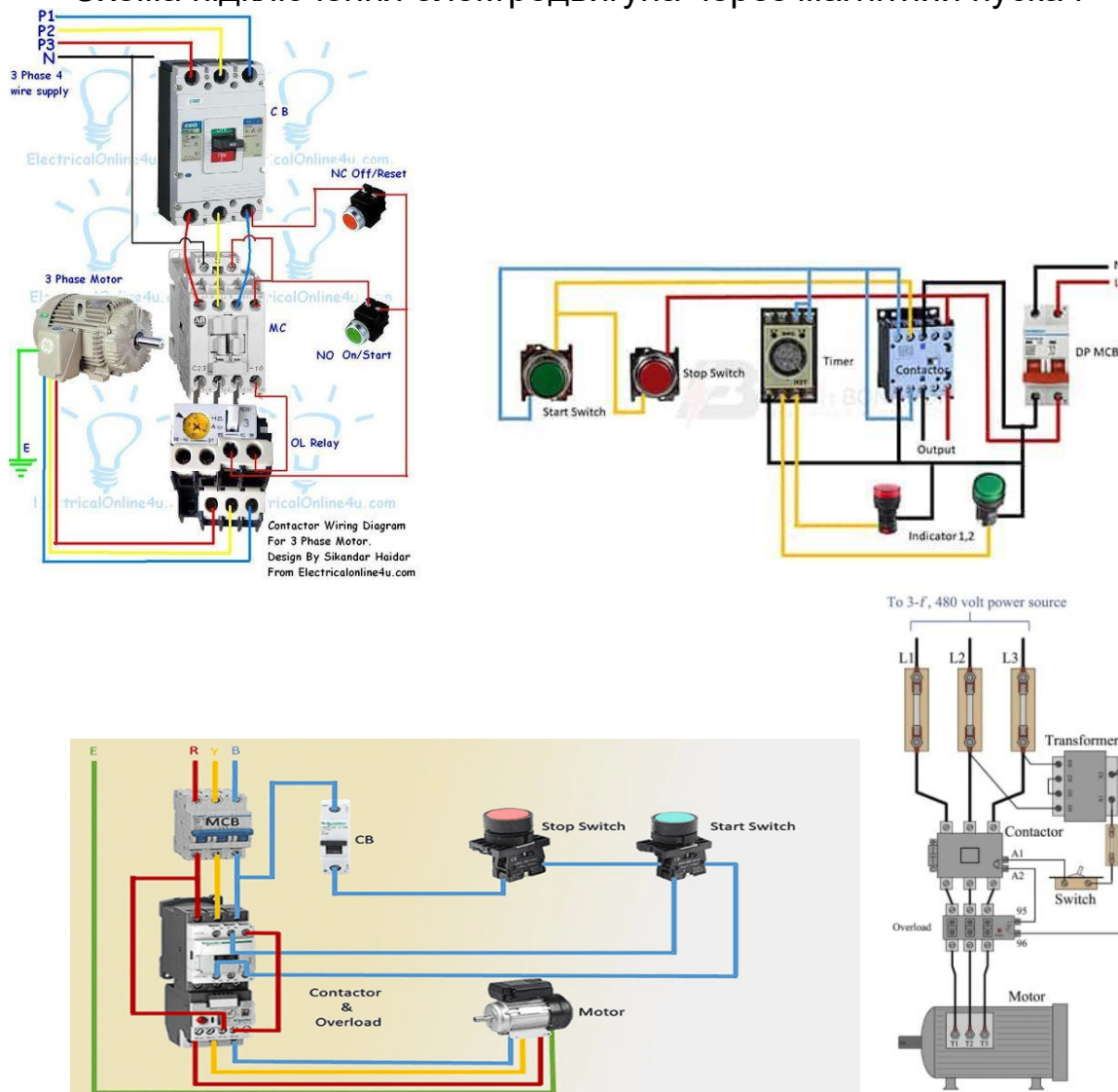


Рисунок 3.2 — Приклади використання магнітних пускачів

Типова схема містить:

- трифазну мережу живлення (L1, L2, L3);
- автоматичний вимикач або запобіжники;
- магнітний пускач;
- теплове реле;
- кнопковий пост «Пуск–Стоп»;
- асинхронний електродвигун.

Силове коло забезпечує подачу напруги на статорні обмотки двигуна.

Коло керування живить котушку пускача та забезпечує функції керування і захисту.

Основні вимоги до монтажу

Під час підключення необхідно:

- перевірити відповідність номінального струму пускача струму двигуна;
- правильно під'єднати фази до силових контактів;
- забезпечити надійність контактних з'єднань;
- виконати маркування провідників;
- перевірити правильність напрямку обертання ротора;
- дотримуватися вимог ПУЕ та правил електробезпеки.

## 2.2 Програма роботи

Практична робота виконується в розрахунково-аналітичній формі без використання лабораторного стенду. Студент моделює процес підключення трифазного асинхронного електродвигуна до магнітного пускача на підставі вихідних даних індивідуального варіанта.

– Аналіз вихідних даних

Ознайомитися з паспортними даними електродвигуна:

- номінальна потужність  $P_n$ ;
- номінальна напруга  $U_n$ ;
- номінальний струм  $I_n$ ;
- коефіцієнт потужності  $\cos \varphi$ ;
- ККД  $\eta$ .

Визначити тип мережі живлення (3×380/400 В).

Встановити спосіб з'єднання обмоток двигуна (зірка або трикутник).

– Вибір пускового апарата

Розрахувати номінальний струм двигуна (за потреби — за формулою):

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta \cdot \cos \varphi}$$

Обрати магнітний пускач за умовою:

$$I_{\text{пускатча}} \geq 1,1 \cdot I_n$$

Обрати теплове реле відповідно до номінального струму двигуна.  
Обґрунтувати вибір номіналу автоматичного вимикача.

– Розробка принципової електричної схеми

Побудувати силову схему підключення двигуна через магнітний пускач.

Побудувати схему кола керування з кнопками «Пуск» і «Стоп» та контактом самопідхвату.

Позначити елементи схеми згідно з вимогами ЄСКД:

- QF — автоматичний вимикач;
- KM — магнітний пускач;
- FR — теплове реле;
- SB1 — кнопка «Стоп»;
- SB2 — кнопка «Пуск»;
- M — електродвигун.

– Аналіз роботи схеми

Описати послідовність роботи кола під час:

- подачі напруги;
- натискання кнопки «Пуск»;
- режиму самопідхвату;
- натискання кнопки «Стоп»;
- спрацювання теплового реле.

Пояснити, що відбувається при зникненні напруги живлення.

Описати спосіб зміни напрямку обертання двигуна.

– Розрахункова частина

Розрахувати:

- номінальний струм двигуна;
- допустимий струм пускатча;
- параметри теплового реле;
- переріз провідників (за довідковими таблицями).

Виконати перевірку правильності вибору апаратури.

– Аналіз електробезпеки

Визначити необхідні заходи захисту:

- захисне заземлення;
- автоматичне відключення живлення;
- захист від перевантаження.

Обґрунтувати категорію приміщення за умовами ураження електричним струмом.

– Оформлення звіту

У звіті повинні бути:

- мета роботи;
- вихідні дані;
- розрахунки;
- електричні схеми;
- пояснення роботи схеми;
- висновки.

### 2.3 Завдання та вихідні данні

При виконанні роботи необхідно:

1. Проаналізувати паспортні дані електродвигуна.
2. Розрахувати номінальний струм двигуна (за необхідності).
3. Визначити спосіб з'єднання обмоток (Y/Δ).
4. Обрати магнітний пускач за струмом.
5. Обрати теплове реле.
6. Обрати автоматичний вимикач для захисту кола.
7. Визначити мінімально допустимий переріз провідників.
8. Розробити принципову схему силового кола.
9. Розробити схему кола керування (кнопки «Пуск» – «Стоп», са-мопідхват).
10. Описати алгоритм роботи схеми.
11. Визначити спосіб зміни напрямку обертання двигуна.
12. Проаналізувати заходи електробезпеки.

Позначення:

- $P_n$ — номінальна потужність двигуна, кВт;  $U$ — 3×380 В;
- $L$ — довжина лінії, м;
- $k_{\text{пуск}} = I_p/I_n$ ;
- $t_{\text{пуск}}$ — тривалість пуску, с;
- $\Delta U_{\text{max}}$ — допустиме падіння напруги;
- «Спосіб прокладання» — для вибору допустимого струму ка-белю (умовно).

### ВАРІАНТ 1

завдання	$P_n$ , кВт	$\cos\phi$	$\eta$	З'єд-нання	$L$ , м	$k_{\text{пуск}}$	$t_{\text{пуск}}$ , с	$\Delta U_{\text{max}}$	Прокла-дання
Двигун 1	1,5	0,80	0,84	Y	20	6,0	2	5%	лоток
Двигун 2	2,2	0,82	0,85	Y	30	6,5	3	5%	труба
Двигун 3	3,0	0,84	0,87	Y	40	7,0	4	4%	лоток
Двигун 4	4,0	0,85	0,88	Δ	50	7,5	5	4%	труба
Двигун 5	5,5	0,86	0,89	Y	60	8,0	6	3%	лоток

## ВАРІАНТ 2

завдання	P <sub>n</sub> , кВт	cosφ	η	З'єднання	L, м	кпуск	t <sub>пуск</sub> , с	ΔU <sub>max</sub>	Прокладання
Двигун 1	2,2	0,82	0,85	Y	25	6,0	2	5%	труба
Двигун 2	3,0	0,83	0,86	Y	35	6,5	3	5%	лоток
Двигун 3	4,0	0,85	0,88	Δ	55	7,0	4	4%	труба
Двигун 4	5,5	0,86	0,89	Y	70	7,5	5	4%	лоток
Двигун 5	7,5	0,87	0,90	Δ	85	8,0	6	3%	труба

## ВАРІАНТ 3

завдання	P <sub>n</sub> , кВт	cosφ	η	З'єднання	L, м	кпуск	t <sub>пуск</sub> , с	ΔU <sub>max</sub>	Прокладання
Двигун 1	3,0	0,84	0,87	Y	30	6,5	3	5%	лоток
Двигун 2	4,0	0,85	0,88	Δ	45	7,0	4	5%	труба
Двигун 3	5,5	0,86	0,89	Y	65	7,5	5	4%	лоток
Двигун 4	7,5	0,87	0,90	Δ	85	8,0	6	4%	труба
Двигун 5	11	0,88	0,91	Y	110	8,5	7	3%	лоток

## ВАРІАНТ 4

завдання	P <sub>n</sub> , кВт	cosφ	η	З'єднання	L, м	кпуск	t <sub>пуск</sub> , с	ΔU <sub>max</sub>	Прокладання
Двигун 1	4,0	0,85	0,88	Δ	35	7,0	4	5%	труба
Двигун 2	5,5	0,85	0,89	Y	55	7,5	5	5%	лоток
Двигун 3	7,5	0,87	0,90	Δ	75	8,0	6	4%	труба
Двигун 4	11	0,88	0,91	Y	100	8,5	7	4%	лоток
Двигун 5	15	0,89	0,92	Δ	130	9,0	8	3%	труба

## ВАРІАНТ 5

завдання	P <sub>n</sub> , кВт	cosφ	η	З'єднання	L, м	кпуск	t <sub>пуск</sub> , с	ΔU <sub>max</sub>	Прокладання
Двигун 1	5,5	0,86	0,89	Y	40	7,0	4	5%	лоток
Двигун 2	7,5	0,87	0,90	Δ	60	7,5	5	5%	труба
Двигун 3	11	0,88	0,91	Y	85	8,0	6	4%	лоток
Двигун 4	15	0,89	0,92	Δ	115	8,5	7	4%	труба
Двигун 5	18,5	0,90	0,93	Y	150	9,0	8	3%	лоток

## ВАРІАНТ 6

завдання	P <sub>n</sub> , кВт	cosφ	η	З'єднання	L, м	кпуск	t <sub>пуск</sub> , с	ΔU <sub>max</sub>	Прокладання
Двигун 1	7,5	0,87	0,90	Δ	45	7,5	5	5%	труба
Двигун 2	11	0,88	0,91	Y	70	8,0	6	5%	лоток
Двигун 3	15	0,89	0,92	Δ	95	8,5	7	4%	труба
Двигун 4	18,5	0,90	0,93	Y	125	9,0	8	4%	лоток
Двигун 5	22	0,91	0,93	Δ	160	9,5	9	3%	труба

## ВАРІАНТ 7

завдання	P <sub>n</sub> , кВт	cosφ	η	З'єднання	L, м	кпуск	t <sub>пуск</sub> , с	ΔU <sub>max</sub>	Прокладання
Двигун 1	11	0,88	0,91	Y	60	8,0	6	5%	лоток
Двигун 2	15	0,89	0,92	Δ	85	8,5	7	5%	труба
Двигун 3	18,5	0,90	0,93	Y	115	9,0	8	4%	лоток
Двигун 4	22	0,91	0,93	Δ	145	9,5	9	4%	труба
Двигун 5	30	0,92	0,94	Y	190	10,0	10	3%	лоток

## ВАРІАНТ 8

завдання	P <sub>n</sub> , кВт	cosφ	η	З'єднання	L, м	кпуск	t <sub>пуск</sub> , с	ΔU <sub>max</sub>	Прокладання
Двигун 1	15	0,89	0,92	Δ	70	8,5	7	5%	труба
Двигун 2	18,5	0,90	0,93	Υ	95	9,0	8	5%	лоток
Двигун 3	22	0,91	0,93	Δ	125	9,5	9	4%	труба
Двигун 4	30	0,92	0,94	Υ	170	10,0	10	4%	лоток
Двигун 5	37	0,92	0,94	Δ	220	10,5	11	3%	труба

## ВАРІАНТ 9

завдання	P <sub>n</sub> , кВт	cosφ	η	З'єднання	L, м	кпуск	t <sub>пуск</sub> , с	ΔU <sub>max</sub>	Прокладання
Двигун 1	18,5	0,90	0,93	Υ	80	9,0	8	5%	лоток
Двигун 2	22	0,91	0,93	Δ	110	9,5	9	5%	труба
Двигун 3	30	0,92	0,94	Υ	150	10,0	10	4%	лоток
Двигун 4	37	0,92	0,94	Δ	200	10,5	11	4%	труба
Двигун 5	45	0,93	0,95	Υ	260	11,0	12	3%	лоток

## ВАРІАНТ 10

завдання	P <sub>n</sub> , кВт	cosφ	η	З'єднання	L, м	кпуск	t <sub>пуск</sub> , с	ΔU <sub>max</sub>	Прокладання
Двигун 1	22	0,91	0,93	Δ	90	9,5	9	5%	труба
Двигун 2	30	0,92	0,94	Υ	130	10,0	10	5%	лоток
Двигун 3	37	0,92	0,94	Δ	180	10,5	11	4%	труба
Двигун 4	45	0,93	0,95	Υ	240	11,0	12	4%	лоток
Двигун 5	55	0,93	0,95	Δ	320	11,5	13	3%	труба

Для КОЖНОГО варіанта виконати розрахунки

- Номінальний струм двигуна  $I_n$

Обчислити:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U \eta \cos \varphi}$$

де  $P_n$  у Вт,  $U$  у В.

Пусковий струм  $I_{пi}$  перевірка комутаційної здатності

Обчислити:

$$I_{пi} = k_{пуск} \cdot I_n$$

Зробити висновок, чи допускає обраний контактор роботу в категорії АС-3 для даного двигуна (за струмом/потужністю).

- Вибір магнітного пускача (контактора) КМ

Визначити мінімальний номінальний струм контактора:

$$I_{KM} \geq 1,1 \cdot I_n$$

Підібрати типорозмір (умовно): 9 А / 12 А / 18 А / 25 А / 32 А / 40 А / 50 А / 65 А / 80 А тощо — з обґрунтуванням.

- Вибір теплового реле FR (діапазон уставки)  
Визначити рекомендований діапазон регулювання:

$$I_{FR} = (1,0 \dots 1,05) \cdot I_n$$

- обрати реле так, щоб  $I_n$  потрапляв у середину діапазону (наприклад 7–10 А, 9–13 А, 12–18 А, 17–25 А тощо).
- Додатково вказати, що теплове реле не захищає від КЗ, а працює для перевантажень.

- Вибір автоматичного вимикача QF та перерізу провідника S  
Автоматичний вимикач (захист лінії):

- номінал за струмом:

$$I_{QF} \geq 1,1 \cdot I_n$$

- вибір характеристики (типово для двигунів):
  - С — якщо пускові струми помірні та лінія коротка,
  - D — якщо пускові струми високі / довгі лінії / ризик хибного спрацювання.

Переріз провідника за допустимим струмом (спрощено):

- вибрати мінімальний переріз  $S_u$  так, щоб:

$$I_{\text{доп}}(S) \geq 1,25 \cdot I_n$$

- виконати перевірку падіння напруги (за бажанням/вимогою викладача):

$$\Delta U \leq 5\% \cdot U$$

(для двигунів у мережах 0,4 кВ зазвичай допускають до 5% у робочому режимі).

Вихідні дані у звіт (що студент має переписати)

Для свого варіанта студент у звіт вносить:  $P_n, U, \cos \varphi, \eta, L, k_{\text{пуск}}, t_{\text{пуск}}$ , спосіб з'єднання (Y/Δ) і виконує розрахунки з підсумковими висновками щодо вибору КМ, FR, QF, S.

## 2.4 Критерії оцінювання

Критерії оцінювання виконання практичних робіт (максимум 4 балів):

- 4 бали – повна відповідність оцінці 3 бали, також ініціативність студента у роботі над проблемою, логічність та структурованість вербальної відповіді під час навчальної дискусії, здатність комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, у т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним;

- 3 бали – всі досліді/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів повний та обґрунтований, звіт оформлений акуратно;
- 2 бали – досліді/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів неповний, або звіт оформлений неохайно;
- 1 бал – у досліді/розрахунках присутні певні помилки, або аналіз отриманих результатів неповний, звіт оформлений неохайно.

## 2.5 Питання для самоперевірки

- 1 Яке призначення магнітного пускача в колах керування електродвигунами?
- 2 Які основні елементи входять до конструкції магнітного пускача?
- 3 У чому полягає принцип дії електромагнітного контактора?
- 4 Чим відрізняються силові та допоміжні контакти?
- 5 Яке призначення теплового реле у схемі пуску двигуна?
- 6 Від яких параметрів залежить номінальний струм електродвигуна?
- 7 За якою формулою визначається номінальний струм трифазного асинхронного двигуна?
- 8 Що таке пусковий струм і чому він перевищує номінальний?
- 9 Які вимоги висувуються до вибору контактора за категорією застосування АС-3?
- 10 Чому номінальний струм пускача повинен перевищувати номінальний струм двигуна?
- 11 Які критерії враховуються при виборі теплового реле?
- 12 Чим відрізняється захист від перевантаження від захисту від короткого замикання?
- 13 Які характеристики автоматичних вимикачів застосовують у колах двигунів (тип В, С, D)?
- 14 Від чого залежить вибір перерізу провідників?
- 15 Які фактори впливають на величину падіння напруги в лінії живлення?
- 16 Яке допустиме падіння напруги для силових кіл електродвигунів?
- 17 У чому полягає принцип роботи схеми «Пуск–Стоп» із самопідхватом?
- 18 Що відбувається в схемі при зникненні напруги живлення?
- 19 Як змінити напрямок обертання трифазного електродвигуна?
- 20 Які вимоги електробезпеки необхідно виконувати під час підключення електродвигуна?
- 21 Яке призначення захисного заземлення у схемах електроприводу?
- 22 Які наслідки може мати неправильний вибір пускового апарата?

23 Які параметри обов'язково враховуються при аналізі паспортних даних двигуна?

24 Чим відрізняється з'єднання обмоток «зірка» від «трикутника»?

25 Які етапи перевірки правильності монтажу виконуються перед подачею напруги?

## 2.6 Перелік рекомендованої джерел

1. Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв : навч. посіб. / В. В. Грабко та ін. Вінниця : ВНТУ, 2020. 173 с.

2. Циганов О. М., Мардзявко В. А., Руденко А. Ю. Монтаж, налагодка і експлуатація електрообладнання : конспект лекцій. Миколаїв, 2022. 160 с.

3. Технологія електромонтажних робіт : підручник / В. В. Чорна, С. В. Чорний. Харків : Компанія СМІТ, 2014. 288 с.

4. Монтаж енергообладнання та систем керування : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / М. П. Кунденко та ін. Ч. І. Харків : ХНТУСГ, 2017. 282 с.

5. ДСТУ EN 50086-1:2004 Системи кабелепроводів для електричних установок. Частина 1. Загальні технічні вимоги (EN 50086- 1:1993, IDT) : [Чинний від 2005.07.01]. Київ : Держспоживстандарт, 2005.

6. ДБН А. 2.2-1-2003. Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування / Державні будівельні норми України. Київ : ДержБуд України, 2004. 26 с.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №4 ВИПРОБУВАННЯ ІЗОЛЯЦІЇ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ ТА ПЕРЕВІРКА ЗАЗЕМЛЕННЯ

Мета роботи - закріплення теоретичних знань та формування професійних умінь щодо оцінювання технічного стану кабельної лінії за результатами випробування ізоляції та перевірки ефективності заземлювального пристрою шляхом виконання розрахунків і аналітичного порівняння отриманих значень з нормативними вимогами.

### 4.1 Основи теоретичні відомості

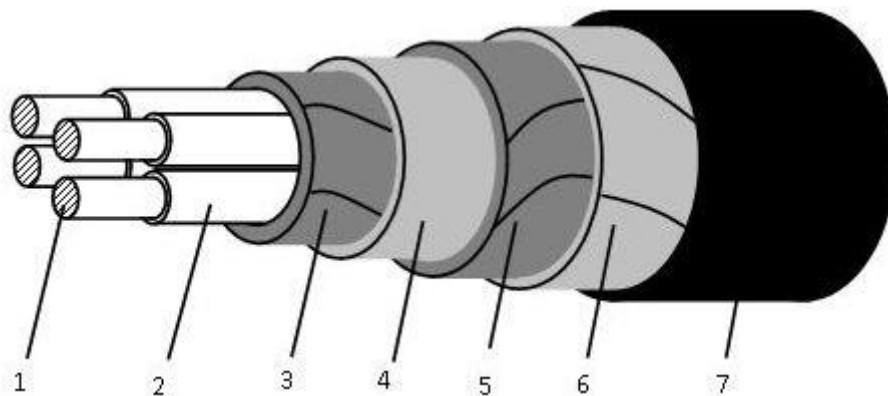
#### Загальні положення

Надійність і безпечність експлуатації кабельних ліній безпосередньо визначається станом їх ізоляції та ефективністю системи заземлення. Погіршення ізоляційних характеристик призводить до витоків струму, нагрівання, часткових розрядів, пробоїв і аварійних відключень. Недостатній опір заземлення створює небезпеку ураження електричним струмом і порушує роботу захисних апаратів.

Випробування ізоляції та перевірка заземлення є обов'язковими операціями під час:

- введення кабельної лінії в експлуатацію;
- періодичного технічного обслуговування;
- після ремонту або реконструкції;
- у разі підозри на пошкодження ізоляції.

#### Конструкція та ізоляція кабельних ліній



1 — струмовідна жила; 2 — ізоляція струмовідної жили; 3 — поясна ізоляція; 4 — оболонка; 5 — екран; 6 — захисна броня; 7 — зовнішня непроникна оболонка

Рисунок 4.1 — Будова електричного кабелю

Типова силова кабельна лінія складається з таких основних елементів:

- струмопровідні жили (мідні або алюмінієві);
- ізоляція (ПВХ, гума, зшитий поліетилен – XLPE);
- внутрішня оболонка;
- броня (за потреби);
- зовнішня захисна оболонка.

Ізоляція повинна забезпечувати:

- електричну міцність;
- термічну стійкість;
- механічну надійність;
- стійкість до вологи та агресивних середовищ.

Основні параметри ізоляції:

- опір ізоляції  $R_{i3}$ , Ом;
- коефіцієнт абсорбції;
- електрична міцність;
- струм витоку.

Вимірювання опору ізоляції



Рисунок 4.2 — Прилади для вимірювання опору ізоляції

Вимірювання опору ізоляції виконують за допомогою мегаомметра (індикаторного або цифрового) з випробувальною напругою 500 В, 1000 В або 2500 В — залежно від номінальної напруги кабелю.

Основна формула визначення опору ізоляції:

$$R_{i3} = \frac{U_{\text{ВИП}}}{I_{\text{ВИТ}}}$$

де  $U_{\text{ВИП}}$  — випробувальна напруга, В;  
 $I_{\text{ВИТ}}$  — струм витоку, А.

Для кабелів напругою до 1 кВ мінімально допустиме значення опору ізоляції, як правило, становить не менше 0,5–1 МОм (залежно від нормативних вимог).

Під час вимірювання визначають:

- опір між жилами;
- опір між жилами та оболонкою;
- опір між жилами та землею.

Результати вимірювань залежать від температури, тому за необхідності виконують температурну корекцію.

Перевірка цілісності та безперервності заземлення

Система заземлення призначена для:

- захисту персоналу від ураження електричним струмом;
- забезпечення спрацювання захисних апаратів;
- вирівнювання потенціалів.

Основні параметри, що контролюються:

- опір заземлювального пристрою  $R_3$ , Ом;
- безперервність захисного провідника;
- наявність надійного контакту з металевими оболонками.

Опір заземлення визначають методом амперметра-вольтметра або спеціальними приладами (землемірами) за триелектродною схемою.

Загальна формула:

$$R_3 = \frac{U}{I}$$

де  $U$ — напруга між електродами, В;

$I$ — струм у вимірювальному колі, А.

Допустимі значення опору заземлення залежать від категорії електроустановки та системи заземлення (TN, TT, IT).

Основні причини зниження опору ізоляції

До найбільш поширених причин погіршення стану ізоляції належать:

- зволоження кабелю;
- механічні пошкодження;
- старіння матеріалу;
- перегрівання;
- вплив агресивного середовища;
- дефекти монтажу.

Вимоги безпеки під час випробувань

Під час проведення вимірювань необхідно:

- зняти напругу та перевірити її відсутність;
- виконати заземлення струмопровідних частин;
- використовувати засоби індивідуального захисту;

- після вимірювання розрядити кабель;
- оформити результати в протоколі вимірювань.

## 4.2 Програма роботи

### Підготовчий етап

Опрацювати теоретичні відомості щодо:

- конструкції кабельних ліній до 1 кВ;
- фізичної сутності опору ізоляції та струму витoku;
- методики вимірювання опору ізоляції мегаомметром;
- принципів вимірювання опору заземлювального пристрою;
- нормативних вимог до допустимих значень  $R_{із}$  та  $R_3$ .

Визначити:

- тип кабелю та його номінальну напругу;
- рекомендовану випробувальну напругу;
- нормативні допустимі значення параметрів.

Теоретичне визначення опору ізоляції

За заданими значеннями випробувальної напруги  $U_{\text{вип}}$  та струму витoku  $I_{\text{вип}}$  розрахувати опір ізоляції:

$$R_{із} = \frac{U_{\text{вип}}}{I_{\text{вип}}}$$

Виконати розрахунок:

- між фазними жилами;
- між фазною жилою та оболонкою (землею).

Порівняти отримані значення з нормативними вимогами.

Зробити висновок щодо придатності кабельної лінії до експлуатації.

Теоретичне визначення опору заземлення

За заданими значеннями напруги  $U$  та струму  $I$  вимірювального кола визначити опір заземлювача:

$$R_3 = \frac{U}{I}$$

Виконати перевірку відповідності отриманого значення нормативним вимогам.

Проаналізувати вплив:

- питомого опору ґрунту;
- глибини занурення електродів;
- кількості заземлювачів;
- сезонних змін вологості.

Аналіз можливих дефектів

Проаналізувати причини зниження опору ізоляції:

- зволоження;
- механічні пошкодження;
- старіння ізоляції;
- перевантаження.

Проаналізувати можливі причини підвищеного опору заземлення:

- корозія електродів;
- ослаблення контактів;
- пересихання ґрунту;
- недостатня довжина заземлювачів.

Запропонувати технічні заходи щодо усунення виявлених недоліків.

Оформлення результатів

Заповнити таблицю розрахункових результатів.

Оформити висновки щодо технічного стану кабельної лінії та системи заземлення.

Підготувати короткий аналітичний звіт із зазначенням:

- розрахункових формул;
- отриманих значень;
- нормативних порівнянь;
- технічного висновку.

#### 4.3 Завдання та вихідні данні

Кожен варіант передбачає теоретичне визначення:

- опору ізоляції між жилами;
- опору ізоляції між жилою та землею;
- опору заземлювального пристрою;
- аналіз відповідності нормативним вимогам;
- формування технічного висновку.

Нормативні орієнтири для виконання роботи

Для кабелів до 1 кВ:

- мінімально допустимий опір ізоляції — 0,5 МОм;
- допустимий опір заземлювального пристрою — не більше 4 Ом (для мереж до 1 кВ із глухозаземленою нейтраллю).

#### Варіант 1

№	Тип ка- белю	$U_{\text{вип}}$ , В	$I_{\text{внт}}$ (жила– жила), мкА	$I_{\text{vit}}$ (жила–зе- мля), мкА	$U$ (за- земл.), В	$I$ (за- земл.), А
1.1	ВВГ 3×2,5	1000	5	8	20	5
1.2	ВВГнг 3×4	1000	6	9	20	5
1.3	АВВГ 3×6	1000	4	7	20	5
1.4	ВБбШв 4×10	2500	12	16	20	5
1.5	ПВС 3×1,5	500	3	6	20	5

### Варіант 2

№	Тип кабелю	$U_{\text{вип.}}$ , В	$I_{vit}$ (жила–жила), мкА	$I_{vit}$ (жила–земля), мкА	$U$ , В	$I$ , А
2.1	ВВГ 4×4	1000	7	10	18	4
2.2	ВВГнг 5×6	1000	8	12	18	4
2.3	АВВГ 4×10	1000	6	9	18	4
2.4	ВБбШв 5×16	2500	10	14	18	4
2.5	ШВВП 2×1,5	500	4	7	18	4

### Варіант 3

№	Тип кабелю	$U_{\text{вип.}}$ , В	$I_{vit}$ (жила–жила), мкА	$I_{vit}$ (жила–земля), мкА	$U$ , В	$I$ , А
3.1	АВВГ 3×6	1000	4	6	25	6
3.2	ВВГ 3×1,5	500	3	5	25	6
3.3	ВВГнг 3×10	1000	9	13	25	6
3.4	ВБбШв 4×6	2500	11	15	25	6
3.5	КГ 3×2,5	500	5	9	25	6

### Варіант 4

№	Тип кабелю	$U_{\text{вип.}}$ , В	$I_{vit}$ (жила–жила), мкА	$I_{vit}$ (жила–земля), мкА	$U$ , В	$I$ , А
4.1	ВВГнг 5×10	1000	9	12	16	3
4.2	ВВГ 3×4	1000	6	10	16	3
4.3	АВВГ 4×16	1000	7	11	16	3
4.4	ВБбШв 4×10	2500	13	18	16	3
4.5	ПВС 3×2,5	500	4	8	16	3

### Варіант 5

№	Тип кабелю	$U_{\text{вип.}}$ , В	$I_{vit}$ (жила–жила), мкА	$I_{vit}$ (жила–земля), мкА	$U$ , В	$I$ , А
5.1	АВВГ 4×16	1000	6	9	22	5
5.2	ВВГ 4×6	1000	7	10	22	5
5.3	ВВГнг 3×6	1000	5	8	22	5
5.4	ВБбШв 5×10	2500	12	17	22	5
5.5	ШВВП 2×0,75	500	3	6	22	5

### Варіант 6

№	Тип кабелю	$U_{\text{вип.}}$ , В	$I_{vit}$ (жила–жила), мкА	$I_{vit}$ (жила–земля), мкА	$U$ , В	$I$ , А
6.1	ВВГ 3×1,5	500	3	5	12	3
6.2	ВВГнг 3×2,5	1000	6	9	12	3
6.3	АВВГ 3×4	1000	5	8	12	3
6.4	ВБбШв 4×4	2500	10	14	12	3
6.5	КГ 3×1,5	500	4	7	12	3

### Варіант 7

№	Тип кабелю	$U_{\text{вип.}}$ , В	$I_{vit}$ (жила–жила), мкА	$I_{vit}$ (жила–земля), мкА	$U$ , В	$I$ , А
7.1	ВБбШв 4×10	2500	12	15	28	7
7.2	ВВГ 4×10	1000	9	12	28	7
7.3	ВВГнг 5×6	1000	8	11	28	7
7.4	АВВГ 4×6	1000	7	10	28	7
7.5	ПВС 3×1,5	500	5	9	28	7

### Варіант 8

№	Тип кабелю	$U_{\text{вип}}, \text{В}$	$I_{\text{vit}}(\text{жила-жила}), \text{мкА}$	$I_{\text{vit}}(\text{жила-земля}), \text{мкА}$	$U, \text{В}$	$I, \text{А}$
8.1	ВВГнг 3×4	1000	8	11	15	4
8.2	ВВГ 3×6	1000	7	10	15	4
8.3	АВВГ 3×10	1000	6	9	15	4
8.4	ВБбШв 4×6	2500	11	16	15	4
8.5	ШВВП 2×1,5	500	4	7	15	4

### Варіант 9

№	Тип кабелю	$U_{\text{вип}}, \text{В}$	$I_{\text{vit}}(\text{жила-жила}), \text{мкА}$	$I_{\text{vit}}(\text{жила-земля}), \text{мкА}$	$U, \text{В}$	$I, \text{А}$
9.1	АВВГ 3×10	1000	5	7	24	6
9.2	ВВГ 4×4	1000	6	9	24	6
9.3	ВВГнг 3×2,5	1000	5	8	24	6
9.4	ВБбШв 5×16	2500	12	17	24	6
9.5	КГ 3×2,5	500	4	8	24	6

### Варіант 10

№	Тип кабелю	$U_{\text{вип}}, \text{В}$	$I_{\text{vit}}(\text{жила-жила}), \text{мкА}$	$I_{\text{vit}}(\text{жила-земля}), \text{мкА}$	$U, \text{В}$	$I, \text{А}$
10.1	ВБбШв 5×16	2500	10	14	30	8
10.2	ВВГ 5×10	1000	9	12	30	8
10.3	ВВГнг 4×10	1000	8	11	30	8
10.4	АВВГ 4×16	1000	7	10	30	8
10.5	ПВС 3×2,5	500	5	9	30	8

Завдання для кожного варіанта  
Розрахувати опір ізоляції між жилами:

$$R_{\text{із1}} = \frac{U_{\text{вип}}}{I_{\text{вит1}}}$$

Розрахувати опір ізоляції між жилою та землею:

$$R_{\text{із2}} = \frac{U_{\text{вип}}}{I_{\text{вит2}}}$$

(перевести мкА у А)

3. Розрахувати опір заземлення:

$$R_3 = \frac{U}{I}$$

Порівняти отримані значення з нормативними вимогами.

Зробити технічний висновок щодо:

- стану ізоляції кабелю;

- відповідності заземлювального пристрою вимогам безпеки;
- можливості подальшої експлуатації.

#### 4.4 Критерії оцінювання

Критерії оцінювання виконання практичних робіт (максимум 4 балів):

- 4 бали – повна відповідність оцінці 3 бали, також ініціативність студента у роботі над проблемою, логічність та структурованість вербальної відповіді під час навчальної дискусії, здатність комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, у т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним;
- 3 бали – всі досліді/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів повний та обґрунтований, звіт оформлений акуратно;
- 2 бали – досліді/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів неповний, або звіт оформлений неохайно;
- 1 бал – у досліді/розрахунках присутні певні помилки, або аналіз отриманих результатів неповний, звіт оформлений неохайно.

#### 4.5 Питання для самоперевірки

1. Яке призначення випробування ізоляції кабельної лінії?
2. У яких випадках проводять вимірювання опору ізоляції?
3. Від чого залежить величина опору ізоляції кабелю?
4. Яким приладом вимірюють опір ізоляції та який принцип його роботи?
5. Яку випробувальну напругу застосовують для кабелів до 1 кВ?
6. Як визначається опір ізоляції за результатами вимірювання струму витoku?
7. Чому необхідно переводити значення струму витoku з мкА в А під час розрахунків?
8. Які нормативні мінімальні значення опору ізоляції допускаються для кабелів до 1 кВ?
9. Які фактори можуть спричинити зниження опору ізоляції?
10. Чим відрізняється вимірювання «жила–жила» від вимірювання «жила–земля»?
11. Яке призначення системи заземлення в електроустановках?
12. Які існують системи заземлення (TN, TT, IT) та в чому їх відмінність?
13. Яким способом вимірюють опір заземлювального пристрою?
14. У чому полягає триелектродний метод вимірювання опору заземлення?
15. За якою формулою визначають опір заземлення?
16. Які допустимі значення опору заземлення для електроустановок до 1 кВ?

17. Як впливає питомий опір ґрунту на величину опору заземлення?
18. Які причини можуть викликати підвищення опору заземлювального пристрою?
19. Які технічні заходи застосовують для зменшення опору заземлення?
20. Які вимоги безпеки необхідно виконувати під час випробування ізоляції?
21. Чому після вимірювання ізоляції необхідно розряджати кабель?
22. Яким чином температура навколишнього середовища впливає на результати вимірювань?
23. Які наслідки може мати експлуатація кабелю з пониженим опором ізоляції?
24. Як оформлюються результати вимірювань опору ізоляції та заземлення?
25. Які висновки необхідно зробити за результатами розрахунків у практичній роботі?

#### 4.6 Перелік рекомендованої джерел

1. Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв : навч. посіб. / В. В. Грабко та ін. Вінниця : ВНТУ, 2020. 173 с.
2. Циганов О. М., Мардзявко В. А., Руденко А. Ю. Монтаж, налагодка і експлуатація електрообладнання : конспект лекцій. Миколаїв, 2022. 160 с.
3. Технологія електромонтажних робіт : підручник / В. В. Чорна, С. В. Чорний. Харків : Компанія СМІТ, 2014. 288 с.
4. Монтаж енергообладнання та систем керування : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / М. П. Кунденко та ін. Ч. І. Харків : ХНТУСГ, 2017. 282 с.
5. ДСТУ EN 50086-1:2004 Системи кабелепроводів для електричних установок. Частина 1. Загальні технічні вимоги (EN 50086- 1:1993, IDT) : [Чинний від 2005.07.01]. Київ : Держспоживстандарт, 2005.
6. ДБН А. 2.2-1-2003. Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування / Державні будівельні норми України. Київ : ДержБуд України, 2004. 26 с.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №5 ДІАГНОСТИКА ТИПОВИХ НЕСПРАВНОСТЕЙ У СХЕМІ КЕРУВАННЯ

### 5.1 Основі теоретичні відомості

Призначення та склад кола керування

Коло керування призначене для дистанційного пуску/зупинки електропривода, реалізації блокувань, захистів і сигналізації. Типова схема керування містить:

- джерело живлення кола керування (АС 220 В або інше, залежно від проєкту);
- апарати керування: кнопки «ПУСК» (NO), «СТОП» (NC);
- виконавчий апарат: контактор (магнітний пускач) з котушкою та допоміжними контактами;
- апарати захисту: автоматичний вимикач, теплове реле, запобіжники (за наявності);
- елементи сигналізації: лампи, зумер (за наявності).

Принцип роботи типової схеми «ПУСК–СТОП» із самопідхопленням

Після натискання кнопки «ПУСК» напруга подається на котушку контактора, контактор спрацьовує та замикає:

- силові контакти (живлення двигуна);
- допоміжний контакт КМ (самопідхоплення), який шунтує кнопку «ПУСК» і забезпечує утримання контактора після відпускання кнопки.
- Натискання «СТОП» розриває коло котушки, контактор відпадає, двигун знеструмлюється.

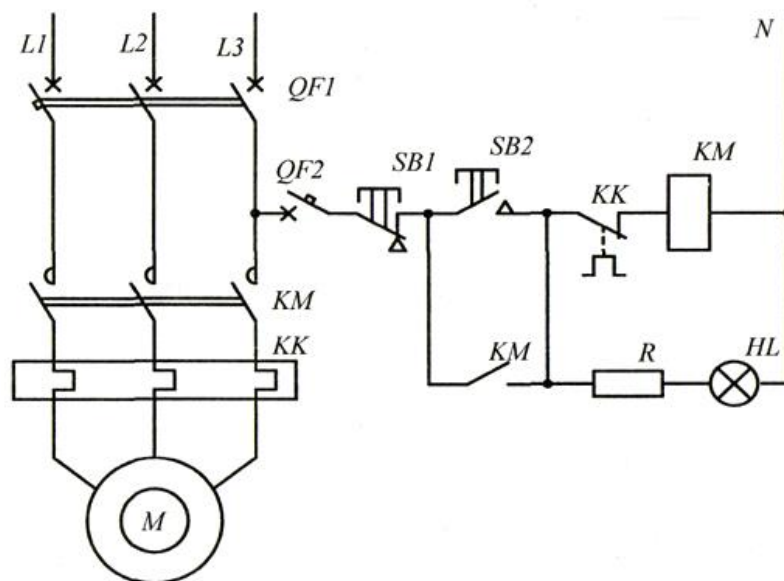


Рисунок 5.1 — Типова схема керування електродвигуном кнопками «ПУСК–СТОП» із самопідхопленням

Типові несправності в колі керування та їх ознаки  
Найпоширеніші несправності та характерні прояви:


1. Відсутність живлення кола керування
2. Ознака: контактор не спрацьовує, індикація (за наявності) не світиться.
3. Обрив у колі керування (провід, клема, контакт кнопки «СТОП», контакт теплового реле тощо)
4. Ознака: схема не запускається або запускається нестабільно.
5. Несправність кнопки «ПУСК» / «СТОП»
6. Ознака: «ПУСК» не замикає (немає пуску) або «СТОП» не розмикає (немає зупинки).
7. Несправність кола самопідхоплення (допоміжний контакт КМ)
8. Ознака: контактор спрацьовує лише під час утримання кнопки «ПУСК», після відпускання — відпадає.
9. Пошкодження котушки контактора (обрив/міжвиткове замикання), недостатня напруга
10. Ознака: гул, вібрація, неповне притягання якоря, перегрів, періодичне відпадання.
11. спрацювання або несправність теплового реле
12. Ознака: двигун не запускається або відключається через деякий час.

Загальний алгоритм діагностики (рекомендований)

1. Візуальний огляд (сліди перегріву, підгорілі контакти, ослаблені клеми).
2. Перевірка наявності напруги живлення кола керування.
3. Перевірка справності елементів кола послідовно «від джерела до котушки»:
4. АВ → «СТОП» → контакт(и) реле захисту → «ПУСК» → самопідхоплення → котушка КМ.
5. Вимірювання опору котушки, перевірка допоміжних контактів.
6. Формування висновку та пропозицій щодо усунення несправності.

## 5.2 Програма роботи

1. Ознайомлення з вихідними даними.
2. Отримати варіант завдання (симптом несправності, умови роботи, задані параметри кола керування).
3. Аналіз принципової схеми керування.
4. Визначити склад елементів схеми (АВ, «СТОП», «ПУСК», котушка КМ, контакт самопідхоплення, теплове реле, сигналізація), встановити їх функції та взаємозв'язки.
5. Опис нормального режиму роботи схеми.

- 
6. Скласти короткий логічний опис послідовності: підготовка → пуск → самопідхоплення → робота → зупинка → аварійне відключення (з урахуванням захистів і блокувань).
  7. Формування гіпотез щодо причин несправності.
  8. За заданими симптомами визначити 3–5 найбільш імовірних причин (обрив/КЗ, несправність кнопок, контактів, котушки, захистів, падіння напруги, помилка монтажу).
  9. Визначення контрольних точок перевірки.
  10. Обрати точки вимірювання/контролю станів у колі керування (після АВ, після «СТОП», після контакту теплового реле, після «ПУСК», на А1–А2 котушки КМ, на контакті самопідхоплення, у колі сигналізації).
  11. Побудова алгоритму діагностики.
  12. Скласти послідовність перевірок «від джерела до навантаження» з умовними переходами (якщо напруга/стан відповідає нормі → перейти далі; якщо ні → локалізувати несправний елемент).
  13. Теоретична перевірка кожної гіпотези.
  14. Для кожної імовірної причини:
    - вказати, які покази очікуються у контрольних точках;
    - визначити, які відхилення підтвердять або спростують гіпотезу;
    - описати, який елемент є несправним та чому.
  15. Оформлення таблиці «очікуваних вимірювань».
  16. Заповнити таблицю діагностики значеннями очікуваних напруг/станів (замкн./розімкн.) для нормального режиму та для конкретної несправності за варіантом.
  17. Висновок за результатами теоретичної діагностики.
  18. Сформулювати:
    - встановлену причину несправності (елемент/ділянка кола);
    - логічне обґрунтування (ланцюг причинно-наслідкових зв'язків).
  19. Рекомендації щодо усунення та профілактики.
  20. Запропонувати:
    - спосіб усунення (заміна/підтягування клем/відновлення провідника/заміна кнопки/котушки/контакту тощо);
    - профілактичні заходи (перевірка затягування, контроль нагріву, періодичні огляди, маркування, ревізія контактів).
  11. Оформлення звіту.
  12. У звіті подати: схему (або посилання на рисунок), опис нормальної роботи, симптом, гіпотези, алгоритм діагностики, таблицю контрольних точок, висновок та рекомендації.

### 5.3 Завдання та вихідні данні

Для заданого варіанта (симптомів несправності та умов роботи) необхідно:

1. Проаналізувати схему керування та визначити функції її елементів (АВ, «СТОП», «ПУСК», котушка КМ, контакт самопідхоплення, теплове реле, сигналізація).
2. Сформулювати гіпотези причин несправності (не менше 3) та обґрунтувати їх.
3. Визначити контрольні точки для перевірки кола керування та очікувані значення напруг/станів контактів.
4. Скласти алгоритм діагностики (послідовність перевірок “від джерела до котушки/виконавчого апарата”).
5. Локалізувати несправний елемент/ділянку кола за результатами логічної перевірки.
6. Запропонувати спосіб усунення та профілактичні заходи.

Вихідні дані (загальні для всіх варіантів)

- Типова схема керування електродвигуном «ПУСК–СТОП» із самопідхопленням на контакторі КМ.
- Напряга кола керування:  $U_{кер} = 220 \text{ В AC}, 50 \text{ Гц}$ .
- Елементи кола керування:
  - QF — автоматичний вимикач кола керування;
  - SB0 «СТОП» — кнопка з НЗ (NC) контактом;
  - SB1 «ПУСК» — кнопка з НР (NO) контактом;
  - КМ (А1–А2) — котушка контактора (220 В AC);
  - КМ (13–14) — допоміжний контакт НР (NO) для самопідхоплення;
  - FR (95–96) — НЗ (NC) контакт теплового реле у колі керування;
  - HL — лампа «Робота» (за наявності у варіанті).
- Умови: діагностика виконується теоретично (без фактичних вимірювань), на основі логіки схеми та “очікуваних” показів у контрольних точках.

Контрольні точки (рекомендований перелік):

КТ1 — після QF; КТ2 — після SB0 «СТОП»; КТ3 — після FR (95–96); КТ4 — після SB1 «ПУСК»; КТ5 — на клеммах котушки КМ (А1–А2); КТ6 — на контакті самопідхоплення КМ (13–14); КТ7 — коло сигналізації HL (якщо є).

Варіанти завдань (симптоми, умови, задані параметри)

Варіант	Симптом несправності	Умови роботи	Задані параметри кола керування
1	При натисканні «ПУСК» контактор не спрацьовує	Раніше працювало справно	Укер = 220 В; НЛ відсутня
2	Контактор спрацьовує лише під час утримання «ПУСК», після відпускання — відпадає	Пуск можливий, але немає утримання	Укер = 220 В; КМ(13–14) використовується для самопідхоплення
3	Двигун запускається, але через 1–3 хв відключається	Навантаження номінальне	Укер = 220 В; FR у колі керування; передбачене теплове реле
4	Після натисканні «СТОП» двигун не зупиняється	Контактор залишається притягнутим	Укер = 220 В; SB0 «СТОП» — NC
5	Контактор гуде/вібрує, інколи не притягує повністю	Пуск нестабільний	U на котушці КМ: 170...190 В (задано)
6	Після натисканні «ПУСК» QF вимикається (або перегорає запобіжник кола керування)	Відключення миттєве	Укер = 220 В; підозра на КЗ у колі керування/котушці
7	«ПУСК» не викликає спрацювання, але при шунтуванні SB1 схема запускається	Відмова після інтенсивної експлуатації	Укер = 220 В; SB1 «ПУСК» — NO
8	Після короткого зникнення напруги схема самовмикається при відновленні живлення	Небезпечний режим	Укер = 220 В; можливе помилкове шунтування «ПУСК»
9	НЛ «Робота» не світиться, але двигун працює штатно	Силове коло справне	Укер = 220 В; НЛ у паралелі до котушки (за умовою)
10	Контактор спрацьовує, але двигун не запускається (силове коло не вмикається)	Керування працює	Укер = 220 В; підозра на силові контакти/силове коло

Вихідні дані для оформлення результатів (для звіту)

У звіті обов'язково навести:

- перелік контрольних точок (КТ1...КТ7);
- таблицю очікуваних напруг/станів контактів для нормального режиму та для заданої несправності;
- висновок про несправний елемент і спосіб усунення.

Таблиця 5.1 — Очікувані значення в контрольних точках

КТ	Опис	Норма (пуск/робота)	Для варіанта №__ При несправності
КТ1	Після QF	220 В	
КТ2	Після «СТОП»	220 В	
КТ3	Після FR	220 В	
КТ4	Після «ПУСК»	220 В*	
КТ5	A1 котушки (відн. N)	220 В*	
КТ6	Після 13–14	220 В**	
КТ7	На HL (відн. N)	220 В**	
Ймовірна причина:			

\* — за умови натиснутого «ПУСК» або утримання через самопідхоплення.

\*\* — після спрацювання контактора (режим “робота”).

#### 5.4 Критерії оцінювання

Критерії оцінювання виконання практичних робіт (максимум 4 балів):

- 4 бали – повна відповідність оцінці 3 бали, також ініціативність студента у роботі над проблемою, логічність та структурованість вербальної відповіді під час навчальної дискусії, здатність комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, у т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним;
- 3 бали – всі дослід/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів повний та обґрунтований, звіт оформлений акуратно;
- 2 бали – дослід/розрахунки виконані релевантно, аналіз отриманих результатів неповний, або звіт оформлений неохайно;
- 1 бал – у дослід/розрахунках присутні певні помилки, або аналіз отриманих результатів неповний, звіт оформлений неохайно.


#### 5.5 Питання для самоперевірки

1. Яке призначення кола керування в електроприводі та чим воно відрізняється від силового кола?
2. Які основні елементи входять до типової схеми керування «ПУСК–СТОП» із самопідхопленням (QF, SB0, SB1, KM, FR, HL)?
3. Яку функцію виконує кнопка «СТОП» (НЗ контакт) у колі керування та чому вона виконується саме з НЗ контактом?
4. Яку функцію виконує кнопка «ПУСК» (НР контакт) та як забезпечується утримання контактора після відпускання кнопки?
5. Що таке самопідхоплення контактора, який елемент його реалізує та як він вмикається в колі?

6. Поясніть послідовність роботи схеми керування в режимах: «пуск», «робота», «зупинка».
7. Які типові причини, якщо при натисканні «ПУСК» контактор не спрацьовує?
8. Які типові причини, якщо контактор спрацьовує лише під час утримання «ПУСК», але не утримується після відпускання?
9. Які типові причини, якщо двигун не вимикається кнопкою «СТОП»?
10. Які типові причини, якщо контактор гуде/вібрує або не притягує якір повністю?
11. Які ознаки спрацювання або несправності теплового реле в колі керування?
12. Які контрольні точки (КТ1–КТ7) доцільно обрати для діагностики кола керування та що перевіряють у кожній з них?
13. Який порядок пошуку несправності у колі керування є найбільш раціональним і чому (перевірка “від джерела до навантаження”)?
14. Які значення напруги в контрольних точках характерні для нормального режиму «пуск» та «робота»?
15. Як за показами в контрольних точках відрізнити обрив від короткого замикання у колі керування (теоретично)?
16. Як перевіряється справність кнопок «ПУСК» і «СТОП» (логіка перевірки та очікувані стани контактів)?
17. Як теоретично оцінити справність котушки контактора за наявності/відсутності напруги на А1–А2 та за ознаками роботи контактора?
18. Які помилки монтажу можуть призвести до самозапускання після відновлення напруги?
19. Які можливі причини, якщо лампа «Робота» не світиться, але контактор і двигун працюють?
20. Які основні заходи безпеки необхідно виконувати під час діагностики електричних кіл керування (навіть при теоретичному виконанні — як вимоги до реальної роботи)?

## 5.6 Перелік рекомендованої джерел

1. Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв : навч. посіб. / В. В. Грабко та ін. Вінниця : ВНТУ, 2020. 173 с.
2. Циганов О. М., Мардзявко В. А., Руденко А. Ю. Монтаж, наладка і експлуатація електрообладнання : конспект лекцій. Миколаїв, 2022. 160 с.
3. Технологія електромонтажних робіт : підручник / В. В. Чорна, С. В. Чорний. Харків : Компанія СМІТ, 2014. 288 с.
4. Монтаж енергообладнання та систем керування : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / М. П. Кунденко та ін. Ч. І. Харків : ХНТУСГ, 2017. 282 с.



5. ДСТУ EN 50086-1:2004 Системи кабелепроводів для електричних установок. Частина 1. Загальні технічні вимоги (EN 50086- 1:1993, IDT) : [Чинний від 2005.07.01]. Київ : Держспоживстандарт, 2005.

6. ДБН А. 2.2-1-2003. Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування / Державні будівельні норми України. Київ : ДержБуд України, 2004. 26 с.



*Навчально-методичне видання*

*Шрамко Юрій Юрійович*

**МОНТАЖ, НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІ-  
ЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**Методичні вказівки до виконання  
практичних робіт**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції