

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

МОНТАЖ, РЕМОНТ І ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки
до проведення лабораторних та практичних занять
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за спеціальністю G3 «Електрична інженерія»

Електронний ресурс



Харків – 2025

УДК 621.7(075.8)

М 77

Рецензенти:

Н. С. Антоненко – к. т. н., доцент, доцент кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна;

О. Ю. Єгорова – к. т. н., доцент, доцент кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

*Затверджено до розміщення в мережі Інтернет рішенням Науково-методичної ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 1 від 23 жовтня 2025 року)*

М 77 **Монтаж, ремонт і діагностика електрообладнання**: методичні вказівки до проведення лабораторних та практичних занять для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю G3 «Електрична інженерія» [Електронний ресурс] / уклад. К. Ю. Бровко, С. М. Войтенко. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. – (PDF 116 с.)

Методичні вказівки до проведення лабораторних та практичних занять розроблено відповідно до програми дисципліни «Монтаж, ремонт і діагностика електрообладнання» як однієї з важливих у циклі підготовки студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю G3 «Електрична інженерія» освітньо-професійної програми Електричні станції, мережі та системи». Видання містить завдання до практичних занять та лабораторних робіт.

УДК 621.7(075.8)

© Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, 2025.

© Бровко К. Ю., Войтенко С. М., уклад., 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Практичне заняття №1	Знайомство з апаратурою для випробувально – налагоджувальних робіт 7
Практичне заняття №2	Виконання різних типів з'єднань проводів: скрутка, пайка, клемне з'єднання. Перевірка надійності та якості з'єднань..... 12
Практичне заняття №3	Встановлення автоматичних вимикачів, диференціальних реле та інших елементів у розподільчий щит. Підключення та тестування..... 26
Практичне заняття №4	Перевірка опору ізоляції проводів і кабелів за допомогою мегомметра..... 34
Практичне заняття №5	Підключення різних типів освітлювальних приладів до мережі. Перевірка їх роботи та регулювання..... 43
Практичне заняття №6	Монтаж внутрішніх електричних мереж. Тросові електропроводки..... 58
Практичне заняття №7	Монтаж електрообладнання трансформаторних підстанцій..... 72
Практичне заняття №8	Монтаж кабельних ліній напругою до 10 кВ..... 78
Практичне заняття №9	Монтаж повітряних ліній електропередачі напругою до 10 кВ..... 84
Практичне заняття №10	Ознайомлення з програмними інструментами для діагностики електрообладнання. Моделювання та аналіз несправностей..... 89
Практичне заняття №11	Ведення технічної документації, складання актів дефектації та звітів про виконані ремонтні роботи..... 94
Практичне заняття №12	Вимірювання напруги, струму та опору в різних точках електричної схеми за допомогою мультиметра..... 97
Лабораторна робота №1	Вивчення принципу дії електровимірювальних приладів, що використовують для монтажу та налагоджування електротехнічного обладнання..... 101
Лабораторна робота №2	Дослідження характеристик електричних ланцюгів з активним і реактивним навантаженням..... 107
Лабораторна робота №3	Вимірювання та аналіз опору ізоляції електрообладнання..... 111
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	115

ВСТУП

Монтаж, ремонт і діагностика електрообладнання – це одна з фундаментальних дисциплін, що забезпечує підготовку фахівців у сфері електротехніки та енергетики. Вона поєднує знання з електротехніки, матеріалознавства, інженерії, автоматизації та охорони праці, формуючи у студентів комплексне розуміння принципів роботи, методів встановлення, відновлення та перевірки електрообладнання різного призначення.

У сучасному світі, де електроенергія є основою функціонування практично всіх сфер життя – від промисловості та транспорту до побуту та інформаційних технологій, – роль спеціалістів з монтажу, ремонту та діагностики важко переоцінити. Саме вони забезпечують безперебійну та безпечну роботу електричних машин, апаратів і систем керування, що визначає ефективність виробничих процесів, конкурентоспроможність підприємств та енергетичну незалежність держави.

Актуальність цієї дисципліни особливо зростає в умовах:

- розвитку сучасної промисловості та високотехнологічних виробництв;
- зростаючої потреби у кваліфікованому обслуговуванні електрообладнання;
- інтеграції цифрових технологій у системи діагностики та керування;
- необхідності підвищення рівня енергетичної безпеки України та зменшення залежності від зовнішніх ресурсів;
- впровадження нових стандартів безпеки, екологічності та енергоефективності.

Методичні вказівки до практичних і лабораторних занять з цієї дисципліни спрямовані на те, щоб студенти:

- глибоко засвоїли теоретичні основи будови та функціонування електрообладнання;
- оволоділи методами монтажу та налагодження електричних установок;
- здобули практичний досвід діагностування та виявлення несправностей;

- навчилися організовувати ремонтні та профілактичні роботи відповідно до сучасних стандартів;

- сформувавши розуміння важливості дотримання правил техніки безпеки та охорони праці при роботі з електричними системами.

Програма дисципліни охоплює:

- основи електротехнічного монтажу та вимоги до електричних з'єднань;
- методи та технології ремонту трансформаторів, електричних машин, комутаційної апаратури й систем автоматики;
- сучасні засоби діагностики – від класичних вимірювальних приладів до комп'ютеризованих систем контролю;
- планування та проведення профілактичних робіт;
- організацію ремонтних служб на підприємствах;
- питання надійності, енергоефективності та безпечної експлуатації обладнання.

Практичні й лабораторні заняття побудовані таким чином, щоб поєднувати теорію з реальними прикладами. Вони включають завдання з аналізу електричних схем, виконання монтажних операцій, діагностики електричних машин, вимірювання параметрів обладнання, моделювання аварійних ситуацій і пошуку шляхів їхнього усунення. Завдяки цьому студенти отримують не лише базові знання, а й формують професійні компетентності, необхідні для роботи на сучасних підприємствах.

Особлива увага приділяється важливості цієї професії для України. Адже розвиток промисловості, модернізація енергетичного комплексу та впровадження новітніх технологій напряму залежать від рівня підготовки спеціалістів, здатних підтримувати справний стан обладнання та швидко відновлювати його роботу у разі несправностей. Від якісного монтажу та своєчасної діагностики залежить енергоефективність, безпека персоналу, довговічність машин і стабільність національної енергосистеми.

Таким чином, дисципліна «Монтаж, ремонт і діагностика електрообладнання» має комплексний, практико-орієнтований характер і є

невід'ємною частиною підготовки майбутніх інженерів і техніків. Вона формує у студентів технічне мислення, професійну відповідальність та готовність до вирішення реальних виробничих завдань, сприяє їхньому становленню як кваліфікованих спеціалістів, здатних працювати в умовах сучасних викликів енергетики та промисловості.

Практичне заняття №1

Знайомство з апаратурою для випробувально - налагоджувальних робіт

Мета заняття: Ознайомити студентів з апаратурою, що використовується для випробувально-налагоджувальних робіт в електроенергетичних системах, а також навчити практичним навичкам її використання в реальних умовах. Зрозуміти принципи роботи вимірювальних приладів та апаратури для тестування, налаштування та перевірки електричних і енергетичних систем.

Завдання заняття:

1. Ознайомити студентів з різноманітними типами апаратури для випробувально-налагоджувальних робіт.
2. Вивчити принципи роботи вимірювальних та тестувальних приладів.
3. Зрозуміти методи налаштування та тестування енергетичних систем за допомогою відповідної апаратури.
4. Опанувати основні прийоми безпечного користування апаратурою для випробувань.
5. Провести практичні заняття з використання апаратури для тестування електричних мереж та обладнання.

Регулювальні пристрої.

У процесі випробувально – налагоджувальних робіт при виконанні багатьох операцій потрібна плавна зміна напруги й струму. Регулювальні пристрої необхідні в першу чергу при випробуванні ізоляції підвищеною напругою, випробуванні захистів первинним струмом, перевірці електровимірювальних приладів, зняття характеристик електроапаратури та засобів автоматизації та інше. У налагоджувальній практиці в якості регулювальних пристроїв застосовують:

- а) дровові реостати (повзункові й східчасті);

б) рідинні реостати;

в) регулювальні автотрансформатори (АТ) із щітковим струмоз'ємним пристроєм;

г) безконтактні регулювальні автотрансформатори;

д) індукційні регулятори.

Дротові повзункові й східчасті реостати

Дротові реостати застосовують як регулювальні пристрої, головним чином при перевірці елементів релейного захисту й при випробуванні установок постійного струму. Крім того, їх часто використовують у тих випадках, коли не допускається навіть невеликі викривлення форми кривої регульованого струму (напруги).

Повзункові реостати типу РСП (табл. 1.1) придатні для регулювання напруги в ланцюгах постійного й змінного струму невеликої потужності. Схеми включення реостатів наведені на рис. 1.1. Досить зручні здвоєні реостати типу РСПС (табл. 1.1).

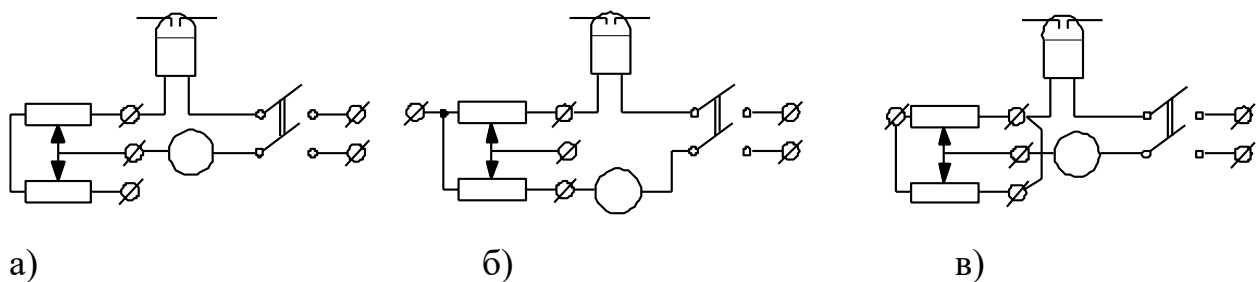


Рис. 1.1. Схеми включення повзункових реостатів: а) один реостат; б) послідовно включені два реостати; в) паралельно включені два реостати

Таблиця 1.1 – Технічні дані реостатів типу РСП

Варіант	Припустимий струм, а	Опір, Ом				діаметр дроту, мм
		РСП-1	РСП-2	РСП-3	РСП-4	
1	0,25	1440	2900	4300	6500	0,24
2	0,35	740	1450	2200	3350	0,25
3	0,45	410	825	1280	1950	0,30
4	0,55	260	520	800	1200	0,33
5	0,7	180	345	530	800	0,40
6	0,85	125	240	370	560	0,45
7	1,0	95	170	265	400	0,50
8	1,4	50	105	165	250	0,60
9	1,7	30	65	100	150	0,70
10	2,1	20	41	63	95	0,80
11	2,6	15	30	45	70	0,90
12	3,0	10,5	22	33	50	1,0
13	3,4	8	17	25	38	1,10
14	4,0	6,5	13	20	30	1,20
15	4,5	-	10	15,5	23	1,30
16	5,0	-	8	12,5	19	1,40
17	5,5	-	6,8	10,6	16	1,50
18	6,2	-	5,5	8,5	13	1,60
19	7,0	-	4,5	7,0	11	1,70

Таблиця 1.2 – Технічні дані здвоєні реостатів типу РСПС

Реостат				
	Паралельному	Послідовному	Паралельному	Послідовному
РСПС-2	0,5-14,0	0,25-7,0	2,2-1400	9-5600
РСПС-3	0,5-14,0	0,25-7,0	3,5-2150	15-8600

Для регулювання напруги реостат включають за схемою потенціометра (рис. 1.2). Потенціометр обирається за умовами плавності регулювання напруги й припустимого струму. Для задоволення першої умови опір потенціометра повинен довгостроково витримувати струм навантаження й власного споживання.

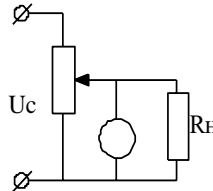


Рис. 1.2. Схема включення реостата потенціометром

Щоб знизити вплив навантаження на величину напруги, що знімається з потенціометра, опір реостата повинний задовольняти наступній умові:
 $R_{\text{нав}} \geq R_p$.

Для регулювання малих значень напруги застосовується джерело регульованої напруги типу ДРН-64.

Рідкі реостати

При регулювання як змінного, так і постійного струму іноді використовують рідинні реостати. Незважаючи на те що такі реостати незручні, вони ж знаходять застосування в процесі налагодження внаслідок простоти й можливості їх виготовлення практично в будь-яких умовах. Регулювання струму здійснюється або зміною положення електрода щодо металевої посудини, у яку налита вода, або зміною рівня води в посудині.

Провідність реостата можна збільшити в деяких межах, додаючи у воду поварену сіль або соду. Рідинні реостати можна виготовляти так само на великі потужності (до 500 кВт), коли потрібно створити штучне навантаження для синхронних генераторів. При цьому навантаження регулюється зміною кількості води, що протікає через реостат.

Регулювальні автотрансформатори

Найбільше широко для регулювання напруги застосовують регулювальні АТ із щітковим струмозніманням. Такі АТ являють собою залізний сердечник з мідною обмоткою, намотаною в один ряд. По зовнішній поверхні обмотки, очищеної від ізоляції, ковзає одна або кілька контактних щіток. Через щітки знімається регульована напруга. Ці трансформатори називають варіаторами (табл. 1.3), регуляторами напруги й лабораторними регулювальними АТ.

Таблиця 1.3 – Технічні дані регулювальних автотрансформаторів (варіаторів)

Варіатор	Номинальна напруга мережі, В	Максимально регулюєма напруга, В	Максимальна потужність, кВа	Максимально допустимий навантаження пари щіток струм однієї	Число регульованих ланцюгів	Вага, кг	Система охолодження
ОДНОФАЗНІ							
РНО-250-0,5	127/220	250	0,5	2	1	5	Повітряна
РНО-250-2	127/220	250	2,0	8	1	15	Повітряна
РНО-250-5	127/220	250	5,0	20	2	40	Повітряна
РНО-250-10	127/220	240	10,0	40	2	70	Масляна
ТРИФАЗНІ							
РНТ-220-6	127/220	220±5 %	6	16	2	60	Масляна
РНТ-220-12	127/220	220±5 %	12	32	2	100	Масляна

Практичне заняття №2

Виконання різних типів з'єднань проводів: скрутка, пайка, клемне з'єднання. Перевірка надійності та якості з'єднань.

Мета заняття: Ознайомити студентів з різними типами з'єднань проводів, такими як скрутка, пайка та клемне з'єднання, а також навчити перевіряти надійність та якість цих з'єднань у процесі виконання електричних робіт.

Завдання заняття:

1. Ознайомити студентів з основними типами з'єднань проводів: скрутка, пайка та клемне з'єднання. Розглянути технологію та правила виконання кожного типу з'єднання
2. Ознайомити з методами виявлення дефектів у з'єднаннях і способами їх усунення.
3. Виконати практичні роботи з виконання скруток, пайки, зварювання, болтових з'єднань, самозажимних клем, ізолюючих ковпачків(КІЗ) та клемних з'єднань.

Теоретична частина

Перед виконанням будь-якого з'єднання проводів, перш за все, необхідно зняти ізоляцію з кінців проводів. Для цього використовуються спеціальні інструменти, такі як кусачки для ізоляції, стріпер(знімач ізоляції), електромонтажний ніж, тощо. Це дозволяє акуратно видалити ізоляційний шар, не пошкоджуючи саму жилу. Розглянемо коротко про кожен з цих інструментів.

Електромонтажний ніж для видалення зовнішньої ізоляції кабелів, окрім провідників малого перерізу. Завдяки спеціальній п'яті він знімає ізоляційний шар, не пошкоджуючи струмопровідні жили. Користування електромонтажним ножем:

Зафіксуйте кабель у руці або лещатах.

Зробіть круговий надріз, не пошкоджуючи жили.

При необхідності виконайте поздовжній розріз (якщо ніж має "п'яту").

Зніміть ізоляцію, акуратно відтягнувши її.



Рис. 2.1. Електромонтажний ніж



електромонтажний
ніж.mp4

Ріжте від себе – це безпечніше та забезпечує кращий контроль.

Не натискайте надмірно, щоб не пошкодити провідники.



Рис. 2.2. Стрипер

Стрипер (або знімач ізоляції) – це спеціалізований інструмент, призначений для акуратного видалення ізоляції з електричних проводів. Принцип дії стрипера полягає у фіксації провідника між спеціальними губками, після чого легке стиснення рукояток дозволяє рівномірно зняти ізоляційний шар, не пошкоджуючи струмопровідну жилу. Завдяки цьому інструмент забезпечує швидку та безпечну підготовку проводів до подальшого монтажу, що значно спрощує роботу електромонтажників та підвищує якість виконаних електричних з'єднань.

1. Ознайомлення з основними типами з'єднань проводів: скрутка, пайка, зварювання та клемні з'єднання

Скручування проводів

Скручування проводів – це метод з'єднання проводів, який зазвичай застосовується в аварійних ситуаціях або в умовах, коли немає можливості скористатися більш надійними способами з'єднання, такими як пайка або використання спеціальних клем. Однак цей метод є тимчасовим, оскільки не забезпечує стабільного і довговічного контакту, що може призвести до перегріву, корозії або навіть короткого замикання.

Основною проблемою скрутки є те, що через відсутність належного ізоляційного захисту або недостатній контакт між проводами, можуть виникати механічні або електричні несправності. Також скрутки схильні до зсуву чи ослаблення з часом, що може погіршити якість контакту і збільшити ймовірність виникнення небезпечних ситуацій, таких як пожежа або поломка електричного обладнання.

З цієї причини скрутки слід використовувати тільки як тимчасовий захід, а для стабільного та безпечного з'єднання проводів необхідно застосовувати більш надійні методи, які відповідають стандартам електробезпеки.

Порядок виконання скручування проводів

Підготовка провідників

Оголіть жили проводів на довжину 4-5 см.

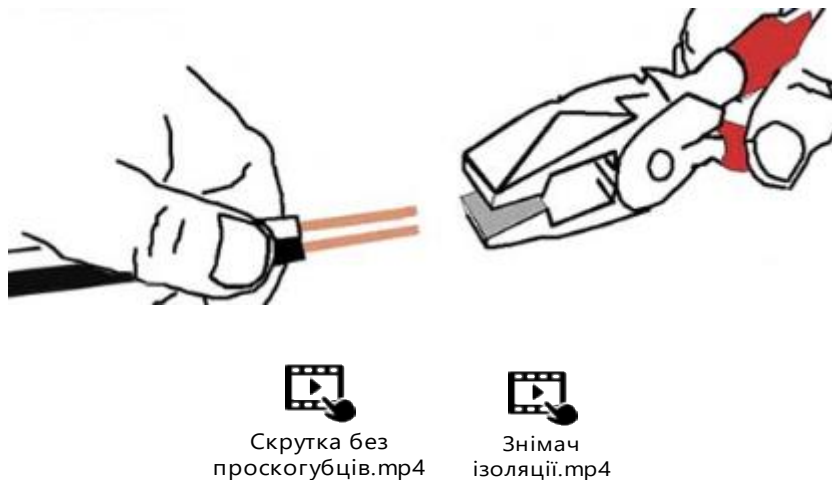
Обробка контактів

Для покращення провідності за допомогою наждачного паперу зачистіть жили до характерного металевого блиску.

Формування з'єднання

Перехрестіть проводи між собою.

Одночасно крутіть проводи між собою за годинникової стрілкою, виконуючи не менше 5 витків за допомогою плоскогубців.



Ізоляція з'єднання

Надійно ізолюйте місце скрутки, використовуючи ізоляційну стрічку, достатньо **4-5 витків** з переплетенням 50% ,якщо напруга живлення до 220В (тобто кожен новий виток повинен перекривати попередній приблизно наполовину) або термоусадкову трубку

Важливо переконатися, що оголені провідники повністю вкриті ізоляцією, щоб запобігти короткому замиканню.

Пайка проводів

Пайка в електромонтажі – це процес з'єднання жил проводів за допомогою припою. На практиці, під час виконання електромонтажних робіт, іноді доводиться обпоювати скрутки та багатожильні проводи. Пайка скруток дозволяє забезпечити надійний електричний контакт між проводами, а також захищає з'єднання від корозії, що значно підвищує його довговічність і безпеку. З цієї причини паяти скрутки є ефективним і часто використовуваним методом з'єднання проводів у різних електричних установках.

Також важливо обпоювати багатожильні проводи, коли вони підключаються до гвинтових затискачів. Наприклад, при підключенні вилки або розетки подовжувача, кінці проводів рекомендується обпоювати. Хоча в деяких випадках можна обійтися використанням спеціальних наконечників потрібного діаметра, пайка в такому разі забезпечує додаткову надійність з'єднання.

Що стосується багатожильних проводів, то для монтажу стаціонарної електропроводки краще використовувати проводи з цільними жилами. Багатожильні дроти в такому випадку не є рекомендованими через їхню схильність до механічних пошкоджень при експлуатації.

Під час пайки дуже важливо використовувати флюс. Флюс допомагає зруйнувати захисне покриття міді, що дозволяє припою добре прилипати до металу і забезпечує міцний і надійний контакт. Флюс також запобігає окисленню металу під час пайки, покращуючи якість з'єднання.



пайка.mp4

Для виконання пайки потрібно виконати наступні кроки:

1. Увімкнути паяльник і дати йому кілька хвилин для нагріву.
2. Нанести флюс на місце пайки для очищення поверхні від окислів і забезпечення кращого прилипання припою.

3. Після того, як паяльник досягне необхідної температури, прикласти його до з'єднаних проводів.
4. Піднести припій до місця пайки, дозволяючи йому рівномірно розплавитися і заповнити з'єднання.
5. Ізолювати з'єднання згідно вищеописаному процесу

Зварювання проводів

Зварювання скруток(проводів) – це процес з'єднання двох або більше проводів шляхом їх нагрівання до температури плавлення за допомогою зварювального апарата. При цьому проводи скручуються разом, а розплавлений метал з'єднує їх у єдине ціле, забезпечуючи надійний і міцний контакт. Для зварювання проводів необхідно мати зварювальний апарат з вугільним електродом.

Процес зварювання проводиться наступним чином:

1. Прикладаємо провід «маса» до скрутки.
2. Торкаємося вугільним електродом до кінця скрутки.
3. Скрутка повинна бути розгорнута кінцем вниз, щоб розплавлений метал капав на неї, забезпечуючи надійне з'єднання.
4. Ізолювати з'єднання згідно вищеописаному процесу



зварювання.mp4

Цей метод забезпечує міцне та надійне з'єднання проводів, що відповідає вимогам безпеки та стандартам.



Обпресування проводів

З'єднання проводів обпресуванням — це метод з'єднання проводів за допомогою спеціальних клем або наконечників, які фіксуються на проводах під високим тиском за допомогою обпресувального інструмента (кліщ або прес).

Процес обпресування полягає в наступному:

1. На кінці проводів, що потребують з'єднання, встановлюється спеціальний наконечник або клема.
2. За допомогою обпресувального інструмента наконечник затискається, що призводить до механічного з'єднання проводу та наконечника. Під час цього процесу проводи не плавляться, а стискаються, забезпечуючи міцний контакт.



обпресування
проводів.mp4



Обпресування гільз починається з основи (початкової частини гільзи), тобто з того кінця, де провід вставляється в гільзу. Це дозволяє рівномірно обжати провід по всій довжині і забезпечити якісне з'єднання



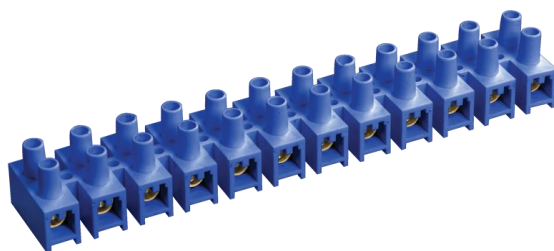
Для опресування наконечників починати слід з кінця наконечника, тобто з того кінця, де знаходиться отвір для проводу це гарантує, що наконечник буде щільно обжимати дрід по всій площі контакту, що забезпечує максимальний електричний та механічний контакт.

З'єднання проводів через клемник.

З'єднання проводів через клемник – це спосіб електричного з'єднання проводів за допомогою спеціального елемента, який фіксує їх у певному положенні, забезпечуючи надійний контакт між ними. Клемник складається з

контактних гвинтів або затискних елементів, які затискають кінці проводів, забезпечуючи стабільне з'єднання.

- Зніміть ізоляцію з кінців проводів, залишаючи достатню довжину для вставки в клемник. Перевірте проводи на пошкодження.
- Оберіть клемник відповідного розміру для вашого проводу.
- Вставте підготовлені кінці проводів у отвори клемника, переконавшись, що кожен провід вставлений повністю.
- Використовуйте інструмент, щоб рівномірно затягнути гвинти клемника, забезпечуючи надійний контакт.
- Переконайтеся, що проводи щільно зафіксовані і не рухаються в клемнику.



клеми.mp4

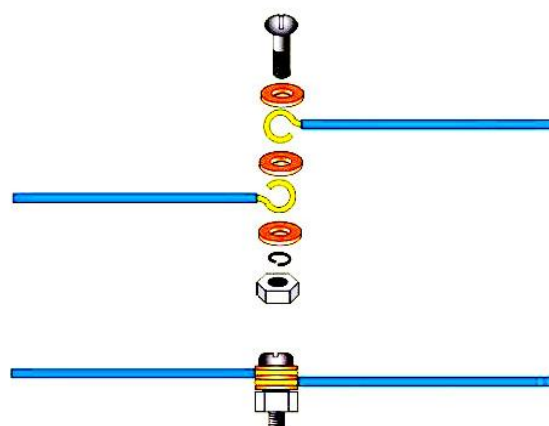
Болтові з'єднання

З'єднання проводів за допомогою болтів — це спосіб електромонтажу, при якому електричний контакт між провідниками забезпечується за допомогою болта, шайби та гайки, що створюють механічне притискання і надійний електричний зв'язок.

Процес з'єднання проводів за допомогою болтів

1. Спочатку необхідно акуратно зняти ізоляцію, щоб оголена частина відповідала розмірам з'єднувального елемента. Важливо не пошкодити провід під час цього процесу.
2. Потім із дроту формується петля, яка виконує функцію утримання гвинта та запобігає короткому замиканню.

3. На болт спочатку встановлюється шайба, після чого накладається провідник. Це дозволяє забезпечити надійну фіксацію з'єднання.
4. Після цього конструкція закріплюється за допомогою болта. Важливо не перетягнути кріплення, оскільки надмірне зусилля може призвести до пошкодження петлі.
5. На завершальному етапі проводи обмотуються ізоляційною стрічкою, що захищає з'єднання від коротких замикань та забезпечує безпечну експлуатацію.



З'єднання за допомогою самозажимних клем та КІЗ.

КІЗ(ковпачок ізолюючий)– це спеціальний з'єднувальний елемент для проводів, що забезпечує механічне скручування та ізоляцію без додаткових інструментів.

Процес з'єднання проводів за допомогою КІЗ

1. Зніміть 10–15 мм ізоляції, перевірте провідники на пошкодження.
2. З'єднайте та скрутіть дроти за годинниковою стрілкою вручну або пасатижами.
3. Надягніть ковпачок і вкрутіть його до щільного контакту.
4. Потягніть дроти, переконайтеся у міцності з'єднання.



Процес з'єднання проводів за допомогою самозажимних клем

- Зніміть 10–15 мм ізоляції, перевірте провідники на пошкодження.
- Для важільних моделей підніміть важіль.
- Вставте провід до упору.
- Потягніть дроти, переконайтеся у міцності з'єднання.



2.Методи виявлення дефектів у з'єднаннях та способи їх усунення

Тип з'єднання	Дефект	Спосіб Усунення
Скрутка	Поганий контакт через слабе скручування.	Перекрутити дроти щільніше, використовуючи пасатижі.
	Окислення або перегрів	Перевірити ізоляцію та усунути окислення.
Пайка	Недостатнє покриття припоєм.	Використовувати якісний флюс для очищення міді.
	Холодний припій (матова поверхня, крихкість).	Прогріти місце пайки рівномірно до повного розтікання припою.
Зварювання	Недостатній провар металу.	Контролювати струм і час зварювання.
	Перегрів і руйнування провідника.	Використовувати відповідний електрод (вугільний).
Болтові з'єднання	Послаблення контакту через вібрації.	Періодично підтягувати гайки.
	Корозія або вигорання контакту.	Використовувати шайби-гровер або фіксатори різьби. Очищувати контактні поверхні.
Клемне з'єднання	Ненадійне затискання через ослаблений гвинт.	Підтягнути гвинти.
	Деформація багатожильного проводу.	Використовувати наконечники для багатожильних проводів.
Самозажимні з'єднання (WAGO)	Погане фіксування проводу (не до кінця вставлений).	Вставити провід до упору.
	Вставлення невідповідного типу проводу.	Використовувати відповідний тип WAGO для багатожильних або одножильних проводів.

Завдання для студентів:

Виконання скруток проводів:

– Виберіть два різних проводи і виконайте їх скрутку за допомогою спеціального інструменту. Забезпечте надійний контакт, дотримуючись техніки безпеки. Після виконання скрутки перевірте її міцність, потягнувши за кінці проводів.

Пайка проводів:

– Виконайте пайку двох проводів. Виберіть правильний припій і паяльник. Технологія пайки повинна бути такою, щоб з'єднання не перегрівалося і не пошкоджувалося. Перевірте якість з'єднання, використовуючи тестер для перевірки наявності короткого замикання.

Зварювання металевих з'єднань:

– Зваріть два металеві елементи (наприклад, мідний або сталевий дріт). Встановіть зварювальне обладнання, забезпечте відповідну температуру та техніку виконання шва. Після завершення перевірте якість зварного шва на відсутність тріщин і пористості.

Затягування болтових з'єднань:

– Виберіть болт, гайку та шайбу для з'єднання двох елементів. Виконайте монтаж болтового з'єднання, переконайтесь, що болт затягнутий належним чином без перекосів. Використовуйте динамометричний ключ для контролю моменту затягування.

Монтаж самозажимних клем:

– Виконайте монтаж самозажимних клем для підключення проводів. Переконайтесь, що кожен провід зафіксований правильно та надійно. Перевірте з'єднання на міцність.

Встановлення ізолюючих ковпачків (КІЗ):

– Встановіть ізолюючі ковпачки на кінці проводів, щоб запобігти коротким замиканням. Переконайтесь, що ковпачки надійно тримаються, і не

мають пошкоджень. Після встановлення перевірте кожен з'єднувальний елемент на відсутність дефектів.

З'єднання за допомогою клем:

Виконайте з'єднання двох проводів за допомогою клем. Переконайтесь, що клема щільно утримують дроти, а контакт є надійним. Після виконання з'єднання перевірте його на працездатність.

Практичні заняття №3

Встановлення автоматичних вимикачів, диференціального захисту та інших елементів у розподільчий щит. Підключення та тестування.

Мета заняття: Ознайомити студентів з процесом встановлення автоматичних вимикачів, диференціального захисту та інших елементів у розподільчий щит, а також навчити правильному підключенню та тестуванню цих елементів для забезпечення надійної роботи електричних систем.

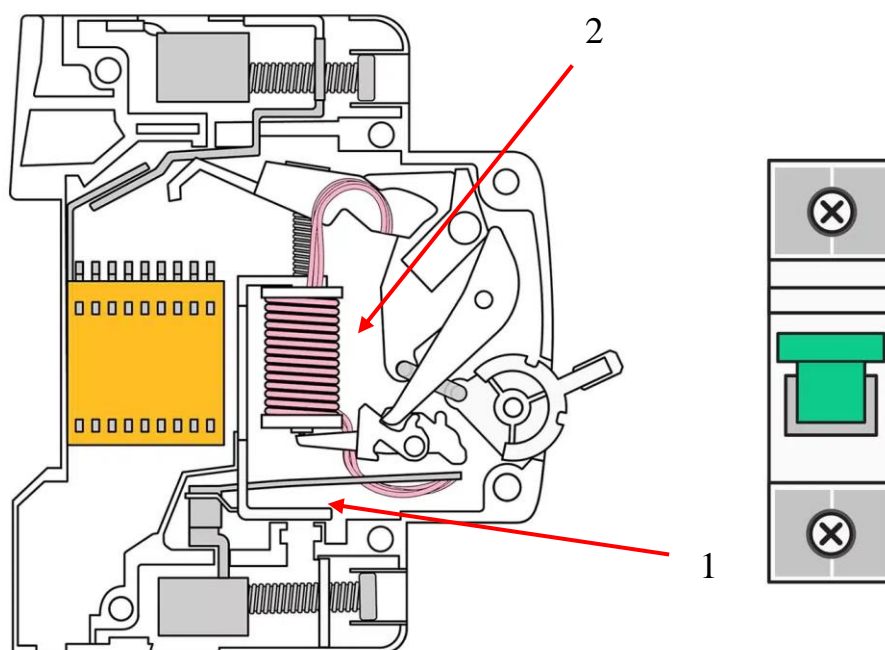
Завдання заняття:

1. Ознайомити студентів з принципами роботи автоматичних вимикачів, диференціальних реле та автоматів, та інших компонентів розподільчих щитів.
2. Навчити правильним методам встановлення та монтажу цих елементів у розподільчий щит.
3. Провести тестування автоматичних вимикачів і реле на перевантаження, коротке замикання та диференційний захист та перевірити якість монтажу, правильність підключення, працездатність елементів розподільчого щита за допомогою відповідних вимірювальних приладів.

Теоретична частина

1. Основи роботи автоматичних вимикачів, диференціальних реле та елементів в розподільчих щитів

Автоматичний вимикач – це електричний пристрій, призначений для захисту електричних кіл від пошкоджень, спричинених перевантаженнями або короткими замиканнями. Його основна функція полягає в автоматичному розриві електричного кола, коли струм перевищує допустимі значення, тим самим запобігаючи можливим пошкодженням обладнання та проводки.



1 – біметалева пластина 2 – електромагніт

Рис. 3.1. Автоматичний вимикач

Принцип роботи автоматичного вимикача:

1. **Тепловий захист:** Використовується біметалічна пластина, яка складається з двох металів з різними коефіцієнтами теплового розширення. При тривалому перевантаженні струму пластина нагрівається і згинається, що призводить до розмикання контактів і розриву кола.
2. **Магнітний захист:** Складається з електромагніту, який створює магнітне поле при проходженні струму. У випадку короткого замикання струм різко зростає, що підсилює магнітне поле і призводить до швидкого спрацьовування механізму, який розмикає контакти і розриває коло.

Диференціальне реле (далі дифреле) – це пристрій, який спрацьовує, коли різниця між двома або більше однаковими електричними величинами перевищує задану величину.



Рис. 3.2. Диференціальне реле

Диференційний автомат (далі дифавтомат) принцип його роботи ідентичний роботі дифреле, але він включає в себе ще й принцип роботи автоматичного вимикача. Таким чином цей пристрій є поєднання дифреле та автоматичного вимикача, та виконує їхні функції. Різниця тільки в тому, що всі його елементи знаходяться в одному суцільному корпусі, на відміну від дифреле та автоматичного вимикача, які є окремими пристроями.



Рис. 3.3. Диференційний автомат

Диференційні автоматичні вимикачі (дифавтомати) зручні у монтажі та компактні, але при великій кількості груп споживачів їх використання менш економічно вигідне. Більшість моделей не мають індикації причини спрацювання, що ускладнює діагностику аварій.

Комбінація диференційного реле з автоматичним вимикачем є більш доцільною для розгалужених мереж, оскільки забезпечує економію коштів та дозволяє точно визначати причину відключення, що спрощує обслуговування й підвищує надійність системи.

Вимикач навантаження (далі ВН) – принцип роботи ВН полягає в тому, що він забезпечує **неавтоматичну комутацію ланцюгів**, тобто відключення та підключення напруги до навантаження вручну.

У ВН на відміну від автоматичних вимикачів відсутні електромагнітні та теплові розчіплювачі, але має потовщені контактні пластини, щоб витримувати більшу кількість комутацій ланцюгів під навантаженням.

Реле захисту від напруги (в побуті реле напруги) – це електротехнічний пристрій, призначений для забезпечення захисту електроустановок від небезпечних коливань напруги, зокрема перенапруги, зниженого рівня напруги або її небалансу.



Рис. 3.4. Реле захисту від напруги

2. Методика встановлення та монтажу елементів розподільчого щита

1. Монтажу квартирнього електричного щита

Для прикладу візьмемо квартиру, яка має дві кімнати, кухню, ванну кімнату та коридор. Орієнтовна потужність усієї квартири:

- Кухня: 4 кВт
- Ванна кімната: 3 кВт
- Кімнати: $2 \times 1 \text{ кВт} = 2 \text{ кВт}$
- Освітлення: 0,5 кВт

Загальне максимальне навантаження: ~10 кВт (~44А при 230 В).

Рекомендований ввідний кабель: мідний $3 \times 10 \text{ мм}^2$

Система заземлення TN-C-S.

2. Підбір проводів для приміщень

Виходячи з потужності та стандартного струмового навантаження:

- **Кухня (4 кВт ~18 А) – мідний $3 \times 4 \text{ мм}^2$**
- **Ванна (3 кВт ~13 А) – мідний $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$**
- **Кімнати (1 кВт ~4,5 А кожна) – мідний $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$**
- **Освітлення (0,5 кВт ~2,2 А) – мідний $3 \times 1 \text{ мм}^2$**

3. Автоматичні пристрої захисту

Ввідний автомат: **Автоматичний вимикач (С50, 2-полюсний, 40 А)**

Лічильник: **Встановлюється постачальником електроенергії (тип уточнювати у вашій енергокомпанії).**

Диференційний автомат на всю квартиру: **Дифавтомат 63 А, 30 мА (тип А, щоб враховував імпульсні струми сучасних приладів).**

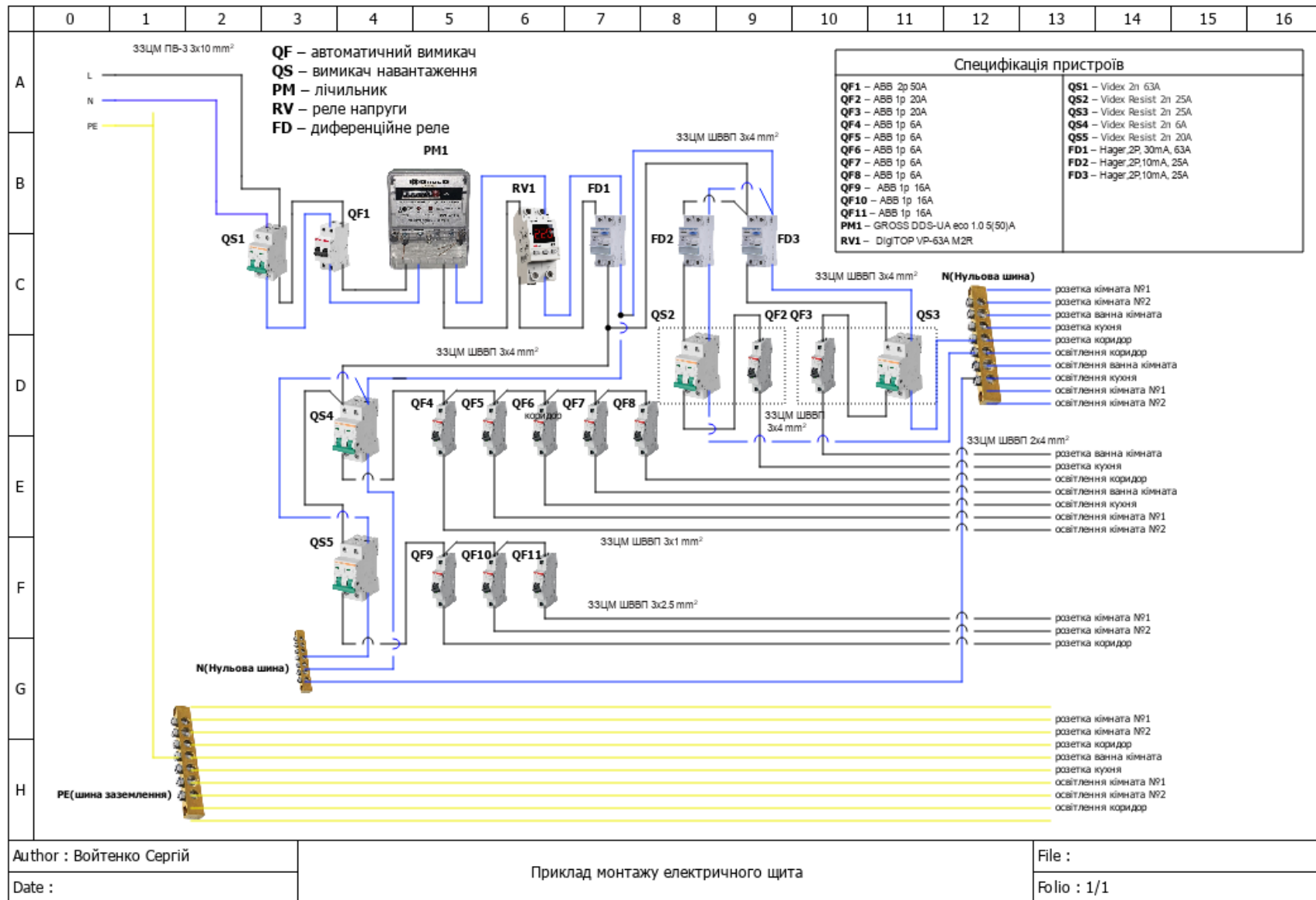


Рис. 3.5. Схематичний приклад монтажу квартирних електричних щитів

Автомати навантаження на кімнати:

- **Кухня: C20, 2-полюсний**
- **Ванна: C16, 2-полюсний**
- **Кімнати: C10, 1-полюсний на кожну кімнату**
- **Коридор: C10, 1-полюсний**

Дифереле у ванній кімнаті та для посудомийки:

- **Ванна: Дифавтомат 25 А, 10 мА**
- **Посудомийка: Дифавтомат 25 А, 10 мА**

Звичайні автомати на розетки та освітлення:

- **Розетки кімнат: C16, 1-полюсний**
- **Освітлення: C6, 1-полюсний**

4. Додаткові пристрої:

- **Реле напруги (на ввід, наприклад, ZUBR D40 або аналогічне на 40 А)**
- **Вимикач навантаження (рубильник) 63 А**

3. Перевірка роботи захисних пристроїв та контроль якості монтажу розподільчого щита

- Візуальна перевірка передбачає огляд корпусу на наявність пошкоджень, оцінку стану контактів і правильність маркування.
- Механічні випробування включають ручне вмикання та вимикання, а також перевірку плавності ходу механізму.
- Електричні випробування охоплюють вимірювання струму спрацьовування, часу витримки, опору ізоляції та падіння напруги на контактах.
- Функціональне тестування визначає правильність налаштувань, роботу пристрою в реальних умовах і відповідність часових характеристик.
- Динамічні випробування моделюють короткі замикання, перевантаження й аналізують роботу автоматичного вимикача при імпульсних навантаженнях.
- Теплові випробування відстежують рівень нагріву контактів і корпусу під час роботи з навантаженням.

Основні критерії випробувань автоматичних вимикачів

1. Для оцінки працездатності автоматичних вимикачів тестують електромагнітні й теплові розчеплювачі.
2. Згідно з ДСТУ, електромагнітний розчеплювач має спрацювати:
 - при 80 % від струму короткого замикання – через 0,2 секунди.
 - при 120 % – також за 0,2 секунди.
3. Кожен полюс перевіряють окремо при температурі +30 °С, з урахуванням коригування результатів залежно від температурних відхилень.
4. Час відключення залежить від ступеня перевищення номінального струму:
 - при перевищенні на 1,13 раза: понад 63 А – до 2 годин; до 63 А – до 1 години.
 - при 1,45-кратному перевищенні – відключення має відбутися менш ніж за 1–2 години.
 - при 2,55-кратному перевищенні: до 32 А – відключення протягом хвилини; понад 32 А – не пізніше ніж за 2 хвилини.
5. Зони спрацювання електромагнітного захисту визначаються типом автомата:
 - тип В – від 3 до 5 номінальних значень.
 - тип С – від 5 до 10.
 - тип D – від 10 до 14.

Перевірка опору ізоляції

Для закріпленого автоматичного вимикача опір ізоляції визначають між кожною парою полюсів і між полюсами та заземленою основою.

Згідно з ПУЕ, цей показник має бути не нижчим за 1 МОм. При підключених проводах допускається зниження до 0,5 МОм. Вимірювання проводяться за допомогою мегомметра.

Перевірка з'єднань

Оцінюється стан внутрішніх з'єднань, справність конструктивних елементів і правильність роботи важеля керування. Це дозволяє виявити потенційні дефекти механізму.

Випробування контактного опору

Для аналізу стану клем кожного полюса виконують вимірювання перехідного опору. Це допомагає виявити можливе окиснення контактів або недостатню якість затиснення. Граничне значення не повинно перевищувати 0,5 Ом.

Практичні заняття №4

Перевірка опору ізоляції проводів і кабелів за допомогою мегомметра.

Мета заняття: Ознайомити студентів з принципами роботи мегомметра та навчити проводити перевірку опору ізоляції проводів і кабелів для забезпечення їх безпечної експлуатації в електричних мережах.

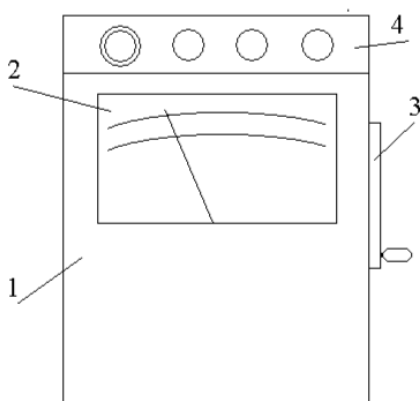
Завдання заняття:

1. Ознайомити студентів з принципом роботи мегомметра, його характеристиками та принципами вимірювання опору ізоляції.
2. Провести перевірку опору ізоляції проводів та кабелів різних типів за допомогою мегомметра.
3. Ознайомити з основними критеріями якості ізоляції: мінімальний опір, допустимі межі і нормування значень.

1. Принцип роботи мегомметра та його характеристики для вимірювання опору ізоляції

Мегаомметр (мегомметр) – це прилад, який використовують для вимірювання опору ізоляції електричних проводів, кабелів, роз'ємів, трансформаторів, обмоток електричних машин та інших пристроїв. Також він здатен визначати поверхневий і об'ємний опір ізоляційних матеріалів, які не перебувають під напругою. Пристрій ефективно працює в умовах температурного діапазону від -30 до $+50$ °С і відносної вологості до 90% при температурі $+30$ °С.

Мегаомметри збудовані за схемою логарифмічного вимірювача відносин.



- 1 – корпус
- 2 – індикатор
- 3 – привід генератора
- 4 – затиски контактні

ЗАСТЕРЕЖЕННЯ! Мегаомметри призначені для вимірювання електричного опору ізоляції ланцюгів, що не перебувають під напругою.

Розглянемо на прикладі Мегаомметр ЭС0202/2-Г

контактні роз'єми
Лінії та Земля

контактний
роз'єм Екран

перемикач
вибору
випробувальної
напруги

табло зі шкалою
виміру

ручка для обертання
генератора

перемикач
діапазонів опору

Аналогова
шкала

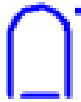



Індикатор
високої напруги





Позначення на циферблаті мегаомметра

MΩ	- умовне позначення вимірюваної величини;
Ⓜ	- позначення класу точності;
⌈	- прилад для використання із горизонтальним циферблатом;
≡	- ланцюг постійного струму;
☆ 5,2	- випробувальна напруга 5,2 кВ;

	- магнітоелектричний прилад з рухомою котушкою та с електронним пристроєм вимірювального ланцюга;
	- обладнання, захищене подвійною чи посиленою ізоляцією;
120 r/min	- 120 r/min - номінальна швидкість обертання електромеханічної ручки генератора;
I, II CAT II	- I, II - положення перемикача шкал (діапазонів) - CAT II – категорія монтажу (категорія перенапруги) II;
-₂ гх, Э	- гнізда для підключення об'єкта виміру;
	- висока напруга;
	- (mT) - магнітна індукція 0,2 мТл, що викликає зміну показань, що відповідає позначенню класу точності;
100V, 250V, 500V (500V, 1000V, 2500V)	- 100V, 250V, 500V - положення перемикача вимірюваної - (500V, 1000V, 2500V) напруги EC0202/1-Г (EC0202/2-Г);
ВН	- індикатор вимірювальної напруги;

2. Перевірка опору ізоляції проводів і кабелів різних типів за допомогою мегомметра

Увага! Не приступати до вимірювань, не переконавшись у відсутності напруги на об'єкті, що перевіряється!

Перевірка працездатності мегаомметра перед виконанням вимірів

1. Вийміть прилад із футляра та розмістіть його на горизонтальній, твердій поверхні.
2. У справному приладі, при обертанні ручки генератора, стрілка повинна встановлюватися на позначці «∞» на шкалі «MΩ».
3. Поставте перемичку між клемми r_x (“-” та “+”)
4. При обертанні ручки генератора стрілка має встановлюватися на позначці «0» шкали «MΩ».

Якщо відхилення стрілки від зазначених відміток перевищує межу основної погрішності, прилад слід вважати несправним. Важливо також підтримувати чистоту поверхні між затискачами, оскільки забруднення цих ділянок може призвести до додаткових погрішностей при вимірюванні великих опорів. 3. Як вимірювати опір ізоляції мегомметром і що потрібно зробити перед вимірюванням

Підготовчий етап

- Для точних результатів вимірювань необхідно, щоб поверхня об'єкта, який вимірюється, була очищена, щоб мінімізувати контактний опір.
- Мегомметр має бути встановлений на надійній та стійкій поверхні, подалі від сильних електричних і магнітних полів, які можуть вплинути на його точність.
- Якщо обладнання може генерувати високу напругу, слід вжити заходів для усунення цього потенціалу перед проведенням вимірювань.

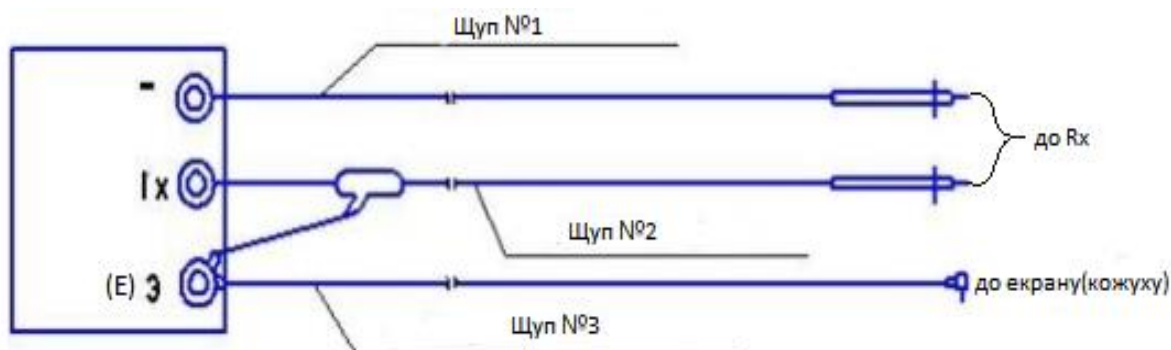
– Перед початком вимірювання потрібно вимкнути джерело живлення об'єкту виміру, замкнути та розрядити заземлення, при цьому не можна заряджати пристрій для вимірювання, щоб уникнути небезпеки.

– Перед вимірюванням переконайтеся, що мегомметр знаходиться в робочому стані, зокрема перевірте його показники на "0" і " ∞ ". Для цього потрібно перевірити його, підвівши до номінальної швидкості та переконавшись, що він показує "0", коли контакти замкнені, і " ∞ ", коли вони розімкнені.

Проведення вимірів

1. Підключити Щуп №1 та Щуп №2 до гнізд rx мегомметра

Для зменшення впливу струмів витоку за допомогою Щуп №3, приєднати до гнізда E екран (кожух) об'єкта. При вимірі опору ізоляції об'єкта щодо землі екран об'єкта не приєднувати до гнізда E.



2. Встановити перемикач вимірювальних напруг у потрібне положення, а перемикач діапазонів у положення I або II.

3. Для проведення вимірювань обернути ручку генератора зі швидкістю від 120 – 144 об/хв. При обертанні ручки генератора світиться індикатор ВН, що свідчить про наявність вимірювальної напруги.

4. Після встановлення стрілочного покажчика зробити відлік значення вимірюваного опору. Якщо стрілочний покажчик знаходиться ліворуч від позначки «50» для ЕС0202/2М-Г перемикайте перемикач діапазонів на інший

діапазон. Для зменшення часу встановлення показань за шкалою II необхідно перед виміром, поєднати разом кінцями (замкнути) ЩУП №1 та ЩУП №2, і обернути ручку генератора (3 – 5) сек.

5. Для правильного та точного результату, вимір треба проводити не менше 60 секунд.

6. Після закінчення вимірювань встановити перемикачі мегаомметра в середнє положення.

У випадках, коли під час вимірювання опору ізоляції мегомметром типу ЭС0202/2-Г результати можуть бути спотворені через поверхневі струми витоку, необхідно вжити заходів для їх усунення. Щоб запобігти потраплянню цих струмів у робочу рамку логометра, на ізоляцію об'єкта накладають струмовідвідний електрод. Його підключають до клемі «Э» приладу. Схема правильного підключення мегомметра представлена на рис. 4.1 а.

Якщо ж потрібно виміряти опір ізоляції між ланцюгами, які ізолювані від землі (наприклад, між жилами кабелю), то ЩУП №1 і ЩУП №2 підключають до знеструмлених жил кабелю. У свою чергу, ЩУП №3, який з'єднаний із клемою «Э», підключають до броні(екрану) кабелю.

На рис. 4.1 наведено схеми підключення мегомметра ЭС0202/2-Г з екрануванням:

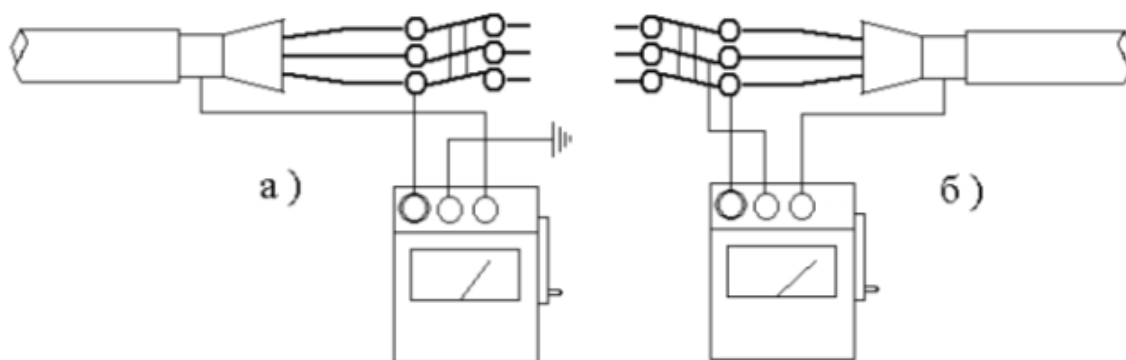


Рис. 4.1. Схеми підключення мегомметра

Застосування цих методів мінімізує вплив поверхневих струмів витоку, що

дає змогу отримати більш достовірні результати. Це особливо важливо для забезпечення точності вимірювань та виключення похибок, пов'язаних із неконтрольованими струмами.

Схеми приєднання мегомметра ЭС0202/2-Г з екраном: а) – вимірювання фазної ізоляції; б) – вимірювання міжфазної ізоляції.

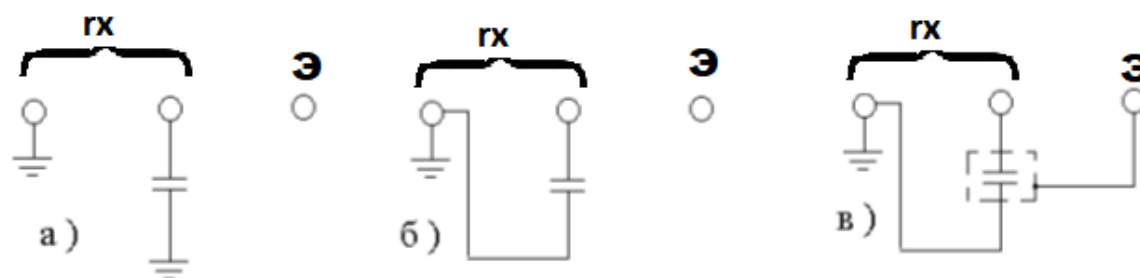


Рис. 4.2. Основні способи вимірювання опору ізоляції

На рис. 4.2 показано основні способи вимірювання опору ізоляції.

а) Вимірювання відносно землі (у цьому випадку перевіряють опір між струмоведучими частинами й заземленням, що дозволяє оцінити якість ізоляції відносно корпусу чи землі).

б) Вимірювання між струмоведучими стрижнями (цей метод визначає ізоляційний опір між двома провідниками, що допомагає виявити можливі міжфазні дефекти).

в) Вимірювання між струмоведучими жилами із виключенням впливу витоків (тут застосовується спеціальне підключення, яке мінімізує вплив поверхневих струмів, забезпечуючи більш точне визначення внутрішнього опору ізоляції).

3. Основні критерії якості ізоляції: мінімальний опір, допустимі межі та нормування

Мінімальний опір ізоляції визначається для різних типів обладнання. Наприклад, для низьковольтних електроустановок (до 1 кВ) мінімальний опір має

бути не менше 1 МОм, а для установок із напругою понад 1 кВ – 1 МОм на кожен кіловольт. Допустимі межі опору можуть змінюватися залежно від типу обладнання та вимог стандартів. Перевищення значень опору ізоляції вказує на можливі дефекти чи порушення в системі.

Для вимірювання опору ізоляції обмотки електродвигуна з заземленням (E) використовують тестер ізоляції.

- Для номінального напруги до 1 кВ вимірювання проводиться мегомметром на 500 В постійного струму.
- Для номінального напруги понад 1 кВ вимірювання здійснюється мегомметром на 1000 В постійного струму.

Згідно з нормами IEEE 43, у статті 9.3 наведена формула для визначення мінімального значення опору ізоляції для обертової машини: **Мінімальний опір ізоляції (для обертової машини) = (Номінальна напруга (В) / 1000) + 1.**

Для тестування ізоляції кабелю обов'язково потрібно від'єднати його від панелі або обладнання, а також від джерела електроживлення. Кабелі та проводку необхідно тестувати один відносно одного (фаза до фази) і щодо заземлення (G).

Асоціація IPCEA (Асоціація інженерів ізоляційних силових кабелів) пропонує наступну формулу для визначення мінімальних значень опору ізоляції:

$$R = K \times \text{Log } 10 (D/d) \quad (4.1)$$

де: **R** – значення опору ізоляції в МОм на 305 метрів кабелю; **K** – коефіцієнт постійної ізоляційного матеріалу. Наприклад: для електроізоляційної лакоткани $K = 2460$; для термопластичного поліетилену $K = 50000$; для композитного поліетилену $K = 30000$; **D** – зовнішній діаметр ізоляції провідника для одножильного кабелю ($D = d + 2c + 2b$, де **d** — діаметр провідника, **c** – товщина ізоляції провідника, **b** – товщина ізолюючої оболонки); **d** – діаметр провідника.

Практичне заняття №5

Підключення різних типів освітлювальних приладів до мережі. Перевірка їх роботи та регулювання.

Мета заняття: Ознайомити студентів з процесом підключення різних типів освітлювальних приладів до електричної мережі, а також навчити перевіряти їх роботу і виконувати регулювання для досягнення оптимальної ефективності та безпеки.

Завдання заняття:

1. Ознайомити студентів з різними типами освітлювальних приладів (включаючи лампи розжарювання, люмінесцентні лампи, світлодіоди та ін.) і їх особливостями.
2. Навчити правильному підключенню освітлювальних приладів до мережі з урахуванням технічних характеристик та стандартів безпеки.
3. Ознайомити з методами перевірки роботи освітлювальних приладів після підключення (включаючи вимірювання напруги, струму та перевірку на відсутність коротких замикань).
4. Вивчити принципи налаштування диммерів, датчиків руху, автоматичних регуляторів освітлення та інших пристроїв для управління освітленням.

1. Основні типи освітлювальних приладів та їх характеристики

Лампа розжарювання – це джерело світла, яке працює за принципом нагрівання провідника. У середині скляної колби міститься спіраль із вольфраму. Коли через неї проходить електричний струм, вона розжарюється до високої температури й починає світитися.

У середині лампи створюється вакуум або заповнюється інертним газом, щоб запобігти швидкому згоранню спіралі. Світло, яке випромінює лампа, має

теплий відтінок і приємне для очей сяйво.

Будова лампи

1. Скляна колба
2. Інертний газ
3. Нитка розжарення
4. Контактний дріт (з'єднується з ніжкою)
5. Контактний дріт (з'єднується з цоколем)
6. Тримачі
7. Скляна ніжка (лопатка)
8. Вивід контакту на цоколь
9. Цоколь лампи
10. Ізоляційний матеріал
11. Контактний носик

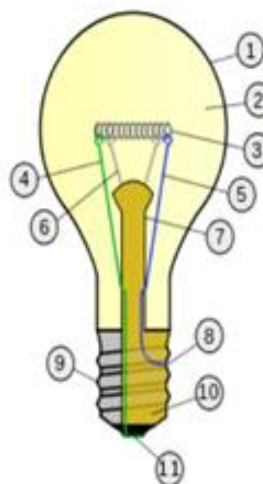


Рис. 5.1 Будова лампи

Переваги:

- низька вартість;
- незначні габаритні розміри;

Недоліки:

- сліпуча яскравість;
- короткий термін служби - близько 1000 годин;
- низький ККД;
- підвищена чутливість до перепадів напруги в електромережі.

Люмінесцентні лампи

Ці лампи працюють за принципом газового розряду. Усередині колби знаходиться ртутна пара, яка під час роботи випромінює ультрафіолетове світло. Спеціальне люмінофорне покриття перетворює його на видиме світло. Вони забезпечують м'яке, рівномірне освітлення та мають значно вищу енергоефективність порівняно з лампами розжарювання. Їх використовують для загального освітлення в житлових, офісних і комерційних приміщеннях.

Переваги:

- Висока світловіддача при низькому енергоспоживанні.
- Рівномірне й м'яке світло.
- Довгий термін служби за умови тривалої роботи без частих вимкнень.
- Різноманіття відтінків світла.

Недоліки:

- Чутливі до частих увімкнень і вимкнень, що зменшує термін служби.
- Не працюють ефективно при низьких температурах.
- Містять ртуть і потребують спеціальної утилізації.
- Легка пульсація світлового потоку, що може бути помітна для чутливих очей.

Галогенні лампи

Це вдосконалений варіант ламп розжарювання, наповнений спеціальним газом (йод або бром), який дозволяє збільшити яскравість і подовжити термін експлуатації. Завдяки компактним розмірам їх часто використовують у точкових світильниках, для декоративного підсвічування та автомобільних фар.

Переваги:

- Вища світловіддача порівняно з лампами розжарювання.
- Яскраве й чисте світло.
- Невеликі розміри дають змогу використовувати лампи у вузьких світильниках.
- Низька вартість.

Недоліки:

- Сильне нагрівання під час роботи.
- Відносно короткий термін служби (2000–4000 годин).
- Не можна торкатися колби голими руками – це скорочує термін роботи лампи.
- Неможливість легкої заміни на інший тип лампи у спеціальних світильниках.

Світлодіодні лампи (LED)

Сучасний тип освітлення, який працює на основі світлодіодів. Ці лампи споживають мінімум енергії, але видають потужне світло. Вони можуть створювати різні відтінки світла – від теплого до холодного. LED-лампи використовують у побутовому, промисловому й вуличному освітленні.

Переваги:

- Висока енергоефективність.
- Тривалий термін служби (до 50 000 годин).
- Висока світловіддача при низькому споживанні електроенергії.
- Стійкість до вібрації та ударів.
- Не нагріваються під час роботи.
- Не потребують спеціальної утилізації.

Недоліки:

- Вища вартість (окупається в процесі експлуатації).
- Не завжди можлива заміна лампи розжарювання на LED через конструктивні обмеження.

Металогалогенні лампи

Ці лампи працюють на основі газового розряду з використанням парів металів і галогенідів. Вони забезпечують потужне, яскраве світло з відмінною передачею кольору. Застосовуються для освітлення великих територій – спортивних арен, торгових центрів, заводів і складів.

Переваги:

- Висока світлова ефективність.
- Природна передача кольору.
- Підходять для освітлення великих площ.
- Довгий термін служби при правильній експлуатації.

Недоліки:

- Потребують часу для повного розігріву.
- Вимагають спеціального пускового обладнання.

- Чутливі до перепадів напруги.
- Необхідна спеціальна утилізація через вміст ртуті.

Газорозрядні лампи високого тиску

Ці лампи створюють світло шляхом електричного розряду в газовому середовищі під високим тиском. Їх використовують для вуличного, промислового та архітектурного освітлення, оскільки вони забезпечують яскраве та інтенсивне світло.

Переваги:

- Висока світлова ефективність.
- Економне споживання електроенергії.
- Яскраве світло для великих площ.

Недоліки:

- Час на повний розігрів.
- Необхідність спеціального обладнання для запуску.
- Чутливість до зовнішніх факторів.
- Утилізація через наявність шкідливих речовин.

Ксенонові лампи

Ці лампи працюють на основі інертного газу — ксенону, який забезпечує яскраве та інтенсивне світло, близьке за спектром до природного денного освітлення. Найчастіше їх використовують в автомобільних фарах і проєкційних пристроях.

Переваги:

- Висока яскравість і хороша передача кольору.
- Довгий термін служби.
- Стійкість до вібрацій і ударів.
- Природне, комфортне для очей світло.

Недоліки:

- Висока вартість.

- Необхідність спеціального блоку запуску.
- Нагрівання при тривалій роботі.

Натрієві лампи високого тиску

Ці лампи випромінюють яскраве жовто-оранжеве світло завдяки використанню парів натрію під високим тиском. Їх широко застосовують для освітлення вулиць, паркових зон і автомобільних доріг.

Переваги:

- Висока енергоефективність.
- Довговічність і стабільна робота.
- Економічність при великому охопленні площі.

Недоліки:

- Обмежена передача кольорів через специфічний спектр світла.
- Довгий час розігріву.
- Потребують спеціальної утилізації через шкідливі матеріали.

2. Підключення освітлювальних приладів: технічні аспекти та вимоги безпеки

Лампи розжарювання

Це найпростіший вид джерел світла. Підключення здійснюється безпосередньо до мережі змінного струму:

- Використовується стандартний патрон (E27 або E14).
- Немає потреби в додаткових елементах керування.
- При монтажі слід уникати перегріву проводів і дотримуватись допустимого навантаження на лінію.

Люмінесцентні лампи

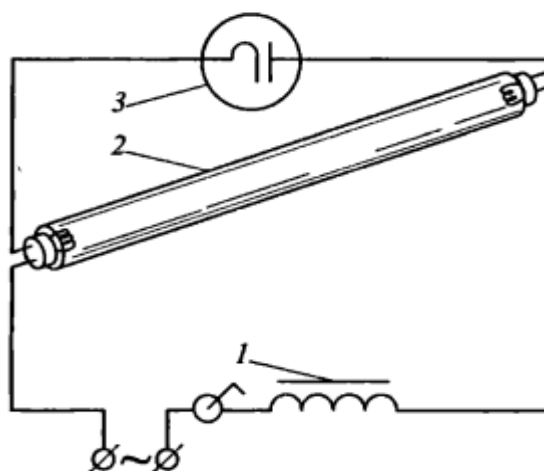


Рис. 5.2. Принципова схема увімкнення люмінесцентної лампи із стартером:

1 – дросель, 2 – лампа, 3 - стартер

Ці лампи вимагають наявності пускорегулювальної апаратури:

Електромагнітний баласт (дросель) використовується для обмеження струму та підтримки стабільної роботи лампи. При підключенні важливо правильно вибрати дросель згідно з потужністю лампи.

Стартер запускає процес запалювання лампи, забезпечуючи короткочасне підвищення струму для розігріву електродів. Після запуску він автоматично вимикається.

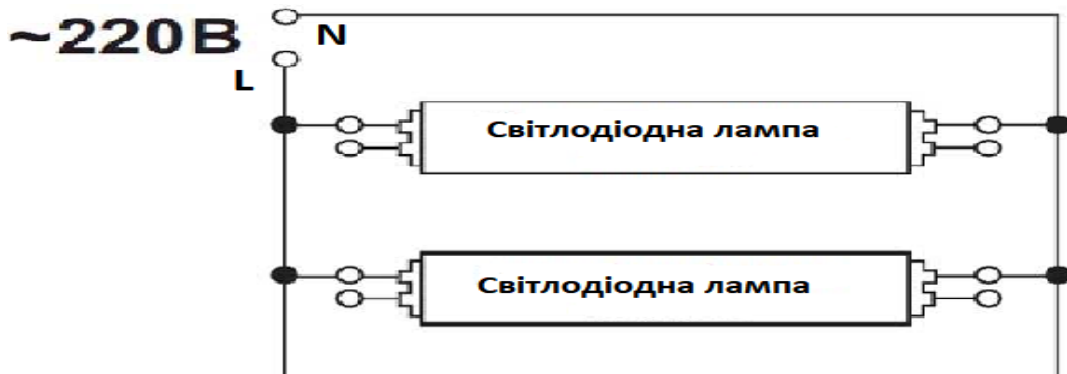
У сучасних системах використовують електронні баласты, які забезпечують стабільне живлення лампи без мерехтіння. Такі пристрої мають вищу енергоефективність і збільшують термін служби лампи.

Світлодіодні лампи (LED)

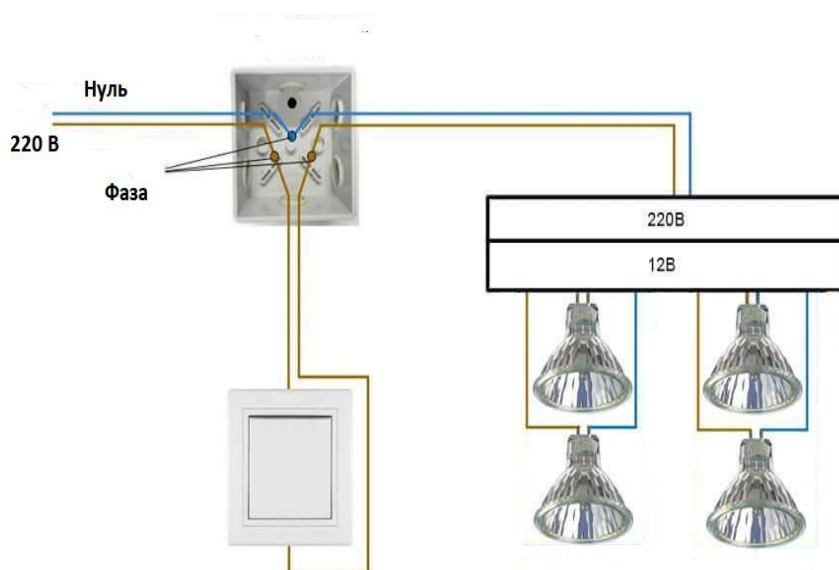


Це найенергоефективніший вид освітлення:

- Для роботи потрібен стабілізований блок живлення або драйвер.
- Підключення виконується через стандартний патрон або безпосередньо до мережі за допомогою драйвера.
- Забезпечення тепловідведення є критично важливим для довговічності приладу.



Галогенні лампи



Ці лампи мають вищу світлову віддачу порівняно з лампами розжарювання:

- Можуть працювати від мережі 220 В або від понижуючого трансформатора (12 В).
- Підключення до низьковольтної мережі вимагає встановлення спеціального трансформатора.

Металогалогенні лампи

Джерело високоінтенсивного світла:

Необхідний пускорегулювальний пристрій.

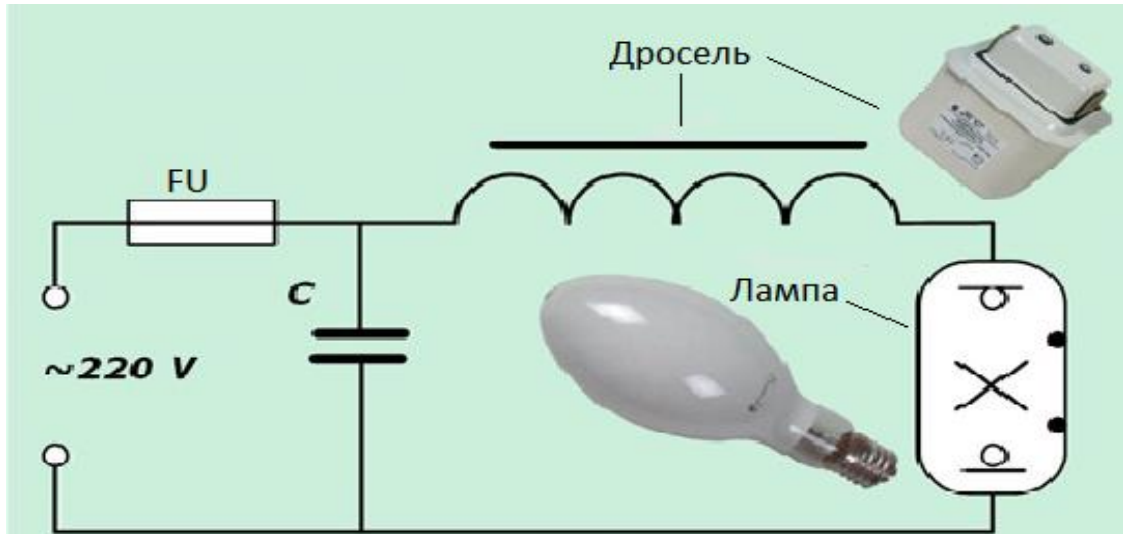
- Обов'язково дотримуватись часу охолодження перед повторним увімкненням.
- Використовується для промислового чи вуличного освітлення.



Пристрій імпульсного запуску— це електронний компонент, який генерує короткочасний імпульс високої напруги для ініціації розряду в газі лампи, що дозволяє їй загорітися.

Дросель — це електричний компонент, який використовується для обмеження або регулювання струму в електричних ланцюгах.

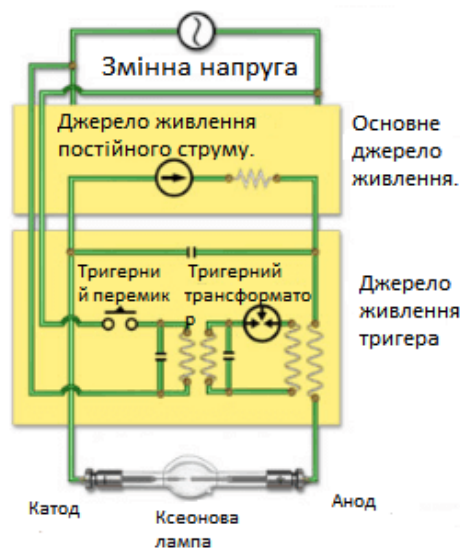
Газорозрядні лампи високого тиску



Ці лампи вимагають складнішого підключення:

- Обов'язкова наявність баласту.
- Використовуються в системах, де потрібне яскраве освітлення великих площ.

Ксенонові лампи



Ці лампи відзначаються яскравим і чистим світлом:

- Потребують пускорегулювального пристрою.
- Застосовуються в автомобільних фарах або прожекторах.

Натрієві лампи високого тиску

Застосовуються в основному для вуличного освітлення:

- Необхідний баласт і запалювач.
- Відзначаються високою енергоефективністю та довгим терміном служби.



3. Перевірка роботи освітлювальних приладів після підключення

Візуальна перевірка

Огляньте всі підключення проводів до освітлювальних приладів, вимикачів та розеток. Переконайтесь, що контакти надійно затягнуті, ізоляція не пошкоджена, а з'єднання якісно виконані.

Перевірте, чи немає пошкоджень корпусу освітлювального приладу, чи не забруднене скло або пластик, а також чи немає тріщин у лампах чи інших елементах.

Перевірка освітлення при вмиканні

Увімкніть освітлювальний прилад за допомогою вимикача та

переконайтесь, що світло працює стабільно, без мерехтіння, пульсацій або збоїв.

В разі використання світлодіодних або енергозберігаючих ламп, зверніть увагу на час їхнього запуску, оскільки деякі лампи можуть мати затримку при вмиканні.

Перевірка електричних параметрів

Напруга на лампі: За допомогою мультиметра виміряйте напругу на контактах освітлювального приладу, щоб перевірити, чи відповідає вона номінальній для цього приладу (наприклад, 220 В для стандартних побутових ламп).

Струм споживання: Для більш детальної перевірки можна заміряти струм, що споживається освітлювальним приладом. Якщо ток надмірно високий або низький, це може свідчити про проблему в підключенні або несправність приладу.

Перевірка роботи в різних режимах

Якщо освітлювальний прилад підтримує різні режими (наприклад, диммери для регулювання яскравості), перевірте роботу кожного з них.

Вимкніть та увімкніть прилад кілька разів для перевірки стабільності роботи.

Перевірка наявності перешкод або шуму

Для деяких типів освітлювальних приладів (особливо для LED ламп) важливо перевірити, чи не виникають перешкоди в електричних мережах або шум у вимикачах, які можуть свідчити про несправність драйвера або некоректну роботу.

Тестування системи за допомогою спеціальних пристроїв

Інфрачервоний термометр: Використовуйте інфрачервоний термометр для вимірювання температури корпусу лампи або освітлювального приладу після тривалого включення. Перевищення допустимої температури може свідчити про перегрів або несправність.

Тестування на наявність короткого замикання: За допомогою тестера на коротке замикання перевірте проводку та підключення до приладу.

Перевірка за допомогою вольтметра (для установки в складних системах)
Якщо освітлення входить до складу складної системи (наприклад, автоматизованої або мережі зі змішаними типами освітлювальних приладів), перевірте правильність напруги і стабільність роботи через вольтметр.

4. Принципи налаштування пристроїв керування освітленням (димери, датчики руху, автоматичні регулятори)



Рис. 5.3. Автоматичний регулятор освітлення:

Автоматичний регулятор освітлення – це пристрій, який автоматично регулює рівень освітлення в залежності від зовнішніх умов або заданих параметрів. Це може бути, наприклад, регуляція яскравості світла залежно від природного освітлення, часу доби або активності людей у приміщенні.

Приклад: автоматичний регулятор освітлення в офісі, який зменшує яскравість світла в кімнаті, коли достатньо природного освітлення через вікна.

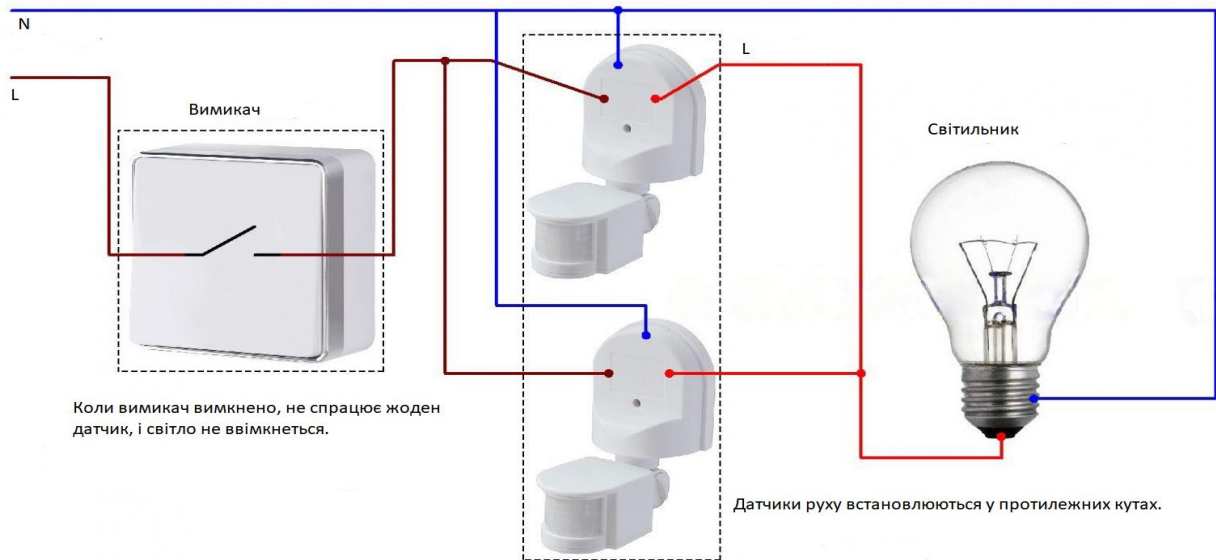


Рис. 5.4. Датчик руху

Датчик руху – це пристрій, який використовується для виявлення руху в певній зоні. Він працює на основі різних принципів, таких як інфрачервоне випромінювання (пірометричний принцип), ультразвук або радіочастотні хвилі.

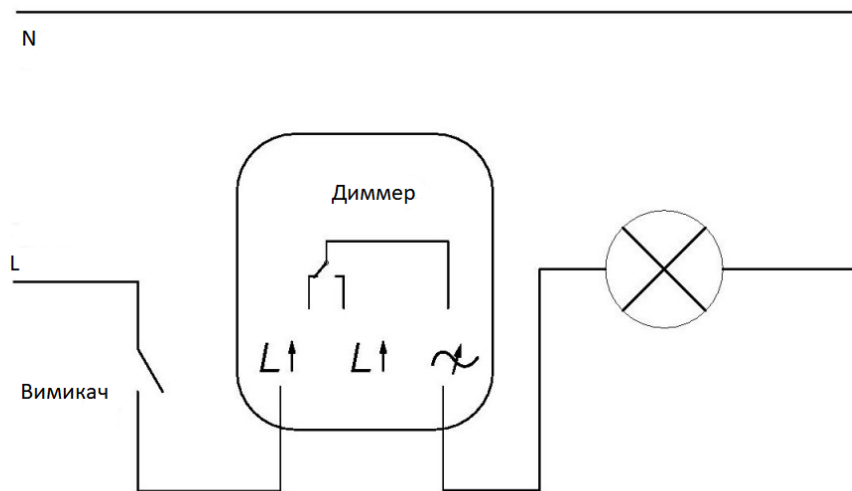


Рис. 5.5. Диммер

Диммер – це пристрій для ручного або автоматичного регулювання яскравості світла в межах заданого діапазону. Він дозволяє змінювати інтенсивність освітлення, тобто збільшувати або зменшувати потік електричного

струму до освітлювального приладу.

Основні характеристики:

- Ручне регулювання: за допомогою поворотного механізму або слайдера можна змінювати яскравість освітлення.
- Економія енергії: зменшення яскравості освітлення дозволяє знижувати споживання енергії.
- Теплоота кольору: у деяких моделях диммерів можна не тільки регулювати яскравість, але й змінювати температуру світла (тепле, холодне).

Приклад: диммер у вітальні, який дозволяє змінювати яскравість світла залежно від настрою або часу доби.

Таблиця 5.1 – Відмінності між автоматичним регулятором освітлення і диммером

Характеристика	Автоматичний регулятор освітлення	Диммер
Призначення	Автоматичне регулювання освітлення за умовами (освітленість, рух тощо)	Ручне або автоматичне регулювання яскравості світла
Тип управління	Зазвичай автоматичне (датчики, таймери)	Ручне або автоматичне регулювання інтенсивності світла
Пристрої	Датчики освітленості, датчики руху, таймери	Потенціометр або слайдер для регулювання яскравості
Функціональність	Може включати автоматичне вимикання або включення освітлення, зміна яскравості залежно від навколишнього середовища	Зміна яскравості світла, в деяких випадках зміна температури кольору

Отже, автоматичний регулятор освітлення – це більш складний пристрій, який автоматично контролює освітлення залежно від певних умов, в той час як диммер дозволяє вручну регулювати інтенсивність світла для створення бажаного освітлення.

Практичне заняття №6

Монтаж внутрішніх електричних мереж. Тросові електропроводки

Мета заняття: Ознайомити студентів з процесом монтажу внутрішніх електричних мереж, зокрема з особливостями тросових електропроводок, їх використанням, а також навчити правильно виконувати монтаж і перевірку якості виконаних робіт.

Завдання заняття:

1. Ознайомити студентів з основними принципами монтажу та вимогами до проектування внутрішніх електричних мереж.
2. Пояснити особливості тросових електропроводок, їх переваги та недоліки у порівнянні з іншими типами проводки.
3. Навчити виконувати монтаж тросових електропроводок, пояснити технологію їх прокладання у різних умовах та методи фіксації.
4. Провести тестування монтажу на надійність, перевірити відповідність технічним вимогам і виявити дефекти проводки.

1. Основи проектування та монтажу внутрішніх електричних мереж

Внутрішні електричні мережі забезпечують електропостачання електродвигунів, технологічного обладнання, освітлювальних приладів та інших споживачів електричної енергії. Вони можуть виконуватися як у відкритому, так і в прихованому виконанні, залежно від вимог експлуатації, будівельних норм та умов монтажу.

Згідно ПРАВИЛА УЛАШТУВАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК(ПУЕ)

Електропроводка відкрита

Електропроводка, яку прокладено по поверхні стін, стель, по фермах та інших будівельних елементах будівель і споруд, по опорах тощо.

За відкритої електропроводки застосовують такі способи прокладання проводів і кабелів:

- безпосередньо по поверхні стін, стель тощо;
- на струнах, тросах, ізоляторах;
- у негорючих трубах, коробах, гнучких металевих рукавах, лотках;
- в електротехнічних плінтусах і наличниках;
- вільним підвішуванням тощо.

Відкрита електропроводка може бути стаціонарною, пересувною і переносною.

Монтаж відкритої електропроводки

1. **Фіксація кабель-каналу.** Його закріплюють між розподільною коробкою та кінцевими точками споживання електроенергії за допомогою дюбель-цвяхів.
2. **Укладання провідників.** Після розміщення кабелів у каналі встановлюється та фіксується кришка.
3. **З'єднання електроліній.** Всі кінці кабелів з'єднуються в єдину електричну схему.

Переваги відкритої електропроводки

1. **Зручність ремонту.** У разі несправності доступ до проводки залишається відкритим, що спрощує обслуговування.
2. **Простота заміни розеток і вимикачів.** Оскільки кабель не вбудований у стіни, встановлення нових елементів не викликає труднощів.
3. **Мінімальне забруднення під час монтажу.** Проведення електромонтажних робіт не супроводжується великою кількістю пилу та будівельного сміття.
4. **Легка модернізація.** За необхідності можна швидко додати нову точку підключення без значних змін у системі проводки.

Електропроводка прихована

Електропроводка, яку прокладено всередині конструкційних елементів будівель і споруд (у стінах, підлогах, фундаментах, перекриттях), а також по перекриттях у підготовці підлоги, безпосередньо під знімною підлогою тощо. За прихованої електропроводки застосовують такі способи прокладання проводів і кабелів:

- у трубах, зокрема гофрованих, гнучких металевих рукавах, коробах, замкнутих каналах і порожнинах будівельних конструкцій;
- у заштукатурюваних борознах (штрабах), під штукатуркою, а також замонолічуванням у будівельні конструкції під час їх виготовлення.

Переваги прихованої електропроводки

1. **Збереження архітектурної цілісності приміщення.** Відсутність відкритих кабелів дозволяє вільно застосовувати будь-які оздоблювальні матеріали без порушення дизайну інтер'єру.
2. **Можливість експлуатації у приміщеннях із підвищеною вологістю.** Оскільки проводи ізольовані у стінах, зменшується ризик їхнього контакту з вологою, що робить цей спосіб монтажу безпечним для ванних кімнат, кухонь та інших подібних зон.

Недоліки прихованої електропроводки

1. **Обмежений доступ для обслуговування та ремонту.** У разі необхідності заміни або усунення несправностей кабельних ліній доводиться проводити демонтаж конструкцій, що ускладнює технічне обслуговування.
2. **Складність у визначенні місця пошкодження.** Локалізація несправностей потребує використання спеціального діагностичного обладнання, оскільки візуальний огляд неможливий.
3. **Необхідність відновлення оздоблювальних покриттів після ремонтних робіт.** Втручання у приховану проводку супроводжується пошкодженням

штукатурного шару або облицювання, що призводить до додаткових витрат на ремонт.



Рис. 6.1. Відкрита проводка у електротехнічній гофрі в дерев'яному домі



Рис. 6.2. Відкрита проводка на ізоляторах



Рис. 6.3. Електропроводка в плінтусі



Рис. 6.4. Електропроводка в коробі



Рис. 6.5. Електропроводка в штробі



Рис. 6.6. Електропроводка під штукатуркою

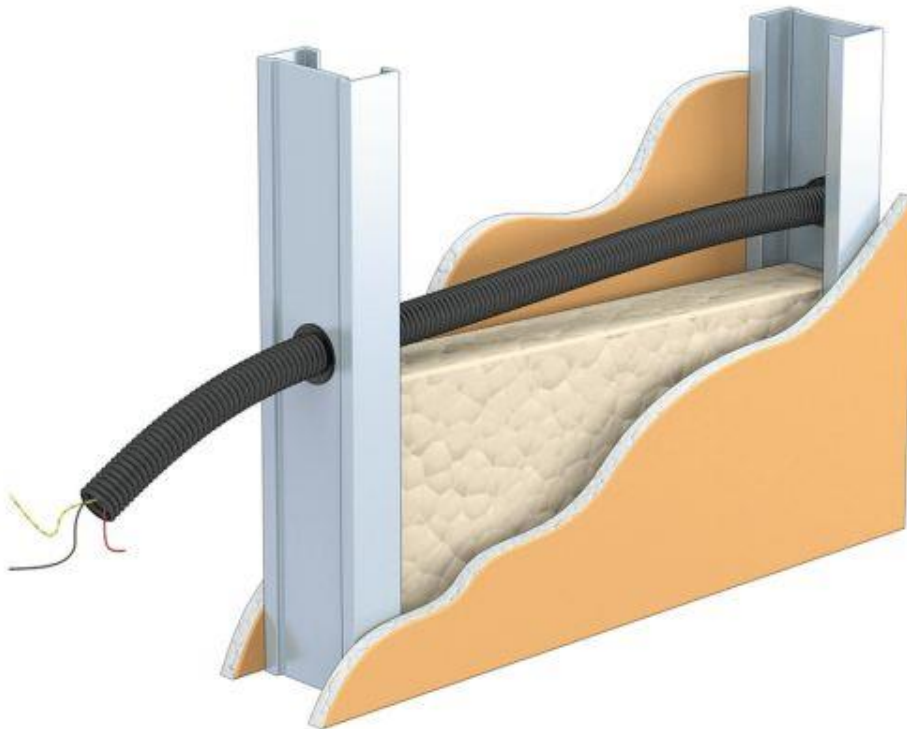


Рис.6.7. Прихована електропроводка в гофрі в гіпсокартонній стіні

Монтаж електропроводки в сталевих і пластмасових трубах здійснюється поетапно.

Перший етап

- Виконується розмітка траси прокладання трубопроводів.
- Встановлюються кріпильні елементи.
- Проводяться точні виміри окремих ділянок траси.
- Складається деталізований ескіз із зазначенням необхідних матеріалів та їх розташування.
- Виконуються підготовчі роботи, зокрема виготовлення трубних заготовок відповідно до розмірів.

Другий етап

- Елементи трубопроводу фіксуються у відповідних місцях згідно з ескізом. У підготовлені трубопроводи здійснюється протягування проводів.

Процес затягування проводів:

- Здійснюється вручну або механізованими засобами. Для цього попередньо у трубу протягують сталевий дріт діаметром 1,5...3,0 мм, який має на кінці петлю. Для зменшення тертя внутрішні поверхні труб обробляють тальком, яким також протирають проводи.

Якщо система трубопроводів має значну протяжність або велику кількість вигинів, процес розбивають на окремі ділянки, встановлюючи додаткові протяжні коробки чи ящики.

Способи з'єднання труб:

- Сталеві труби з'єднують між собою за допомогою стандартних різьбових муфт.
- Пластмасові труби з'єднуються методом зварювання, склеювання, використанням муфт або розтрубів.
- Дотримання технологічної послідовності та вибір оптимального способу монтажу забезпечує надійність і довговічність електричної мережі.

2. Особливості та порівняння тросових електропроводок з іншими типами проводки

Тросовими називаються електричні проводки, у яких провода або кабелі кріпляться до натягнутого несучого троса.

Основні переваги тросових електропроводок:

- Висока зручність і безпека експлуатації.
- Можливість швидкого встановлення, демонтажу та переміщення без впливу на виробничий процес.
- Проста конструкція з мінімальною кількістю кріплень.
- Зниження витрат на робочу силу та монтаж.

Таблиця 6.1 – Основні відмінності тросової проводки між іншими типами проводки

Тип проводки	Переваги	Недоліки
Тросова	Швидкий монтаж, гнучкість, довговічність	Неестетичний вигляд, обмеження по навантаженню
Відкрита (на скобах, лотках, в кабель-каналах)	Простий доступ для ремонту, естетичний вигляд (в каналах)	Вразливість до механічних пошкоджень, довгий монтаж
Прихована (в стінах, трубах)	Захист від механічних пошкоджень, естетичний вигляд	Складність монтажу та ремонту, вищі витрати
Підвісна (на ізоляторах)	Простий доступ, використання в приміщеннях з дерев'яними стінами	Обмеження по навантаженню, неестетичний вигляд

3. Технологія монтажу тросових електропроводок у різних умовах

Оптимальна послідовність монтажу тросової електропроводки вимагає чіткого планування та дотримання всіх технологічних норм для забезпечення надійності та безпеки системи. Спершу здійснюють монтаж кінцевих кріплень несучої струни. На цьому етапі використовують спеціалізовані кільця з анкерними елементами, які надійно кріпляться до опорних конструкцій. Далі проводять укладання кабелю. За допомогою хомутів або пластикових затискачів кабель фіксують на тросовій основі, при цьому одночасно встановлюють розгалужувальні коробки та підключають світильники з подальшим їх надійним кріпленням. Наступним кроком є підйом троса або струни. Під час цього етапу забезпечують належний натяг, застосовуючи талреп, а проводку укладають, тоді як трос надійно зафіксовують зажимами.

Параметри діаметру троса або проволочки визначають залежно від довжини відстані між перекриттями та вагових характеристик кабельної системи з арматурою. На практиці використовують троси з діаметром від 2 до 7 мм і провід діаметром 4–8 мм. У тросовій проводці переважно використовують заводські елементи. Троси кріплять до кінцевих стін із застосуванням анкерів прохідного типу або таких, що кріпляться до протяжних стрижнів, болтів чи дюбелів. На кінці троса формується петля, після чого встановлюють тросовий захим і натяжні муфти, що дозволяють точно регулювати його натяг.

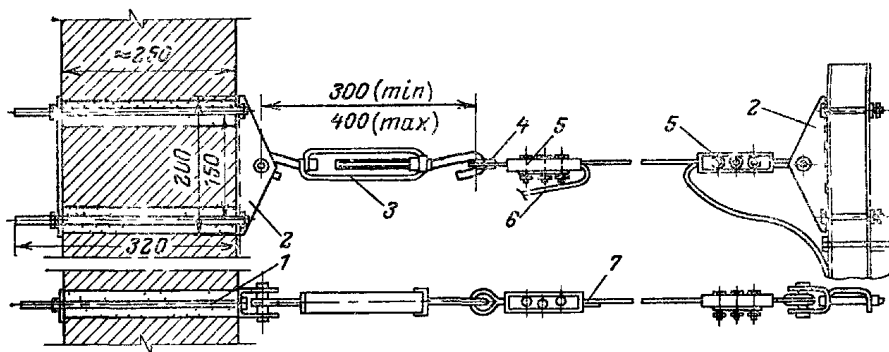


Рис. 6.8. Анкерне кріплення троса

1 – шпилька, 2 – тросовий анкер, 3 – натяжна муфта, 4 – коуш,

5 – тросовий затискач, 6 – кінець троса для підключення до магістралі заземлення, 7 – трос (канат)

Під час монтажу тросової проводки незахищеними проводами спочатку закріплюють кабель або трос за допомогою спеціальних кріплень, які не дозволяють дротам зсуватися або розтягуватись. Потім проводять точне розташування тросу вздовж стіни або інших конструкцій, дотримуючись необхідної відстані між проводами та об'єктами, що можуть викликати коротке замикання чи пошкодження. Проводка повинна бути виведена на відповідну висоту, щоб зменшити механічні навантаження і контакт з сторонніми предметами.

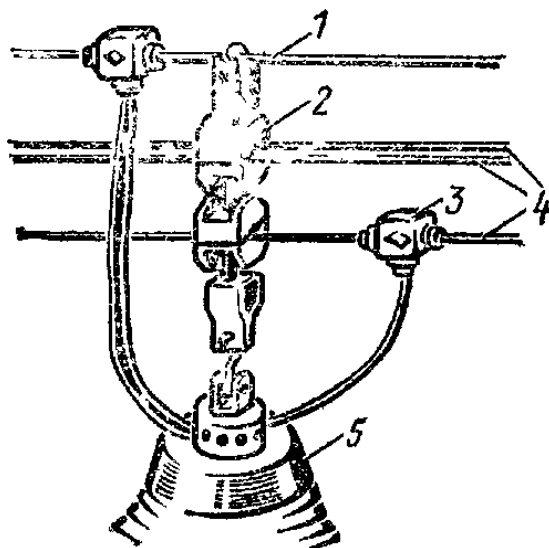


Рис. 6.9. Тросова проводка незахищеними проводами: 1 – трос, 2 – підвіс на чотири проводи з пластмасовою кліцею та обіймою для підвісу світильника, 3 – відгалужуваний затискач, 4 – проводи, 5 – світильник

При монтажі тросової проводки кабелем чи захищеним проводом, спочатку обирається оптимальний шлях для його прокладки, враховуючи можливість механічних пошкоджень та доступ до компонентів. Кабель кріпиться на спеціальні утримувачі або кріплення, щоб уникнути провисання чи перекручування. Важливо стежити за тим, щоб з'єднання були зроблені без зайвого натягу на проводах. Підключення на кінцях проводів виконуються таким чином, щоб ізоляція залишалась непошкодженою, а контакт був надійним. Після

завершення робіт перевіряється функціонування проводки, щоб усунути можливі дефекти.

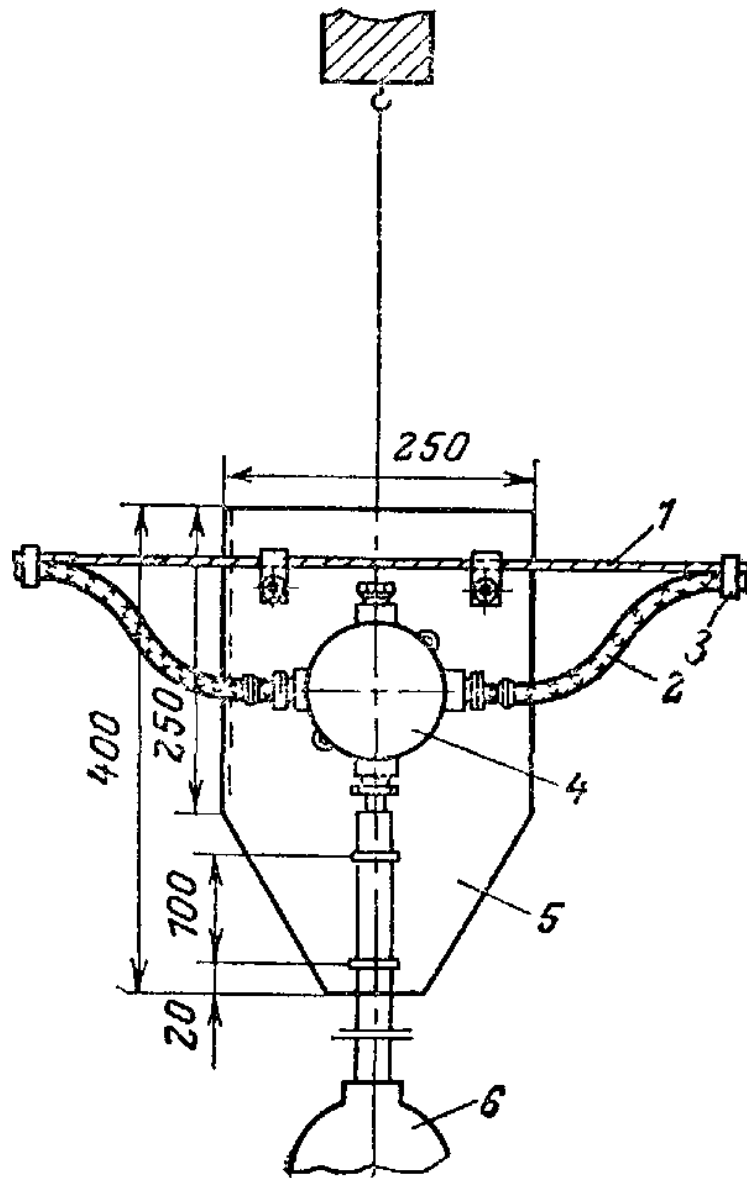


Рис. 6.10. Тросова проводка кабелем або захищеним проводом: 1 – трос, 2 – кабель або захищений провід, 3 – смужка-пряжка, 4 – відгалужувала коробка з сальниковими вводами, 5 – основа для кріплення троса, коробки та світильника, 6 – світильник

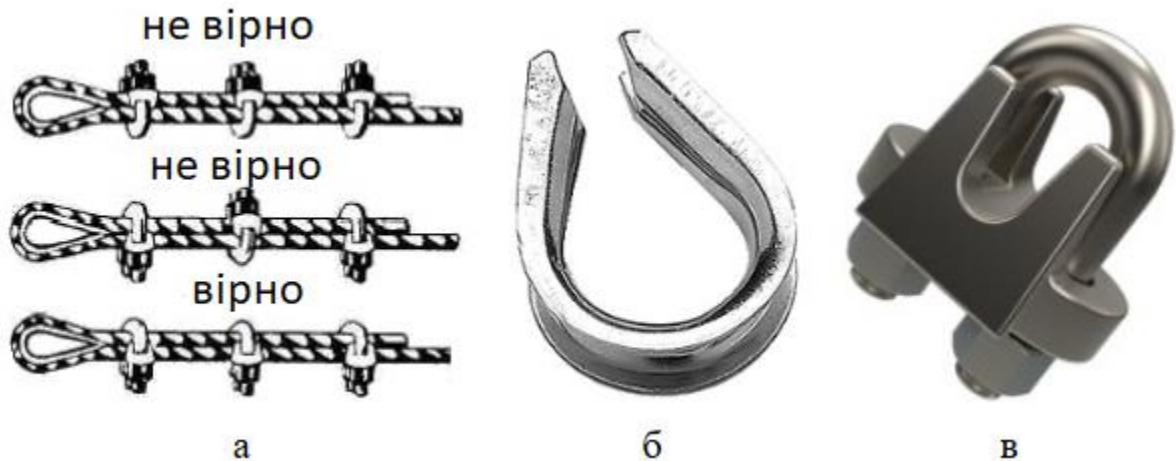


Рис. 6.11. Виконання кінцевої петлі троса: а – схема закладення троса; б – куш; в – болтовий зажим-кліпса.

Трос обвивають навколо куша та закріплюють за допомогою зажиму-кліпси на одному кінці (етап 1). Другий зажим встановлюють якомога ближче до куша (етап 2). Подальші зажими розташовують між першим і другим, при цьому гайки затягують помірно, не до кінця (етап 3). [Кількість зажимів в петлі визначається з розрахунку максимального навантаження на трос, яке залежить від довжини проводки, ваги та кількості електричних пристроїв, що кріпляться до основного троса.] Якщо з'являється провисання між зажимами, його усувають, натягуючи кінець троса, що обвиває куш, і після цього остаточно фіксують гайки зажимів.



Нижче наведено кілька відеороликів, у яких показано принцип виконання кінцевої петлі на несучому тросі за допомогою різних зажимів. Спершу трос розкладають уздовж усієї проводки, а його один кінець надійно фіксують на кінцевій анкерній конструкції. Попередньо послаблюють натяжні пристрої (талреп та анкерні болти), щоб згодом мати можливість тонкого регулювання натягу. Далі проводять первинне натягнення несучого троса. Для коротких відстаней між прольотами цей етап здійснюють вручну, а при більших відстанях

застосовують блоки, полісистеми або лебідки. Трос натягують до того моменту, коли досягається необхідний прогин, але при цьому не перевищують допустиме навантаження для даного виду троса. Контроль сили натягу здійснюють за допомогою динамометра, який послідовно включають у ланцюг разом з тросом блоку або полісистеми. Остаточне налаштування проводять шляхом затягування попередньо послаблених натяжних пристроїв – талрепа (натяжної муфти) та анкерних болтів.

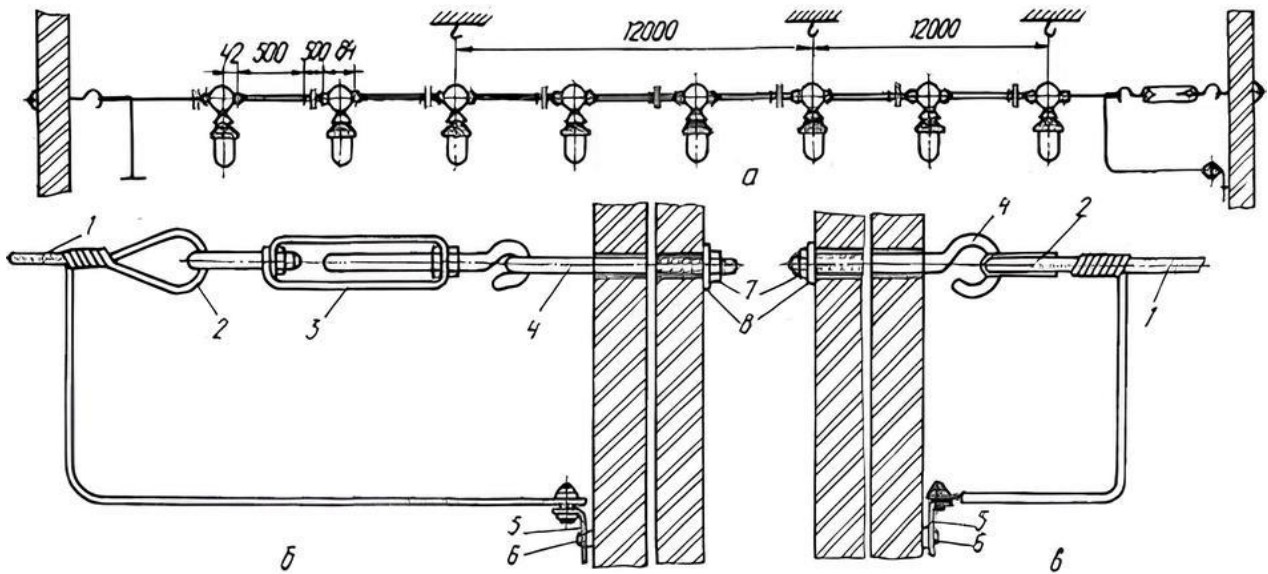


Рис. 6.11. Повний монтаж тросової проводки: а – загальний вигляд, б – кріплення троса натяжною муфтою, в – глухе кріплення троса: 1 – несучий трос, 2 – коуш, 3 – натяжна муфта, 4 – анкер, 5 – відгалуження від магістралі заземлення, 6 – дюбель типу ДГ, 7 – гайка, 8 – шайба

Трос повинен бути заземлений не менше чим у двох місцях.

4. Перевірка надійності та тестування монтажу тросових електропроводок

Остаточний етап монтажу електропроводки передбачає проведення перевірок та випробувань відповідно до ПУЕ, що включають:

– **Вимірювання опору ізоляції** проводів і кабелів за допомогою мегаомметра з напругою 1000 В при знятті плавких вставок. При цьому в силових мережах необхідно відключити електроприймачі, апарати та прилади, а в освітлювальних мережах викрутити лампи, підключити розетки, вимикачі та групові щитки. Мінімальний допустимий опір ізоляції – 0,5 МОм.

– **Перевірку правильності фазування** електропроводки та її відгалужень для забезпечення відповідності фаз.

– **Оцінку стану ізоляції** струмопровідних жил щодо несучого троса або струни, а також перевірку цілісності ланцюга заземлення (трос/струна – розподільна коробка – жила заземлення) перед подачею напруги.

Практичне заняття №7

Монтаж електрообладнання трансформаторних підстанцій

Мета заняття: Ознайомити студентів з процесом монтажу електрообладнання на трансформаторних підстанціях, зокрема з принципами роботи та встановленням основних елементів трансформаторних підстанцій, а також навчити виконувати монтаж, підключення та перевірку роботи цього обладнання.

Завдання заняття:

1. Ознайомлення з трансформаторами, розподільчими щитами, автоматичними вимикачами, запобіжниками та іншими елементами.
2. Принципи монтажу електрообладнання, підключення трансформаторів до мереж, вимоги до якості та надійності з'єднань.
3. Методи перевірки працездатності трансформаторів, розподільчих щитів, тестування автоматичних вимикачів, запобіжників та реле.
4. Перевірка ізоляції, опору заземлення, дотримання технічних стандартів і вимог безпеки.
5. Методи виявлення дефектів, аналіз типових несправностей і способи їх усунення.

1. Основні компоненти трансформаторних підстанцій



Рис. 7.1. Силовий трифазний трансформатор

У конструкції трансформаторних підстанцій зазвичай використовуються наступні елементи:

Трансформатори

Трансформатор – це електромагнітний пристрій, що використовується для зміни величини та напруги змінного струму. При цьому враховуються номінальні потужності, коефіцієнт регулювання та конструктивні особливості (охолодження, тип ізоляції).

Роз'єднувальні пристрої

Використовуються для ізоляції окремих ділянок підстанції під час обслуговування чи аварійних ситуацій. Вони забезпечують безпечне відключення компонентів і мінімізують ризик короткого замикання.

Автоматичні вимикачі

Забезпечують розрив електричного кола при перевантаженнях або коротких замиканнях. Система управління такими пристроями має бути інтегрована з захисними реле для оперативного реагування на аварійні ситуації.

Захисні реле і системи моніторингу

Включають апаратуру для вимірювання струму, напруги, температури та інших параметрів. Вони аналізують роботу обладнання в режимі реального часу і подають сигнал про необхідність втручання або відключення обладнання.

Системи заземлення та захисту від перенапруги

Забезпечують відведення небажаних струмів і захищають обладнання від впливу блискавки або інших зовнішніх чинників.

2. Монтаж і підключення обладнання



Рис. 7.2. Комплектні розподільні пристрої зовнішнього виконання(КРПЗ)

Етап монтажу включає кілька послідовних стадій:

Підготовка майданчика і інфраструктури

Перед початком монтажу проводиться геодезична зйомка та підготовка фундаментних основ, що враховують вимоги до розміщення обладнання, вентиляції та доступу для обслуговування. Встановлюються опори для монтажу трансформаторів і шинних груп.

Монтаж механічних конструкцій

Фіксуються рами, опори та каркаси, до яких кріпиться електрообладнання. Особлива увага приділяється точності розташування, адже невідповідність може призвести до нерівномірного навантаження та викликати вібрації чи пошкодження компонентів.

Встановлення електрообладнання

Монтуються трансформатори, вимикачі, роз'єднувачі, шинні групи та інші пристрої згідно з проектною схемою. Важливо дотримуватись послідовності робіт, щоб уникнути перехресного електричного впливу або пошкодження чутливої апаратури.

Прокладка і підключення кабелів

Забезпечується прокладка силових кабелів, з'єднувальних проводів і мережевих систем. Підключення здійснюється згідно з електричними схемами, із застосуванням відповідних методів ізоляції, клемних з'єднань і маркування проводів. Не менш важливою є організація системи заземлення, яка повинна бути інтегрована в загальну схему електрообладнання.

Інтеграція систем управління і моніторингу

Встановлюються датчики, захисні реле, панелі керування та системи

сигналізації. Ці елементи підключаються до центральної системи моніторингу, що дозволяє оперативно відслідковувати стан підстанції і реагувати на будь-які відхилення від нормального режиму.

3. Перевірка та тестування підстанцій

Після завершення монтажних робіт проводиться серія перевірок і тестувань, спрямованих на підтвердження правильності монтажу та відповідності технічним характеристикам:

Візуальний огляд і контроль відповідності проектній документації

Перевіряється правильність розташування обладнання, з'єднань і маркування елементів. Виявлені невідповідності документуються і усуваються до початку електричних випробувань.

Ізоляційні випробування

Використовуються спеціалізовані прилади для вимірювання опору ізоляції між фазами, заземленням і корпусами обладнання. Це дозволяє виявити можливі дефекти ізоляції або потенційні шляхи протікання струму.

Функціональне тестування автоматичних вимикачів і реле

Перевіряється правильність роботи захисних механізмів при симульованих аварійних ситуаціях. До цього процесу входить випробування параметрів спрацювання, затримки і відновлення роботи.

Тестування систем моніторингу та зв'язку

Перевіряється робота всіх датчиків, передавальних модулів та панелей управління. Система має забезпечувати швидке і точне інформування оператора про стан підстанції.

Навантажувальні випробування

Проводяться тестові підключення з навантаженням для оцінки реальної експлуатаційної стійкості обладнання. Це включає симуляцію реальних умов експлуатації з поступовим збільшенням навантаження.

4. Безпека та контроль параметрів

Безпека під час монтажу і експлуатації трансформаторних підстанцій є критично важливим аспектом, що вимагає впровадження низки заходів:

Дотримання нормативних вимог і стандартів

Роботи виконуються згідно з національними і міжнародними стандартами (ДСТУ, ІЕС, ІЕЕЕ), що гарантує належний рівень безпеки і надійності обладнання.

Системи заземлення та захисту від перенапруги

Правильне заземлення забезпечує відведення небажаних струмів і захищає як обладнання, так і персонал. Додаткові пристрої для захисту від перенапруг (розрядники, захисні конденсатори) встановлюються для мінімізації впливу зовнішніх електромагнітних перешкод.

Контроль параметрів в режимі реального часу

Сучасні підстанції оснащуються системами дистанційного моніторингу, які дають можливість оперативно відслідковувати параметри електричної мережі: напругу, струм, частоту, температуру компонентів. Це дозволяє своєчасно виявляти відхилення від норми і проводити профілактичне обслуговування.

Заходи особистої безпеки і навчання персоналу

Спеціалісти, залучені до монтажу та обслуговування підстанцій, проходять спеціалізоване навчання з питань роботи з високовольтним обладнанням. Використовуються захисні засоби (ізоляційні рукавички, каски, спецодяг) і суворо дотримуються процедур безпечної роботи.

Регулярний технічний огляд і планове обслуговування

Для запобігання аварійним ситуаціям проводяться періодичні перевірки всіх систем підстанції. Система контролю параметрів допомагає виявляти зношені або несправні елементи, що дозволяє проводити своєчасну профілактику і ремонти.

Практичні заняття №8

Монтаж кабельних ліній напругою до 10 кВ

Мета заняття: Ознайомити студентів з процесом монтажу кабельних ліній напругою до 10 кВ, принципами вибору кабелів, технологією прокладання, підключення та перевірки їх роботи, а також з вимогами безпеки при виконанні робіт.

Завдання заняття:

1. Ознайомлення з основними видами кабелів для ліній до 10 кВ, їх технічними характеристиками, маркуванням та критеріями вибору залежно від навантаження та умов експлуатації.
2. Методи прокладання: підземне, повітряне, в захищених каналах; етапи монтажу: підготовка, нарізка, підключення, ізоляція та закріплення.
3. Перевірка та діагностика кабельних ліній
Методи тестування після монтажу: перевірка опору ізоляції, виявлення коротких замикань, оцінка перегріву та відповідність напрузі.
4. Підключення кабелів до електромереж
Особливості з'єднання з автоматичними вимикачами, трансформаторами, вимоги до надійності контактів та ізоляції.

1. Типи та вибір кабелів

Конструктивні особливості та маркування

Вибір кабелю починається із визначення його конструктивних параметрів, що регламентуються нормами та рекомендаціями (ПУЕ). Серед основних типів для напруги до 10 кВ виділяють:



Рис. 8.1. Кабель силовий броньований ВБбШв

Розшифровка кабелю ВБбШв:

Відсутність літери “А” на початку означає що кабель з мідними жилами;

В – Ізоляція жил із полівінілхлоридного пластикату;

Б – Броня із двох сталевих стрічок;

б – Без подушки, яка є внутрішньою частиною захисного покриву, накладена під бронєю з метою запобігання елементу, що знаходиться під нею, від корозії та механічних пошкоджень стрічками або дротиками броні;

Шв – захисний покрив у вигляді випресованого шланга з полівінілхлоридного пластикату;

Кабелі з мідною та алюмінієвою жилою

Наприклад, маркування «ПвП» (кабелі з мідною жилою) та «АПвП» (з алюмінієвою жилою) застосовують для стаціонарної прокладки в землі або в кабельних спорудах. Різниця в матеріалі провідника впливає на допустимі механічні навантаження – для мідних жил максимальна напруга на розтяг 50 Н/мм², для алюмінієвих – 30 Н/мм².

Модифікації із посиленням зовнішнім покриттям

Кабелі марок ПвПу та АПвПу оснащують додатковим шаром зовнішньої оболонки для підвищення стійкості до механічних пошкоджень або для прокладки по трасах складної конфігурації.

Внутрішні характеристики

Табличне маркування (як у прикладних таблицях документації) визначає основні області застосування: для прокладки в траншеях, в кабельних спорудах, при груповій прокладці (наприклад, трьох фаз в один рівень).

Критерії відбору

При виборі кабелю враховують:

Електричні характеристики:

Напруга, струмові навантаження, робоча температура (зокрема, умови експлуатації при температурі не нижче -20°C для кабелів типу ПвП та -15°C для кабелів типу ПвВ).

Механічна стійкість:

Розрахунок навантажень за формулою ($P = s \times S$), де S – площа поперечного перерізу жил, а s – максимальне допустиме напруження, забезпечує правильний вибір кабелю з урахуванням умов прокладки.

Умови експлуатації:

Вибір проводиться із врахуванням способу прокладки (земля, кабельні споруди, підземні траншеї) та специфічних вимог до захисту від агресивних середовищ (наприклад, вплив масел, механічних пошкоджень чи морозобійних умов).

2. Технологія монтажу кабельних ліній

Підготовчі заходи та організація робіт

Перед початком робіт розробляється проект виробництва робіт (ППР), який містить:

- Прийомку трас (акти приймання від будівельників),

- Підготовку котлованів для монтажу муфт,
- Організацію складів для зберігання барабанів з кабелем та обладнання.

Прокладка кабелів

Основні етапи технології включають:

Підготовка траси:

Перед прокладкою проводиться огляд траншей або кабельних споруд з метою виявлення потенційно агресивних ділянок (наявність шлаку, великої кількості каміння, забруднень).

Використання спеціалізованого обладнання:

Прокладка виконується монтажними організаціями за допомогою спеціальних засобів – тягових лебідок, роликів та пристроїв для групування кабелів (забезпечення правильного розташування кабелів у трикутнику при груповій прокладці, дотримання мінімального радіусу згину (не менше $15 D$, а з шаблоном – $7,5 D$)).

Техніка натягу та укладання:

При прокладці кабеля важливо контролювати сили натягу, щоб не перевищити допустимі значення, розраховані для конкретного типу кабелю. Кабелі укладають із запасом по довжині для компенсації температурних деформацій, при цьому уникатимуть обгортання в вигляді витків.

Особливості монтажу в різних умовах:

Для кабелів, що прокладаються в землі, передбачено укладання в траншеях із підсипкою з піщано-гравійної суміші або мілкового ґрунту та захист від механічних пошкоджень (використання залізобетонних плит, цегли або сигнальної стрічки). При монтажі в кабельних спорудах застосовують додаткові протипожежні заходи (наприклад, нанесення вогнестійких покриттів).

3. Перевірка та діагностика кабельних ліній

Після завершення прокладки кабеля необхідно провести комплекс перевірок:

Візуальний огляд:

Перевіряють правильність укладання, відповідність трас проектній документації, відсутність пошкоджень оболонки кабеля.

Електричні випробування:

Для кабелів, прокладених в землі, проводять випробування із застосуванням постійної напруги 10 кВ протягом 10 хвилин, що дозволяє виявити можливі дефекти оболонки. У разі виявлення пошкоджень визначають місце дефекту та складають відповідний акт.

Повторна діагностика після ремонту:

Після проведення ремонтних робіт (за технологією, передбаченою в додатках до нормативної документації) проводять повторні випробування для підтвердження якості відновлення ізоляції.

Документування та моніторинг:

Всі результати перевірок реєструються у кабельному журналі з зазначенням місця дефекту, даних про ремонт та інформації про проведені випробування, що є важливим для подальшої експлуатації лінії.

4. Підключення кабелів до електромереж

Підготовка кабелю до з'єднання:

Зняття оболонки та підготовка жил:

Для монтажу муфт необхідно видалити зовнішню оболонку, акуратно обрізати металевий екран і, при потребі, відокремити елементи напівпровідникового шару. Жили кабелю очищають від залишків ізоляції для забезпечення якісного контакту.

Монтаж муфт та заземлення:

Монтаж муфт виконується згідно з рекомендаціями виробника та проектною документацією. В процесі опресування жил застосовують спеціальні гільзи, що дозволяють зберегти оптимальний діаметр з'єднання та забезпечують надійний механічний та електричний контакт.

Заземлення екрану:

Вкрай важливо, щоб металевий екран кабеля був заземлений на обох кінцях лінії. Для цього відгинають провідники від екрану до зовнішньої оболонки та закріплюють їх за допомогою спеціальних бандажів, що гарантує низький опір заземлюючого з'єднання і ефективний відвід токів короткого замикання.

Контроль якості з'єднань

Після монтажу здійснюють контроль за рівномірністю електричного поля в зоні з'єднання, перевіряють герметичність та відсутність повітряних включень у з'єднаннях, що впливає на довговічність та безпечність експлуатації кабельної лінії.

Практичне заняття №9

Монтаж повітряних ліній електропередачі напругою до 10 кВ

Мета заняття: Ознайомити студентів з процесом монтажу повітряних ліній електропередачі (ПЛЕП) напругою до 10 кВ, принципами вибору проводів, технологією прокладання ліній, підключенням обладнання та перевіркою якості виконаних робіт, а також вимогами безпеки під час монтажу.

Завдання заняття:

1. Аналіз конструкції опор, видів проводів, ізоляторів та арматури, що застосовуються для ліній напругою до 10 кВ.
2. Практична робота з встановлення опор, натягування проводів, фіксації ізоляторів та з'єднання елементів.
3. Виконання електричних з'єднань, організація відгалужень, правильне підключення до трансформаторних підстанцій.
4. Вимірювання опору ізоляції, перевірка міцності з'єднань, оцінка якості монтажу з урахуванням вимог безпеки.

1.Будова та особливості елементів повітряних ліній



Рис. 9.1. Дерев'яна опора

Дерев'яні опори: Для ліній 10 кВ зазвичай використовують сосну або лиственницю. Перед застосуванням деревину ошкурюють повністю та пропитують антисептиком, що забезпечує стійкість до гниття. Особливу увагу приділяють заходам проти низових пожеж: навколо кожної опори виділяють безпечну зону шляхом викопування канав (глибиною 0,4 м і шириною 0,6 м) на відстані 2 м та очищення території від трави і кущів у радіусі 2 м, або застосовують спеціальні залізобетонні приставки.



Рис. 9.2. Залізобетонна опора

Залізобетонні опори: Перед монтажем такі опори ретельно перевіряють на наявність дефектів – дрібних раковин або вибоїн, розміри яких не повинні перевищувати 10 мм, а їх кількість – більше ніж дві на 1 м довжини. Виявлені дефекти заповнюють цементним розчином. Основний метод установки залізобетонних опор передбачає розміщення їх у бурильних ямах, де структура ґрунту залишається незмінною.

Фундаментні роботи:

Розбивка котлованів для опор виконується за допомогою теодоліта, сталеві вимірної стрічки або рулетки відповідно до схеми, де зазначено осі розбивки та розміри котлованів як зверху, так і знизу з урахуванням типу фундаменту та необхідної крутизни відкатів. Важливо, щоб розміри дна котлованів не перевищували розміри опорної плити фундаменту більше ніж на 150 мм з кожного боку. При відборі ґрунту за допомогою екскаватора забезпечують недобір на 100–200 мм, аби не порушувати структуру ґрунту безпосередньо під фундаментом.

2.Монтаж і кріплення проводів

Монтаж проводів починається після забезпечення стійкості та правильного розташування опор.

Проведення лінії

Розбивка трас проводиться відповідно до проектної схеми, де визначені осі прокладання та необхідні розміри котлованів. Встановлення проводів проводиться з урахуванням необхідних відстаней між опорами та дотриманням правил безпечної експлуатації.

Кріплення

Проводи надійно кріпляться до опор за допомогою ізоляторів і фіксуєчих елементів, що забезпечують як механічну стійкість, так і електроізоляцію. Особлива увага приділяється тому, щоб проведення проводів не порушувало геометрію лінії і зберігало проектні напруги та відстані, що впливає на ефективність роботи лінії.

3. Підключення до електромережі

Підключення лінії до електромережі вимагає комплексного підходу, що включає як електротехнічну, так і геодезичну складову.

Електричне підключення

Проводиться відповідно до вимог стандартів безпеки і технологічних норм. При цьому важливо забезпечити правильне з'єднання лінії з трансформаторами, вимірювальними пристроями, роз'єднувачами та іншими елементами мережі. До всіх опор, на яких встановлено додаткове обладнання (силові та вимірювальні трансформатори, запобіжники, роз'єднувачі), застосовують заходи проти грозових перенапруг.

Заземлення

Для захисту від грозових перенапруг залучають заземлюючі пристрої, що виконуються з вертикальних стержневих заземлювачів із кутової сталі. Заземлення застосовують до залізобетонних опор у населених та ненаселених місцевостях, а також до всіх опор, на яких встановлено пристрої грозозахисту.

Безпека від суміжних мереж

Важливо забезпечити, щоб відстань від підземної частини опори до каналізаційних труб не була меншою за 2 м. При прокладанні лінії поблизу магістральних газо- та нафтопроводів останні повинні розміщуватись поза охоронною зоною повітряної лінії. Для ліній до 10 кВ охоронна зона складає 10 м (за потреби може знижуватись до 5 м у стиснених умовах).

4. Оцінка стану змонтованої лінії

Після завершення монтажних робіт проводиться детальна перевірка як конструктивних, так і експлуатаційних параметрів лінії.

Інспекція опор і фундаменту

Оглядають залізобетонні опори на предмет наявності раковин і вибоїн – їх розміри не повинні перевищувати 10 мм, а кількість дефектів – більше двох на 1 м довжини. Всі виявлені недоліки усувають цементним розчином. Перевіряють відповідність розмірів котлованів проектним, зокрема чи не перевищують вони опорну плиту більше ніж на 150 мм з кожного боку, а також чи не було надмірного відбору ґрунту.

Оцінка монтажу проводів

Проводять перевірку кріплень проводів, оцінюють їхню напругу, правильність ізоляції та відповідність проектним відстаням.

Заземлення і безпека

Переконуються, що всі заземлюючі пристрої встановлено згідно з нормативами, що гарантує ефективний захист від грозових перенапруг. Контролюють дотримання безпечних відстаней до інших комунікаційних мереж, зокрема до підземних каналізаційних систем та магістральних газо- і нафтопроводів.

Профілактичні заходи

Проводиться оцінка очищених територій навколо опор (зон без рослинності або з встановленими залізобетонними приставками) для запобігання займання при можливих низових пожарах. Ретельно перевіряють правильність установки ізолюючих елементів і кріплень проводів, що впливає на надійність експлуатації всієї лінії.

Практичне заняття №10

Ознайомлення з програмними інструментами для діагностики електрообладнання. Моделювання та аналіз несправностей.

Мета заняття: Ознайомити студентів з програмними інструментами для діагностики електрообладнання, розглянути методи моделювання та аналізу несправностей, а також навчити студентів використовувати ці інструменти для виявлення та усунення проблем у роботі електричних систем.

Завдання заняття:

1. Огляд основних програм для моніторингу стану електричних мереж і аналізу ефективності роботи електрообладнання.
2. Методи реєстрації параметрів електромереж (напруга, струм, частота, потужність), використання програм для аналізу їхнього стану та виявлення відхилень.
3. Використання спеціалізованих програм для моделювання коротких замикань, перевантажень та інших проблем, прогнозування їх наслідків та розробка заходів для їх усунення.
4. Виконання аналізу електричних мереж, тестування працездатності обладнання та моделювання реальних несправностей із використанням сучасного ПЗ.

1. Програмне забезпечення для діагностики електрообладнання

Типи систем:

Розглядаються рішення для автоматизованого збору даних (SCADA-системи), спеціалізовані платформи для аналізу вібраційних, температурних і акустичних сигналів, а також комплексні системи моніторингу.

Особливості архітектури:

Система зазвичай має модулі збору даних, інтерфейси для обробки сигналів у реальному часі та засоби візуалізації результатів. Важливим є питання

сумісності з різноманітними датчиками та протоколами зв'язку.

Критерії оцінки:

При виборі програмного забезпечення звертають увагу на точність вимірювань, швидкість обробки даних, можливості адаптації до специфіки об'єкта та легкість інтеграції з існуючими інформаційними системами.

2.Збір, обробка та аналіз даних

Розуміння джерел даних і методів їх обробки є ключовим для ефективної діагностики. Сюди входить як апаратна, так і програмна частина:

Збір даних:

Сучасні системи використовують широкий спектр сенсорів, що забезпечують безперервний потік інформації про параметри роботи обладнання. Важливо налаштувати датчики таким чином, щоб мінімізувати вплив зовнішніх завад та гарантувати високу точність вимірювань.

Попередня обробка:

Дані часто мають шумовий компонент, тому застосовують алгоритми цифрової фільтрації, нормалізації сигналів та перетворення аналогових показників у цифровий формат. Це дозволяє отримати однорідний набір даних для подальшого аналізу.

Аналітичні підходи:

Використовують статистичний аналіз, методи обчислення часових рядів та кореляційні моделі. Застосування алгоритмів машинного навчання дає змогу виявляти аномалії в режимах роботи, що можуть сигналізувати про початкові стадії несправності.

3. Моделювання несправностей і прогнозування аварій

Побудова моделей:

Математичне моделювання базується на використанні диференціальних рівнянь, стохастичних процесів і методів оптимізації для опису динаміки роботи компонентів. Такий підхід дозволяє розрахувати порогові значення параметрів, за якими система вважається нестабільною.

Симуляційні інструменти:

Використання середовищ типу MATLAB Simulink або LabVIEW дозволяє створювати симуляції, де змінюються вхідні параметри для імітації дефектних режимів. Це сприяє точнішому визначенню критичних точок і оптимізації алгоритмів обробки даних.

Прогноз аварій:

Аналіз часових рядів у поєднанні з регресійними моделями і нейронними мережами дозволяє прогнозувати можливість виникнення аварійних ситуацій. Такий підхід спрямований на раннє виявлення потенційних несправностей і розробку превентивних заходів.

4. Практичне застосування програмних засобів

Аналіз історичних даних:

Вивчаємо конкретні приклади несправностей, що траплялися в електрообладнанні, аналізуючи дані про температурні коливання, вібрації та інші критичні параметри. Наприклад, за допомогою програмних засобів можна встановити, як незначні відхилення від норми спричиняють поступове

погіршення характеристик трансформатора, що в подальшому може привести до аварійного відключення.

Кейс-стаді:

Розбираємо реальні сценарії, коли застосування діагностичних систем дозволило своєчасно виявити проблему та запобігти аварії. Учасники аналізують послідовність дій, прийнятих для вирішення проблеми, та оцінюють ефективність використаних методик.

Лабораторні дослідження та симуляції

Симуляційне моделювання:

Використовуємо середовища, такі як MATLAB/Simulink або LabVIEW, для створення моделі електрообладнання. Студенти отримують завдання змінювати параметри (наприклад, навантаження, температуру, амплітуду вібрації) з метою симулювання несправностей. Це дозволяє виявити порогові значення, за якими система втрачає стабільність.

Робота з реальними даними:

В рамках практичної роботи здійснюється збір даних із сенсорів (або використання попередньо підготовлених наборів даних) з подальшою обробкою та аналізом. Студенти застосовують алгоритми цифрової фільтрації, нормалізації сигналів і побудови графічних моделей для відображення змін параметрів у режимі реального часу.

Порівняльний аналіз:

Проведення порівняння між симульованими даними та даними, отриманими з реальних експлуатаційних систем, дозволяє оцінити точність моделей. Аналіз допомагає визначити, наскільки модель відтворює характер поведінки електрообладнання та виявляє ранні ознаки несправностей.

Інтеграція програмних засобів у системи моніторингу

Налаштування SCADA-систем:

Практична частина включає інтеграцію програмних модулів в існуючі системи моніторингу. Студенти вивчають процес підключення датчиків, встановлення протоколів передачі даних і налаштування інтерфейсів для візуального контролю параметрів обладнання.

Оптимізація алгоритмів:

Після збору даних проводиться налаштування алгоритмів обробки, таких як виявлення аномалій та прогнозування аварійних ситуацій. Студенти експериментують з різними підходами для оптимізації алгоритмів, аналізуючи швидкість обробки даних і точність прогнозів.

Практичні заняття №11

Ведення технічної документації, складання актів дефектації та звітів про виконані ремонтні роботи

Мета заняття: Ознайомити студентів з процесом ведення технічної документації, складання актів дефектації та звітів про виконані ремонтні роботи в електротехнічних системах. Навчити правильно оформляти документи, які відображають стан обладнання та виконані роботи, а також дотримуватись вимог стандартів і норм.

Завдання заняття:

1. Розробка технічної документації для нового обладнання з описом характеристик, інструкцій з експлуатації та системою контролю якості.
2. Складання акту дефектації на основі заданого сценарію несправності з аналізом причин та рекомендаціями щодо усунення.
3. Підготовка звіту про ремонтні роботи з описом виконаних заходів, порівняльним аналізом та оцінкою ефективності ремонту.

Документація в технічній сфері – це не просто набір формальних документів, а жива система, яка відображає історію експлуатації обладнання та всі етапи його обслуговування.

Нижче наведено основні аспекти, що визначають особливості ведення такої документації:

Технічна документація

Системність та деталізація. Кожен документ має містити точний опис технічних характеристик обладнання, технологічних процесів і процедур, що виконуються. Це дозволяє відстежувати всі зміни у конструкції чи експлуатації та аналізувати їх вплив на безперебійну роботу системи.

Актуальність даних. Ведення документації передбачає регулярне оновлення інформації, що дозволяє оперативно реагувати на нові виклики, виявляти потенційні недоліки та запобігати аварійним ситуаціям.

Інтеграція з системами контролю якості. Документи мають бути сумісними з інформаційними системами підприємства, що сприяє швидкому доступу до історичних даних і дозволяє проводити аналіз на основі зібраної інформації.

Акти дефектації

Обґрунтування виявлених несправностей. Акт дефектації має містити чіткий опис виявленої проблеми, методику її діагностики та аналіз причин виникнення. Тут важливо не лише зафіксувати факт несправності, а й надати технічне обґрунтування.

Вимірювальні показники. До документу додаються дані з вимірювань, тестувань та візуальних оглядів. Це може включати фотографії, схеми або таблиці, які допомагають підтвердити зафіксовані відхилення.

Відповідальність за результати. Акти дефектації зазвичай підписуються спеціалістами, які проводили перевірку, що формує ланцюжок відповідальності та дає змогу відслідковувати якість виконаних робіт.

Звіти про виконані ремонтні роботи

Опис проведених заходів. Звіт повинен містити детальний опис усіх робіт, від початкової діагностики до фінального тестування після ремонту. Важливо описати як використовувані технології, так і матеріали.

Оцінка ефективності ремонту. На основі звіту можна аналізувати, наскільки вдалося усунути дефект, як це вплинуло на показники роботи системи та які подальші заходи можуть бути необхідні для профілактики.

Документування результатів. Фіксація результатів тестування та контрольних вимірювань після ремонту дозволяє порівнювати показники до і

після робіт, що є основою для прийняття управлінських рішень щодо технічного стану обладнання.

Практичні аспекти формування документів

Структурованість та послідовність. Документи повинні мати чітку структуру, що дозволяє легко орієнтуватися в змісті. Важливо використовувати зрозумілі заголовки, логічну послідовність розділів і однозначні технічні терміни.

Співпраця між фахівцями. Ведення документації – це колективний процес, де участь беруть інженери, технічні спеціалісти та керівники ремонтних бригад. Їхній досвід і знання сприяють точному та об'єктивному відображенню ситуації.

Використання сучасних технологій. Перехід до електронних систем документування не тільки спрощує процес обміну інформацією, але й підвищує безпеку зберігання даних та їхню доступність для аналізу в режимі реального часу.

Значення документування у процесі обслуговування

Систематичне ведення документації дозволяє:

Виявляти закономірності в роботі обладнання та прогнозувати можливі несправності.

Формувати базу даних для аналізу ефективності ремонтних робіт.

Забезпечувати зворотний зв'язок між ремонтними бригадами та виробниками обладнання, що сприяє удосконаленню технічних рішень.

Таким чином, якісно складені акти дефектації та звіти про ремонтні роботи є не просто формальними документами, а потужним інструментом управління технічним станом об'єктів. Вони дозволяють приймати обґрунтовані рішення, оптимізувати процеси обслуговування та мінімізувати ризики виникнення серйозних несправностей.

Практичне заняття №12

Вимірювання напруги, струму та опору в різних точках електричної схеми за допомогою мультиметра

Мета заняття: Ознайомити студентів з процесом вимірювання напруги, струму та опору в різних точках електричної схеми за допомогою мультиметра, навчити використовувати мультиметр для діагностики електричних схем і систем.

Завдання заняття:

1. Ознайомити студентів з принципами роботи мультиметра, його основними функціями (вимірювання напруги, струму, опору, перевірка діодів, тестування з'єднань) та правилами вибору відповідного режиму вимірювання.
2. Навчити правильному підключенню мультиметра до електричної схеми для вимірювання напруги, струму та опору, враховуючи важливі моменти безпеки.
3. Ознайомити з методами вимірювання напруги, струму та опору в різних точках схеми, а також навчити аналізувати отримані показники для діагностики несправностей (перегорання елементів, коротке замикання, порушення ізоляції).
4. Ознайомити студентів з принципами роботи мультиметра, його основними функціями (вимірювання напруги, струму, опору, тестування з'єднань) та правилами вибору відповідного режиму вимірювання.

Мультиметр – це універсальний прилад для вимірювання електричних параметрів. Він дозволяє визначати напругу, силу струму та опір, поєднуючи в собі функції вольтметра, амперметра й омметра. Окрім цього, багато моделей підтримують додаткові режими, такі як тестування діодів або перевірка цілісності з'єднань.

Основні функції

- Вимірювання постійної та змінної напруги,
- Визначення сили постійного й змінного струму
- Контроль опору, ємності та індуктивності.
- Тестування цілісності з'єднань

Правилами вибору відповідного режиму вимірювання.

Передусім слід зрозуміти, що саме потрібно виміряти:

- **Напруга (V)** – використовується для перевірки різниці потенціалів між двома точками.
- **Струм (A)** – дозволяє визначити силу електричного струму в колі.
- **Опір (Ω)** – потрібен, якщо треба оцінити провідність матеріалу або перевірити резистор.
- **Прозвонка (🔊) або діодний режим** – допомагає виявити обриви у проводах і перевірити діоди.

Вибір між постійним (DC) і змінним (AC) струмом

Мультиметр має окремі режими для кожного виду напруги та струму:



Рис. 12.1. Мультиметр

DC (постійний струм) – позначається як "V=" або "A=". Використовується для вимірювань у батареях, блоках живлення та електронних схемах.

AC (змінний струм) – позначається "V~" або "A~". Застосовується для вимірювань у розетках і електромережах.

Види мультиметрів

Мультиметри класифікуються за способом відображення результатів вимірювань і поділяються на аналогові та цифрові.

Аналогові мультиметри – використовують стрілочний індикатор, реагують на зміну параметрів плавно, але менш точні та чутливі до механічних впливів.

Цифрові мультиметри – відображають значення на екрані у вигляді чисел, забезпечують високу точність, зручність зчитування та додаткові функції.

2. Правильне підключення мультиметра до електричної схеми

Мультиметр – це прилад для вимірювання напруги, струму та опору в електричних колах. Його неправильне підключення може не тільки спричинити помилкові результати, а й пошкодити сам пристрій або навіть стати причиною ураження електричним струмом. Тому важливо чітко дотримуватись правил підключення та техніки безпеки.

Вимірювання напруги (вольтметр)

Для визначення рівня напруги в електричному колі мультиметр слід підключати **паралельно** до елементів схеми.

1. Вимкніть мультиметр перед підключенням.
2. Встановіть перемикач у режим вимірювання постійної (DC) або змінної (AC) напруги відповідно до досліджуваного кола.
3. Вставте **червоний щуп** у гніздо, позначене як "V" або "VΩ".
4. Вставте **чорний щуп** у гніздо "COM" (спільний або земляний контакт).
5. Підключіть **червоний щуп** до плюсового потенціалу, а **чорний** – до мінусового (або загального проводу).

6. Переконайтеся, що вибраний діапазон вимірювання відповідає очікуваному рівню напруги. Якщо не знаєте точного значення, почніть з найвищого діапазону.
7. Включіть мультиметр і зніміть показання.

Важливі моменти:

Мультиметр не впливає на роботу кола при вимірюванні напруги.

Не торкайтеся відкритих контактів руками, щоб уникнути ураження електричним струмом.

Якщо напруга перевищує межі діапазону, змініть налаштування або використовуйте інший прилад.

Вимірювання сили струму (амперметр)

Щоб виміряти струм, мультиметр потрібно підключити **послідовно**, тобто включити його в розрив ланцюга.

1. Вимкніть живлення електричної схеми перед підключенням.
2. Вставте **червоний щуп** у відповідне гніздо:
 - Для малих струмів (до 200 мА) – "mA".
 - Для великих струмів (до 10 А) – "10A" (цей роз'єм має окремий запобіжник).
3. Чорний щуп підключіть до гнізда "COM".
4. Розірвіть ланцюг у точці вимірювання і підключіть мультиметр **послідовно**: Один щуп – до одного кінця розриву.

Інший – до другого кінця, щоб через мультиметр протікав увесь струм.

5. Виберіть відповідний режим: змінний або постійний струм (AC/DC).
6. Увімкніть живлення і зніміть показання.

Важливі моменти:

Ніколи не вимірюйте силу струму в розетці або іншому джерелі високої напруги – це небезпечно.

Якщо підключити мультиметр паралельно при вимірюванні струму, він може згоріти.

Починайте вимірювання з вищого діапазону, щоб не перевантажити пристрій.

Вимірювання опору (омметр)

Мультиметр у режимі омметра дозволяє визначати опір резисторів, котушок та інших компонентів.

1. Обов'язково **відключіть живлення** схеми перед вимірюванням.
2. Вставте **червоний щуп** у гніздо " $V\Omega$ ", а чорний – у "COM".
3. Встановіть перемикач у режим вимірювання опору (позначений як " Ω ").
4. Приєднайте щупи до кінців елемента, опір якого вимірюється.
5. Дочекайтеся стабільного значення на дисплеї.

Важливі моменти:

Якщо ви вимірюєте опір у схемі, переконайтеся, що в ній немає залишкової напруги.

Деякі компоненти (наприклад, конденсатори) можуть впливати на результати вимірювання.

Якщо показник "1" або "OL" (over limit), виберіть вищий діапазон вимірювання.

Основні правила безпеки

- **Не змінюйте режими вимірювання, коли мультиметр підключений до кола.**
- **Переконайтеся, що використовуєте правильні гнізда для підключення.**
- **Завжди починайте з найвищого діапазону вимірювань.**
- **Уникайте торкання металевих частин щупів під час вимірювань.**
- **Не використовуйте мультиметр, якщо корпус або дроти пошкоджені.**
- **Для роботи з високою напругою використовуйте прилад із відповідним класом безпеки.**

Лабораторна робота №1

Вивчення принципу дії електровимірювальних приладів, що використовують для монтажу та налагоджування електротехнічного обладнання

Мета лабораторного заняття: Ознайомити студентів з принципом дії основних електровимірювальних приладів, що використовуються для монтажу та налагоджування електротехнічного обладнання, а також навчити правильно користуватися ними для здійснення вимірювань у процесі монтажних робіт.

Завдання лабораторного заняття:

- 1) Дослідження будови та принципу дії електровимірювальних приладів
- 2) Вимірювання напруги, струму та опору
- 3) Перевірка точності вимірювань та калібрування приладів
- 4) Дослідження роботи мегомметра та аналіз ізоляції обладнання
- 5) Діагностика електротехнічного обладнання за допомогою вимірювальних приладів

Теоретичні відомості

Електровимірювальні прилади поділяють на аналогові та цифрові. Аналогові прилади, такі як магнітоелектричні, електромагнітні, електродинамічні та теплові, використовують механічні індикатори для відображення результатів. Цифрові прилади відображають значення на екрані та забезпечують вищу точність.

Основні параметри електротехнічних вимірювань:

1. **Сила струму** (вимірюється амперметрами)
2. **Напруга** (вимірюється вольтметрами)
3. **Опір** (вимірюється омметрами)
4. **Потужність** (вимірюється ватметрами)

Сучасні мультиметри поєднують у собі кілька функцій і дозволяють виконувати вимірювання напруги, струму, опору, частоти та інших параметрів.

Опис лабораторного стенду

Стенд складається з джерела живлення, електричних навантажень, з'єднувальних проводів, електровимірювальних приладів (аналогових та цифрових), а також контрольних точок для підключення.

До складу лабораторного обладнання входять:

- Регульоване джерело живлення 0–30 В
- Набір резисторів, конденсаторів та котушок індуктивності
- Аналоговий стрілочний амперметр та вольтметр
- Цифровий мультиметр
- Осцилограф (при необхідності)

Порядок виконання роботи

- Ознайомитися з технічними характеристиками та принципом роботи наданих вимірювальних приладів.
- Зібрати електричне коло з резистором номіналом 100 Ом та джерелом живлення 12 В.
- Виміряти напругу на резисторі за допомогою аналогового та цифрового вольтметра. Наприклад, цифровий вольтметр може показати **11,98 В**, а аналоговий – **12 В**.
- Виміряти силу струму в колі за допомогою амперметра. Очікуваний розрахунок за законом Ома:

Фактичне вимірне значення може бути, наприклад, **0,118 А**.

1. Обчислити опір резистора за отриманими значеннями:

Порівняти з паспортним значенням 100 Ом.

2. Провести вимірювання в режимі змінного струму, використовуючи генератор сигналів і осцилограф.
3. За допомогою ватметра визначити потужність споживання електричного навантаження:
4. Виконати аналіз похибок вимірювань та зробити висновки щодо точності різних типів приладів.

Обробка результатів

Результати вимірювань оформити у вигляді таблиці:

Параметр	Теоретичне значення	Виміряне цифровим приладом	Виміряне аналоговим приладом
Напруга (В)	12,00	11,98	12,00
Струм (А)	0,12	0,118	0,12
Опір (Ом)	100	101,5	—
Потужність (Вт)	1,44	1,41	—

Виконати аналіз похибок:

- Відносна похибка напруги
- Відносна похибка сили струму

Висновки

На основі проведених вимірювань можна зробити наступні висновки:

- Цифрові прилади забезпечують вищу точність, але аналогові можуть бути корисними для швидкого оцінювання параметрів.
- Фактичні значення напруги, струму та опору можуть дещо відрізнятися від розрахункових через похибки приладів та вплив контактних з'єднань.

- Відносна похибка вимірювань для цифрових приладів є незначною, що підтверджує їхню придатність для точних електротехнічних вимірювань.
- Використання ватметра дозволяє оцінити споживану потужність, що є важливим при розрахунку енергетичних характеристик електротехнічного обладнання.

Дані результати дозволяють вибрати найбільш підходящий вимірювальний прилад залежно від точності, зручності використання та вимог до монтажу й налагоджування електротехнічних систем.

Лабораторна робота №2

Дослідження характеристик електричних ланцюгів з активним і реактивним навантаженням

Мета лабораторного заняття: Ознайомити студентів з характеристиками електричних ланцюгів, що містять активне та реактивне навантаження, а також навчити аналізувати та вимірювати параметри цих ланцюгів, зокрема напругу, струм та фазові зсуви між ними.

Завдання лабораторного заняття:

- 1) Дослідження характеристик ланцюга з активним навантаженням
- 2) Вивчення впливу реактивного навантаження на параметри ланцюга
- 3) Аналіз комплексної потужності в ланцюгах з активним і реактивним навантаженням

1. Дослідження характеристик ланцюга з активним навантаженням

- При подачі змінного струму на навантаження його поведінка залежить від типу елементів у схемі:
- **Активне навантаження (R)** – не змінює фазу струму відносно напруги ($\varphi = 0^\circ$), а вся спожита потужність перетворюється у корисну роботу.
- **Індуктивне навантаження (L)** – струм відстає від напруги на кут φ , оскільки індуктивність накопичує енергію в магнітному полі.
- **Ємнісне навантаження (C)** – струм випереджає напругу, оскільки конденсатор накопичує енергію в електричному полі.

Для змінного струму загальна потужність **S** (апаратна потужність) визначається як: $S=U \cdot I$

Активна потужність (P): $P=S \cdot \cos\varphi$

Реактивна потужність (Q): $Q=S \cdot \sin\varphi$

де:

- **S** – повна потужність у ВА (вольт-амперах).
- **P** – активна потужність у Вт (ватах).
- **Q** – реактивна потужність у вар (вольт-амперах реактивних).
- φ – фазовий зсув між струмом і напругою.

Обладнання та інструменти:

- Джерело змінного струму 220 В, 50 Гц.
- Набір резисторів, котушок індуктивності та конденсаторів.
- Вольтметр, амперметр, ватметр.
- Осцилограф для візуалізації фазового зсуву.

Дослідження активного навантаження (R)

1. Зібрати електричне коло:

- Підключити до мережі резистор **R = 100 Ом**.
- Виміряти напругу **U = 220 В** і струм **I = U/R = 220 В / 100 Ом = 2,2 А**.

2. Обчислити потужності:

- **Повна потужність:** $S = U \cdot I = 220 \text{ В} \cdot 2,2 \text{ А} = 484 \text{ ВА}$
- **Активна потужність** $P = S \cdot \cos 45^\circ = 330 \text{ ВА} \cdot 0,707 = 233,3 \text{ Вт}$
- **Реактивна потужність:** $Q = S \cdot \sin 0^\circ = 0 \text{ вар}$

В активному навантаженні вся енергія витрачається на корисну роботу, а реактивна потужність відсутня.

Дослідження індуктивного навантаження (L)

1. Замінити резистор на котушку індуктивності з **L = 0,3 Гн**.

2. Виміряти струм $I = 1,5 \text{ A}$ та визначити фазовий зсув $\varphi = 45^\circ$.
3. Розрахувати потужності:

- **Повна потужність:** $S = U \cdot I = 220 \text{ V} \cdot 1,5 \text{ A} = 330 \text{ VA}$
- **Активна потужність:** $P = S \cdot \cos 45^\circ = 330 \text{ VA} \cdot 0,707 = 233,3 \text{ Вт}$
- **Реактивна потужність:** $Q = S \cdot \sin 45^\circ = 330 \text{ VA} \cdot 0,707 = 233,3 \text{ вар}$

Індуктивне навантаження створює реактивну потужність, що зменшує ефективність використання електроенергії.

Дослідження ємнісного навантаження (С)

1. Замінити котушку на конденсатор $C = 100 \text{ мкФ}$.
2. Виміряти струм $I = 1,8 \text{ A}$, фазовий зсув $\varphi = -60^\circ$.
3. Обчислити потужності:

- **Повна потужність:** $S = 220 \text{ V} \cdot 1,8 \text{ A} = 396 \text{ VA}$
- **Активна потужність:** $P = S \cdot \cos(-60^\circ) = 396 \text{ VA} \cdot 0,5 = 198 \text{ Вт}$
- **Реактивна потужність:** $Q = S \cdot \sin(-60^\circ) = 396 \text{ VA} \cdot (-0,866) = -343 \text{ вар}$

Ємнісне навантаження також створює реактивну потужність, але з протилежним знаком, що може використовуватися для компенсації індуктивної реактивної потужності.

Дослідження змішаного навантаження (RL, RC-ланцюг)

1. Підключити $R = 50 \text{ Ом}$ і $L = 0,3 \text{ Гн}$ паралельно.
2. Виміряти напругу $U = 220 \text{ В}$, струм $I = 2 \text{ A}$, $\varphi = 30^\circ$.
3. Розрахувати потужності:

- **$S = 220 \text{ В} \times 2 \text{ А} = 440 \text{ ВА}$**

- $P = 440 \times \cos 30^\circ = 381 \text{ Вт}$
- $Q = 440 \times \sin 30^\circ = 220 \text{ вар}$

Поєднання активного та індуктивного навантаження зменшує ефективність використання енергії.

3. Аналіз результатів

- Активне навантаження використовує всю енергію ефективно.
- Індуктивне та ємнісне навантаження створюють реактивну потужність, що призводить до втрат.
- Комбінація навантажень може впливати на коефіцієнт потужності та потребує компенсації.

Висновок

У ході лабораторної роботи було підтверджено вплив різних типів навантажень на споживану потужність. Реактивні складові зменшують $\cos\phi$, що впливає на ефективність енергосистеми. Для компенсації таких втрат використовують конденсаторні батареї або спеціальні коригувальні пристрої.

Лабораторна робота №3

Вимірювання та аналіз опору ізоляції електрообладнання

Мета лабораторного заняття: Ознайомити студентів з методами вимірювання та аналізу опору ізоляції електрообладнання, навчити проводити діагностику стану ізоляції для запобігання електричним аваріям і забезпечення безпеки електричних систем.

Завдання лабораторного заняття:

- 1) Вимірювання опору ізоляції електричного кабелю
- 2) Аналіз залежності опору ізоляції від температури
- 3) Перевірка опору ізоляції трансформаторів та електричних щитів
- 4) Оцінка стану ізоляції після тривалого експлуатаційного періоду

1. Опір ізоляції електрообладнання є одним із ключових параметрів для оцінки його працездатності та безпеки.

Низький опір ізоляції може спричинити:

- Перебої в роботі обладнання.
- Надмірні втрати струму.
- Підвищений ризик ураження електричним струмом.
- Несправності та аварійні ситуації.

Формула визначення опору ізоляції:

$$R_i = I/U$$

де:

- R_i – опір ізоляції (Ом).

- U – прикладена тестова напруга (В).
- I – струм витоку (А).

Опір ізоляції вимірюється за допомогою мегомметра, який подає високу напругу (500 В, 1000 В або більше) та вимірює струм витоку через ізоляцію.

Фактори, що впливають на опір ізоляції:

1. **Температура** – при підвищенні температури опір ізоляції знижується.
2. **Вологість** – при високій вологості ізоляційні матеріали вбирають вологу, що зменшує їхній опір.
3. **Старіння матеріалів** – з часом ізоляція деградує через теплові, механічні та хімічні впливи.
4. **Забруднення** – пил, масло, хімічні речовини знижують опір ізоляції.

Обладнання та інструменти:

- ✓ Мегомметр (500 В, 1000 В або 2500 В).
- ✓ Випробувальні проводи та затискачі.
- ✓ Електродвигун або трансформатор для тестування.
- ✓ Гігрометр (для вимірювання вологості повітря).
- ✓ Термометр (для контролю температури).

Підготовка до вимірювань

1. Перевірити стан обладнання – ізоляція не повинна мати механічних пошкоджень.
2. Відключити тестований пристрій від мережі.
3. Очистити поверхню ізоляції від пилу та вологи.
4. Переконатися, що температура і вологість навколишнього середовища відповідають нормам.

Вимірювання опору ізоляції мегомметром

Вимірювання ізоляції електродвигуна:

1. Підключення мегомметра:

- Один затискач до корпусу двигуна (заземлення).
- Другий до однієї з фазових обмоток.

2. Вибір напруги:

- 500 В для низьковольтного обладнання (до 1000 В).
- 1000 В – для середньої напруги (до 3 кВ).
- 2500 В – для високовольтних установок (вище 3 кВ).

3. Проведення вимірювання:

- Плавно подати тестову напругу та утримувати її 60 секунд.
- Зняти показання опору R_{i_i} у МОм.

Приклад розрахунку:

При напрузі 1000 В мегомметр показав струм витоку $I=2I = 2 \text{ мкА} (0,000002 \text{ А})$.

Обчислюємо опір ізоляції:

$$R_i = U/I = 1000\text{В}/0,000002\text{А} = 500\text{МОм}$$

Висновок: Опір ізоляції 500 МОм вказує на відмінний стан ізоляції.

Аналіз результатів вимірювань

Порівнюємо отримані значення із допустимими нормами.

Напруга обладнання	Мінімальний опір ізоляції (МОм)
380 В	0,5 МОм
3 кВ	1 МОм
6 кВ	2 МОм
10 кВ	3 МОм

Якщо опір нижчий за норму – це свідчить про деградацію ізоляції.

Приклад поганого результату:

При напрузі 1000 В струм витоку **I = 1000 мкА (0,001 А)**:

$$R_i = 1000\text{В} / 0,001\text{А} = 1 \text{ МОм}$$

Це значення нижче рекомендованого рівня для високовольтного обладнання, тому ізоляцію необхідно відновити або замінити.

Методи покращення опору ізоляції

Якщо ізоляція в поганому стані, можливі такі варіанти її відновлення:

1. **Сушка** – видалення вологи за допомогою теплових камер або вакууму.
2. **Очищення** – механічне видалення пилу та масла, застосування ізоляційних покриттів.
3. **Просочення ізоляційними лаками** – для зміцнення та герметизації матеріалу.
4. **Заміна зношеної ізоляції** – якщо пошкодження критичні.

Висновки

У ході лабораторної роботи:

- Вивчили методика вимірювання опору ізоляції за допомогою мегомметра.
- Визначили фактори, що впливають на стан ізоляції.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

- 1) Система технічного обслуговування і ремонту енергетичного устаткування. Київ. - 2000. - 416 с.
- 2) Чорна В. В. Технологія електромонтажних робіт : підручник / В. В. Чорна, С. В. Чорний. — Х. : Компанія СМІТ, 2014. — 288 с.
- 3) Видмиш А. А., Блінкін Є. Я., Бабій С. М. Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв. Лабораторний практикум. – Вінниця: ВНТУ, 2009. - 95 с.
- 4) Монтаж, наладка і експлуатація електрообладнання: конспект лекцій для здобувачів початкового рівня (короткий цикл) вищої освіти ОПІ «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми здобуття вищої освіти. Укладачі: Циганов О. М.: МНАУ, 2022. - 160с.
- 5) ПУЕ „Енергетичні рішення” Видавництво “Індустрія”, 2008.
- 6) НОРМИ ВИПРОБУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ. ПРИВАТНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО «НАЦІОНАЛЬНА ЕНЕРГЕТИЧНА КОМПАНІЯ «УКРЕНЕРГО». - 2020. - 243 с.
- 7) <https://www.youtube.com/@ENERGOOSVITA>

Електронне навчальне видання комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та мережному режимі

Бровко Костянтин Юрійович
Войтенко Сергій Миколайович

МОНТАЖ, РЕМОНТ І ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки
до проведення лабораторних та практичних занять
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за спеціальністю G3 «Електрична інженерія»

В авторській редакції

Підписано до розміщення .10.2025. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 5,78. Обсяг 3,554 Мб. Зам. № 346/25.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна