

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Конспект лекцій

з дисципліни:

«Монтаж електричних установок»

Частина 1

для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (ГЗ «Електрична інженерія»), I ступеня вищої освіти (бакалавр) освітньої програми «Електротехнічні системи електроспоживання» денної та заочної форми навчання

Конспект лекцій з дисципліни «Монтаж електричних установок»
Частина 1 для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка» (G3 «Електрична інженерія»), I
ступеня вищої освіти (бакалавр), освітньої програми «Електротехнічні
системи електроспоживання» денної та заочної форми навчання / Укл.
: В.Ю. Міщенко – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2026. – 54
с.

Укладачі: В.Ю. Міщенко, к.т.н., старш.викл.

Рецензент: Д.О. Кулагін, д.т.н., професор

Відповідальний за випуск: Шрам О.А., зав. кафедри, к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри
«Електропостачання промислових
підприємств»
Протокол № 7 .
від « 03 » лютого 2026р.

Рекомендовано до видання
НМК електротехнічного
факультету
Протокол № 7 .
від « 19 » лютого 2026р.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Організація монтажу електроустаткування.....	6
1.1 Загальні положення.....	6
1.2 Нормативні документи на проведення електромонтажних робіт.....	7
1.3 Основні види та типи схем.....	8
1.4 Кліматичне виконання, категорія розміщення та ступінь захисту електрообладнання.....	9
1.5 Основні поняття при електромонтажних роботах.....	12
1.6 Організація та планування монтажних робіт.....	13
1.7 Пусконаладжувальні роботи електрообладнання.....	17
2 Монтаж повітряних ліній (ПЛ) електропередачі.....	20
2.1 Повітряна лінія та її основні елементи.....	20
2.2 Види повітряних ліній.....	22
2.3 Вимоги до повітряних ліній.....	25
2.4 Підготовчі роботи.....	27
2.5 Збірка і установка опор.....	27
2.6 Монтаж проводів і грозозахисних тросів.....	29
2.7 Монтаж трубчастих розрядників і заземлюючих пристроїв.....	31
3 Монтаж кабельних ліній напругою до 35кВ.....	32
3.1 Підготовчі роботи.....	32
3.2 Прокладення кабелів в земляній траншеї.....	32
3.3 Прокладення кабелів у блоках.....	36
3.4 Прокладення кабелів в кабельних спорудах.....	37
3.5 Монтаж кабельних ліній у виробничих приміщеннях.....	38
4 Монтаж трансформаторних підстанцій.....	40
4.1 Види трансформаторних підстанцій та їх призначення.....	40

4.2 Вимоги до трансформаторних підстанцій.....	45
4.3 Підготовчі роботи.....	47
4.4 Встановлення комплектної трансформаторної підстанції...	47
4.5 Послідовність монтажу КТП.....	48
4.6 Монтаж трансформатора.....	49
4.7 Монтаж системи охолодження і окремих вузлів трансформатора.....	50
4.8 Монтаж роз'єднувача та приводу до нього, приладів та запобіжників.....	51
4.9 Монтаж заземлювальних пристроїв ТП 10/0,4 кВ.....	52
Перелік джерел посилань.....	54

ВСТУП

Метою вивчення навчальної дисципліни «Монтаж електричних установок» є освоєння основних положень проектування, монтажу та експлуатації електрообладнання систем електропостачання та електроспоживання на основі діючої нормативної документації.

Дисципліна «Монтаж електричних установок» одна з основних дисциплін, яка базується на вивченому матеріалі попередніх курсів: «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Промислова електроніка», «Електричні машини», «Електричні апарати», «Електричні мережі і системи», «Електрична частина станцій і підстанцій», «Перехідні процеси в системі електропостачання», а також при виконанні курсових проєктів за фахом.

Завдання курсу закріпити теоретичні знання та придбати практичні навички; ознайомитись з електротехнічними і конструкційними матеріалами, які використовують при виготовленні, монтажу, електротехнічного обладнання; ознайомитись з практичними технологіями виконання основних електромонтажних робіт, ознайомитись із типовими електромонтажними пристроями, конструкціями, виробами для монтажу електрообладнання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: основні нормативні документи, організацію електромонтажних робіт; класифікацію електроустановок, приміщень і електрообладнання; правила виконання монтажу повітряних та кабельних ліній, силового електрообладнання та пускозахисної апаратури; строки, обсяг і норми випробувань електрообладнання; правила безпеки праці при монтажу електрообладнання.

вміти: виконувати монтаж повітряних та кабельних ліній, силового електрообладнання та пускозахисної апаратури; вибрати силове електрообладнання та апаратуру; виконувати монтаж заземлення та занулення електрообладнання; проводити пусконаладжувальні роботи; користуватись вимірювальними приладами, пристосуваннями і інструментами, що використовуються під час монтажу.

1 ОРГАНІЗАЦІЯ МОНТАЖУ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ

1.1 Загальні положення

Електромонтажні роботи підрозділяються на роботи по монтажу: розподільчих пристроїв та підстанцій: електросилових установок; електричного освітлення; електропроводок; повітряних ліній електропередачі; кабельних ліній та струмопроводів.

Електрообладнання – це сукупність електроустановок і електротехнічних виробів (проводів, вимикачів, розеток та ін.).

Поділяються за призначенням:

- загального призначення;
- спеціального призначення.

Електроустановка – це сукупність машин, апаратів, ліній та допоміжного обладнання, призначених для виробництва, перетворення, трансформації, передачі та розподілу.

Вони поділяються:

- за умовами електробезпеки;
- електроустановки до 1000В, та вище 1000В
- за виконанням;
- відкриті (зовнішні), закриті (внутрішні).

Конструкція, спосіб установки та клас ізоляції застосовувальних машин, апаратів, проводів та іншого електрообладнання, а також проводів та кабелів повинні відповідати параметрам мережі або електроустановки, умовам навколишнього середовища та вимогам ПУЕ [1].

В електроустановках повинна бути забезпечена можливість легкого розпізнавання частин, що відносяться до окремих їх елементів (простота та наглядність схем, належне розміщення електрообладнання, надписи маркування, колір).

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

Для кольорового та цифрового позначення окремих ізольованих та неізольованих провідників повинно використовуватися наступні кольори та цифри.

Провідники захисного заземлення, а також нульові захисні провідники в електроустановках напругою до 1 кВ з глухо заземленою

нейтрально, в тому числі щини, повинні мати буквені позначення РЕ та кольорове позначення продольними або поперечними рівними по ширині полосами жовтого та зеленого кольору.

Нульові робочі (нейтральні) провідники позначають буквою N та блакитним кольором. Суміщені нульові захисні та нульові робочі провідники повинні мати буквене позначення PEN та кольорове позначення, блакитний колір по всій довжині та жовто-зелені полоси на кінцях.

Шини повинні бути позначені:

1. При трифазному струмі:

A – жовтий;

B – зелений;

C – червоний;

2. При постійному струмі: позитивна шина (+) – червоним кольором, негативна (-) – синім та нульова робоча M – блакитним кольором.

Безпечність обслуговуючого персоналу повинна забезпечуватися шляхом:

– надійного та швидкодіючого автоматичного відключення частей електрообладнання, що випадково опинилися під напругою, та пошкоджених ділянок мережі, в тому числі захисного відключення;

– заземлення та занулення корпусів електрообладнання та електроелементів електроустановок, які можуть виявитися під напругою в разі пошкодження ізоляції;

– вирівнювання потенціалу.

1.2 Нормативні документи на проведення електромонтажних робіт

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

БНІП – будівельні нормативи і правила. В них приведені норми та основні технологічні правила монтажу всіх видів електротехнічних пристроїв, визначені загальні вимоги до організації робіт, вимоги до проектної та технічної документації, а також до споруд та будівель, що приймаються під монтаж електрообладнання, та інші питання організаційно-технічної підготовки монтажних робіт. Крім того, вказані вимоги до постачання обладнання, порядок та умови його приймання, зберігання та здачі в монтаж.

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

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

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

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

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

1.3 Основні види та типи схем

Види схем [2]:

- схеми електричні **Е**
- схеми гідравлічні **Г**
- схеми пневматичні **П**
- схеми газові **Х**
- схеми кінематичні **К**
- схеми вакуумні **В**
- схеми оптичні **П**

- схеми енергетичні Р
- схеми комбіновані С

Види схем в залежності від основного призначення поділяється на типи.

Типи схем [2]:

- схема структурна – **1.** Документ, що визначає основні функціональні частини виробу, їх призначення та взаємозв'язок;
- схема функціональна – **2.** Документ, що пояснює процеси, що протікають в окремих функціональних ланцюгах виробу (установки) або виробу (установки) в цілому;
- схема принципова – **3.** Документ, що визначає повний склад елементів та взаємозв'язку між ними та як правило, дає повне представлення про принцип роботи виробу;
- схема з'єднань (монтажна) – **4.** Документ, що показує з'єднання складових частин виробу та визначаючий провода, кабелі або трубопроводи, якими здійснюється ці з'єднання, а також місце їх з'єднання та вводу;
- схема підключення – **5.** Документ, що показує зовнішні підключення виробу;
- схема загальна – **6.** Документ, що визначає складові частини комплексу та з'єднань їх між собою на місце експлуатації;
- схема розміщення – **7.** Документ, що визначає розміщення складових частин виробу, а при необхідності, також провідів, кабелів, трубопроводів, світловодів;
- схема об'єднана – **0.** Документ, що містить в собі елементи різних типів схем одного виду у напрямку зліва на право.

1.4 Кліматичне виконання, категорія розміщення та ступінь захисту електрообладнання

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

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

Для правильного вибору електроустаткування слід врахувати наступні умови [2]:

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

Кліматичне виконання визначається ГОСТ 15150-69. Відповідно до кліматичних умов позначається наступними буквами:

У(N) – помірний клімат;

ХЛ(NF) – холодний клімат;

ТБ(ТН) – тропічний вологий клімат;

ТС(ТА) – тропічний сухий клімат;

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

М – помірний морський клімат;

ОМ – всі райони моря;

В – всі макрокліматичні райони на суші і на морі.

В одній кліматичній зоні обладнання може працювати в різних умовах.

Категорії розміщення електрообладнання позначають цифрами:

1. На відкритому повітрі;
2. Приміщення, де коливання температури і вологості не істотно відрізняються від коливань на відкритому повітрі;
3. Закриті приміщення з природною вентиляцією без штучного регулювання кліматичних умов. Відсутні дії піску і пилу, сонця і води (дощ),
4. Приміщення з штучним регулюванням кліматичних умов. Відсутні дії піску і пилу, сонця і води (дощ), зовнішнього повітря;
5. Приміщення з підвищеною вологістю (тривала наявність води або вологи, що конденсується).

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

Наприклад: 4А200М2 У3,

де У – кліматичне виконання

3 – категорія розміщення.

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

Перша цифра вказує на ступінь захисту персоналу від дотику до струмоведучих і рухомих частин та захищеність обладнання від потрапляння твердих сторонніх предметів всередину оболонки [2].

Відкриті IP000 – відсутній захист персоналу від випадкового дотику до струмоведучих чи рухомих частин, що знаходяться під оболонкою а також обладнання від потрапляння твердих сторонніх предметів.

1 – є захист від випадкового дотику великої ділянки поверхні людського тіла до струмоведучих або рухомих частин, що знаходяться під оболонкою, та захист обладнання від потрапляння під оболонку сторонніх предметів діаметром не менше 52,5 мм;

2 – передбачено захист від випадкового дотику пальців до струмоведучих чи рухомих частин і захист обладнання від потрапляння твердих сторонніх предметів діаметром не менше 12,5 мм.

3 – існує захист від зіткнення інструменту, дроту чи інших подібних предметів товщиною понад 2,5 мм із струмоведучими або рухомими частинами і захист обладнання від потрапляння дрібних твердих сторонніх предметів діаметром не менше 2,5 мм;

4 – є захист від зіткнення інструменту, дроту чи інших подібних предметів товщиною понад 1 мм із струмоведучими частинами і захист обладнання від потрапляння дрібних сторонніх предметів діаметром понад 1 мм;

Закриті (IP 44 - IP 54) **5** – передбачено повний захист персоналу від випадкового дотику до струмоведучих чи рухомих частин, що знаходяться під оболонкою, і захист обладнання від потрапляння пилю;

Герметичні (IP 67 – IP 68)

6 – існує повний захист персоналу від випадкового дотику до струмоведучих чи рухомих частин і повний захист обладнання від потрапляння пилю.

Друга цифра вказує ступень захисту електрообладнання від проникнення води всередину оболонки [2]:

0 – захист відсутній;

1 – захист від крапель сконденсованої води. Краплі сконденсованої води, які падають вертикально на оболонку, не впливають шкідливо на обладнання, що знаходиться під оболонкою;

2 – захист від крапель води, що подають на оболонку, нахилено під кутом 15 градусів до вертикалі. Краплі не впливають шкідливо на обладнання розміщено в оболонці.

3 – захист від дощу. Дощ що падає на оболонку під кутом, не більше 60 градусів до вертикалі, не впливає шкідливо на обладнання, яке знаходиться під оболонкою;

4 – захист від бризок. Бризки води, що падають під будь яким кутом, не впливають на обладнання розміщено всередині оболонки;

5 – захист від водяних струменів. Вода яка витікає з наконечника під тиском на оболонку в будь якому напрямку за умов, за значених у стандартах чи технічних умовах на окремі види електрообладнання, не впливає шкідливо на обладнання що знаходиться під оболонкою;

6 – захист від впливів, характерних для палуби корабля при заливання морською хвилею вода не проникає під оболонку за умов зазначених у стандартах чи технічних умовах на окремі види електрообладнання;

7 – захист при занурені у воду на час передбачений стандартами або технічними умовами на окремі види електрообладнання. Вода не протікає під оболонку;

8 – захист від необмежено тривалого занурення у воду при тиску, зазначеному стандартами чи технічними умовами на окремі види електрообладнання.

1.5 Основні поняття при електромонтажних роботах

Електромонтажні роботи є частиною комплексу будівельних робіт і виконуються у рамках договору будівельного підряду (контракту), відповідно до якого підрядник зобов'язується у встановлений договором термін виконати роботи, а замовник зобов'язується створити підрядникові необхідні умови для виконання робіт, прийняти їх результат і сплатити виконані роботи.

Замовниками виступають юридичні особи (підприємства, організації), що мають фінансові кошти (інвестори). Підрядниками при проведенні електромонтажних робіт виступають, як правило,

електромонтажні організації, незалежно від форм власності, зареєстровані в установленому порядку в податкових органах і такі, що мають ліцензію і інші документи, підтверджувальні легітимність організації і гарантії якості на виконання електромонтажних робіт.

Договір підряду є основним правовим документом, що регламентує взаємини замовника і підрядника. Такий договір іноді полягає на виконання робіт «під ключ». Для виконання комплексу або окремих видів робіт, наприклад пусконаладжувальних робіт, підрядник може притягати інші організації - субпідрядників.

Підрядник планує і здійснює роботи відповідно до проектно-кошторисної документації і договірної ціни, що визначають об'єм, зміст і вартість робіт. Проектна документація повинна відповідати вимогам нормативних документів, що регламентують електромонтажні роботи: Будівельним нормам і правилам (БНіП); Державним стандартам (ДСТУ) в області будівництва; Правилам улаштування електроустановок (ПУЕ); Правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕ).

Для перевірки якості устаткування, що поставляється на монтажний майданчик, підрядник здійснює вхідний контроль, оформляє акти приймання устаткування в монтаж або пред'являє претензії до постачальників у випадках порушення вимог до якості устаткування, його ушкодження при транспортуванні. В ході виконання електромонтажних робіт замовник здійснює технічний нагляд за якістю робіт, дотриманням термінів їх виконання, якістю устаткування, що поставляється, його випробуваннями при проведенні пусконаладжувальних робіт.

Після виконання замовником і підрядником усіх зобов'язань за договором здійснюється приймання виконаних робіт.

1.6 Організація та планування монтажних робіт

Організація електромонтажних робіт покладається на підрядника і складається з трьох основних етапів.

На першому інженерно-технічному етапі робиться приймання, перевірка і вивчення проектно-кошторисної документації; у проектній документації має бути передбачений проект організації будівництва

(ПОБ), на основі якого електромонтажною організацією розробляється проект виробництва електромонтажних робіт (ПВЕР).

На другому організаційному етапі виконується приймання від будівельників під монтаж устаткування будівель, споруд, фундаментів, отворів і ніш в конструкціях будівель і споруд; контролюється установка заставних деталей, перевіряється наявність передбачених проектом стаціонарних кран-балок, монтажних візків і талів.

На третьому матеріально-технічному етапі здійснюється забезпечення і комплектація електромонтажних робіт устаткуванням, матеріалами, виробами, монтажними заготівлями; на цьому ж етапі виконується оснащення монтажних робіт механізмами, інструментами, інвентарем і засобами безпечної праці.

Планування є однією з головних функцій управління процесом виробництва будівельних робіт, у тому числі і електромонтажних робіт. Одним із завдань планування є знаходження варіантів раціонального взаємозв'язку етапів виробництва електромонтажних робіт. Важливим моментом планування є взаємна ув'язка робіт в часі за умови безперервності їх виконання, особливо при виробництві робіт в діючих електроустановках.

Найбільш простою формою планування робіт є складання календарного плану-графіку робіт, що є документом, що регламентує постачання в часі устаткування і комплектуючих виробів, потреба в механізмах, машинах, трудових і енергетичних ресурсах, розподіл капітальних вкладень і об'ємів електромонтажних робіт.

Лінійні календарні графіки робіт є консервативними у своєму виконанні і відбивають тільки одну можливу ситуацію ходу робіт. При виникаючих відхиленнях в часі і у взаємозв'язку по чинниках виробництва ця модель має бути скоректована або побудована наново.

При плануванні електромонтажних робіт використовуються мережеві моделі, основними елементами яких є мережеві графіки. Розробка мережевого графіку починається зі встановлення переліку робіт, які необхідно виконати, визначення їх тривалості, раціональної технологічної послідовності і взаємозв'язків між ними.

До початку виробництва електромонтажних робіт на об'єкті мають бути виконані наступні заходи:

- отримана підрядником проектно-технічна документація, затверджена штампом замовника «до виробництва робіт»;

- погоджені між підрядником і підприємствами-постачальниками графік постачання устаткування з урахуванням технологічної послідовності виробництва робіт, перелік складного електроустаткування, що монтується із залученням шеф-монтажного персоналу підприємств-постачальників, умови транспортування до місця монтажу важкого і великогабаритного електроустаткування;

- підготовлені приміщення для розміщення бригад робочих, інженерно-технічних працівників, виробничої бази, а також для складування матеріалів і інструменту;

- здійснено приймання по акту будівельної частини об'єкту під монтаж електроустаткування і виконані передбачені нормами і правилами заходу по охороні праці, протипожежній безпеці, охороні довкілля.

При прийманні устаткування в монтаж робиться його огляд, перевірка комплектності (без розбирання), перевірка наявності і терміну дії гарантій підприємств-виготівників. Результати огляду оформляються відповідним актом.

Електроустаткування при монтажі розкриттю і ревізії не підлягає, за винятком випадків, коли це передбачено державними і галузевими стандартами або технічними умовами, а також випадків тривалого зберігання устаткування з порушенням заводських інструкцій. Деформоване і пошкоджене електроустаткування підлягає монтажу тільки після усунення ушкоджень і дефектів. Електроустаткування, на яке збіг нормативний термін зберігання, вказаний в державних стандартах або технічних умовах, приймається в монтаж тільки після проведення передмонтажної ревізії, виправлення дефектів і випробувань.

Важливим моментом в організації електромонтажних робіт є підготовка і забезпечення безпечних умов праці. Усі підготовчі заходи в цьому плані мають бути закінчені до початку виробництва робіт і прийняті по акту про виконання вимог по охороні праці.

Обов'язки по забезпеченню безпечних умов праці покладаються на підрядника, який розробляє організаційно-технологічну документацію по виконанню робіт (ПВЕР), що містить конкретні проектні рішення, що визначають технічні засоби і методи робіт, що забезпечують виконання нормативних вимог охорони праці.

Початковими даними для розробки таких рішень є: вимоги нормативних документів і стандартів по охороні праці; типові рішення по забезпеченню вимог охорони праці, довідкові посібники і каталоги засобів захисту працюючих; інструкції заводів-виготівників машин, механізмів, устаткування, матеріалів і конструкцій по забезпеченню охорони праці в процесі їх застосування.

Електромонтажні роботи можуть бути пов'язані як з будівництвом нових об'єктів (нових підстанцій, ліній електропередачі), так і з реконструкцією існуючих. У другому випадку електромонтажні роботи відносяться до робіт, що виконуються в діючих електроустановках.

Електромонтажні роботи в діючих електроустановках, як правило, повинні здійснюватися після зняття напруги з усіх струмоведучих частин, що знаходяться в зоні виробництва робіт, їх від'єднання від діючої частини електроустановки, забезпечення видимих розривів електричного ланцюга і заземлення від'єднаних струмоведучих частин. Зона виробництва робіт має бути відокремлена від діючої частини електроустановки суцільним або сітчастим огорожуванням, що перешкоджає проходу в цю частину монтажному персоналу, мають бути вивішені плакати безпеки.

Виділення для монтажної організації зони виробництва робіт, вжиття заходів по запобіганню помилковій подачі в неї напруга, огорожування від діючої частини з вказівкою місць проходів персоналу і проїзду механізмів повинні оформлятися актом-допуском.

Допуск електромонтажників до робіт в діючих електроустановках повинен здійснюватися персоналом експлуатуючої організації і оформляється письмово з вказівкою складу бригади і групи по електробезпеці кожного члена бригади. Наряд-допуск видається керівникові робіт (виконробові, майстрові, менеджеріві) на термін, необхідний для виконання заданого об'єму робіт. Персонал електромонтажних організацій перед допуском до роботи в діючих електроустановках має бути проінструктований з питань електробезпеки на робочому місці особою, що допускає до роботи, яке зобов'язане здійснювати контроль за виконанням передбачених в наряді-допуску заходів по забезпеченню безпеки виробництва робіт.

З метою скорочення термінів введення об'єктів в експлуатацію і підвищення якості виконання електромонтажних робіт прагнуть до

максимальної індустріалізації і механізації цих робіт, а також до залучення для монтажу електроустаткування висококваліфікованого персоналу підприємств-виготівників.

Під індустріалізацією розуміється попереднє комплектування і зборка електроустаткування з метою підвищення його монтажної готовності. Це досягається шляхом перенесення максимально можливої кількості операцій по монтажу елементів електроустановок з монтажної зони на монтажні заводи і майстерні, оснащені високопродуктивними механізмами. Рівень індустріалізації визначається відношенням об'єму електромонтажних робіт, виконаних за межами монтажної зони, до загального об'єму електромонтажних робіт.

Для підвищення рівня індустріалізації робіт великі монтажні організації, як правило, мають у своєму складі підрозділи, що займаються виготовленням виробів, конструкцій і механізмів, що не випускаються промисловістю серійно.

Індустріальний монтаж складається з двох стадій:

перша стадія включає попередню комплектацію електроустаткування, зборку на заводах і монтажних майстернях розрізненого устаткування, що поставляється, в комплектні блоки і укрупнені вузли з доведенням їх до повної монтажної готовності;

на другій стадії виконується установка комплектних блоків і укрупнених вузлів устаткування, прокладаються силові і освітлювальні мережі і мережі заземлення, здійснюється перевірка правильності монтажу, пуско-налагоджувальні роботи і приймально-здавальні випробування електроустаткування.

Пусконалагоджувальні роботи, супроводжуючі електромонтажні роботи, є комплексом робіт, що включає перевірку, налаштування і випробування електроустаткування з метою забезпечення його проектних параметрів і режимів.

1.7 Пусконалагоджувальні роботи електрообладнання

Пусконалагоджувальні роботи здійснюються в чотири етапи [2].

На першому (підготовчому) етапі підрядник: розробляє (на основі проектної і експлуатаційної документації підприємств-виготівників) робочу програму пусконалагоджувальних робіт, що

включає заходи по охороні праці; передає замовникові зауваження за проектом, виявлені в процесі розробки робочої програми; готує парк вимірювальної апаратури, випробувального устаткування і пристосовувань.

На другому етапі робляться налагоджувальні роботи на панелях управління, захисту і автоматики, що окремо стоять, а також налагоджувальні роботи, поєднані з електромонтажними роботами. Початок пусконалагоджувальних робіт визначається мірою готовності будівельних--монтажних робіт: в електротехнічних приміщеннях мають бути закінчені усі будівельні роботи, включаючи і обробні, закриті усі отвори, колодязі і кабельні канали, виконано освітлення, опалювання і вентиляцію, закінчена установка електроустаткування і виконано його заземлення.

На третьому етапі пусконалагоджувальних робіт виконуються індивідуальні випробування електроустаткування, зокрема перевірка і випробування систем охолодження і РПН трансформаторів, пристроїв захисту, автоматики і управління устаткуванням, особливо з новими реле фірм Сіменс і АВВ. Початком цього етапу вважається введення експлуатаційного режиму на цій електроустановці, після чого пусконалагоджувальні роботи повинні відноситися до робіт в діючих електроустановках і виконуватися з оформленням наряду-допуску і дотриманням технічних і організаційних заходів безпеки.

На четвертому етапі пусконалагоджувальних робіт робиться комплексне випробування електроустаткування по затверджених програмах. На цьому етапі виконуються пусконалагоджувальні роботи по налаштуванню взаємодії систем електроустаткування в різних режимах.

В період будівництва об'єкту (лінії електропередачі, підстанції) здійснюється технічний нагляд за виробництвом будівельних, монтажних і налагоджувальних робіт. Цей нагляд забезпечується майбутнім експлуатаційним персоналом (замовником), проектною організацією (авторський нагляд), органами державного нагляду.

Завданням експлуатаційного персоналу на цьому етапі є надання допомоги монтажній організації в частині своєчасного виявлення дефектів, упущень і відступів від проекту.

Після закінчення усіх робіт підрядник повідомляє замовника про необхідність приймання об'єкту в експлуатацію.

Об'єкт, що пред'являється до приймання в експлуатацію, повинен відповідати вимогам законодавства України, проектній документації, договору підряду (контракту) будівельним, санітарним, екологічним і іншим нормам. Оцінка відповідності об'єкту проекту і вимогам нормативних документів здійснюється приймальною комісією, до складу якої входять представники замовника, підрядника, проектувальників територіальних адміністрацій, органів державного нагляду і інспекції по охороні праці.

Замовник пред'являє приймальній комісії усю необхідну проектну і технічну документацію по об'єкту.

В допомогу приймальній комісії створюється робоча комісія, члени якої роблять детальний огляд об'єкту і складають акти з перерахуванням виявлених дефектів і недоробок по окремих розділах проекту або в цілому по об'єкту.

Після усунення підрядником усіх вказаних робочою комісією недоліків і невідповідностей з проектом складається акт приймання закінченого будівництвом об'єкт. На практиці цей акт називається "Актом робочої комісії". Вказаний документ є основою для остаточної оплати усіх виконаних підрядником робіт відповідно до договору підряду (контрактом).

Приймальна комісія складає свої повноваження після затвердження акту приймальної комісії замовником. З цієї миті об'єкт переходить у ведення експлуатуючої організації (замовника), яка приймає його баланс і реєструє в установленому порядку право власності на новий об'єкт в місцевих органах виконавчої влади.

2 МОНТАЖ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ (ПЛ) ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

2.1 Повітряна лінія та її основні елементи

До основних елементів відносять (рисунок 2.1) опори, ізолятори, арматури та самі провідникові частини, проводи. Трохи докладніше про кожен елемент.

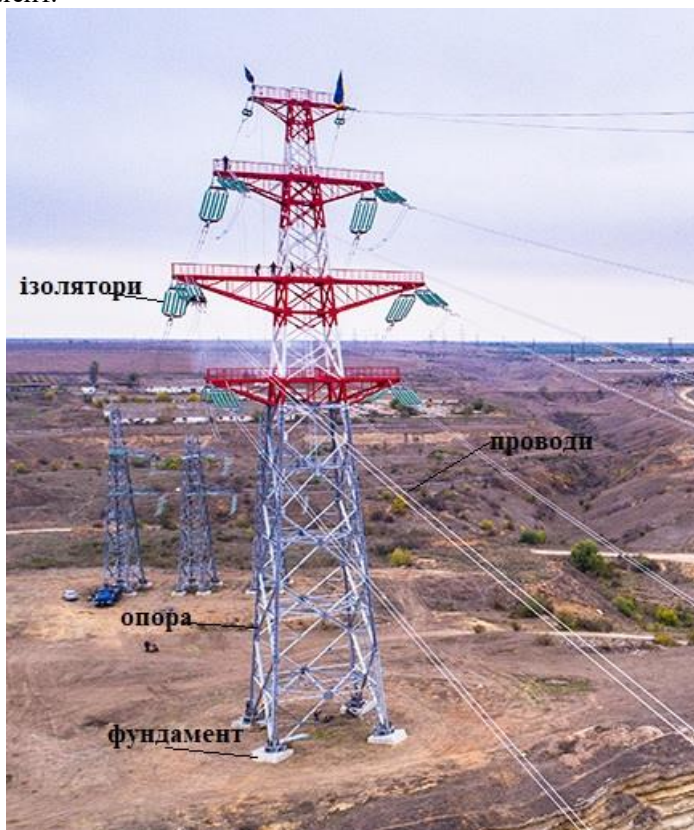


Рисунок 2.1 – Елементи повітряної лінії

Опори — це конструкції що утримують всю конструкцію. Вони бувають різні, і в першу чергу вони відрізняються через струм на який

розраховані, та вимоги місцевості, з окрема вони поділяються на декілька типів.

- Проміжні опори (звичні опори для простих прямих ділянок)
- Анкерні (більш навантажені, для більш складних частин з більшим натягом)
- Перехідні (для перетину перешкод, як природних, так і штучних)

Ізолятори — це частина що призначена відділяти проводи від інших частин ЛЕП. Вони також бувають різні, з різних матеріалів, різної форми та на різну напругу. Їх поділяють на такі типи за конструкцією (рисунок 2.2):

- Штирьові (для ліній 10-35 кВ, компактні та прості, але не підходять для всіх ліній)
- Опорні (в основному використовуються на підстанціях, слугують опорою)
- Прхідні (слугують для безпечного проведення через стіни чи перегородки, також більше використовуються на підстанціях)
- Підвісні дискові (використовуються на більш потужних лініях, набираються гірляндюю)
- Натяжні (для натягіння проводу, та запобіганню надмірному провисанню)



Рисунок 2.2 – Різні види ізоляторів

Арматура — елемент що слугує для кріплення проводів до опори та забезпечення більшої безпеки в обслуговуванні. У них всього 2 основні типи (рисунок 2.3):

- Лінійна (для простого кріплення проводів до опри)

- Сполучна (для закріплення місць з'єднання/відгалудження проводу)



а – лінійна

б – сполучна

Рисунок 2.3 – Види арматури

Проводи — елемент що має передавати електроенергію. В основному вони бувають (рисунок 2.4):

- Голі (старий тип, в основному алюмінієві з сталевим сердечником, але бувають як просто алюмінієві, так і мідні)
- Ізольовані (більш сучасні, але й складніші)



а – голі

б – ізольовані

Рисунок 2.4 – Види проводів

2.2 Види повітряних ліній

Повітряні лінії в основному мають одну функцію, передавання енергії, але різні види мають свою специфіку та призначення. Лінії поділяють за напругою, кількістю кіл, призначенням та типами конструкції.

За напругою вони поділяються на низьковольтні, середньо та високовольтні, а також надвисоковольтні. Низьковольтні (до 1 кВ) для передавання енергії по мережі міста, до окремих будівель та підприємств. Середньо та високовольтні (вище 1кВ), для передачі енергії між містами, та на значні відстані. Та надвисоковольтні (від 500 кВ), для передачі великого обсягу та на великі відстані [2].

За кількістю кіл вирізняють одноколові, двоколові та багатоголові. Одноколові, прості та най невибагливіші мережі. Двоколові, більш надійні, там де це необхідно. Та багатоголові, для великих напруг та великого обсягу передаваної потужності.

За призначенням, для передачі енергії та сигналу.

Зараз конкретніше за типами. Низьковольтні лінії найзвичніші, поширені мережі, застосовуються в містах для розподілу енергії до окремих будинків чи підприємств, освітлення вулиць. Часто разом з проводами електропередачі на таких опорах проводять і лінії зв'язку. Для них часто використовують залізобетонні та дерев'яні опори, рідше сталеві. Опори цих ліній зазвичай монтують прямо у ґрунт. Раніше найчастіше використовували лінії з голим алюмінієвим дротом, та з алюмінієвим дротом та додатковим дротом, виконаним зі сталі, більшість проблем з таким проводом було виправлено з впровадженням більш сучасного проводу типу СПП, він є більш надійним, сучасним хоч і більш складним.

Середньо та високовольтні, за напругою це всі що вище 1кВ, типова напруга в них це 6, 10, 20 та 35 кВ для середніх, та 110, 150, 220 та 330 кВ для високовольтної. Від меншого до більшого. 6 та кВ найбільше використовують для передачі між містами та в промисловості, зараз зустрічаються все рідше, адже запроваджують на їх місце більш потужні лінії 20кВ, це має зменшити втрати та тим самим збільшити економічність лінії.

У цих ліній все ще розповсюджені залізобетонні опори але дерев'яні вже дуже рідко, здебільшого залишки з стандартів СРСР. Причини переходу з стандарту 10 кВ до 20 кВ зрозумілі, хоч у старого стандарту є свої плюси, у нового стандарту преваг все ж більше, в основу це менші втрати (8-10% на 10 км у старого стандарту, та всього близько 2% у нового) та менше необхідно встановлювати трансформаторних підстанцій. Крім того нові лінії можуть передавати більше потужності та при цьому мають запас по перевантаженню. В

основному нові лінії активно замінюють в Київській, Дніпропетровській та Львівській областях, за останні 2 роки було переведено більше 2500 км з стандарту 10 кВ. При цьому для економії часу та здешевлення процесу залишають старі опори, та змінюють на нові лише сам провід та трансформатори.

Високовольтні лінії використовують для зменшення втрат між потужними підприємствами та містами, такі лінії використовують на великих відстанях, адже для прокладання таких ліній потрібна та інша інфраструктура, і ставити її для передавання на малу відстань не є доцільно.

Наприклад: для передачі 1000 МВт на 500 км

- при 110 кВ втрати ~15–20 %
- при 330 кВ ~4–5 %
- при 750 кВ ~1,5–2 %

Проводи в таких лініях це алюмінієві з сталевим осердям великого діаметру, 20-40 мм, при використанні декількох проводів, 1 у 110 кВ, 2-3 у 220-330 кВ, 3-4 у 500 кВ. Проводи для безпеки знаходяться на досить великій висоті, навіть 110 кВ вішають на 6 метрах, а струми вище вішаються ще вище, це визначається за вимогами ПУЕ [1].

У такого положення є й мінуси, треба додаткового захищати лінію від птахів, адже вони можуть своїми діями спровокувати КЗ, що з такими струмами може мати катастрофічні наслідки.

Надвисоковольтні лінії, це виїняткові лінії, до них відносять всі лінії вище 500 кВ(750 кВ, 800 кВ, 1100 кВ) такі лінії є стандартом для передавання енергії міжрегіонального та навіть міжконтинентального транзиту, дуже великих обсягів електроенергії на тисячі кілометрів із мінімальними втратами.

Найдовша та найпотужніша (за кількістю передаваної енергії на рік) лінія знаходиться у Китаї, її довжина досягає 3300 км. Але вона не є найпотужнішою за весь час, адже між росією та Казахстаном є лінія на 1100 кВ, але зараз її потужність знижена до 500 кВ. Також варто згадати лінію 1000 кВ в Японії, також в Індії будується лінія 1200 кВ, однак вона не завершена, та не введена в експлуатацію. Також можна додати що найвища опора знаходиться у Китаї, при висоті близько 385 м, вона була збудована для передачі енергії через річку Янцзи, згідно з планом цієї опори її вага 18 000 тон кожна.

2.3 Вимоги до повітряних ліній

Вимоги до всіх повітряних ліній електропередачі (ПЛ) в Україні та світі базуються на кількох ключових нормативних документах. Нормативна база

- ПУЕ-7 (Правила улаштування електроустановок, 7-ме видання, 2017–2022) — основний документ. [1]

- ДБН В.2.5-23:2010 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення».

- ДСТУ ІЕС 60826:2011 «Навантаження та міцність повітряних ліній електропередачі».

- СОУ-Н ЕЕ 20.179:2008 «Норми проектування повітряних ліній електропередачі напругою 0,38–750 кВ».

Універсальні вимоги до всіх повітряних ліній (незалежно від напруги)[2]

- Вітер (до 40–50 м/с у особливих районах).

- Ожеледь (до 20–40 мм товщиною + комбінація ожеледь + вітер).

- Температура від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (або ширший діапазон для спеціальних районів).

- Танення льоду (запас на «танення»).

- Коефіцієнт запасу міцності дротів і тросів — 2,5 (для звичайних умов), до 3,5–4,0 у складних умовах.

Відстані та габарити.

У населених місцевостях від 6 до 9-10 м (залежно від напруги), у ненаселених місцях 5-8 м. Відстань до дерев, не менше 4 метрів. Відстань до доріг 6 -9 метрів до проїзної частини. Стріла провисання розраховується так, щоб не порушити габарити навіть при $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Охоронні та санітарні зони.

- 0,4 кВ — 2 м по обидва боки

- 6–20 кВ — 10 м

- 35 кВ — 15 м

- 110 кВ — 20 м

- 150–220 кВ — 25 м

- 330–500 кВ — 30 м

- 750 кВ — 40 м

- ± 400 – ± 800 кВ (постійний струм) — 30–40 м

У цих зонах заборонено: будівництво, складування матеріалів, стоянка техніки, посадка високих дерев тощо.

Електробезпека вимагає обов'язкове заземлення всіх металевих опор та арматури. На опорах 35 кВ і вище — розпізнавальні плакати та знаки безпеки. Відстань від дротів до людей при роботах — регламентується НАПБ (наказами з охорони праці). Кожна опора повинна мати заземлення (опір $\leq 10\text{--}30$ Ом залежно від ґрунту та напруги). Грозозахисні троси — обов'язкові для ліній 35 кВ і вище (крім коротких ліній у містах). Кут захисту тросами — не більше $20\text{--}30^\circ$.

Матеріали

- Дроти: алюмінієві, сталеві, алюмо-сталеві (АС), АС з великим перетином для ВЛ > 330 кВ.

- Ізоляція: скляні або полімерні підвісні ізолятори (фарфор практично не використовується на нових лініях).

- Опори: залізобетонні (до 150 кВ), сталеві решітчасті (110–750 кВ), сталеві багатогранні.

Екологічні та пожежні вимоги

- Заборона прокладання над житловими будинками (крім введів 0,4 кВ).

- У лісах — просіки шириною не менше охоронної зони + 2 м.

- У пожежонебезпечних зонах — використання дротів із негорючою ізоляцією або без ізоляції.

Документація та експлуатація

- Проект обов'язково проходить експертизу та погодження з власниками землі.

- Після будівництва — приймально-здавальні випробування підвищеною напругою.

- Періодичні огляди: пішохідні, вертолітні, з безпілотників.

- Реєстрація в Реєстрі ПЛ (в Україні — через ДержЕнергоНагляд).

Ці вимоги є обов'язковими для всіх повітряних ліній — від 0,4 кВ у селі до 750 кВ міжобласних магістралей. Чим вища напруга — тим жорсткіші габарити, запаси міцності та охоронні зони, але базові принципи однакові для всіх.

2.4 Підготовчі роботи

До початку робіт по спорудженню повітряних ліній електропередачі (ПЛ) мають бути виконані наступні роботи: отримані дозволу на ведення робіт по трасі ПЛ, включаючи території лісових масивів і сільськогосподарських угідь; підготовлені тимчасові приміщення для розміщення монтажних бригад і ділянок виконробів; організовані тимчасові бази для складування матеріалів; перевірені стан доріг, мостів і під'їзних шляхів до траси ВЛ, при необхідності споруджені тимчасові під'їзні дороги; розчищена смуга землі уздовж траси, а в лісовій місцевості влаштовані просіки; здійснений передбачений проектом знос будов, що знаходяться на трасі ВЛ або поблизу неї і що перешкоджають виробництву робіт; виконаний виробничий пікетаж - установка уздовж траси ПЛ пікетів, що відмічають майбутні місця установки опор [3, 4].

2.5 Збірка і установка опор

Збірка опор. Стійки дерев'яних опор з'єднуються в нахльостування із залізобетонними приставками (пасинками). З'єднання приставок з дерев'яною стійкою виконуються за допомогою бандажів із сталевих дроту або сталевих хомутів. Для бандажів застосовується м'який оцинкований дріт діаметром 4 мм або неоцинкований дріт діаметром 5...6 мм. Число витків бандажа приймається рівним: 12 - при діаметрі дроту 4 мм; 10 - при діаметрі дроту 5 мм; 8 - при діаметрі дроту 6 мм.

На залізобетонних опорах ВЛ за допомогою спеціальних хомутів монтується сталеві траверси. Для ВЛ напругою до 10 кВ ці траверси мають штирі, на які за допомогою поліетиленових ковпачків армуються штирьові ізолятори. Для ВЛ напругою 35 кВ і вище на кінці траверс встановлюються елементи зчпної арматури для подальшого кріплення гірлянд підвісних ізоляторів.

Фундаменти опор. Металеві опори поставляються окремими елементами, зборка яких між собою виконується за допомогою болтових з'єднань. Після завершення зборки металевих опор робиться відновлення їх антикорозійного покриття в місцях його ушкодження при транспортуванні і зборці. Фундаменти опор. Металеві опори

встановлюються на залізобетонні фундаменти або палі. Котловани під фундаменти металевих опор розробляються екскаваторами. Заглиблення залізобетонних паль в ґрунт виконується віброударним способом. Глибина заставляння фундаментів або паль повинна відповідати проекту ПЛ. Методи монтажу представлені в таблиці 2.1.

Одночасно з пристроєм фундаментів виконується монтаж заземлюючих пристроїв - встановлюються штучні вертикальні і горизонтальні заземлювачі. Залізобетонні і дерев'яні опори встановлюються без фундаментів. Котловани для дерев'яних і залізобетонних опор розробляються спеціальними буровими машинами. Діаметр котловану повинен перевищувати нижній діаметр (розмір) стійки опори на 5...10 см глибина котлованів повинна відповідати проекту ВЛ.

Таблиця 2.1 – Опис методів монтажу фундаментів та опор

Напруга / тип опори	Типові фундаменти	Найпоширеніші методи підймання опор
0,4–35 кВ (залізобетон)	Стійки СК, приставні пасинки, плитні Ф1–Ф4	Автокран 16–25 т «з коліс» або після попереднього складання на землі
110–150 кВ залізобетон	Фундаменти під ригелі, багатоблочні	Автокран 50–100 т або трактор з монтажною стрілою
110–750 кВ сталеві решітчасті	Одно- та багатоступінчасті, пальові (рідко)	Підймання цілою вежею(крани 100–350 т Метод «зростання» (поліспаст 20–50 т + монтажний кран-піонер) або вертольотом для важкодоступних районів
Багатогранні сталеві опори	Фланцеві або пальові	Зазвичай автокраном 70–160 т по секціях (секції до 20–25 м, вага до 18 т)

Установка опор. Методи установки опор залежать від їх конструкцій, фундаментів, а також наявності тих або інших підйомних засобів і механізмів. Більшість опор встановлюються за допомогою підйомного крану відповідної вантажопідйомності. Виліт і робочий хід

стріли підйому крану повинні забезпечувати повний підйом опори, переміщення її до місця установки і утримання у вертикальному положенні до закріплення опори на фундаменті або в ґрунті.

Важливі нюанси:

- Перед монтажем сталевого поясу обов'язкове протикорозійне підфарбовування пошкоджених місць.
- Вертикальність опори після монтажу — не більше $0,001 \times H$ (наприклад, для 40 м — не більше 4 см).
- Болтові з'єднання затягуються динамометричними ключами (М36–М48 — момент 1800–4000 Н·м).

2.6 Монтаж проводів і грозозахисних тросів

Монтаж проводів (тросів) виконується окремо на кожній ділянці ПЛ, обмеженій двома найближчими анкерними опорами (анкерному прольоті), і складається з наступних основних операцій: розкочування проводів, включаючи їх з'єднання і підйом на опори; натягнення проводів з регулюванням стріли провисання; кріплення проводів до ізоляторів опор [5].

Перед розкочуванням проводів до опор підвішуються спеціальні монтажні ролики, на які вивішується провід в процесі розкочування, і по яких виконується наступне натягнення проводу. Розкочування проводів проводиться за допомогою тягового механізму (трактор). Вказана технологія розкочування застосовується для голих (неізольованих) алюмінієвих і сталюалюмінієвих проводів.

Головною особливістю розкочування ізольованих проводів є дотримання особливої обережності при монтажі, що не допускає ушкодження ізолюючого покриття. У однієї анкерної опори на розкочувальний пристрій встановлюється барабан з ізольованим проводом. Цей розкочувальний пристрій має бути оснащений гальмом. У іншій анкерної опори закріплюється розкочувальний механізм з електромеханічною лебідкою і тросом-лідером відповідної довжини.

Для з'єднання ізольованих проводів застосовуються болтові, пресовані або автоматичні (цангові) затиски. Останні дуже зручні при монтажі, оскільки кінці проводів, що сполучаються, після вставки їх в затиск автоматично заклинюються в затиску, забезпечуючи необхідну міцність закладення.

Натягнення проводів виконують за допомогою тягового механізму (трактори, лебідки). При натягненні проводів необхідно стежити за проходженням через монтажні ролики місць з'єднань проводів, у проїжджих доріг, що перетинаються, мають бути виставлені сигнальні знаки.

При натягненні проводів регулюються їх стріла провисання *тобто* відстань між прямою, що сполучає точки підвісу проводу на опорах і нижчою точкою провисання *проводу*. Регулювання стріли провисання виконується по монтажних графіках відповідно до фактичної температури повітря, маркою *проводу* і завдовжки прольоту.

Кріплення голих проводів на анкерних опорах ПЛ напругою до 1 кВ з штирьовими ізоляторами здійснюється закручуванням проводів так званою «заглушкою». На опорах ПЛ напругою вище 1 кВ із стержневими ізоляторами кріплення проводів виконується петлею, утвореною за допомогою болтового плашечного затискача.

Кріплення проводів на анкерних опорах з підвісними ізоляторами здійснюється за допомогою натяжних затискачів. Затискач за допомогою зчіпної арматури кріпиться до нижнього ізолятора гірлянди. *Провід* в затискачу зтягується притискними плашками за допомогою U - образних шпильок.

Кріплення ізольованих проводів на анкерних опорах ПЛ напругою до 1 кВ виконується без ізоляторів за допомогою анкерних затискачів, фіксуючих несучу нульову жилу.

Кріплення ізольованих проводів на анкерних опорах ПЛ напругою вище 1 кВ виконується через підвісні ізолятори і натяжні болтові затиски. Корпус затиску і притискна плашка виготовляються з алюмінієвого сплаву. Момент зтягування болтів затиску нормується і забезпечується динамометричним ключем. Величина моменту вказується на корпусі затиску або в специфікації до нього.

Кріплення голих дротів на проміжних опорах із стержневими ізоляторами здійснюється в'язкою з алюмінієвих проводів. На проміжних опорах з підвісними ізоляторами провід з монтажних роликів перекладається в підтримувальний затискач, прикріплюваний до нижньої частини ізолятора. *Провід* в затиску зтягується притискними плашками за допомогою U - подібних шпильок.

Кріплення ізольованих проводів на проміжних опорах ПЛ напругою до 1 кВ виконується за допомогою укладання нульової жили

СПП в підтримувальній болтовий затискач. Кріплення СПП на проміжних опорах ВЛ напругою вище 1 кВ з штирьовими ізоляторами здійснюється в'язкою проводу до ізолятора.

Відгалуження від лінії з СПП виконуються за допомогою болтових проколуючих затискачів без зняття ізоляції з проводу. Після монтажу відгалуження на затиски встановлюються захисні кожухи, виготовлені із стійкої до атмосферних дій і ультрафіолетового випромінювання пластмаси.

Монтаж грозозахисних тросів аналогічний монтажу проводів. З'єднання тросів виконується, як правило, за допомогою сталевих пресованих з'єднувачів. На ПЛ напругою до 110 кВ кріплення троса до опор виконується за допомогою зчипної арматури без ізолятора. На ПЛ напругою 220 кВ кріплення троса до усіх опор виконується через підвісний ізолятор, як правило, скляний, шунтований іскровим проміжком. У кожній анкерній ділянці на одній з анкерних опор трос заземляється.

2.7 Монтаж трубчастих розрядників і заземлюючих пристроїв

Трубчасті розрядники кріпляться закритим кінцем до елементів опор під кутом 15о до горизонталі при нижчому розташуванні відкритого кінця. Закритий кінець розрядника з'єднується із заземлюючим спуском на опорі з деревини або з металом опори (сталевою і залізобетонною), що проводить. Довжина зовнішнього іскрового проміжку встановлюється відповідно до проекту ПЛ.

При монтажі ВЛ напругою до 1 кВ виконуються заземлюючі пристрої для повторного заземлення нульового *проводу* (PEN - провідника), захисту від грозових перенапружень, заземлення електроустаткування, встановленого на опорах ВЛ. Повторні заземлення виконуються на кінцевих опорах лінії і опорах з відгалуженнями до введень у будівлі, в яких може бути зосереджена велика кількість людей (школи) або які представляють велику матеріальну цінність (склади). Заземлюючі пристрої захисту від грозових перенапружень поєднуються з повторними заземленнями [5].

3 МОНТАЖ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ НАПРУГОЮ ДО 35 КВ

3.1 Підготовчі роботи

На місце монтажу кабель поставляється на спеціальних барабанах. Будівельна довжина кабелю на барабані складає 200...2000 м залежно від зовнішнього діаметру кабелю і номера (розміру) барабана. Для розвантаження кабельних барабанів повинні використовуватися автокрани або спеціальні транспортні засоби - кабельні транспортери.

При прокладенні КЛ в землі (у траншеях, трубах, блоках) заздалегідь оформляється дозвіл на проведення розкопок і виконується розмітка кабельної траси. При перетині кабельною трасою інших підземних комунікацій виконуються узгодження майбутніх перетинів з організаціями, що експлуатують ці комунікації. При відкритому прокладенні кабелю перевіряються кабельні споруди, виробничі приміщення і встановлені в них опорні конструкції для кабелів.

Перед монтажем оглядається кабель на барабанах. Не повинно бути зовнішніх механічних ушкоджень, обидва кінці кабелю на барабані мають бути герметично закладені. За результатами огляду кабелю складається відповідний акт.

3.2 Прокладення кабелів в земляній траншеї

Розпочинати роботи слід з розробки траси прокладання кабелю. Маршрут траси повинен ґрунтуватися на розташуванні всіх споруд навколо майбутніх будівельних робіт, з урахуванням наявних доріг, інженерних мереж та складу ґрунту (наявності підземних пустот і підземних вод) [2, 5-6].

Прокладання кабелів у траншеях доцільно застосовувати на неасфальтованих територіях, у місцях з малою вірогідністю пошкодження. Слід уникати прокладання кабельних ліній на ділянках з блукаючими струмами, а якщо це необхідно – використовувати кабелі з підвищеною стійкістю до впливу електричної корозії і прокладати їх у пластмасових трубах.

Кабелі, що прокладаються у траншеях, мають бути віддалені на нормовані відстані від фундаментів будівель, зелених насаджень, трубопроводів різних призначень та рейкових шляхів електрифікованого транспорту.

Прокладення КЛ в земляній траншеї є одним з найбільш поширених, простих і економічних способів прокладення. Глибина заставляння КЛ від планувальної відмітки має бути не менше 0,7 м для кабелів напругою до 20 кВ і не менше 1 м для кабелів напругою 35 кВ. При перетині вулиць і площ глибина заставляння КЛ має бути не менше 1 м незалежно від напруги.

Траса повинна проходити на відстані не меншій ніж 1,5 метри від стовбурів дерев та 75 см – від чагарників. Великі дерева слід обходити по периметру або вбити під деревом трубу і провести кабель через неї.

При прокладанні траси вздовж фундаменту, відстань до нього має бути не меншою 60 см. Прокладати кабелі в траншеях під фундаментами будівель і споруд заборонено. Бажано уникати перетину кабельної лінії з іншими кабелями та трубопроводами, обходити місця з підвищеним навантаженням на ґрунт, зокрема паркувальні майданчики, місця під'їзду асенізаційної машини, пішохідні доріжки тощо. Якщо це неможливо, то кабелі, що перетинаються повинні бути розміщені на різній висоті, а відстань між ними має бути не меншою 15 см. У місцях перетину на обидва провідники одягають жорсткі футляри з пластикових або азбоцементних труб, що мають на 1 метр виступати по обидва боки від місця перетину.

Кабелі в траншеї укладаються в один ряд. Відстань по горизонталі між сусідніми кабелями $d > 100$ мм і $d > 250$ мм для кабелів напругою до 10 і 20-35 кВ відповідно. Кабелі в траншеї укладаються «змійкою», що забезпечує запас довжини кабелю 1...2% для зменшення розтягуючих зусиль при можливих зміщеннях ґрунту і температурних змінах довжини кабелю.

В одній траншеї рекомендується прокладати не більше шести кабелів з відстанню між ними 200–300 мм. Кабельні лінії прокладають так, щоб у процесі монтажу й експлуатації виключити можливість виникнення в них небезпечних механічних напружень і пошкоджень. Кабелі необхідно укладати з запасом 1–3% довжини (змійкою), достатнім для компенсації можливих зсувів ґрунту і температурних деформацій. Кратність допустимого радіуса вигину до зовнішнього

діаметра кабеля залежить від марки: багатожильні кабелі з паперовою просоченою ізоляцією – 20; з гумовою пластмасовою ізоляцією і броньованою оболонкою – 10 і з непросоченою – 6. Траншеї для прокладання кабельних ліній безпосередньо в землі повинні мати підстилку, зверху кабелі слід засипати дрібною землею без каміння. Глибина траншеї повинна становити 800 мм, щоб забезпечити вкладання кабеля на глибину 700 мм. Допускається зменшення глибини закладання до 500 мм на ділянках довжиною до 5 м при вводі лінії в приміщення, а також у місцях їх пересічення з підземними спорудами при умові захисту кабелів від механічних ушкоджень.

Ширина дна траншеї повинна бути не менше 350 мм у випадку прокладання одного-двох кабелів, а відстань між ними – не менше 100 мм. У випадку прокладання трьох- чотирьох – ширина дна траншеї – 600 мм; у випадку збільшення кількості кабелів в ширину дна траншеї збільшують на 200 мм для кожного кабеля. Кабель напругою до 20 кВкладають на глибину 1 м. У випадку паралельного прокладання кількох кабелів напругою до 10 кВ в одній траншеї відстань між ними або між ними і контрольними кабелями складає по горизонталі 100 мм. Відстань між контрольними кабелями не нормується. У випадку прокладання кабеля біля будинків мінімальна відстань повинна бути 0,6 м. Відстань у створі від КЛ до заземлених частин і заземлювачів опор ПЛ 1 кВ повинна бути не менше 5 м. Кабелі напругою менше 35 кВ повинні захищатися від механічних ушкоджень плитами або цеглою в один шар поперек траси кабелю.

При прокладенні кабелів у кінців, призначених для наступного з'єднання, залишається запас не менше 2 м, необхідний для монтажу сполучної муфти і укладання дуг компенсаторів, що оберігають муфту від пошкодження при можливих зміщеннях ґрунту і температурних деформаціях кабелю, а також для забезпечення можливості повторного монтажу муфти у разі її ушкодження при експлуатації. Укладати запас кабелю у вигляді кілець не допускається.

При зміні напряму траси кабелі згинаються. Щоб уникнути порушення цілісності ізоляції жил і оболонок кабелю встановлюються гранично допустимі радіуси вигину. Для кабелів з паперовою ізоляцією на напругу до 35 кВ в алюмінієвій і свинцевій оболонці радіуси вигину мають бути відповідно не менше 25 і 15D; для кабелів з гумовою,

пластмасовою і СПЕ- ізоляцією - не менше 15D, де D - зовнішній діаметр кабелю.

Вище за верхню засипку, виконану з дрібної землі, укладається шар червоної цеглини (КЛ напругою до 35 кВ) або залізобетонні плити (КЛ напругою 35 кВ), що служать для захисту кабелів від механічних ушкоджень при проведенні землерийних робіт. Перед засипкою траншеї ізоляція КЛ випробовується підвищеною напругою. Пластмасові захисні оболонки кабелів випробовуються напругою 10 кВ.

При перетині кабельної лінії напругою до 35 кВ з водопровідними, каналізаційними та газовими трубопроводами мінімальна відстань до кабельної лінії має бути не меншою 50 см, якщо кабель укладається без захисної оболонки. Та не меншою 15 см – при прокладанні кабелю на ділянці перетину, не меншій ніж 2 м у кожен бік, у трубах. У разі перетину з трубопроводами кабельної лінії напругою від 110 кВ до 330 кВ відстань між ними по вертикалі має бути не меншою 1 м. А за умови розміщення кабелів у трубах або залізобетонних лотках із кришкою – не меншою 50 см. У разі перетину кабельної лінії з залізничними коліями, трамвайними лініями, автомобільними дорогами, місцями заїзду автотранспорту у двори та гаражі, струмками та канавами прокладку слід проводити у тунелях, блоках або трубах. А місце перетину має бути на відстані не меншій 1 метра від полотна залізниць та автодоріг, і не меншій 3 метрів від трамвайних рейок та стрілок хрестовин.

Якщо підземна траса електропостачання йде вздовж трубопроводів відстань від неї має бути не меншою:

- 50 см – до водопроводів діаметром до 300 мм, каналізації, дренажу і водостоків;
- 1 м – до водопроводів діаметром понад 300 мм, трубопроводів із рідинами, прокладених без каналів та газопроводів низького тиску;
- 1,5 м – до газопроводів середнього тиску;
- 2 м – до газопроводів високого тиску (понад 0,294 МПа до 0,588 МПа);
- 3 м – до газопроводів високого тиску (понад 0,588 МПа до 1,177 МПа).

У разі прокладання кабельної лінії паралельно з теплотрасами (гаряче водопостачання та опалення) відстань до стінок каналу

теплопроводів має бути не менше 1 метра. При цьому теплотраса повинна бути добре ізольована.

При прокладанні кабельних ліній паралельно:

- із залізничними коліями – відстань до осі залізничної колії має бути не меншою ніж 3 м, а для електрифікованої залізниці – не менше ніж 10,75 м;

- із трамвайними лініями – відстань до осі трамвайної колії має бути не меншою за 2,75 м;

- із автомобільними дорогами – прокладка має проводитись з зовнішнього боку кювету або підошви насипу на відстані, не меншій ніж 1 м від брівки або 1,5 м від бортового каменю;

- до повітряних ліній електропередачі – відстань до підземних частин і заземлювачів опор повітряних ліній напругою понад 1 кВ, захищених тросами, має бути не менше ніж 7 м, а до безтросових опор – не менше ніж 6 м;

- до опор повітряних ліній напругою до 1 кВ – відстань до опори контактної електромережі або опори зв'язку має бути не менше ніж 1 м.

Зазначені відстані можуть бути зменшені у разі прокладання кабелів у трубах, неметалевих блоках та залізобетонних лотках у місцях щільної забудови.

3.3 Прокладення кабелів у блоках

Блок є заглибленою в землю конструкцією, виконаною з труб різного матеріалу або залізобетонних панелей. Стики труб і панелей закладаються цегляною кладкою або заливаються бетоном. Глибина заставляння в землі кабельних блоків має бути не менше глибини заставляння кабелів в земляній траншеї, вважаючи від верхнього кабелю у блоці. При прокладенні кабелів у блоках через певні відстані споруджуються кабельні колодязі, в яких здійснюється з'єднання кабелів, і через які виконується монтаж кабелів.

При прийманні блоків під монтаж кабелів перевіряється глибина заставляння блоків, їх прямолінійність, співвісна стикування труб або панелей. Блоки мають бути укладені в землю з ухилом не менше 0,2% у бік колодязів для стоку ґрунтових вод, що потрапили у блок [3].

Прокладення кабелів у блоках роблять, як правило, механізованим способом, по черзі затягуючи їх в кабельні канали на

ділянки між двома сусідніми колодязями. Можливе також наскрізне протягання кабелю через декілька колодязів без розрізання кабелю. Проте зусилля натягу при цьому не повинні перевищувати допустимі значення.

Під час переходу кабелів з блоків в земляну траншею місця виходу кабелів з блоків закладаються водонепроникним матеріалом.

Використання блоків збільшує вартість КЛ, погіршує умови охолодження кабелів, але забезпечує надійніший захист кабелів від механічних ушкоджень в порівнянні з прокладенням кабелів в земляній траншеї.

3.4 Прокладення кабелів в кабельних спорудах

При прокладенні в одному напрямі великої кількості кабелів (більше 20), що характерно для енергоємних промислових підприємств, використовуються кабельні споруди: тунелі, галереї, естакади, канали.

Галереї і естакади принципово відрізняються від тунелів тим, що розташовуються над поверхнею землі на залізобетонних стійках і використовуються на виробництвах, де можливі скупчення горючих і вибухонебезпечних газів, важче за повітря, і в місцях з високою агресивністю ґрунту [4].

На території промислових підприємств кабелі можуть прокладатися в каналах. Плита верхнього покриття каналу виконується знімною, масою не більше 70 кг, що забезпечує підйом цієї плити вручну і зручне обслуговування кабелів при експлуатації.

При прийманні кабельних споруд під монтаж кабелів перевіряється відповідність цих споруд проекту КЛ. У тунелях і каналах мають бути виконані заходи по запобіганню попаданню в них технологічних і ґрунтових вод: стики залізобетонних конструкцій мають бути герметизовані, підлоги - мати ухил не менше 0,5% у бік водозбірників.

Прокладення кабелів перерізом 25 мм² і більше, за винятком неброньованих кабелів у свинцевій оболонці, виконується по кабельних конструкціях (консолями), що розташовуються один від одного на відстані не більше 1 м неброньовані кабелі у свинцевій оболонці і неброньовані кабелі усіх виконань перерізом 16 мм і менш повинні прокладатися по лотках або полицях. Кабелі напругою до 1 кВ повинні

розташовуватися в кабельних спорудах над кабелями напругою вище 1 кВ.

Після прокладення кабелів канали закриваються верхніми знімними плитами і засипаються шаром землі завтовшки не менше 0,3 м. На захищених територіях промислових підприємств засипка кабельних каналів землею не обов'язкова. Підземні тунелі повинні мати поверх перекриття шар землі завтовшки не менше 0,5 м.

3.5 Монтаж кабельних ліній у виробничих приміщеннях

КЛ повинні бути доступні для огляду і ремонту, захищені від можливих механічних пошкоджень, віддалені від нагрівальних поверхонь. Проходи для людей можна перетинати кабельними лініями на висоті не менше 1,8 м від підлоги. В підлозі або в стелі кабелі дозволяється прокладати тільки в каналах або трубах [7, 8].

Труби повинні мати внутрішній діаметр не менше 1,5-кратного зовнішнього діаметра кабелів. Проходи кабелів через стіни, перегородки і перекриття з дерева або інших горючих матеріалів повинні бути виконані в трубах діаметром не менше 100 мм. Кабелі, що прокладаються всередині приміщень, не повинні мати зовнішніх захисних покриттів із горючих волокнистих речовин. Їх слід міцно закріплювати спеціальними затискачами. Відстань між сусідніми кріпленнями повинна бути при горизонтальній прокладці 0,8–1 м і до 2 м при вертикальній прокладці. Забороняється:

- закривати кабелі наглухо у підлогу або перекриття;
- відкрито прокладати кабелі по сходових клітках;
- засипати силові кабелі в каналах піском.

Усі з'єднання і відгалуження кабелів виконують у чавунних і епоксидних муфтах, які захищають кабель від вологи і механічних ушкоджень. Кабелі приєднують до затискачів споживача муфтами і запакуваннями. Кабельні муфти повинні забезпечувати у місці з'єднання електричну міцність не менше міцності кабеля у суцільному місці, необхідну механічну міцність на розтягування та герметичність.

Відкрите прокладення кабелів в цехах промислових підприємств виконується по опорних конструкціях, що виготовляються у виді: сталевих стійок з полицями або лотками; стійок із скобами або кронштейнами; настінних полиць і лотків.

Відкрите прокладення кабелів ведуть як механізованим, так і ручним способом. Важкі кабелі великої довжини прокладають за допомогою лебідки по лінійних і кутових роликах. Легкі і короткі кабелі розмотують вручну, а потім переносять і укладають на опорні конструкції.

Прокладені кабелі жорстко закріплюються скобами (хомутами) в кінцевих точках, безпосередньо у сполучних і кінцевих муфт, з обох боків на поворотах траси.

Конструкції, на які укладаються неброньовані кабелі, повинні мати виконання, що унеможливило механічного ушкодження оболонки кабелів. Усі опорні металеві конструкції мають бути електрично сполучені між собою і підключені до заземлюючого пристрою не менше чим в двох місцях.

Кабелі, що відкрито прокладаються, позначаються бирками з вказівкою марки, напруги, перерізу, номера або найменування лінії; на бирках сполучних муфт вказуються номер муфти і дата її монтажу. Бирки мають бути стійкими до дії доквілля і встановлюються на початку і кінці лінії і по її довжині через 50 м, а також на поворотах траси і в місцях проходів кабелів через перегородки і перекриття (з обох боків проходу).

4 МОНТАЖ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ

4.1 Види трансформаторних підстанцій та їх призначення

Трансформаторні підстанції бувають підвищувальні й знижувальні. Перші підвищують напругу електричного струму, що виробляється генераторами електростанцій та передають її на ЛЕП для подальшого транспортування. Знижувальні ж приймають електроенергію з високою напругою від ЛЕП, знижують її до потрібного рівня та передають на місцеві підстанції й на трансформатор для будинку, де вона розподіляється між окремими споживачами.

За функціональним призначенням розрізняють такі типи підстанцій [2]:

- районні трансформаторні підстанції (РТП), які призначені для трансформації електричної енергії з напруги 110-35 кВ на напругу 10-6 кВ.

- центральні розподільчі пункти (ЦРП) – розподільчі пристрої, які призначені для прийому і розподілу електроенергії на одній напрузі без перетворення і трансформації.

- споживчі знижувачі підстанції (ТП), які отримують живлення від РТП або ЦРП, перетворюють енергію на знижену напругу та розподіляють її поміж групами споживачів. Сільські споживчі підстанції зазвичай будують для трансформації напруги з 10-6 кВ до 380 В.

- перетворюючі підстанції (ПП), які призначені для перетворення електричного струму за частотою і числом фаз (наприклад, змінного струму на постійний) головним чином за допомогою вентильних перетворювачів (вентильні та інверторні).

За конструктивним виконанням підстанції бувають [2, 5]:

- відкриті, обладнання яких встановлюється на відкритому повітрі. До них належать відкриті розподільчі пристрої (ВРП) та трансформаторні підстанції (рисунк 4.1-4.3);

- закриті, що розміщуються у будовах різної конструкції.



Рисунок 4.1 – Встановлення окремої будівлі для підстанції



Рисунок 4.2 – Приміщення де встановлюються частини підстанції

Комплектна трансформаторна підстанція (КТП) - підстанція, складена з шаф чи блоків з умонтованими в них трансформатором та іншим обладнанням розподільної установки, яку постачають складеною чи підготовленою до складання.



Рисунок 4.3 – Комплектна трансформаторна підстанція (КТП)

Комплектна розподільча установка (КРУ) – електричне розподільне устаткування, укомплектоване з шаф чи блоків з умонтованим у них обладнанням, пристроями керування, контролю, захисту, автоматики і сигналізації, яку постачають складеною чи підготовленою до складання для внутрішнього або зовнішнього встановлення.

Мачтові або стовпові підстанції – це відкриті підстанції, обладнання яких встановлено на конструкціях або опорах ліній електропередачі на висоті, яка не потребує огороження підстанцій (рисунок 4.4).

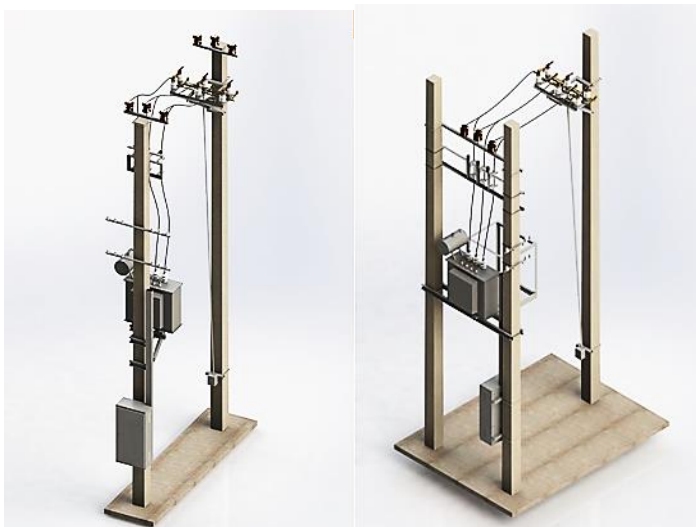


Рисунок 4.4 – Зовнішній вид стовпових підстанцій

За способом приєднання до мережі високої напруги підстанції поділяються на тупикові, проміжні та вузлові (або опорні) [2].

Тупикові – підстанції, що отримують живлення по одній або двом радіальним лініям від одного центру живлення (рисунок 4.5). Проміжні, які в свою чергу поділяються на 2 види:

а) відгалужувальні, які приєднуються до однієї або двох ліній на відгалуженнях від них;

б) прохідні, які приєднуються шляхом заходу-виходу однієї лінії від одного центру живлення або двох ліній від двох центрів живлення.

Вузлові (опорні) – підстанції, що приєднуються до мережі, як правило, не менш ніж по трьом живильним лініям електропередач високої. Прохідні та вузлові підстанції, через шини яких здійснюються перетоки потужності, мають назву транзитні.

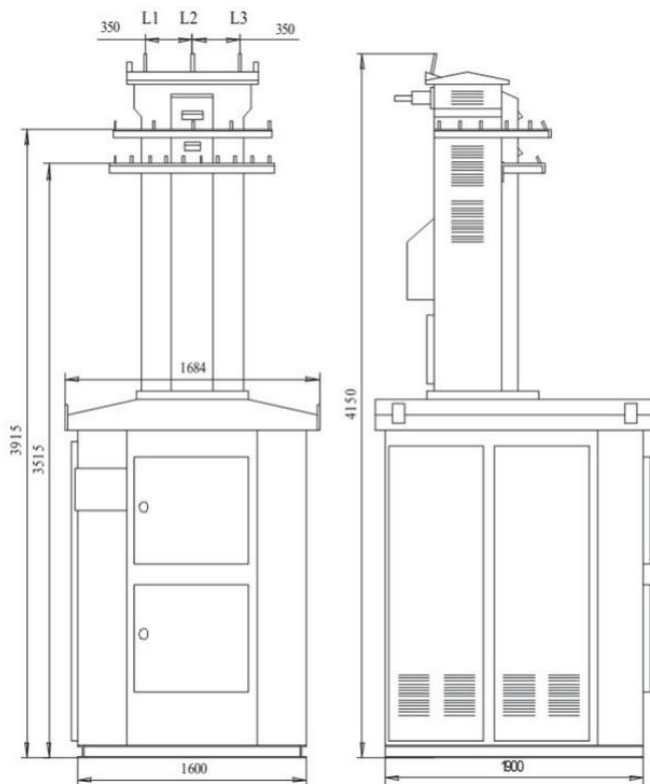


Рисунок 4.5 – Зовнішній вид тупикової трансформаторної підстанції

Конструкція КТП із тупиковою схемою з боку ВН КТП складається із блоку високовольтного вводу (ПВН) і шафи розподільчих пристроїв низької напруги (РПНН). Блок ПВН складається із шафи силового трансформатора й струмопроводу. Струмопровід встановлюється на даху шафи силового трансформатора. Конструкція складових частин КТП виконана зі сталевих каркасів й обшивки, що забезпечують їхню механічну міцність, захист від дії кліматичних факторів елементів електромонтажу й вбудованих апаратів з обліком їхнього кліматичного виконання й категорії розміщення, а також вимоги по безпечному обслуговуванню й експлуатації.

4.2 Вимоги до трансформаторних підстанцій

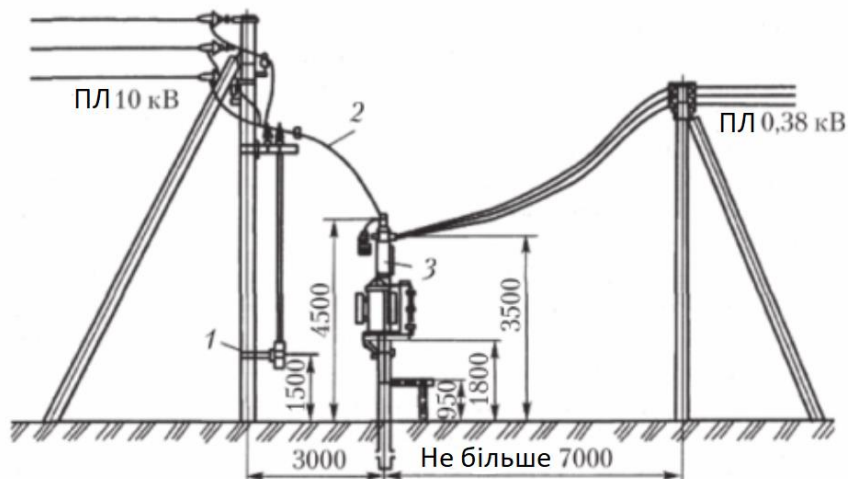
Норми розміщення трансформаторних підстанцій, що знаходяться в кіосках та на стовпах, відрізняються одна від одної. Перш ніж планувати спорудження, проводити монтаж обладнання, потрібно врахувати всі норми ДБН, якими передбачено наступне (рисунок 4.6):

1. Трансформаторна підстанція ДБН, яка змонтована в кіоск, може розміщатися впритул до будівель у вигляді прибудови, всередині неї та окремо.

2. Мінімальна відстань до газопроводу чи АЗС складає понад 10 метрів для закритих підстанцій та понад 25 метрів для відкритих.

3. Відстань від трансформаторної підстанції до житлового будинку має бути понад 10 метрів (актуально для відкритого типу станції).

4. Відстань до автодоріг, стоянок, з урахуванням охоронної зони шириною 3 метри, залежить від класу напруги станції. Чим він більший, тим більша відстань. Так для підстанцій потужністю до 110 кВт це 10,5 метрів, для потужності до 220 кВт – 11,5 метрів, а якщо потужність перевищує 500 кВт, то 12,5 м.



1 - привід роз'єднувача; 2 - провід на напругу 10 кВ; 3 - КТП
Рисунок 4.6 – Розміщення та приєднання КТП до ПЛ напругою 10 і 0,38кВ

Такі роботи потребують завчасної підготовки території, її розчищення під будівлю, прокладення траншей під системи захисту та кабелі. Коштують вони досить дорого.

Набагато дешевшими є щоглові підстанції, які монтуються на одному чи двох стовпах, що заглиблюються в землю на глибину 2 метри. Сама станція повинна знаходитися на висоті 4 метри. Ділянка землі для її спорудження повинна мати нахил для відведення води чи мастила на випадок аварії. Процес відбувається швидше, ніж для трансформаторних підстанцій, та потребує меншої кількості дозвільних документів. Але це дозволяється лише для об'єктів потужністю до 250 кВт. Підстанції потужністю понад 250 кВт можуть розміщуватися лише в окремі споруді.

Також обов'язково треба встановлювати заземлення (рисунок 4.7). Кожен електрод повинен підключатися до загального контуру через окреме відгалуження. Він повинен мати форму багатокутника, але ніяк не ламаної смуги. Штирі та куточки **не можна з'єднувати послідовно**, тому що в разі порушення контакту на одній ділянці, може «відпасти» велика частина ланцюга [8].



Рисунок 4.7 – Схема монтажу заземлення

4.3 Підготовчі роботи

В ході виконання загально-будівельних робіт готуються під'їзні шляхи до місця установки трансформатора, фундамент під трансформатор і маслоприймач з гравієвою засипкою.

При прийманні фундаментів під трансформатори мають бути перевірена наявність і правильність установки анкерів для кріплення тягових пристроїв при перекочуванні трансформаторів і наявність фундаментів під домкрати для розвороту катків.

В ході підготовчих робіт мають бути підготовлені у необхідній кількості трансформаторне масло, місткості для його зберігання, індикаторний силікагель для термосифонних фільтрів і повітросушників. Трансформатори потужністю до 1600 кВА поставляються повністю зібраними і залитими маслом. Трансформатори більшої потужності залежно від габаритних розмірів і маси поставляються з демонтованими вузлами, залиті маслом або без масла.

Розвантаження трансформатора на монтажному майданчику виконується підйомним краном відповідної вантажопідйомності або за допомогою гідравлічних домкратів. Усі операції по транспортуванню, розвантаженню і зберіганню трансформатора до його монтажу повинні оформлятися відповідними актами [7, 8].

4.4 Встановлення комплектної трансформаторної підстанції

Будівельно-монтажні роботи. Котловани для фундаментів бурять спеціальними бурильними машинами БКГО, ГБС. Діаметр свердловинних котлованів повинен складати 450 мм. Встановлюють стояки УСО-3А, УСО-4А. При спорудженні фундаменту КТП зрізають рослинний шар ґрунту не менше ніж на 10 см, залишають пісочну основу і вкладають залізобетонні конструкції.

Монтажні роботи ведуться у дві стадії.

На першій стадії електромонтажники контролюють правильність установки будівельниками закладних елементів, які передбачені будівельними кресленнями, та встановлюють згідно з проектом електроустановок конструкції для освітлювальних пунктів, що окремо монтують для панелей захисту і електричних апаратів; виконують

монтаж внутрішньої мережі заземлення та приєднують вводи від заземлювачів до заставних конструкцій КТП. Для створення заземлювального контуру підстанції в ґрунт встановлюють вертикальні та горизонтальні заземлювачі.

Привезене на монтажний майданчик обладнання оглядають, виявляючи дефекти, що з'явилися при транспортуванні. Ціле обладнання встановлюють на підготовлений фундамент. При підготовці КТП на монтажному майданчику перевіряють комплектність технічної документації підприємства-виробника, відповідність направляючих під трансформатор (кронштейнів) і при необхідності встановлюють направляючі потрібної конструкції. Стропову КТП без упаковки виконують за відповідні крюки та рами. Переміщення та підйом комплектних камер і КТП завжди виконують у вертикальному положенні згідно з написами “Верх”; “Низ”.

4.5 Послідовність монтажу КТП

На робоче місце КТП встановлюють на раніше підготовлені при виконанні будівельних робіт основи, закладні частини, опорні рами, вивірювання по рівню на проектній відмітці.

КТП повинна встановлюватися на фундаменті висотою не менше 0,4 м від планованого рівня землі й мати відстань від землі до неогороджених вводів ВН не менше 4,5 м, а до виводів НН - не менше 4 м. КТП встановлюється на бетонну площадку. Відхилення закладних елементів не повинно перевищувати 1 мм на 1 м довжини і 5 мм на всю довжину елемента. Несучі поверхні швелерів приєднують до контуру заземлення смугою із сталі 40x4 мм не менше ніж у двох місцях. Навантаження та вивантаження блоків КТП виконують за допомогою підйомного крану.

Після закріплення КТП на фундаменті встановлюють: низьковольтні ізолятори; прохідні ізолятори 10 кВ; патрони запобіжників серії ПК; високовольтні та низьковольтні розрядники. Після установки всіх необхідних компонентів виконують з'єднання трансформатора з розподільним пристроєм, заземлення корпусів, підключення повітряної лінії 10 кВ, підключення повітряної лінії 0,4 кВ.

На другій стадії монтажних робіт одночасно з роботами на первинних колах виконують монтаж вторинних кіл. В релейних шафах камер КТП встановлюють прилади і апарати захисту, керування, сигналізації, вимірювання і обліку електроенергії, які демонтуються на час транспортування.

Згідно з проектом прокладають, розробляють і підключають контрольні кабелі, кабелі живлення оперативним струмом і кабелі освітлення. Усі проходи кабелів із каналів через відрізки труб ущільнюють бандажами із шпагату та ізоляційної стрічки. Згідно з кабельним журналом на кінці кабелів установлюють маркувальні бирки з написами. На жили кабелів також ставлять бирки з написами, що відповідають позначенням на схемі.

Електрообладнання РП повинно задовольняти умови роботи як для номінальних режимів, так і для коротких замикань, перенапруг та перевантажень.

Силовий трансформатор у шафі переміщається на котках по напрямних швелерах. Для виключення переміщення силового трансформатора при експлуатації КТП на напрямних швелерах передбачена установка двох упорів, що фіксують положення діаметрально протилежних котків силового трансформатора. На даху шафи передбачені пристрої для підйому як самої шафи, так і всієї КТП у транспортному положенні.

4.6 Монтаж трансформатора

Трансформатори встановлюються, як правило, безпосередньо на фундамент без кареток (катків) і рейок. Трансформатор встановлюється на фундамент так, щоб його кришка мала підйом у напрямку до розширювача не менше 1%.

Нормативні документи (СНіП, ГОСТ і інші) передбачають монтаж трансформатора без ревізії його активної частини, якщо не порушувалися умови транспортування, розвантаження і зберігання трансформатора.

Ревізія активної частини допускається лише у тому випадку, коли зовнішні ознаки або результати вимірів вказують на можливі внутрішні ушкодження. При ревізії активної частини виконуються: перевірка стану болтових кріплень; підпресовування обмоток; огляд і перевірка

стану ізоляції елементів активної частини; перевірка схеми заземлення; перевірка опору ізоляції магнітопровода і його частин.

Після проведення усіх робіт по ревізії активної частини її промивають сухим трансформаторним маслом, встановлюють у бак, після чого ущільнюють усі місця з'єднань кришки з баком (герметизують трансформатор).

4.7 Монтаж системи охолодження і окремих вузлів трансформатора

Трансформатори з природним масляним охолодженням М (ONAN) потужністю до 1600 кВА транспортуються разом з радіаторами охолодження, трансформатори потужністю 2500 кВА і більше - з демонтованими радіаторами. У трансформаторів з примусовою циркуляцією повітря Д (ONAF) і примусовою циркуляцією повітря і масла ДЦ (OFAF) системи охолодження на час транспортування демонтуються і встановлюються на місці монтажу трансформатора.

Блоки системи охолодження виносного виконання встановлюються на окремих фундаментах по периметру трансформатора і з'єднуються трубами з баком трансформатора.

Одночасно з монтажем системи охолодження монтуються інші вузли, що поставляються окремо від трансформатора: вводи до обмоткам, розширювач з покажчиком рівня масла і повітросушник, вихлопна труба, газове реле, реле рівня масла, термосифонний фільтр, вимірювальні прилади.

При установці вводів особливу увагу звертають на якісне ущільнення місця посадки введення в кришці трансформатора і на забезпечення надійних контактних з'єднань виводів обмоток.

Повітросушник з'єднує надмасляний простір в розширювачі з навколишнім повітрям. Приєднання до трансформатора термосифонного фільтру виконується фланцевими з'єднаннями, розташованими у верхній і нижній частинах бака трансформатора.

Після закінчення монтажу усіх вузлів доливають сухе масло у бак трансформатора із заповненням його системи охолодження і термосифонного фільтру. Температура масла, що заливається, має бути не нижче 10°C. При цьому температура активної частини має бути вище

за температуру масла. Масло під тиском подається через вентиль, розташований в нижній частині бака трансформатора.

4.8 Монтаж роз'єднувача та приводу до нього, приладів та запобіжників

Прилади встановлюються і вивіряються таким чином, щоб їхні цоколі розташовувалися на вертикальних площинах, а вертикальні і горизонтальні осі шкал - по відповідних, осях панелі [4, 5].

Затягування кріпильних болтів ведеться рівномірно, без перевищення необхідного зусилля, щоб не деформувати корпус приладу і не зірвати різьблення на болтах.

У процесі монтажу приладів і кіл вторинної комутації повинні бути зроблені наступні перевірки й іспити: вимір опору ізоляції; визначення правильності приєднання проводу до схеми; визначення полярності вимірювальних трансформаторів; перевірка правильності підключення вимірювальних приладів, приладів сигналізації, релейних приладів, ключів керування та ін.; іспит підвищеною напругою змінного струму.

Перед початком монтажу виконують ревізію та огляд: запобіжників. Запобіжник повинен мати цілісність контактних деталей, ізоляторів, армування, покажчика спрацювання. Запобіжники монтують на сталевій рамі всередині шафи РУ. Цоколь ізоляторів повинен співпадати по вертикалі із поздовжньою віссю патрона і контактних губок з припуском + 0,5 мм. Встановлені патрони регулюють таким чином, щоб обмежувачі фіксували правильне положення патронів і затримували їх від повздовжнього переміщення. Запобіжники заземлюють, приєднують до фланців опорних ізоляторів, рами або металевої конструкції.

Монтаж виконують поетапно: ревізія обладнання; підйом на опорні конструкції і закріплення; перевірка і регулювання основних та сигнальних контактів; одночасна перевірка роботи роз'єднувача та приводу у роботі.

Ревізія - перевіряють стан порцелянових деталей, відсутність тріщин, надколів, надійність кріплення всіх вузлів та деталей,

справність контактної системи. *Підйом* - виконують залежно від ваги за допомогою пересувного штативу або ручного таля. *Кріплення* - за допомогою болтів або штирів.

Роз'єднувач та привід встановлюють таким чином, щоб осьові лінії не відхилялись більше ніж на ± 2 мм. Роботи по встановленню та регулюванню роз'єднувача слід вважати закінченими, якщо привід і вся система передачі працює чітко без затримок, холостий хід не перевищує 5° . Після закінчення монтажу до пуску в експлуатацію контактні частини роз'єднувача змащують технічним вазеліном, обертають папером та закріплюють шпагатом.

4.9 Монтаж заземлювальних пристроїв ТП 10/0,4 кВ

Місце для встановлення заземлювального пристрою вибирається відповідно до проєкту з використанням генерального плану, на якому нанесені усі комунікації.

Вертикальний заземлювач конструктивно виконується з вертикальних електродів довжиною 1,5 або 2 метри, які з'єднуються методом зрощування. Для покращення занурення електродів в фунт використовується литий наконечник (насадка нижня) підвищеної твердості, що полегшує занурення штанги електродів у ґрунт. Для приєднання заземлювача до мережі заземлення використовується універсальний затискач. За його допомогою можна виконувати приєднання до сталеві стрічки 40x4 та дроту діаметром 8-10 мм. Для герметизації з'єднання використовується антикорозійна стрічка.

Електроди діаметром 20 мм мають достатню жорсткість, їх занурюють вібримолотом або за допомогою кувалди. Перед занурюванням електродів необхідно підготувати заглиблення в ґрунті на глибину не менше 0,7 метра. Вставити нижню насадку в електрод за допомогою молотка. На верхню частину електрода надіти бойок та виконати занурювання першого електрода.

Далі вставити наступний електрод. При забиванні, під дією ударної сили, відбувається їх зрощування. Занурюють необхідну кількість електродів. Потім вертикальний заземлювач під'єднують до мережі заземлення за допомогою затискача. Для герметизації болтового з'єднання використовується антикорозійна стрічка.

Після завершення робіт необхідно: засипати верхню частину заземлювача з точкою підключення шунту; зафіксувати пристрій для огляду; намалювати схему змонтованого заземлювального пристрою з прив'язкою до великих стаціонарних орієнтирів; відключити вимірювальні прилади; прибрати робоче місце; документально оформити змонтований заземлювальний пристрій [8].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видпнмицтво «Форт», 2017. - 760 с.
2. Експлуатація та монтаж електрообладнання: методичні вказівки для самостійної роботи з навчальної дисципліни «Експлуатація та монтаж електрообладнання» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / [уклад.: Р. В. Телюга, О.А.Козловський, В. В. Зінзура]. - Кропивницький: ЦНТУ, 2018 – 200 с.
3. Технологія електромонтажних робіт. Методичні рекомендації до вивчення курсу лекції для здобувачів вищої освіти освітнього ступення «Бакалавр» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання/ укладачі: О.С. Садовий, В.А. Мардзявко, А.Ю. Руденко.
4. Технологія монтажу електрообладнання промислових підприємств: навч. посібник / За ред. І. М. Григоренка. – К.: Ліра-К, 2021.
5. Технологія електромонтажних робіт: підручник / В.В. Чорна, С.В. Чорний. – Х. : Компанія СМІТ, 2014. – 288 с.
6. Монтаж енергообладнання та систем керування. Частина I : навч. посіб. для студ. ВНЗ / М. П. Кунденко та ін. Харків: ХНТУСГ, 2017. 282с.
7. Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв : навч. посіб. /Грабков В. В. та ін. Вінниця : ВНТУ, 2011. 173 с.
8. Електробезпека: Підручник / С.В. Панченко, О.І. Акімов, М.М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 295 с.