

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Система електропостачання спортивно-оздоровчого табору
«Твій табір»

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТ-41
спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

		Хойняк Р.І.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		Коваль В.П.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		Коваль В.П.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри		Коваль В.П.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Презентація
2.
3.
4.
5.
6.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	Гурик О.Я., к.т.н., доцент кафедри МТ		
Нормоконтроль	Коваль В.П., к.т.н., завідувач кафедри ЕІ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.03.2025	
2	Аналітичний розділ	28.03.2025	
3	Проектно-конструкторський розділ	31.04.2025	
4	Розрахунковий розділ	30.05.2025	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2025	
6	Загальні висновки	03.06.2025	
7	Оформлення пояснювальної записки	05.06.2025	
8	Оформлення графічної частини	06.06.2025	

Студент

(підпис)

Хойняк Р.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Коваль В.П.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТ–41. - Т. : ТНТУ, 2025.

Стор. 70; рис. 32; табл. 11; креслень -; джерел 25; додатків 0.

Робота бакалавра виконана згідно завдання на тему: «Система електропостачання спортивно-оздоровчого табору «Твій табір»».

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи електропостачання спортивно-оздоровчого табору «Твій табір».

Встановлено електронний лічильник типу *NIK 2307 ARTT 1600. M.21 5–10A 3x220/380 В в РУНН – 0,4 кВ*. Запропоновано схему організації обліку. Прийнято однострансформаторну *КТП–10/0,4кВ*. Прийнято силовий трансформатор потужністю *250 кВА*. Проведено вибір автоматичного вимикача *0,4 кВ*. Прийнято *ВА88–37* із струмом розчеплювача *400 А*. Вибрано ТС марки *T–0,66–0,5S*. Проведено розрахунки заземлюючого пристрою *ТП 10/0,4 кВ*. Заземлюючий пристрій *КТП–10/0,4 кВ* прийнято одним для усіх напруг - *10 кВ* та *0,4 кВ*. Запропоновано план мережі заземлення. Передбачено виконання будівництва відпайки *ПЛЗ–10 кВ* від існуючої *ПЛ–10 кВ Л–19 оп. №98* до проєктованої *КТП–10/0,4 кВ*. Проєктовану ділянку *ПЛЗ–10 кВ* виконано ізольованим проводом *З СПхЗ 1х50*. Для підключення проєктованої *КТП–10/0,4 кВ* на опорі *№23* встановлено лінійний роз'єднувач *РЛНДЗхІ–10/400*. Показано загальний вигляд *КТП-10/0,4 кВ*. Проведено вибір опор *ПЛ* електропередач. Проведено вибір обмежувача перенапруг *AZC 092* та *AZC 152*. Проведено вибір роз'єднувача на кінцевій опорі *РЛНДЗ-10/400У1*.

Ключові слова: спортивно-оздоровчий табір, система електропостачання, опора лінії електропередач, силовий трансформатор.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Типи опор повітряних ліній.....	8
1.1.1 Види та типи опор повітряних ліній електропередач.....	8
1.1.2 Основні типи опор та їх конструкції.....	8
1.1.2.1 Проміжні опори.....	10
1.1.2.2 Опори анкерні.....	11
1.1.2.2.1 Кінцеві опори.....	12
1.1.2.2.2 Транспозиційні опори.....	12
1.1.2.2.3 Кутові опори.....	13
1.1.2.2.4 Відгалужувальні опори.....	14
1.1.2.2.5 Перехідні опори.....	15
1.1.3 Одностійкові конструкції опори ПЛ.....	17
1.1.4 Класифікація за матеріалами опор ЛЕП.....	17
1.1.4.1 Дерев'яні.....	17
1.1.4.2 Залізобетонні.....	19
1.1.4.3 Сталеві.....	19
1.1.5 Маркування опор ЛЕП.....	20
1.2 Постановка задач	21
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	22
2.1. Схема електричної мережі живлення 10 кВ.....	22
2.2 Схема електричної мережі живлення 0,4 кВ.....	23
2.3 Вимірювання і облік електроенергії.....	23
2.4 Вибір потужності трансформатора.....	25
2.5 Вибір АВ 0,4 кВ.....	28
2.6 Вибір ТС 0,4 кВ.....	28
2.6.1 Вибір напруги.....	28

2.6.2 Вибір первинного струму.....	28
2.7 Розрахунки заземлюючого пристрою трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ.....	29
2.8 План ділянки.....	30
2.9 КТП-10/0,4 кВ. План посадки.....	36
2.10. КТП-10/0,4 кВ. Зовнішній вигляд.....	36
2.11 План мережі заземлення КТП-10/0,4 кВ.....	39
2.12 Висновки до Розділу 2.....	40
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	42
3.1 Розрахунок заземлюючих пристроїв опор 10 кВ.....	42
3.2 Заземлювальний пристрій опори ПЛЗ-10 кВ.....	43
3.3 Вибір опор ПЛ електропередач.....	45
3.4 Обмежувач перенапруг ОПН.....	56
3.5 Роз'єднувач на кінцевій опорі.....	59
3.6 Висновки до Розділу 3.....	60
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	61
4.1 Будівництво та охоронні зони ЛЕП.....	61
4.2 Охорона праці при експлуатації і ремонті ПЛ.....	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	67

ВСТУП

Актуальність теми. Розробка системи електропостачання спортивно-оздоровчого табору є важливим і актуальним завданням у сучасних умовах. Спортивно-оздоровчі табори відіграють значну роль у забезпеченні активного відпочинку, фізичного розвитку та оздоровлення дітей і молоді. Для повноцінного функціонування таких об'єктів необхідне стабільне, безпечне та енергоефективне електропостачання.

Однією з ключових причин актуальності є необхідність створення комфортних умов перебування в таборі. Системи опалення, освітлення, водопостачання, вентиляції, охорони та зв'язку безпосередньо залежать від наявності електроенергії. Безперебійне електропостачання гарантує стабільну роботу всіх цих систем і, відповідно, безпеку та комфорт для дітей і персоналу.

Крім того, сучасні вимоги до енергетичної ефективності передбачають впровадження новітніх технологій у сфері електропостачання. Це включає використання енергозберігаючого обладнання, автоматизованих систем керування та відновлюваних джерел енергії.

Актуальність також зумовлена необхідністю модернізації існуючих таборів, інженерні мережі яких часто перебувають у зношеному або застарілому стані. В умовах зростання навантаження на енергосистему, виникає потреба у проектуванні нових або реконструкції старих систем електропостачання, що відповідають сучасним стандартам безпеки і ефективності.

Окрему увагу слід приділити автономності системи. В умовах можливих перебоїв з електропостачанням, особливо в період надзвичайних ситуацій чи нестабільної енергетичної ситуації, важливо забезпечити табір резервними джерелами живлення, наприклад, генераторами або сонячними батареями. Це дозволить забезпечити безперебійну роботу найважливіших систем та уникнути надзвичайних ситуацій.

Отже, розробка сучасної системи електропостачання спортивно-оздоровчого табору є актуальним завданням, яке спрямоване на забезпечення безпеки, комфорту, енергоефективності та надійності функціонування закладу, а також на створення умов для оздоровлення дітей та якісного відпочинку.

Тому, розробка системи електропостачання спортивно-оздоровчого табору «Твій табір» є актуальною задачею.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи електропостачання спортивно-оздоровчого табору «Твій табір».

Завдання:

1. Встановити електронний лічильник. Запропонувати схему організації обліку.
2. Вибрати силовий трансформатор.
3. Провести вибір автоматичного вимикача 0,4 кВ.
4. Провести вибір трансформатора струму 0,4 кВ.
5. Провести розрахунки заземлюючого пристрою ТП 10/0,4 кВ. Запропонувати план мережі заземлення.
6. Передбачити виконання будівництва відпайки *ПЛЗ–10 кВ* від існуючої *ПЛ–10 кВ Л–19 оп. №98* до проєктованої *КТП–10 / 0,4 кВ*.
7. Показати загальний вигляд КТП-10/0,4 кВ.
8. Провести розрахунок заземлюючих пристроїв опор 10 кВ.
9. Провести вибір опор ПЛ електропередач.
10. Провести вибір обмежувача перенапруг.
11. Провести вибір роз'єднувача на кінцевій опорі.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Типи опор повітряних ліній

1.1.1 Види та типи опор повітряних ліній електропередач.

Основою складної розгалуженої енергетичної системи країни є мережа повітряних ліній електропередач та підстанцій. При передачі електроенергії по неізолюваним проводам потрібно забезпечити певну відстань від сторонніх об'єктів, а також відстань між самими проводами, щоб уникнути замикань. Тому одним із основних елементів ліній електропередач є опори, що підтримують дроти на встановленій висоті від землі, транспортних потоків, наземних об'єктів, людей, тварин. Проводи на стовпах закріплюються у порядку. Відстань між лініями повинна виключити випадковий контакт та замикання за будь-яких погодних умов та вітрів [1-8].

Енергетична інфраструктура зводиться під час будівництва як гігантських промислових об'єктів та малоповерхової житлової забудови. Чим більша протяжність повітряних ліній, тим більше потрібно конструкцій, що підтримують дроти для передачі енергії на таку відстань. При проектуванні лінійних об'єктів необхідно враховувати кліматичні умови, особливості ґрунтів та рельєфу місцевості.

1.1.2 Основні типи опор та їх конструкції

Опорні конструкції ЛЕП розрізняються матеріалом, конструкцією (формою), способом встановлення (кріплення на ґрунті), призначенням [1-8].

Основна класифікація опор ЛЕП, як правило, проводиться за характером навантажень, а простіше кажучи, за способом підвіски проводів. Анкерні сприймають натяг проводів, які кріпляться у натяжних затискачах. Горизонтальні натяжні гірлянди є продовженням дроту, передають його натяг на основу. Проміжні опори сприймають вертикальне навантаження ваги проводів,

які закріплюються в підтримуючих затискачах, а також горизонтальні вітрові навантаження, але не поздовжні навантаження від ваги проводів.



Рисунок 1.1 – Анкерна опора



Рисунок 1.2 – Проміжна опора

Проміжні стовпи становлять понад 80% від загальної кількості всіх опорних елементів ЛЕП. Вони встановлюються на прямих ділянках трас чи ділянках повороту траси з кутом трохи більше 20-30 градусів. Проводи на них закріплені у вертикальних підтримуючих гірляндах або в'язкою на штирьових ізоляторах.

Опора анкерна встановлюється у місцях згину трас, за необхідності зміни характеристик проводів (перетину, марки), їх кількості, а також за вимогами ПУЕ [9] та будівельних норм та правил при перетині лінії електропередач з окремими об'єктами інфраструктури.

Таким чином, звичайна лінія електропередач складається з основних анкерних стійок, що встановлюються:

- з певним кроком на прямих ділянках трас,
- при зміні рельєфу місцевості (перетин водних об'єктів, пагорби, яри)
- у місцях зміни напрямку траси,
- при розгалуженні лінії, з'єднанні проводів різних характеристик, а також підтримуючих проміжних стовпів рівномірно розподілених між анкерними конструкціями.

1.1.2.1 Проміжні опори

Основна функція проміжних опор це підтримка проводів між основними несучими конструкціями на заданій висоті. Конструкція таких стовпів може бути легшою. Однак при проектуванні закладається певний запас міцності на випадок обриву проводів, коли проміжна опора повинна тимчасово прийняти навантаження ваги проводів [2, 6].

Проміжні електроопори ділять на прямі, що встановлюються на прямих ділянках, і кутові, які застосовуються при повороті до 20 градусів.

Проміжні стійки застосовуються на всіх ЛЕП від високовольтних багатоканальних до місцевих ліній невеликої напруги з декількох проводів

малого перерізу. Їх виготовляють із дерева, залізобетону, металоконструкцій, композитних матеріалів.

Конструктивно проміжна опора може бути вільної або фіксуватися відтяжками. Самі відтяжки у свою чергу можуть вимагати спеціальних умов кріплення до ґрунту, наприклад заливки фундаменту.

Дерев'яні стовпи, залежно від проектного навантаження, бувають одностійковими («свічками») або двостійковими (П-подібними). Також проміжні стійки конструкції можуть бути А-подібними, АП-подібними, триногами та інших форм.

1.1.2.2 Опори анкерні

Анкерні стійки інакше називають перехідними, оскільки вони використовуються [2, 6]:

- у місцях повороту лінії
- за зміни рельєфу місцевості (перепад висот, проходження водних перешкод)
- при перетині доріг загального користування, залізничних ліній
- за необхідності з'єднання проводів різних характеристик
- у разі різного натягу ліній із двох сторін.

Для забезпечення підвищеної стійкості до навантажень більшість анкерних стійок виготовляються із металоконструкцій зі звареними або болтовими з'єднаннями. Сталь спеціальних марок обробляється антикорозійним захистом.

Відстань між анкерними конструкціями становить від 800 до 1500 метрів. На анкерній ділянці розміщуються проміжні стовпи. А при переході високовольтною лінією ярів або річок утворюється так званий анкерний проліт, тобто ділянка між двома анкерними конструкціями, на якій відсутні інші стійки.

За цільовим призначенням електроопори анкерного типу поділяються на кінцеві, кутові, відгалужувальні, перехресні, перехідні, транспозиційні.

1.1.2.2.1 Кінцеві опори

Ці стійки, що розпочинають або завершують лінію електропередач, вони з'єднуються з підстанцією, а не наступною опорою в колі. Кінцева стійка зазнає поздовжнього натягу проводів тільки з одного боку. Цим обумовлена її конструкція та особливості кріплення (установки). Цю особливість слід враховувати при проектуванні фундаментів та відтяжок стійки у бік, протилежний до ваги проводів. В іншому візуально та конструктивно кінцева анкерна опора не відрізняється від інших анкерних елементів ПЛ [2, 6].



Рисунок 1.3 – Кінцева опора

1.1.2.2.2 Транспозиційні опори

Транспозиція проводів – це зміна розташування фаз, порядку проводів у складі високовольтної лінії. Транспозиційні опори також застосовують у місцях перетину двох та більше ліній електропередач. Потреба у зміні розташування проводів і фаз на самій конструкції обумовлює поєднання різних видів кріплення проводів (за анкерним і підтримуючим типом) [2, 6].

Складна конструкція вважається мінусом транспозиційних стійок, оскільки ускладнює ремонт та обслуговування. Також виготовлення та монтаж

нетипової конструкції здорожчує будівництво. При проектуванні високовольтних мереж слід зменшувати кількість транспозиційних електроопор за рахунок оптимального компоновання, взаємного розташування елементів мережі.



Рисунок 1.4 – Транспозиційна опора

1.1.2.2.3 Кутові опори

У точках повороту високовольтних ліній встановлюються кутові опори ПЛ. Як кутова може використовуватися як проміжна стійка, так і потужна анкерна конструкція. Якщо кут повороту вкладається у 20 градусів, допускається встановлення проміжних стовпів. При більш гострому куті повороту ПЛ застосовуються анкерні стійки, здатні витримати постійний натяг проводів суміжних прольотів, крім того, може вимагатися компенсація односпрямованої ваги за рахунок додаткових кріпильних елементів. Іноді сама відтяжка вимагає заливання фундаменту для надійного кріплення [2, 6].



Рисунок 1.5 – Кутова опора

1.1.2.2.4 Відгалужувальні опори

Відгалужувальні опори встановлюються в місцях, де від основної лінії відходить відгалуження для підключення споживача, розташованого на відстані від лінії електропередач. Але також відгалуження може вести до інших об'єктів електромережевого господарства, зокрема тупикових підстанцій. Як відгалужувальна може виступати як проміжна, так і анкерна опора, залежно від характеристик проводів основної проходящої лінії і відгалуження [2, 6].

Якщо відстань між відгалужувальною електроопорою та будинком споживача перевищує 10 метрів, для підтримки проводів відгалуження може застосовуватися підставна опора або навіть кілька.



Рисунок 1.6 – Відгалужувальна опора

1.1.2.2.5 Перехідні опори

Лінії електропередач тягнуться через різні природні зони, у найскладніших з погляду рельєфу місцевостях. Для того щоб скоротити довжину траси, не огинати природну перешкоду, застосовуються перехідні електроопори. Призначення цих стійок – забезпечити надійність мереж, перекинутих через пагорби, височини, яри, ущелини, русла річок, водойми. Крім того, перехідні опорні конструкції дозволяють високовольтним лініям безпечно «переступати» об'єкти інфраструктури. Через перепад висот, збільшеного в силу рельєфу відстані між анкерами, різниці ґрунтів, в які монтуються дві основи одного прольоту, проектування та розрахунку навантажень на перехідні опори приділяється особлива увага [2, 6].



Рисунок 1.7 – Перехідна опора

1.1.3 Одностійкові конструкції опори ПЛ

Найбільш простою є одностійкова опора. Спочатку їх виготовляли лише з дерева.

Із чого складається опора? Основним елементом електроопори є стійка. Сучасні стійки можуть бути виготовлені зі стовбура дерева, залізобетону, металевих конструкцій. Металева решітчаста стійка також називається стволом опори. Залізобетонна одностійкова опора є прямокутним у перерізі залізобетонним брусом із закріпленими у верхній частині траверсами, тросостійкими, ригелями, а також із заземлюючим спуском. При встановленні нижній кінець стійки закладається в ґрунт або бетонований фундамент.

Одностійкова опора частіше використовується як проміжна, але може бути і кутова, відгалужувальна (зазвичай з підкосом або А-подібні).

Залежно від матеріалу, конструкції та ваги одностійкові електроопори можуть встановлюватися крановими машинами або вертольотами методом вивішування у вертикальне положення та встановлення котловану або фундаменту. При великій вазі об'єкта або недостатності висоти стріли крана може застосовуватися метод підйому конструкції у збиранні горизонтального положення. Для металевих елементів великої висоти можна застосовувати метод нарощування.

1.1.4 Класифікація за матеріалами опор ЛЕП

Основні матеріали, що застосовуються при виготовленні стійок ліній електропередач - дерево, металеві конструкції, залізобетон.

1.1.4.1 Дерев'яні

Найперші стовпи ЛЕП, звісно, були дерев'яними. Для їх виготовлення найчастіше застосовували стовбури дерев листяних порід (сосна, ялина, модрина), які за рахунок великої кількості смоли краще захищені від впливу

вологи. Зараз під час виготовлення дерев'яних стовпів дерево обробляють антисептиками, маслянистими речовинами [2, 4].

Оскільки дерево з часом висихає, це може призводити до розбовтування елементів кріплення. Тому деревина попередньо піддається сушінню, після чого проводиться обробка для запобігання гниття, розмноження грибків та інших мікроорганізмів, а також антипаразитна обробка комах.

Дерев'яні стовпи мають низку плюсів:

- низька вартість
- легка вага, що спрощує транспортування та встановлення
- діелектричні властивості
- високий опір ожеледним та вітровим навантаженням
- стійкість до згинальних навантажень

У разі падіння досить легка дерев'яна опора може утриматися на дротах і не потягти за собою весь анкерний проліт, тим самим не допустивши аварійного відключення споживачів.

Для ліній низької напруги з малою кількістю споживачів, на рівнинних місцевостях дерев'яні опори можуть забезпечити досить швидке та економічне прокладання траси. Це дозволяє електрифікувати малі населені пункти, розташовані на відстані від основних високовольтних ліній.

Однак дерев'яні стійки мають такі недоліки:

- згодом просочувальний склад вимивається з деревини
- порушення технології сушіння може значно знизити термін служби опори
- ймовірність займання деревини при замиканні, пробою ізолятора, ударі блискавки
- хімічні речовини під впливом температури корозійно впливають на лінійну арматуру.

1.1.4.2 Залізобетонні

Стійки ЛЕП з бетону, армованого сталевими елементами, дешевші, ніж металеві конструкції. Крім того, вони мають значно більшу міцність у порівнянні зі стійками з дерева. Тому залізобетонні стовпи широко використовуються при зведенні ліній електропередач [2, 4].

Промислове виробництво виробів із бетону дозволяє стандартизувати розміри стовпів. Також сталева арматура, що розміщується усередині бетонного виробу, захищена від корозії, що разом із низькою хімічною валентністю бетону робить конструкцію довговічною.

Для того, щоб мінімізувати пошкодження бетону в результаті потрапляння в суміш бульбашок повітря, залізобетонні стійки прямокутного перерізу виготовляють методом вібрування, ущільнення бетону у формах, а круглого перетину - методом центрифугування. При центрифугуванні повітря інші сторонні вкраплення під дією відцентрової сили видаляються з виробу.

Недоліком бетонних стовпів є велика маса (в 3 рази важча дерев'яних), яка ускладнює процес доставки та встановлення. Бетонні стовпи мають нижчу вартість, проте на ту ж відстань їх потрібно більше, ніж металевих стійок.

Важливим плюсом цього виду електроопор є морозостійкість бетону, тобто здатність витримувати заморожування і відтавання, що повторюються багато разів, без тріщин і руйнування.

1.1.4.3 Сталеві

Металеві опори ПЛ виробляють із високоміцних сталевих сплавів [2, 4].

Головною вразливістю металів є схильність до корозії, тобто процесу окислення, в результаті чого конструкція втрачає задані характеристики по міцності і надійності. Для запобігання або уповільнення процесу окислення металу його покривають шаром менш схильного до реакцій окислення речовини в процесі оцинкування, лудіння, хромування, забарвлення.

Елементи металевої конструкції опори з'єднують воєдино болтовим або зварним з'єднанням. Як місця з'єднання за допомогою болтів і гайок, так і зварні шви, де утворюється окалина, особливо схильні до ржавіння. Металеві опори ЛЕП або їх окремі елементи забарвлюються антикорозійними складами.

За своєю конструкцією сталеві стійки діляться на багатогранні та ґратчасті, відкритого та закритого профілю. Форма опори може бути одностоечною, двостоечною (П-подібною), іноді навіть тристоечною. З металевих елементів створюються опори поверхового типу.

1.1.5 Маркування опор ЛЕП

Марка опор складається з набору літер та цифр [6].

Літерну частину маркування нескладно розшифрувати після вивчення наведеної вище класифікації стійок ліній електропередач. У анкерних опор у маркуванні буде буква А, у проміжних - П або ПС, у кінцевих опор - К або КС. Бетонні стовпи містять у назві літеру Б, дерев'яні - Д, металеві - М, композитні - К.

Поєднання цих позначень дає, наприклад, маркування ПК (ПКС) – проміжна кутова стійка.

Перша цифра в марці позначає напругу ПЛ, а цифра після дефісу – число кіл: непарними та парними цифрами позначаються відповідно одноколові та двоколові опори.

Крім літерного позначення характеристик стійки, у маркуванні кодуються конструктивні особливості інших елементів електроопори, наприклад, Т – наявність тросостійкої.

1.2. Постановка задач

1. Встановити електронний лічильник. Запропонувати схему організації обліку.
2. Вибрати силовий трансформатор.
3. Провести вибір автоматичного вимикача 0,4 кВ.
4. Провести вибір трансформатора струму 0,4 кВ.
5. Провести розрахунки заземлюючого пристрою ТП 10/0,4 кВ. Запропонувати план мережі заземлення.
6. Передбачити виконання будівництва відпайки *ПЛЗ-10 кВ* від існуючої *ПЛ-10 кВ Л-19 оп. №98* до проєктованої *КТП-10/0,4 кВ*.
7. Показати загальний вигляд КТП-10/0,4 кВ.
8. Провести розрахунок заземлюючих пристроїв опор 10 кВ.
9. Провести вибір опор ПЛ електропередач.
10. Провести вибір обмежувача перенапруг.
11. Провести вибір роз'єднувача на кінцевій опорі.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1. Схема електричної мережі живлення 10 кВ

Напруга електричної мережі - 10 / 0,4 кВ.

Категорія згідно надійності електропостачання - III. Максимально допустиме навантаження 200 кВт.

Передбачається виконати:

- реконструкцію існуючої опори ПЛ – 10 кВ Л – 19;
- будівництво відпайки ПЛЗ – 10 кВ від існуючої опори ПЛ – 10 кВ Л – 19 до проєктованої КТП – 10 / 0,4 кВ ;
- на проєктованій відпайці ПЛЗ – 10 кВ встановити роз'єднувач для підключення проєктованої КТП – 10 / 0,4 кВ ;
- облік електроенергії.

Передбачається встановлення одотрансформаторної КТП – 10 / 0,4 кВ із потужністю трансформатора 250 кВА.

Для живлення проєктованої КТП – 10 / 0,4 кВ на стороні 10 кВ потрібно виконати приєднання до ПЛ – 10 кВ від РУ – 10 кВ КТП – 10 / 0,4 кВ самонесучим ізовольованим проводом марки СИП – 3 1х50 (1200 м).

В проєктованій КТП – 10 / 0,4 кВ встановлюється трансформатор ТМГ – 10 / 0,4 кВ .

Захист на ВН здійснюється запобіжниками. Захист на НН здійснюється АВ.

Передбачаємо заземлення, захисне відключення та занулення.

Потрібно приєднувати корпус КТП до контура заземлення за допомогою металевої смуги 40х4 мм. Опір заземлюючого пристрою не має перевищувати 4 Ом .

Потрібно замірити опір контуру заземлення, і при потребі, додати потрібну кількість електродів.

2.2 Схема електричної мережі живлення 0,4 кВ.

На 0,4 кВ проєктованої комплектної трансформаторної підстанції прийнята одинарна система збірних шин. Живлення шин відбувається силовим трансформатором, що підключений через ввідний автомат і роз'єднувач до щитка 0,4 кВ.

$PУ - 0,4 \text{ кВ}$ укомплектовано $PУНН - 0,4 \text{ кВ}$.

Для того щоб забезпечити електропостачання об'єкту, $PУНН - 0,4 \text{ кВ}$ запроектовано встановлення АВ $ВА88-37$ із $I_{н.р.} = 400 \text{ А}$, який обмежує дозовану потужність.

2.3 Вимірювання і облік електроенергії.

Облік електроенергії відбувається на базі електричного лічильника.

Для здійснення комерційного обліку електроенергії об'єкту встановлюється електронний лічильник типу $НІК 2307 \text{ ARTT } 1600. \text{ M.21 } 5-10 \text{ А } 3 \times 220 / 380 \text{ В}$ в $PУНН - 0,4 \text{ кВ}$.

Обмеження потужності споживання відбувається через ввідний АВ $ВА88-37$ із $I_{н.р.} = 400 \text{ А}$.

На рисунку 2.1 зображено схему електричну принципову мережі живлення (схему організації обліку).

Рисунок 2.1 - Схема електрична принципова мережі живлення (схема організації обліку).

2.4 Вибір потужності трансформатора.

Потужність споживання – 200 κBm .

Категорія згідно надійності електропостачання з [14-20];

Для встановлення прийнято однострансформаторну $KТП-10/0,4\kappa B$.

Завантаження трансформатора знаходиться по формулі [10-13]:

$$S_{з.т.} = \frac{P_p}{N \cdot K_з \cdot \cos \varphi},$$

де P_p – дозволена розрахункова потужність електроспоживання;

N - кількість силових трансформаторів;

$K_з$ - коефіцієнт завантаження силового трансформатора.

Завантаження трансформатора:

$$S_{з.т.} = \frac{P_p}{N \cdot K_з \cdot \cos \varphi} = \frac{200}{1 \cdot 0,9 \cdot 0,97} = 229,1 \kappa BA.$$

Приймаємо силовий трансформатор встановленою потужністю – 250 κBA .

Для більш детального вибору силового трансформатора в подальшому можна скористатися програмним продуктом, розробленим на кафедрі Електричної інженерії (рис. 2.2 – українська версія; рис. 2.3 – англійська версія).

В даному випадку проведений розрахунок є достатнім, тому проводити детальний розрахунок не потрібно.

Порівняльний розрахунок трансформаторів

Ця програма проводить порівняльний розрахунок трансформаторів

Укр / Eng

ЕІ
ЕЛЕКТРИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ ЗАПОЧАТКОВАНА У 2018

THT

Вхідні дані

Повна потужність навантаження, кВА

Час включення, год

Коефіцієнт зміни витрат, кВт/кВАр

Вартість одного кіловата електроенергії, грн

Коефіцієнт експлуатаційних відрахувань

	Трансформатор 1	Трансформатор 2
Потужність трансформаторів, кВА		
Кількість трансформаторів, шт		
Перевантаження одного трансформатора на 40%		
Втрати холостого ходу, кВт		
Втрати короткого замикання, кВт		
Струм холостого ходу, %		
Напруга короткого замикання, %		
Вартість одного трансформатора, грн		

Вихідні дані

	Трансформатор 1	Трансформатор 2
Коефіцієнт завантаження в нормальному режимі		
Коефіцієнт завантаження в аварійному режимі		
Реактивна потужність холостого ходу, кВАр		
Реактивна потужність короткого замикання, кВАр		
Приведені втрати холостого ходу, кВт		
Приведені втрати короткого замикання, кВт		
Приведені втрати електроенергії, кВт		
Приведені втрати в трансформаторах, кВт		
Втрати електроенергії за рік, кВт*год		
Вартість втрат електроенергії за рік, грн		
Капітальні затрати, грн		
Річні експлуатаційні затрати, грн		
Сумарні річні затрати, грн		

Термін окупності, років

Економічна ефективність, грн

Обчислити

Рисунок 2.2 - Програма розрахунку трансформатора (українська версія)

Transformers comparative calculation

— □ ×



This program carries out the transformers comparative calculation

Eng / Ukr



Input data

Total load power, kVA

Switch-on time, hours

Cost change coefficient, kW/kVAr

Cost of one kilowatt of electricity, UAH

Operating depreciation coefficient

	Transformer 1	Transformer 2
Transformers power, kVA		
Number of transformers, pcs		
Overloading of one transformer by 40%		
Idle losses, kW		
Short circuit losses, kW		
Idle current, %		
Short circuit voltage, %		
Cost of one transformer, UAH		

Output data

	Transformer 1	Transformer 2
Load factor in normal mode		
Load factor in emergency mode		
Reactive idle power, kVAr		
Short circuit reactive power, kVAr		
Reduced idle losses, kVAr		
Reduced short circuit losses, kW		
Reduced electricity losses, kW		
Reduced losses in transformers, kW		
Annual electricity losses, kWh		
Annual cost of electricity losses, UAH		
Capital expenditures, UAH		
Annual operating costs, UAH		
Total annual costs, UAH		

Payback period, years

Economic efficiency, UAH

Calculate

Рисунок 2.3 - Програма розрахунку трансформатора (англійська версія)

2.5 Вибір АВ 0,4 кВ.

Струм теплового розчеплювача АВ знаходиться за наступною формулою:

$$I_{ном.р} > I_p, A$$

де I - робочий струм, A .

$$I_{роб} = \frac{P_p}{U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi}, A$$

де $\cos \varphi$ - коефіцієнт активної потужності, $\cos \varphi = 0,92$.

$$I_{роб} = \frac{200}{0,38 \cdot 1,732 \cdot 0,92} = 330,3 A$$

Згідно розрахунку приймаємо В488–37 із струмом розчеплювача 400 A .

2.6 Вибір ТС 0,4 кВ.

2.6.1 Вибір напруги.

Умовою вибору є:

$$U_{ном.ТС} \geq U_{ном}, кВ.$$

Вибирається ТС марки $T-0,66-0,5S$ класом напруги 0,4 кВ.

$$0,4 кВ = 0,4 кВ.$$

2.6.2 Вибір первинного струму.

Умовою вибору є:

$$I_{1ном.ТС} \geq I_p, A.$$

Вибираємо ТС марки $T-0,66-0,5S$ із номінальним струмом обмотки високої напруги 400 A .

$$400 A > 330,3 A.$$

Перевірка максимальним та мінімальним завантаженням ПО ТС. Згідно із [ПУЕ] величина навантаження у максимальному режимі - 40%, для мінімального режиму - не меншим 5%.

$$K_3 = (I_p / I_{1.ном.ТС}) \cdot 100, \%$$

$$K_3 = (330,3 / 400) \cdot 100 = 82,6 \%;$$

$$K_3 = (33,03 / 400) \cdot 100 = 8,26 \%$$

Умови виконуються [ПУЕ].

2.7 Розрахунки заземлюючого пристрою трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ

Заземлюючий пристрій КТП–10/0,4 кВ приймається одним для усіх напруг - 10 кВ та 0,4 кВ.

Опір заземлюючого пристрою не повинен перевищувати 4 Ом. Заземлюючий пристрій КТП–10/0,4 кВ виконується по контуру.

Металеві частини, які підлягають заземленню відповідно до [ПУЕ], мають бути приєднані до пристрою заземлення та надійно заземлені.

Після проведення монтажу потрібно провести вимірювання величини опору розтікання заземлюючого пристрою.

Четверта зона по клімату:

$$K_{сб} = 1,1; K_{сз} = 1,5; q = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Опір вертикального заземлювача:

$$R_g = \frac{0,366 \cdot p \cdot K_{сб}}{L} \left(\lg \frac{2 \cdot L}{d} + 0,5 \cdot \lg \frac{4 \cdot t + L}{4 \cdot t - L} \right)$$

$$R_g = \frac{0,366 \cdot 70 \cdot 1,1}{5} \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{0,016} + 0,5 \cdot \lg \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) = 18,3 \text{ Ом}.$$

Прийmemo $n = 8$. Опір розтікання усіх вертикальних заземлювачів буде становити:

$$R_{з.в.} = \frac{R_g}{n \cdot \eta_g};$$

$$R_{з.в.} = \frac{18,3}{8 \cdot 0,58} = 3,94 \text{ Ом}.$$

Довжина заземлювача горизонтального $L = 45 \text{ м}$; глибина закладення $t = 0,7 \text{ м}$; ширина заземлювача $b = 0,04 \text{ м}$.

Опір заземлювача горизонтального:

$$R_{\text{г.}} = \frac{0,366 \cdot \rho \cdot K_{\text{г.}}}{L} \lg \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t}$$

$$R_{\text{г.}} = \frac{0,366 \cdot 70 \cdot 1,5}{45} \lg \frac{2 \cdot 45^2}{0,04 \cdot 0,7} = 4,4 \text{ Ом}$$

Дійсний опір розтікання горизонтального заземлювача за формулою:

$$R_{\text{з.р.}} = \frac{R_{\text{г.}}}{\eta_{\text{г.}}};$$

$$R_{\text{з.р.}} = \frac{4,4}{0,41} = 10,7 \text{ Ом}.$$

Опір заземлювального пристрою:

$$R = \frac{R_{\text{зб}} \cdot R_{\text{зр}}}{R_{\text{зб}} + R_{\text{зр}}}$$

$$R = \frac{3,94 \cdot 10,7}{3,94 + 10,7} = 2,88 < 4 \text{ Ом}.$$

Число вибрано правильно..

2.8 План ділянки.

1. Передбачаємо виконання будівництва відпайки $ПЛЗ-10 \text{ кВ}$ від існуючої $ПЛ-10 \text{ кВ Л}-19 \text{ оп. №98}$ до проєктованої $КТП-10/0,4 \text{ кВ}$.

2. Проєктовану ділянку $ПЛЗ-10 \text{ кВ}$ виконується ізолюваним проводом $3 СИПх3 1х50$.

3. На опорі №98 встановлюються $ОПН AZC 152$.

4. На проєктування нової ділянки $ПЛЗ-10 \text{ кВ}$ будівельну частину передбачаємо на залізобетонних опорах.

5. При кріпленні проводів 10 кВ на опорі застосовуємо арматуру компанії "SICAME".

6. Для підключення проєктованої $KТП-10/0,4\text{ кВ}$ на опорі №23 встановлюємо ЛР $РЛНДЗхІ-10/400$.

7. Загальна будівельна довжина відпайки $ПЛЗ-10\text{ кВ Л}-19$ складає 1200 м.



Рисунок 2.4 - План ділянки ПЛ-10 кВ Л-19



Рисунок 2.5 - План ділянки ПЛ-10 кВ Л-19



Рисунок 2.6 - План ділянки ПЛ-10 кВ Л-19

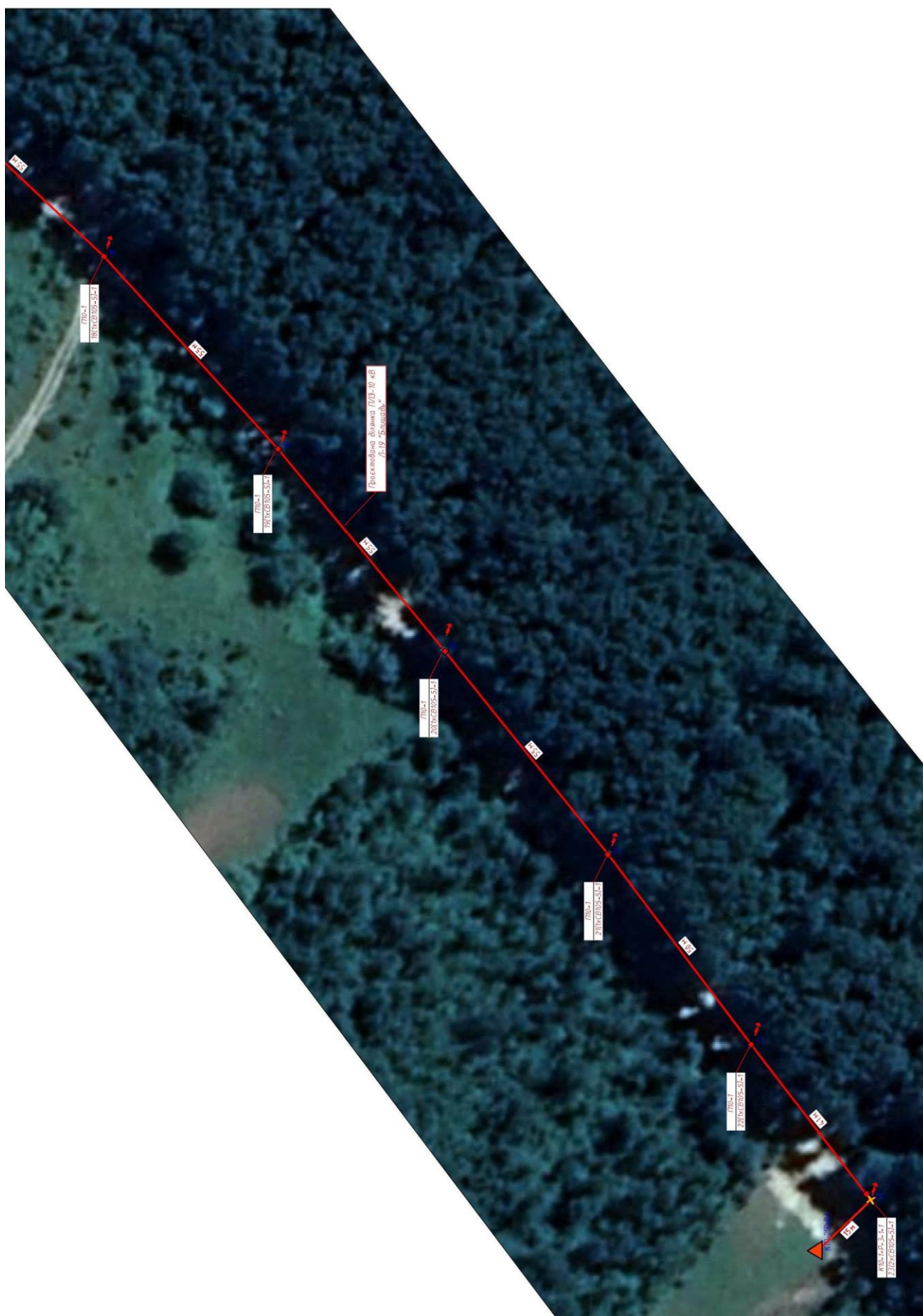


Рисунок 2.7 - План ділянки ПЛ-10 кВ Л-19

2.9 КТП-10/0,4 кВ. План посадки.

На рисунку 2.8 показано план посадки



Рисунок 2.8 – План посадки.

2.10. КТП-10/0,4 кВ. Зовнішній вигляд

КТП - тупікова.

Ввід на стороні високої напруги — повітряний.

Вивід на стороні низької напруги — кабельний.

На рисунок 2.9-2.12 показано фасади КТП -10/0,4 кВ.

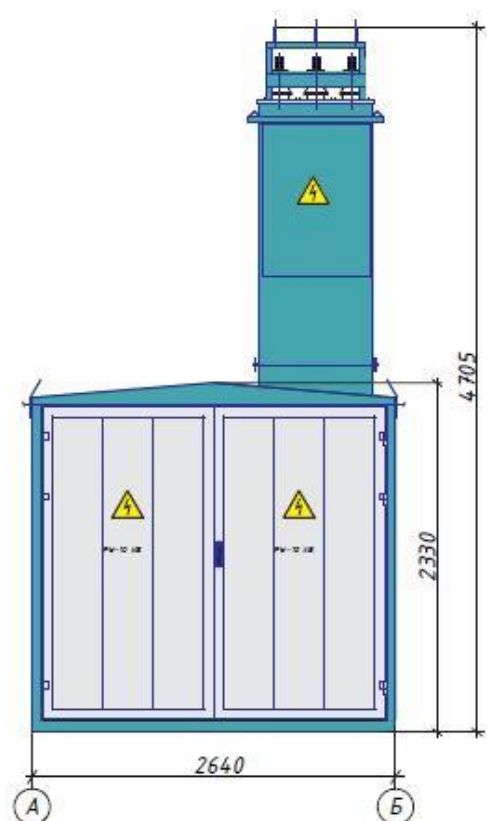


Рисунок 2.9 – Фасады в осях А-Б

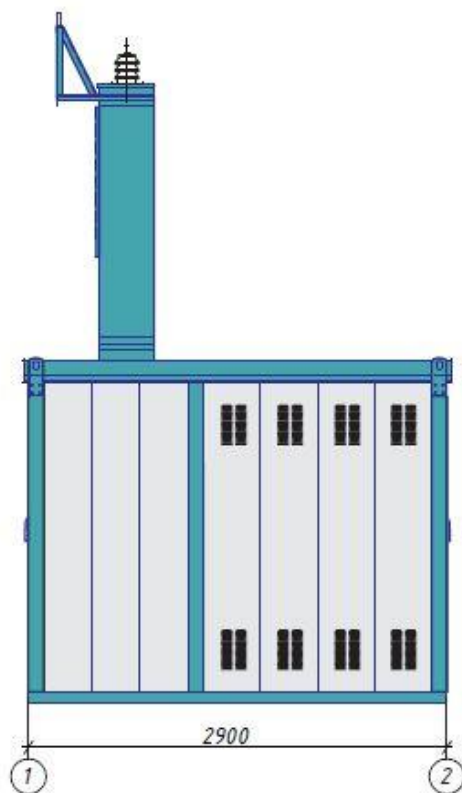


Рисунок 2.10 – Фасады в осях 1-2

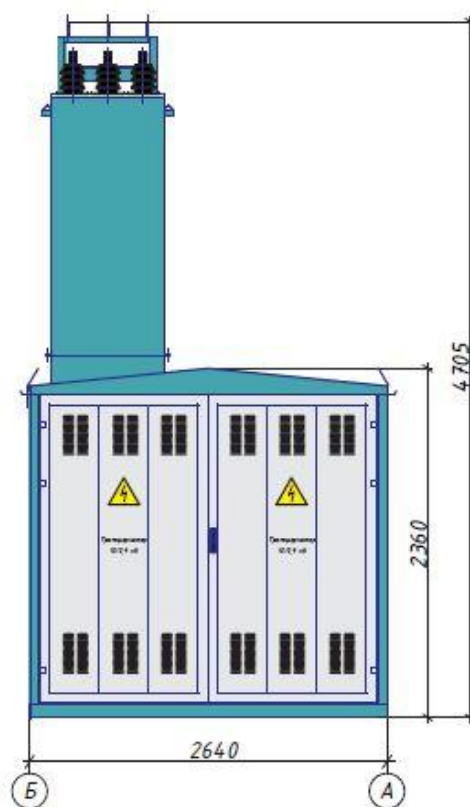


Рисунок 2.11 – Фасады в осях Б-А

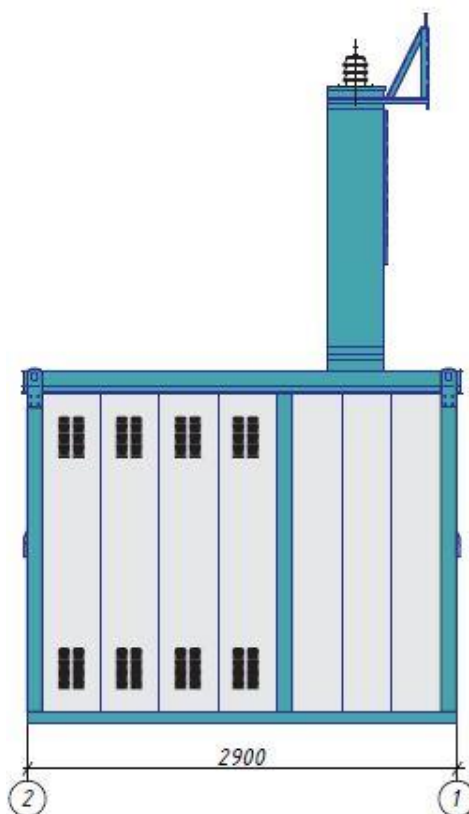


Рисунок 2.12 – Фасады в осях 2-1

2.11 План мережі заземлення КТП – 10 / 0,4 кВ

На рисунку 2.13 показано план.

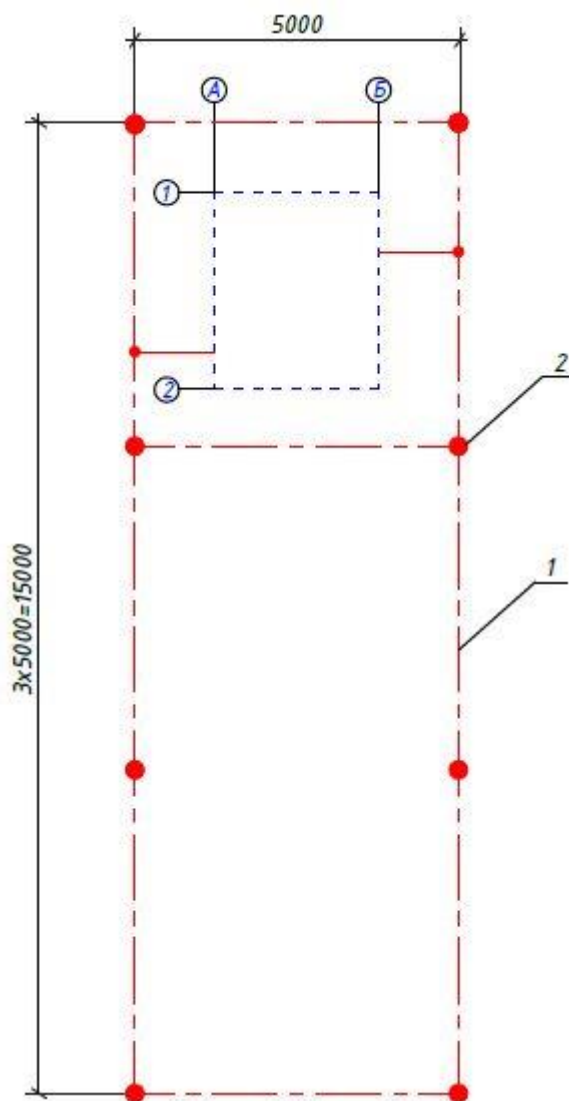


Рисунок 2.13 - План.

На рисунку 2.14 показано ситуаційний план.

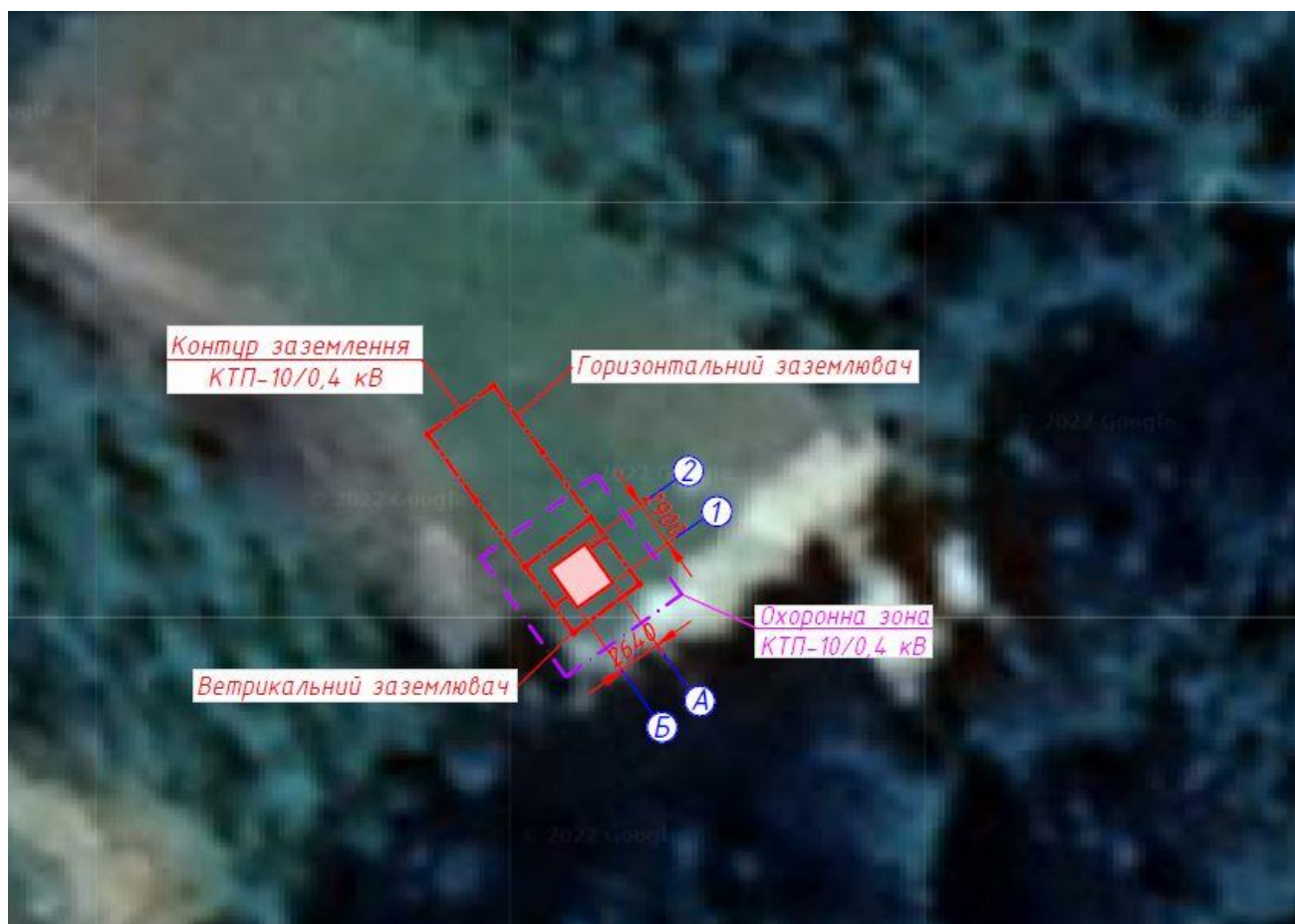


Рисунок 2.14 - Ситуаційний план.

2.12 Висновки до Розділу 2

1. Для здійснення комерційного обліку електроенергії об'єкту встановлено електронний лічильник типу *NIK 2307 ARTT 1600. M.21 5–10A 3x220/380 В* в *РУНН – 0,4 кВ*. Запропоновано схему організації обліку.

2. Для встановлення прийнято однострансформаторну *КТП – 10/0,4кВ*. Завантаження трансформатора становить *229,1 кВА*. Прийнято силовий трансформатор потужністю *250 кВА*.

3. Проведено вибір автоматичного вимикача *0,4 кВ*. Згідно розрахунку прийнято *ВА88–37* із струмом розчеплювача *400 А*.

4. Проведено вибір трансформатора струму 0,4 кВ. Вибрано ТС марки $T-0,66-0,5S$ класом напруги 0,4 кВ із номінальним струмом обмотки високої напруги 400 А.

5. Проведено розрахунки заземлюючого пристрою ТП 10/0,4 кВ. Заземлюючий пристрій $КТП-10/0,4$ кВ прийнято одним для усіх напруг - 10 кВ та 0,4 кВ. Виконується по контуру. Запропоновано план заземлення.

6. Передбачено виконання будівництва відпайки $ПЛЗ-10$ кВ від існуючої $ПЛ-10$ кВ Л-19 оп. №98 до проєктованої $КТП-10/0,4$ кВ. Проєктовану ділянку $ПЛЗ-10$ кВ виконано ізольованим проводом з $СИПх3$ 1х50. На опорі №98 встановлено $ОПН AZC 152$. На проєктування нової ділянки $ПЛЗ-10$ кВ будівельну частину передбачено на залізобетонних опорах. Для підключення проєктованої $КТП-10/0,4$ кВ на опорі №23 встановлено лінійний роз'єднувач $РЛНДЗхІ-10/400$

7. Показано загальний вигляд $КТП-10/0,4$ кВ. $КТП$ – тупікова. Ввід на стороні високої напруги — повітряний. Вивід на стороні низької напруги — кабельний.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок заземлюючих пристроїв опор 10 кВ.

Згідно з [ПУЕ] загальний опір розтікання заземлення має бути не більше 10 Ом.

Дана область відноситься до 4 зони по клімату:

$$K_{ce} = 1,1; K_{cz} = 1,5; q = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Заземлення розміщується у ряд із відстанню між заземлювачами $a = 5 \text{ м}$ та стрижневим заземлювачем довжиною $L = 5 \text{ м}$ ($a:L = 1$). У якості стрижневого заземлювача приймається кругла сталь $D = 16 \text{ мм}$, а у якості горизонтального заземлювача – смугову сталь $40 \times 4 \text{ мм}$.

Опір одиничного стрижня буде становити:

$$R_{з.г.} = \frac{0,366 \cdot q \cdot K_{ce}}{l} \left(\lg \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \lg \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right)$$

$$R_{з.г.} = \frac{0,366 \cdot 100 \cdot 1,1}{5} \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{0,016} + 0,5 \cdot \lg \frac{4 \cdot 3 + 5}{4 \cdot 3 - 5} \right) = 15,3 \text{ Ом}.$$

Прийmemo $n = 2$. Опір розтікання усіх вертикальних заземлювачів буде становити:

$$R_{з.г.} = \frac{R_g}{n \cdot \eta_g};$$

$$R_{з.г.} = \frac{15,3}{2 \cdot 0,86} = 8,9 \text{ Ом}.$$

Опір протяжного заземлювача становить:

$$R_{з.г.} = \frac{0,366 \cdot q \cdot K_{cz}}{l} \lg \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot t}$$

$$R_{з.г.} = \frac{0,366 \cdot 100 \cdot 1,5}{5} \lg \frac{2 \cdot 5^2}{0,04 \cdot 0,5} = 18,9 \text{ Ом}$$

4. Знайдемо дійсний опір розтікання горизонтального заземлювача за формулою:

$$R_{_{3.2.}} = \frac{R_{\varepsilon}}{\eta_{\varepsilon}};$$

$$R_{_{3.2.}} = \frac{18,9}{0,83} = 22,8 \text{ Ом}.$$

5. Опір заземлювального пристрою буде становити:

$$R = \frac{R_{_{3\phi}} \cdot R_{_{3\phi}}}{R_{_{3\phi}} + R_{_{3\phi}}}$$

$$R = \frac{8,9 \cdot 22,8}{8,9 + 22,8} = 6,4 < 10 \text{ Ом}$$

3.2 Заземлювальний пристрій опори ПЛЗ-10 кВ.

Загальний вигляд заземлювального пристрою опори ПЛЗ-10 кВ зображено на рисунку 3.1

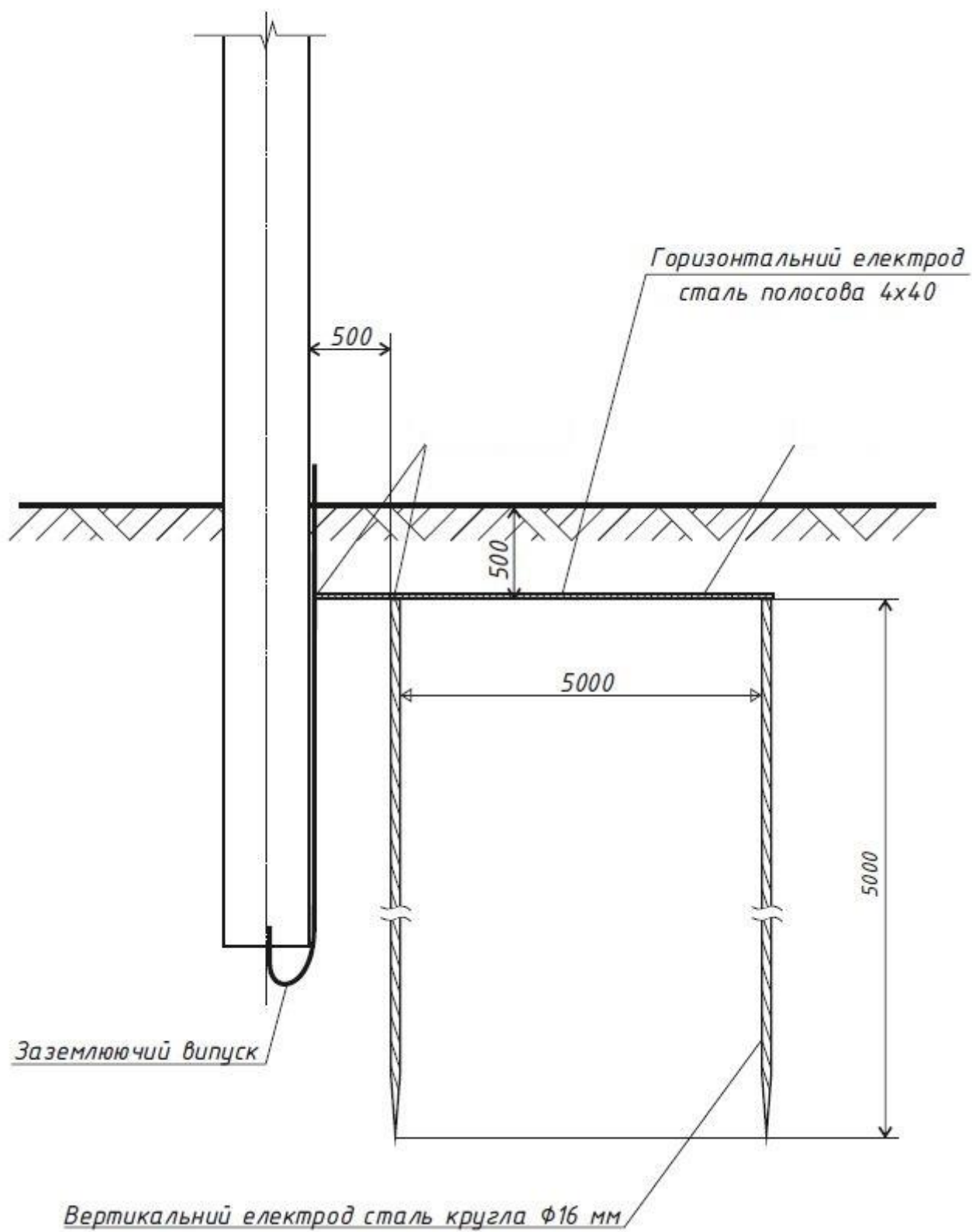


Рисунок 3.1 - Загальний вигляд заземлювального пристрою опори ПЛЗ-10 кВ

3.3 Вибір опор ПЛ електропередач.

Проведемо вибір опор повітряної лінії електропередач.

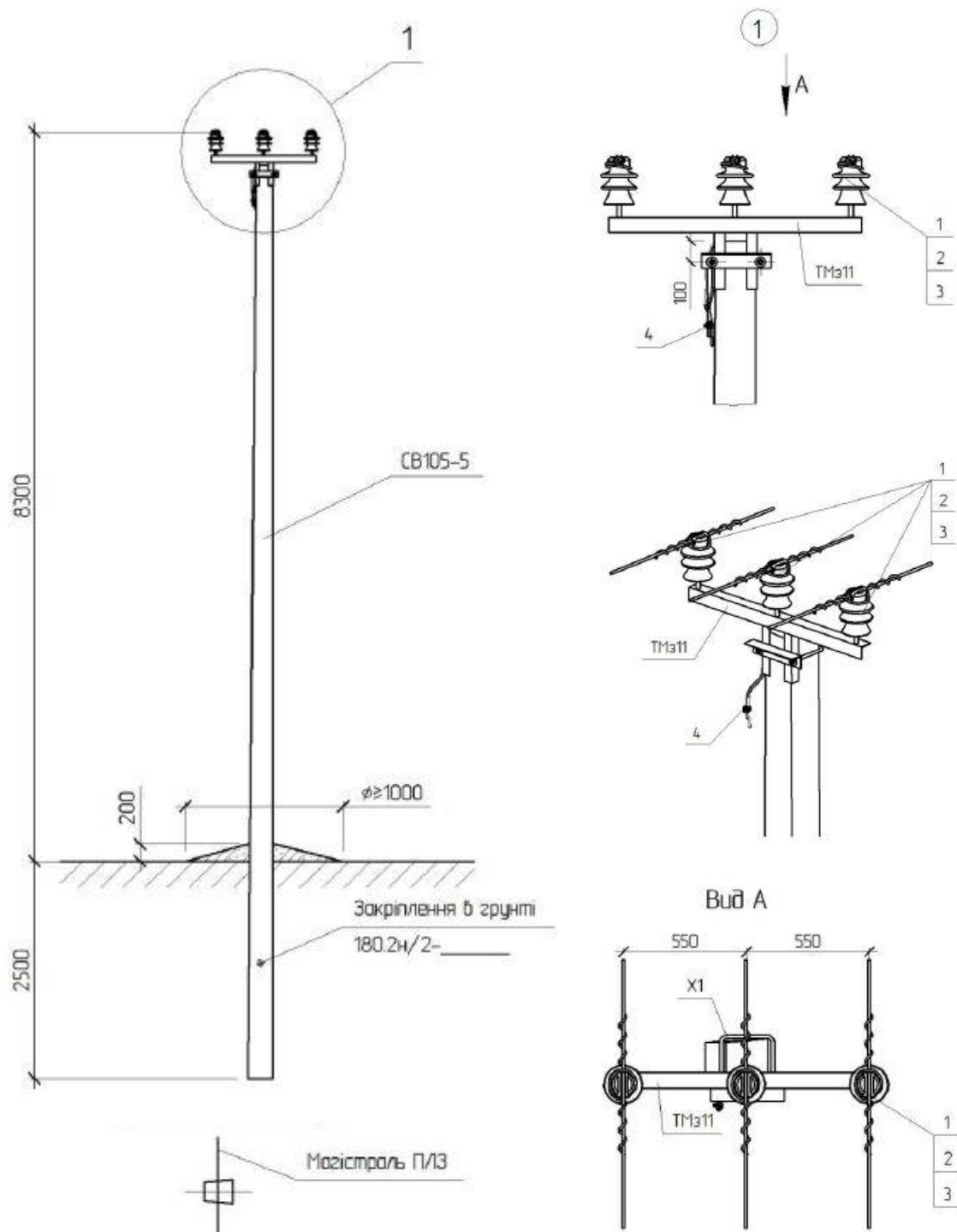


Рисунок 3.2 – Проміжна опора П10-1(1хCB105-5)-1

Таблиця 3.1 – Специфікація до рисунку 3.2

Позиція	Найменування
1	Ізолятор ШФ20-Г1
2	Ковпачок К-6
3	В'язка спіральна діелектрична PLDT2 R
	В'язка спіральна діелектрична PLDT3 R
4	Затискач плашковий PGA 101
ТМз-11	Траверса ТМз-11

Таблиця 3.2 – Специфікація до рисунку 3.3

Позиція	Найменування
1	Ізолятор ШФ20-Г1
2	Ковпачок К-6
3	В'язка спіральна діелектрична PLDT2 R
	В'язка спіральна діелектрична PLDT3 R
4	Затискач плашковий PGA 101
ТМз-11	Траверса ТМз-11
ЗП	Ст. круг D10 В2 з цинковим покриттям, L=1,3 п.м.
У1	Кронштейн У1

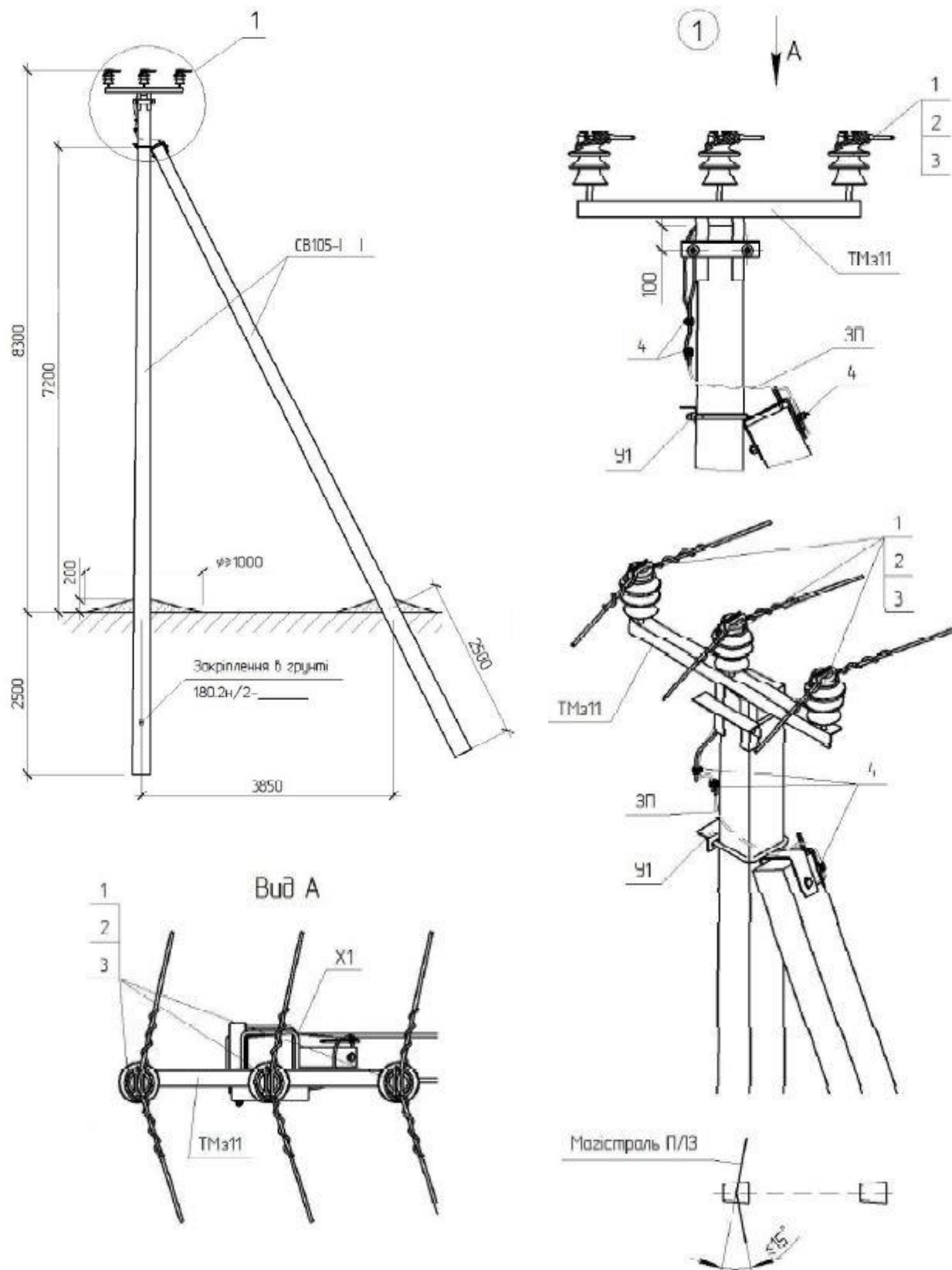


Рисунок 3.3 – Кутова проміжна опора КР10-1(2хСВ105-3,6)-1
КР10-1(2хСВ105-5)-1

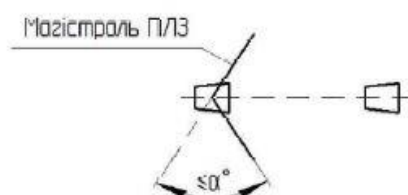
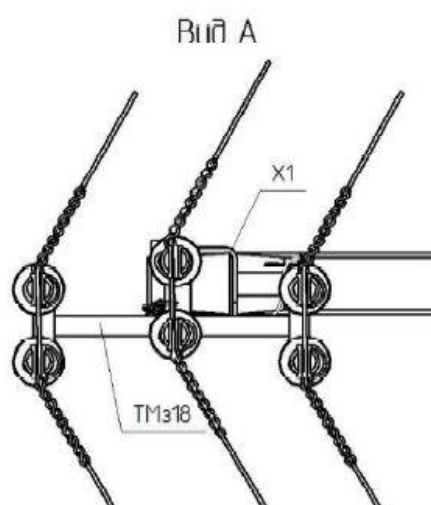
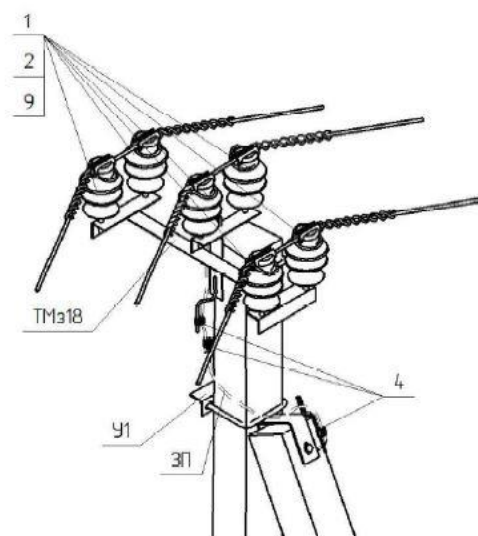
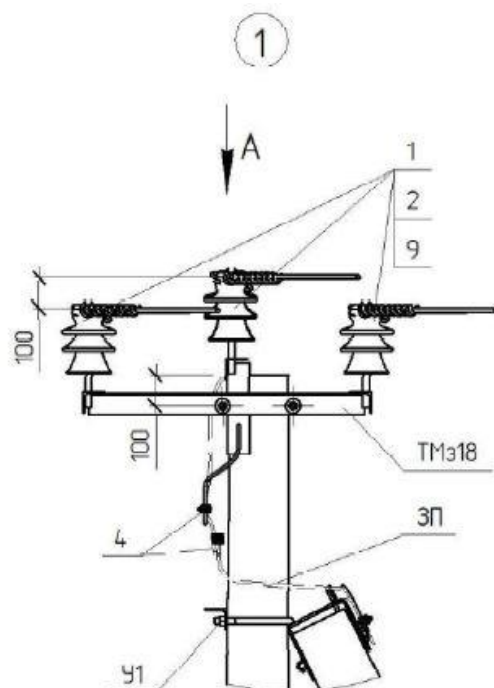
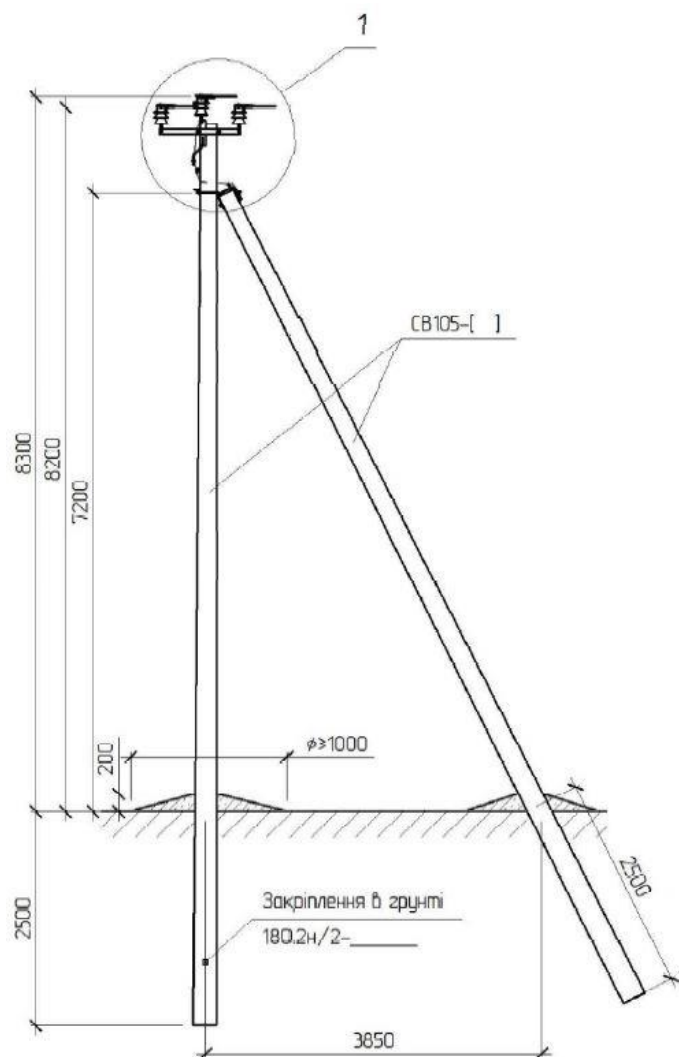


Рисунок 3.4 – Кутова проміжна опора КП10-1(2хCB105-3,6)-2
КП10-1(2хCB105-5)-2

Таблиця 3.3 – Специфікація до рисунку 3.4

Позиція	Найменування
1	Ізолятор ШФ20-Г1
2	Ковпачок К-6
9	В'язка спіральна діелектрична PLDT2 R
	В'язка спіральна діелектрична PLDT3 R
4	Затискач плашковий PGA 101
ТМз-18	Траверса ТМз-18
ЗП	Ст. круг D10 В2 з цинковим покриттям, L=1,3 п.м.
У1	Кронштейн У1

Таблиця 3.4 – Специфікація до рисунку 3.5

Позиція	Найменування
4	Затискач плашковий PGA 101
6	Ізолятор натяжний PSI15CC
7	Затискач натяжний PA2870
	Затискач натяжний PA28120
ТМз-12	Траверса ТМз-12
ЗП	Ст. круг D10 В2 з цинковим покриттям, L=1,3 п.м.
У1	Кронштейн У1

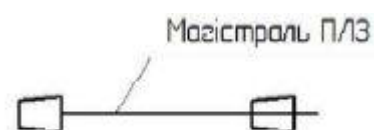
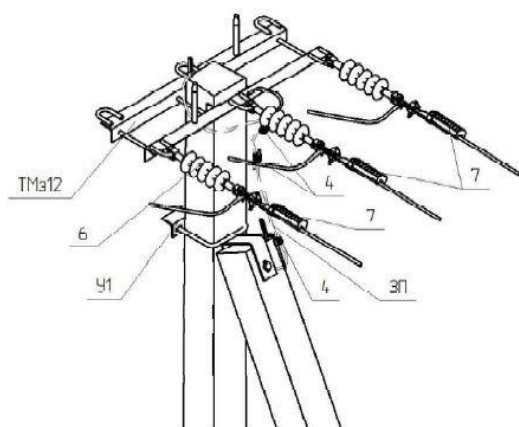
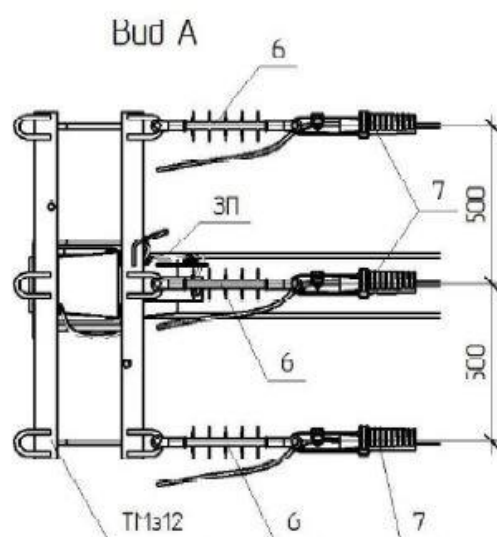
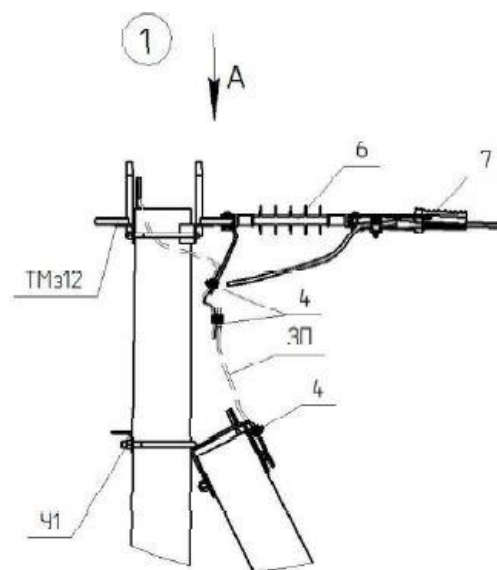
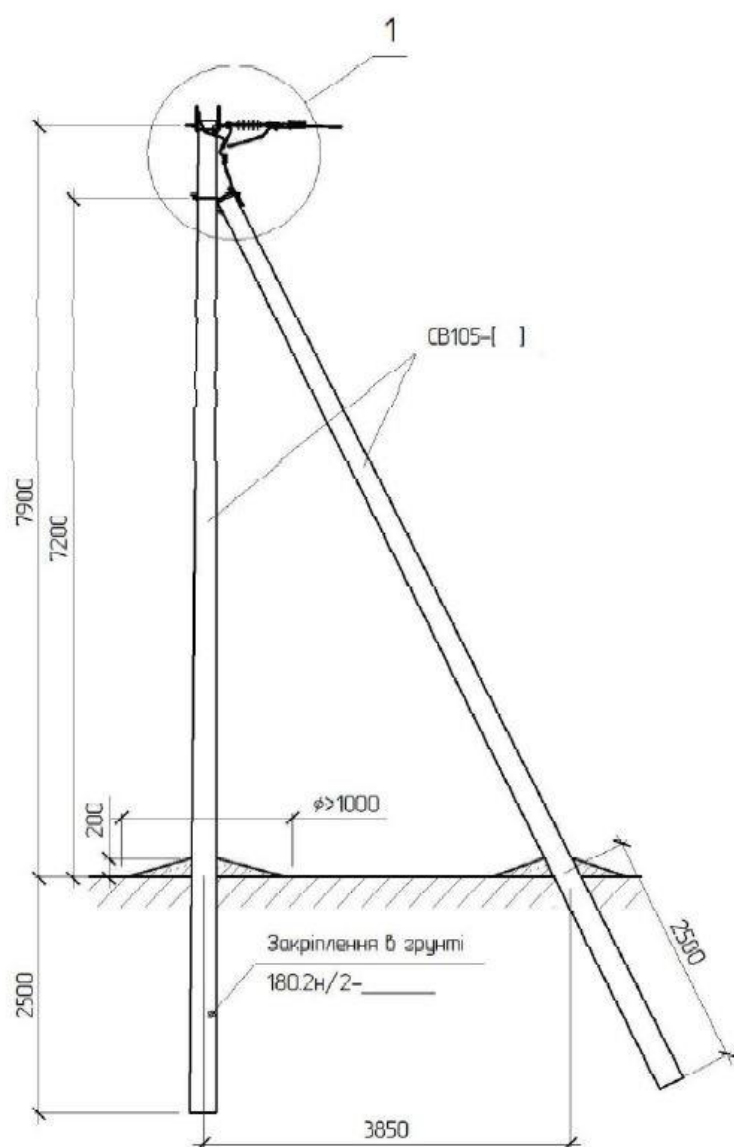


Рисунок 3.5 – Кутова опора К10-1(2хСВ105-3,6)-1
К10-1(2хСВ105-5)-1

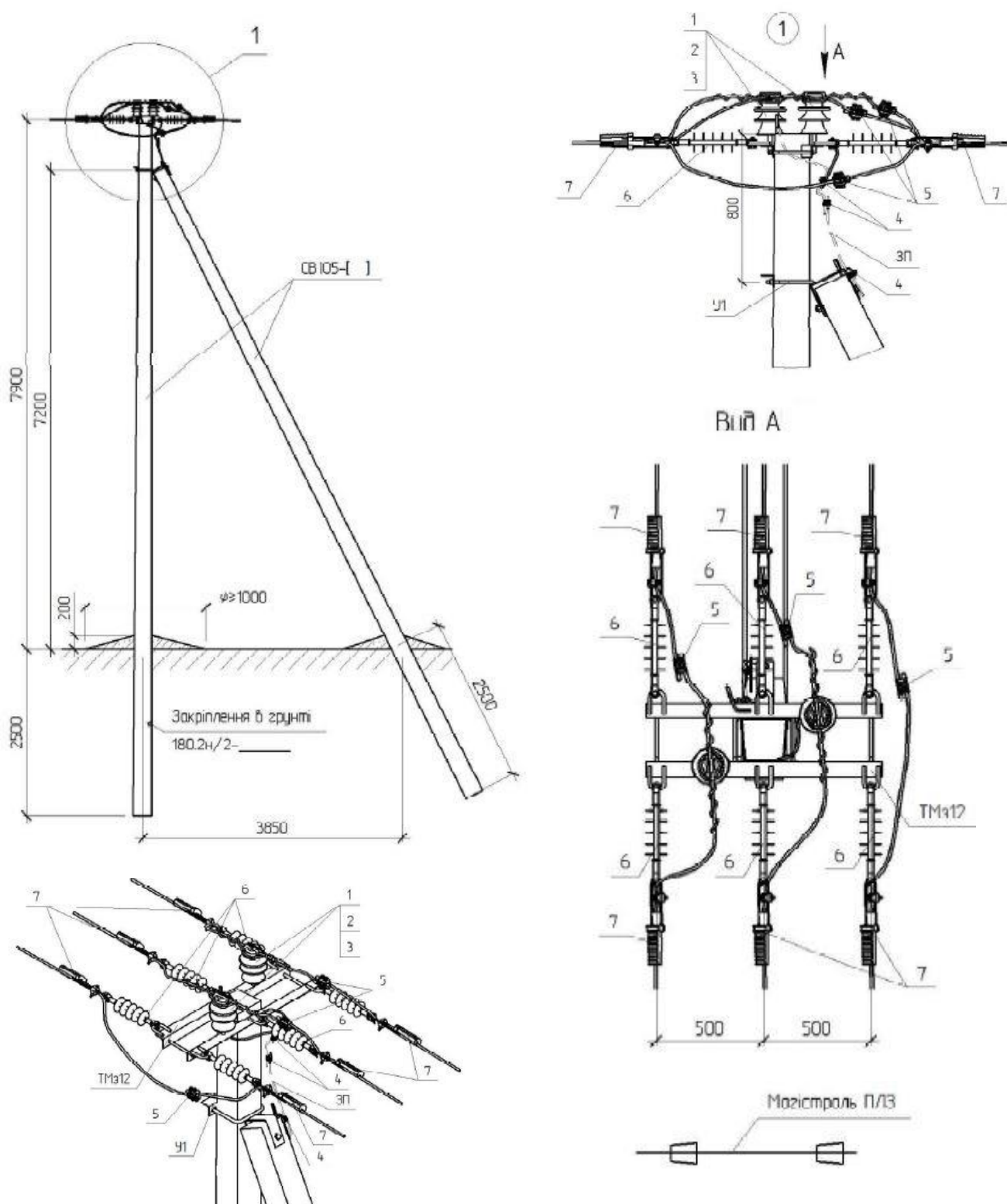


Рисунок 3.6 – Анкерна опора А10-1(2хСВ105-3,6)-1
А10-1(2хСВ105-5)-1

Таблиця 3.5 – Специфікація до рисунку 3.6

Позиція	Найменування
1	Ізолятор ШФ20-Г1
2	Ковпачок К-6
3	В'язка спіральна діелектрична PLDT2 R
	В'язка спіральна діелектрична PLDT3 R
4	Затискач плашковий PGA 101
5	Затискач проколюючий TTDC28401 FP2A
6	Ізолятор натяжний PSI15CC
7	Затискач натяжний PA2870
	Затискач натяжний PA28120
ТМз-12	Траверса ТМз-12
ЗП	Ст. круг D10 В2 з цинковим покриттям, L=1,3 п.м.
У1	Кронштейн У1

Таблиця 3.6 – Специфікація до рисунку 3.7

Позиція	Найменування
1	Ізолятор ШФ20-Г1
2	Ковпачок К-6
3	В'язка спіральна діелектрична PLDT2 R
	В'язка спіральна діелектрична PLDT3 R
4	Затискач плашковий PGA 101
5	Затискач проколюючий TTDC28401 FP2A
6	Ізолятор натяжний PSI15CC
7	Затискач натяжний PA2870
	Затискач натяжний PA28120
ТМз-12	Траверса ТМз-12
ЗП	Ст. круг D10 В2 з цинковим покриттям, L=1,3 п.м.
У1	Кронштейн У1

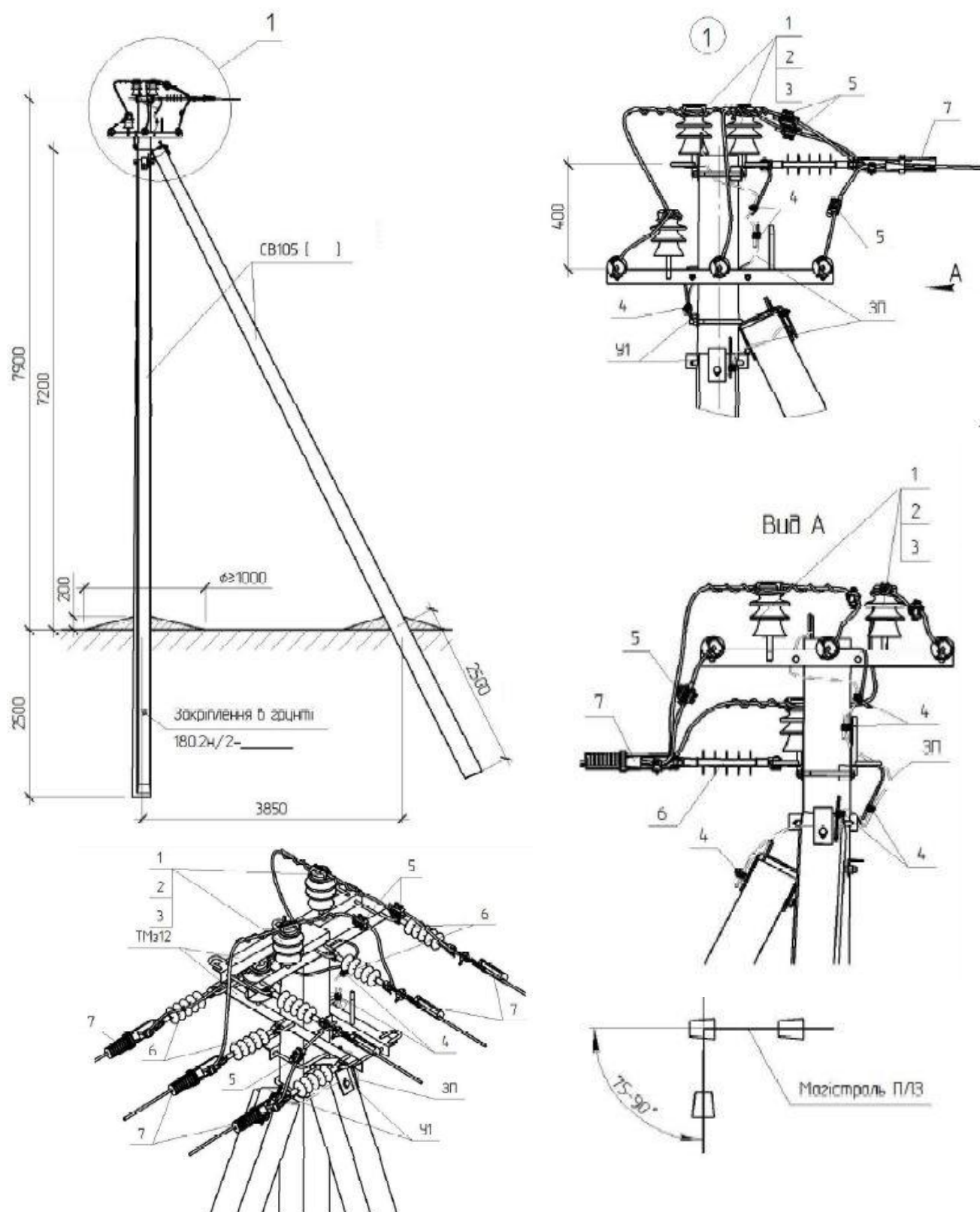


Рисунок 3.7 – Кутова анкерна опора КА10-1(3хСВ105-3,6)-1
КА10-1(3хСВ105-5)-1

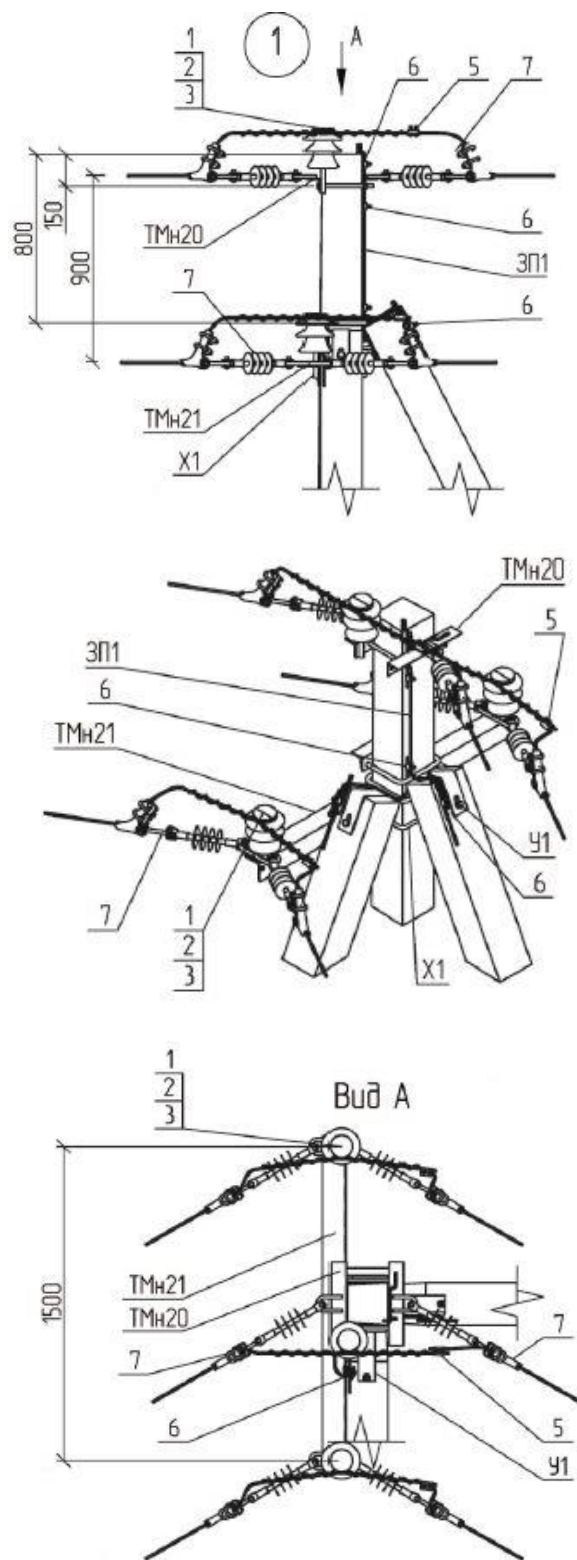
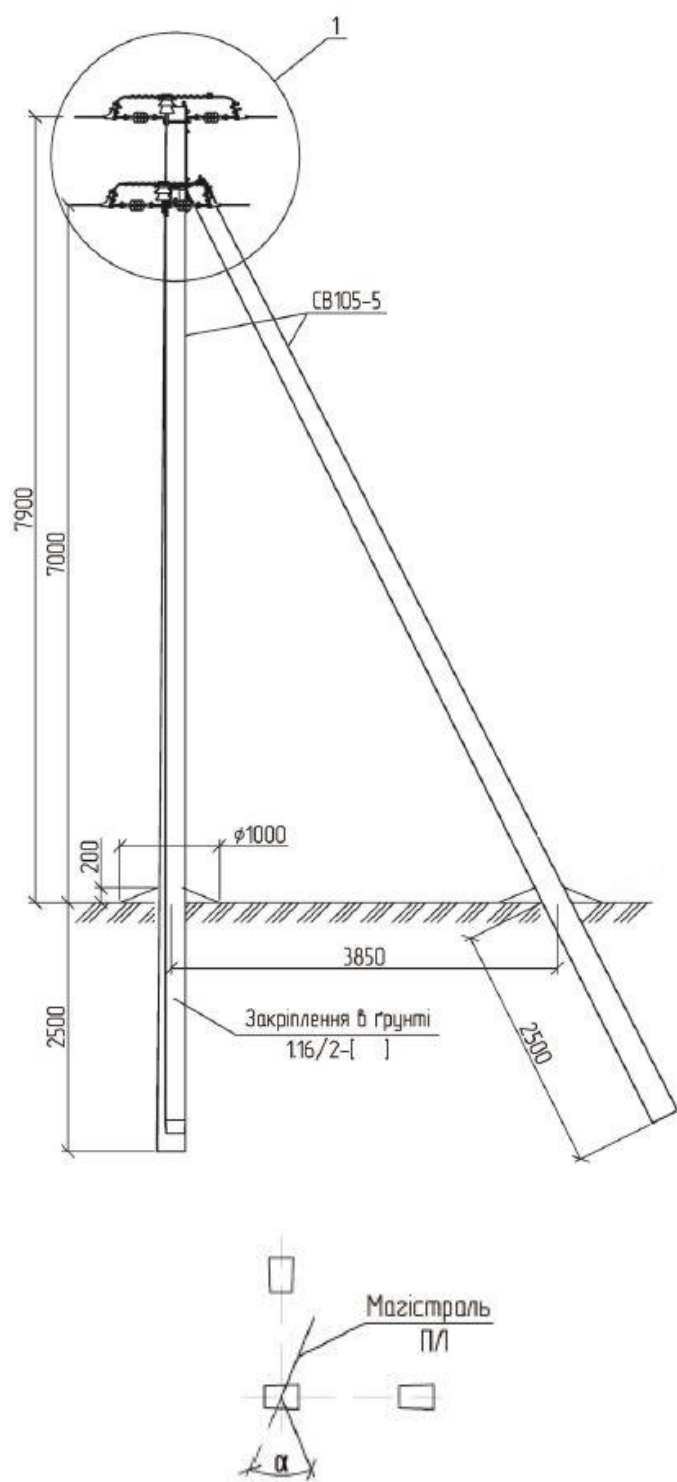


Рисунок 3.8 – Кутова анкерна опора КА10-1н(3хСВ105-5)-1

Таблиця 3.7 – Специфікація до рисунку 3.8

Позиція	Найменування
1	Ізолятор ШФ-20Г
2	Ковпачок К-6
3	В'язка спіральна AST 35
	В'язка спіральна AST 70
	В'язка спіральна AST 120
5	Затискач відгалужувальний PGA402
6	Затискач плашковий PGA 101
7	Підвіска натяжна ізолююча
ТМн-20	Траверса гарячеоцинкована ТМн-20
ТМн-21	Траверса гарячеоцинкована ТМн-21
ЗП1	Заземлювальний дріт D10, L=2 п.м.
Х1	Хомут Х1
У1	Кронштейн У1

Таблиця 3.8 – Специфікація до рисунку 3.9

Позиція	Найменування
4	Затискач плашковий PGA 101
13	ОПН з роз'єднувачем AZC 092
	ОПН з роз'єднувачем AZC 152
16	Затискач апаратний CN2AA G2B
18	Затискач відгал. проколюючий TTDC28251
19	Бандажна стрічка IF 207, L=4 п.м.
20	Скріпа CF 20
КР10	Кронштейн КР10
КР010	Кронштейн КР010
ЗП	Ст. круг D10 В2 з цинковим покриттям, L=1,3 п.м.

3.4 Обмежувач перенапруг ОПН.

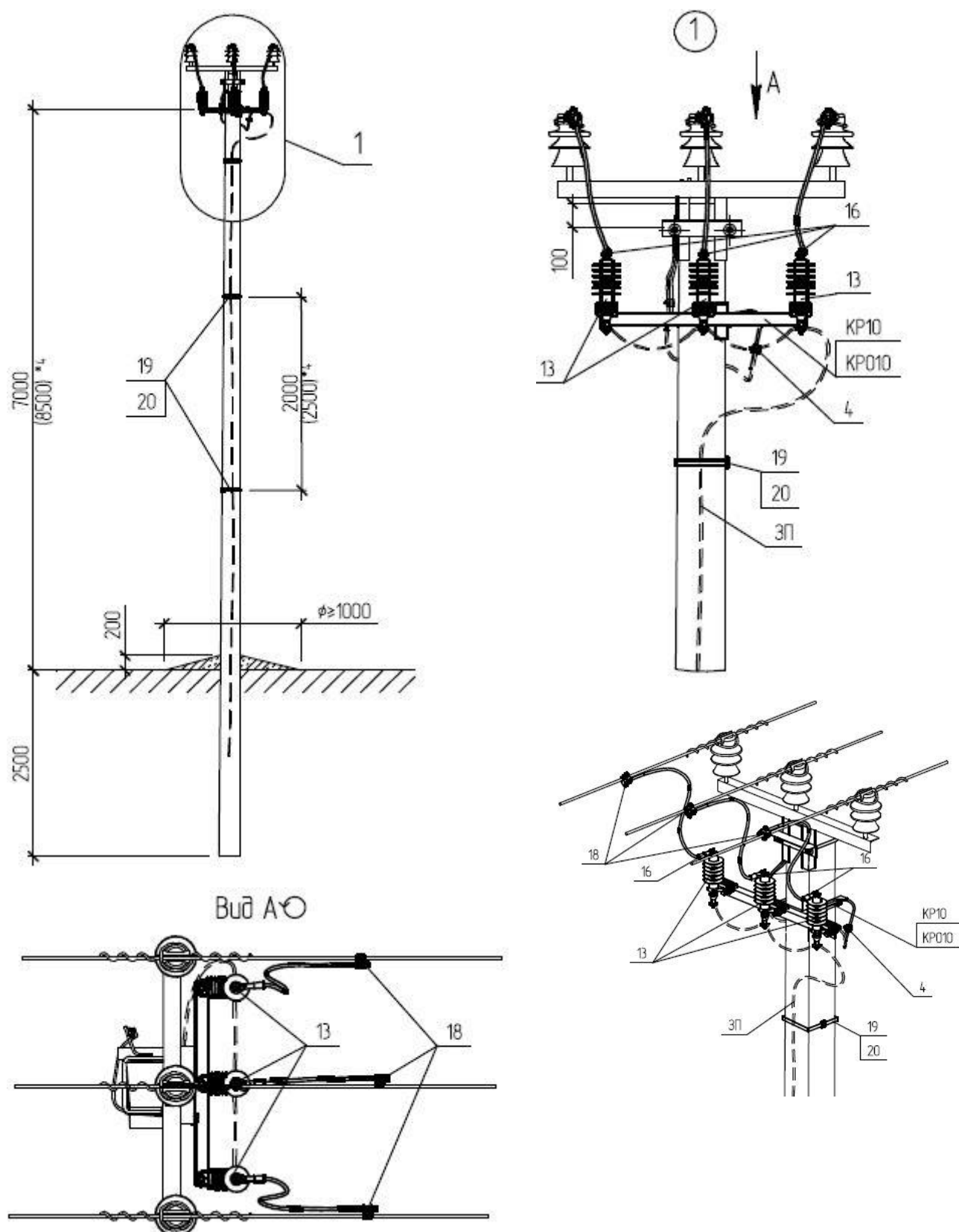


Рисунок 3.9 – Встановлення обмежувача перенапруг ОПН-1-0

ОПН-1-1

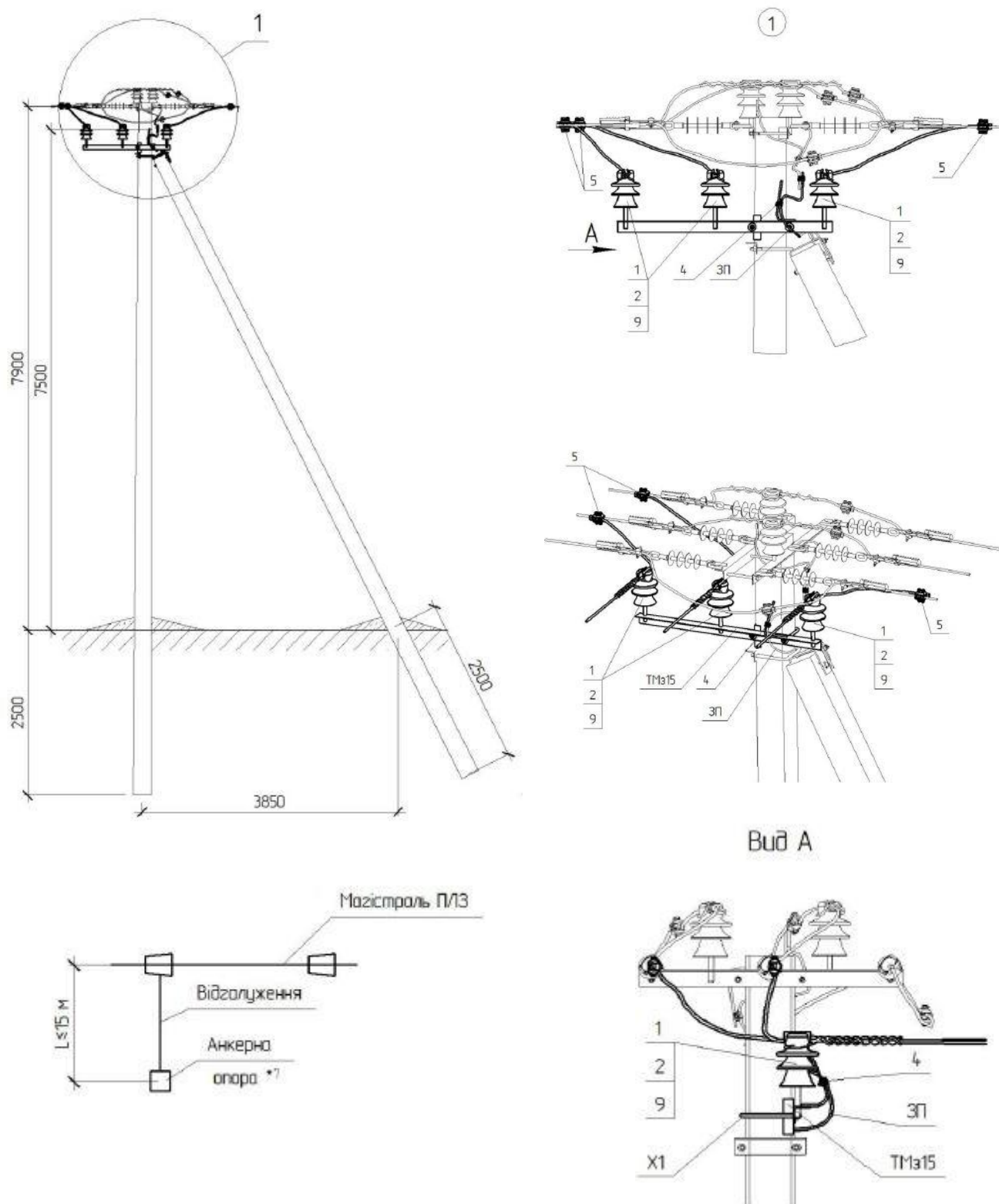


Рисунок 3.10 – Влаштування відгалуження від анкерної опори UB-4-1

Таблиця 3.9 – Специфікація до рисунку 3.10

Позиція	Найменування
1	Ізолятор ШФ20-Г1
2	Ковпачок К-6
4	Затискач плашковий PGA 101
5	Затискач проколюючий TTDC28401 FA
9	В'язка одностороння діелектрична PLDT2
	В'язка одностороння діелектрична PLDT3
ТМз-15	Траверса гарячеоцинкована ТМз-15
ЗП	Ст. круг D10 B2 з цинковим покриттям, L=1 п.м.
X1	Хомут X1

Таблиця 3.10 – Специфікація до рисунку 3.11

Позиція	Найменування
1	Ізолятор ШФ20-Г1
2	Ковпачок К-6
3	В'язка спіральна діелектрична PLDT2 R
	В'язка спіральна діелектрична PLDT3 R
4	Затискач плашковий PGA 101
9	В'язка одностороння діелектрична PLDT2
	В'язка одностороння діелектрична PLDT3
22	Роз'єднувач РЛНДз-10/400У1
23	Привід ПРЗ-10У1
28	Затискач апаратний 2А G28
33	Болт 12х40
34	Гайка М12
35	Шайба 12
КР3	Кронштейн КР3
КР4	Кронштейн КР4
КР5	Кронштейн КР5
ВП1	Вал приводу ВП1
ЗП	Ст. круг D10 B2 з цинковим покриттям, L=5 п.м.

3.5 Роз'єднувач на кінцевій опорі

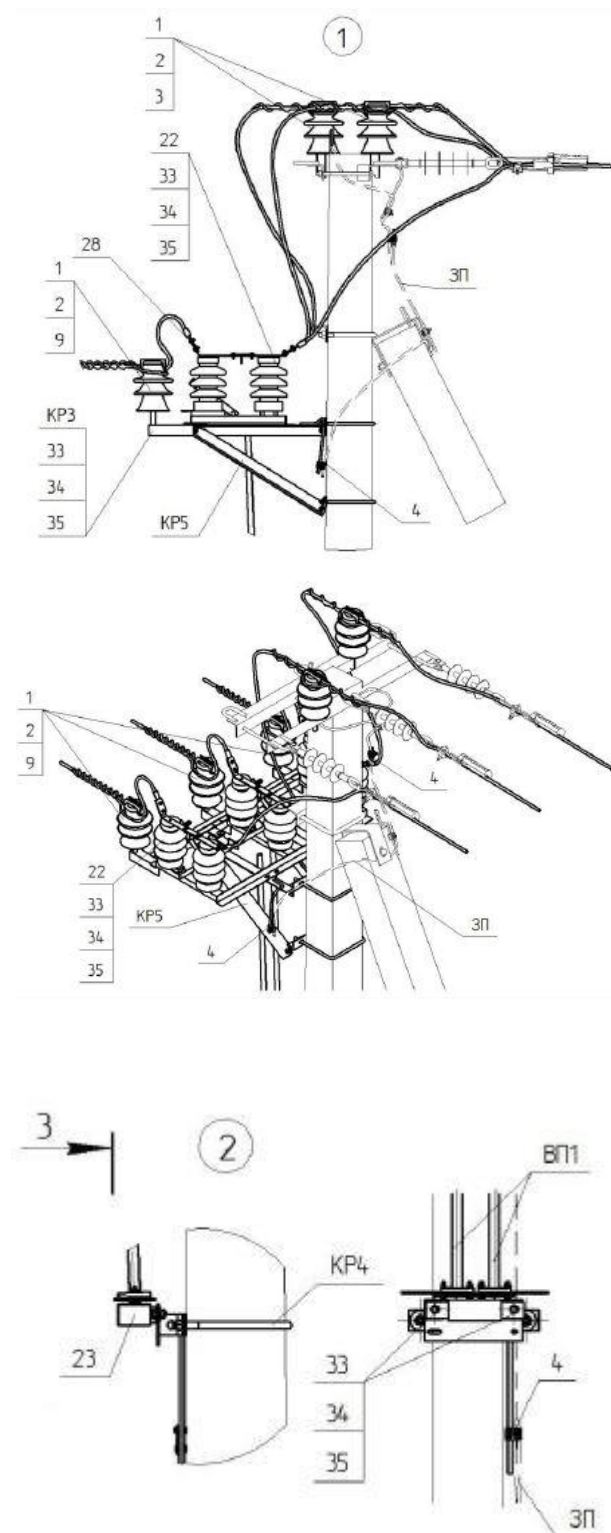
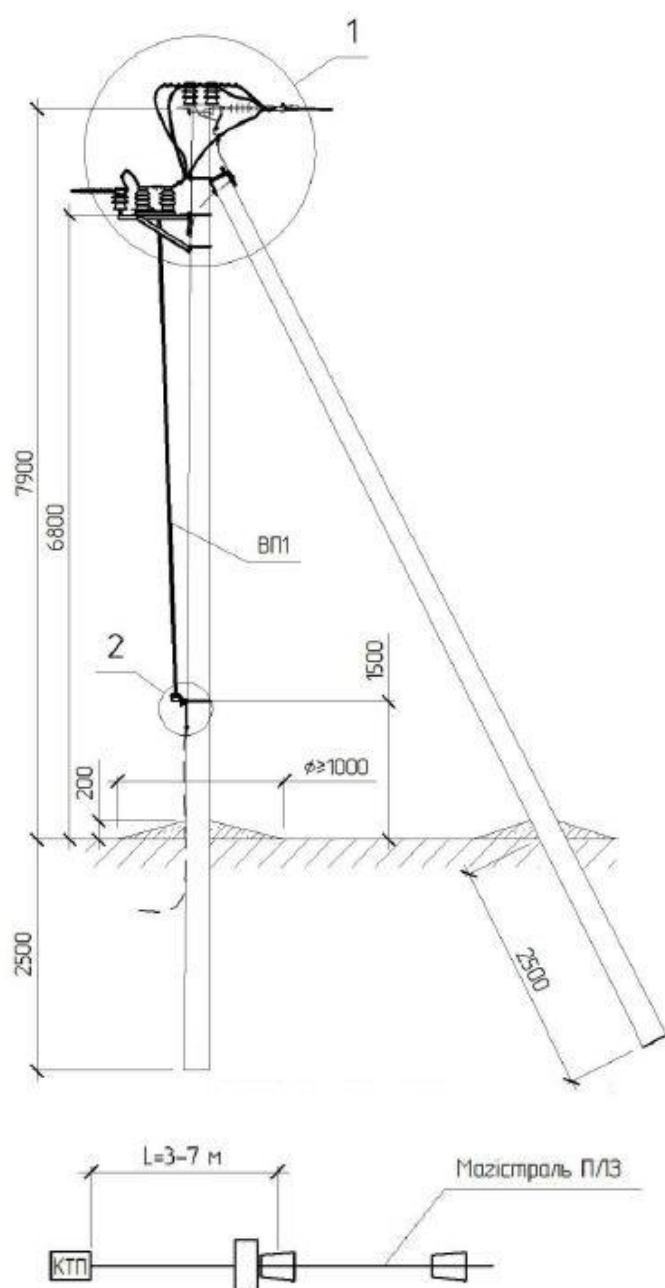


Рисунок 3.11 – Встановлення роз'єднувача на кінцевій опорі Р-3-1

3.6 Висновки до Розділу 3.

1. Проведено розрахунок заземлюючих пристроїв опор 10 кВ. Показано загальний вигляд заземлювального пристрою опори ПЛЗ-10 кВ.
2. Проведено вибір опор ПЛ електропередач.
3. Проведено вибір обмежувача перенапруг AZC 092 та AZC 152
4. Проведено вибір роз'єднувача на кінцевій опорі РЛНДз-10/400У1.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Будівництво та охоронні зони ЛЕП

Щороку реєструються нещасні випадки, пов'язані з виконанням робіт в охоронній зоні ліній електропередачі (далі – ЛЕП). Їх аналіз говорить про те, що у більшості випадків перед початком робіт не було виконано організаційно-технічні заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.

Статистика показує, що близько 70% аварій на ЛЕП стаються через порушення вимог безпеки в їх охоронних зонах. Охоронні зони – це умовні відрізки у вигляді земельної ділянки і повітряного простору, що віддалені на певну відстань по обидві сторони лінії від крайніх проводів ЛЕП. Вони мають певні обмеження для забезпечення нормального функціонування електрообладнання, захисту від пошкодження та уникнення небезпеки ураження електрострумом. Більшість таких випадків трапляється під час проведення робіт на висоті з використанням засобів підмоцнування, робіт з використанням вантажопідіймальних кранів та інших будівельних машин в охоронних зонах повітряних ЛЕП, виконання земляних робіт в охоронній зоні кабельних ЛЕП, у небезпечній зоні контактних мереж електрифікованих ліній залізничного та міського транспорту.

Нерідко такі випадки трапляються під час польових робіт із застосуванням крупногабаритного сільськогосподарського обладнання. Найчастіше подібні нещасні випадки призводять до смертельних або тяжких наслідків.

- 28.06.2024 у Житомирській області під час огляду повітряної ЛЕП 0,4 кВ був смертельно уражений електричним струмом електромонтер з експлуатації розподільчих мереж.
- 26.02.2024 у Львівській області під час переміщення алюмінієвої конструкції підсобний робочий отримав смертельне ураження електричним струмом внаслідок наближення конструкції, що переноситься, на недопустиму відстань до повітряної ЛЕП.

- 15.02.2024 у Чернігівській області керівника будівельної організації під час експлуатації електричного генератора було смертельно уражено струмом внаслідок наїзду бурильно-кранової установки на електрокабель, приєднаний до генератора.
- 04.08.2023 на Дніпропетровщині машиніст екскаватора під час підймання стріли екскаватора зачепився нею за повітряну ЛЕП. Виходячи з кабіни, машиніст узявся за ручку дверей кабіни та отримав смертельне ураження струмом.
- 03.02.2023 на Дніпропетровщині під час підймання кузова вантажного автомобіля стався контакт кузова з ЛЕП. Виходячи з кабіни, водій узявся за ручку її дверей та отримав смертельне ураження струмом.

Крім цього, через незнання або байдужість люди проводять самовільні забудови під проводами, насаджують дерева чи розводять багаття під ними. Ці дії стають причиною обривів на лініях під час негоди, а ліквідація аварійних вимкнень затягується через те, що немає безперешкодного доступу до несправного електрообладнання.

Проведення робіт в охоронних зонах ЛЕП регламентовано статтею 32 Закону України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів» [23], яку конкретизують Правила охорони електричних мереж, затверджені постановою КМУ від 27.12.2022 № 1455. Порядок безпечного проведення робіт біля ЛЕП електроспоживачів визначають Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98) [24]. А на інших ЛЕП – Правила безпечної експлуатації електроустановок (НПАОП 40.1-1.01-97) [25].

Обмеження охоронних зон поширюються на трансформаторні підстанції, розподільні пункти і пристрої, струмопроводи, повітряні лінії електропередачі, підземні й підводні кабельні лінії електропередачі та споруди, які до них належать.

Охоронні зони для ЛЕП встановлюються на відстань:

- для повітряних ліній (від крайніх проводів) до 1 кВ – 2 м; 3–20 кВ – 10 м; 35 кВ – 15 м; 110 кВ – 20 м; 150, 220 кВ – 25 м; 330, 400 кВ, 500 кВ – 30 м; 750 кВ – 40 м;

- для підземних кабельних ЛЕП (до 1 кВ) – 1 м.

В охоронних зонах ЛЕП забороняється виконувати будь-які дії, що можуть порушити нормальну роботу електричних мереж, спричинити їх пошкодження або становлять загрозу для життя людей (тварин), а саме:

- перебувати стороннім особам на території й у приміщеннях трансформаторних підстанцій, розподільних пунктів і пристроїв, відчиняти двері та люки таких споруд, самовільно переключати електричні апарати та підключати до електричних мереж;

- виконувати земляні, будівельні та інші роботи, що можуть призвести до порушення безаварійного функціонування об'єктів передачі електричної енергії, спричинити їх пошкодження, а також зводити об'єкти будівництва будь-якого призначення;

- виконувати роботи із застосуванням автотранспорту та техніки з навантаженням на вісь понад 5 тон;

- займатися промисловим рибальством (в охоронних зонах підводних кабельних ЛЕП);

- складати сміття, спалювати стерню, очерет і бур'ян;

- запускати безпілотні літальні апарати (крім випадків використання їх для забезпечення експлуатації та охорони електричних мереж), повітряні кулі;

- накидати на струмопровідні частини об'єктів передачі електричної енергії і наближати до них сторонні предмети, підніматися на опори повітряних ліній електропередачі, електрообладнання трансформаторних підстанцій, розподільних пунктів і пристроїв, демонтувати їх елементи;

- застосовувати під час сільськогосподарських робіт машини й механізми для оброблення ґрунту в межах обвалування навколо фундаментів і відтяжок опор ЛЕП.

У разі проведення невідкладних ремонтно-відновлювальних робіт в охоронних зонах ЛЕП для запобігання аварії або ліквідації наслідків аварій (надзвичайних ситуацій), допускається виконання робіт без попереднього погодження з власником ЛЕП (за умови інформування власника та дотримання заходів безпеки під час проведення робіт в охоронних зонах ЛЕП).

4.2 Охорона праці при експлуатації і ремонті ПЛ.

Враховуючи підвищену небезпеку проведення робіт на діючих повітряних лініях, дотриманню Правил безпеки надають особливого значення. Кожна ПЛ повинна мати чіткі позначення опор і ланцюгів, де проходить багато ліній електропередачі. Позначення наносяться відповідно до вимог Правил безпеки. Всі особи, які обслуговують лінії електропередач і виконують на них роботи, повинні пройти вступний (загальний) інструктаж при поступленні на роботу та інструктаж з ТБ на лінії із записом у журналі. Працюючі на обслуговуванні і ремонті ПЛ не повинні мати каліцтв і хвороб, що перешкоджають виконанню робіт, а тому зобов'язані проходити медичний огляд при поступленні на роботу, а також періодично - відповідно до правил з техніки безпеки при експлуатації ПЛ. Монтери, що обслуговують лінії електропередачі, повинні пройти навчання методів роботи на робочому місці під керівництвом досвідченого робітника, вивчити правила, а потім пройти перевірку знань у кваліфікаційній комісії й одержати певну кваліфікаційну групу з ПБ. Всі особи, починаючи з групи II, повинні бути практично навчені прийомам звільнення людини, що потрапила під напругу, прийомам надання першої медичної допомоги при ураженнях електричним струмом.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для здійснення комерційного обліку електроенергії об'єкту встановлено електронний лічильник типу *NIK 2307 ARTT 1600. M.21 5–10A 3x220/380 В* в *РУНН – 0,4 кВ*. Запропоновано схему організації обліку.

2. Для встановлення прийнято однострансформаторну *КТП – 10/0,4 кВ*. Завантаження трансформатора становить 229,1 кВА. Прийнято силовий трансформатор потужністю 250 кВА.

3. Проведено вибір автоматичного вимикача 0,4 кВ. Згідно розрахунку прийнято *ВА88–37* із струмом розчеплювача 400 А.

4. Проведено вибір трансформатора струму 0,4 кВ. Вибрано ТС марки *T – 0,66 – 0,5S* класом напруги 0,4 кВ із номінальним струмом обмотки високої напруги 400 А.

5. Проведено розрахунки заземлюючого пристрою ТП 10/0,4 кВ. Заземлюючий пристрій *КТП – 10/0,4 кВ* прийнято одним для усіх напруг - 10 кВ та 0,4 кВ. Виконується по контуру. Запропоновано план мережі заземлення.

6. Передбачено виконання будівництва відпайки *ПЛЗ – 10 кВ* від існуючої *ПЛ – 10 кВ Л – 19 оп. №98* до проєктованої *КТП – 10/0,4 кВ*. Проєктовану ділянку *ПЛЗ – 10 кВ* виконано ізольованим проводом *ЗСПх3 1х50*. На опорі №98 встановлено *ОПН AZC 152*. На проєктування нової ділянки *ПЛЗ – 10 кВ* будівельну частину передбачено на залізобетонних опорах. Для підключення проєктованої *КТП – 10/0,4 кВ* на опорі №23 встановлено лінійний роз'єднувач *РЛНДЗхІ – 10/400*.

7. Показано загальний вигляд КТП-10/0,4 кВ. КТП – тупікова. Ввід на стороні високої напруги — повітряний. Вивід на стороні низької напруги — кабельний.

8. Проведено розрахунок заземлюючих пристроїв опор 10 кВ. Показано загальний вигляд заземлювального пристрою опори ПЛЗ-10 кВ.

9. Проведено вибір опор ПЛ електропередач.

10. Проведено вибір обмежувача перенапруг AZC 092 та AZC 152

11. Проведено вибір роз'єднувача на кінцевій опорі РЛНДз-10/400У1.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електричні мережі та системи: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. П. Шевчук, О. В. Мейта. – Електронні текстові данні (1 файл: 4,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.– 167 с.
2. Повітряні лінії електропередачі. Текст лекцій з дисципліни «Кабельні та повітряні лінії електропередачі » (для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання спеціальності 6.090603 – «Електротехнічні системи електроспоживання») / Укл.: Є.Д.Дьяков - Харків: ХНАМГ, 2008. – 67 с.
3. Електричні системи та мережі : конспект лекцій / укладачі: І. Л. Лебединський, В. І. Романовський, Т. М. Загородня. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 214 с.
4. Конспект лекцій з дисципліни “Основи електропостачання ” (скорочений курс лекцій, частина 1) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освіти денної та заочної форми навчання спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Павло Микола ВУСАТИЙ, ПОТАПСЬКИЙ, Ігор ГАРАСИМЧУК (За загальною редакцією Павла ПОТАПСЬКОГО). – Кам'янець – Подільський: ЗВО «ПДУ», 2023. – 127с.
5. Конспект лекцій з дисципліни «Електричні мережі та системи» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ Укл.: к.т.н., доцент Ключев О.В. – Кам’янське: ДДТУ, 2019, 196 стор.
6. Сисак І.М. Електричні системи та мережі [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1747): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011.

7. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: Підручник. – 2-ге вид. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 488 с.
8. Романюк Ю.Ф. Електричні системи та мережі: Навч. посіб. – К.: Знання, 2007. – 292 с. – (Вища освіта ХХІ століття).
9. Правила улаштування електроустановок. / Міненерго вугілля України,. - К., 2017.
10. Вибір трансформаторів підстанцій за навантажувальною здатністю / Н. В. Бабанін, І. М. Сисак, А. В. Гапонюк, О. М. Максимчук // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 3. — С. 89. — (Електротехніка та енергозбереження).
11. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. - Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 436 с. ISBN 978-966-553-833-2
12. Сисак І.М. Електропостачання промислових і муніципальних об'єктів [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1748): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.
13. Бурбело, М. Й. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с. ISBN 978-966-641-450-5
14. Сисак І. М. Дослідження та вибір заходів підвищення надійності системи електропостачання трансформаторної підстанції 35/10 кВ / І. М. Сисак, О. І. Скакун // Збірник тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 17-18 листопада 2016 року. — Т. : ТНТУ, 2016. — Том II. — С. 192. — (Електротехніка та енергозбереження).

15. Романишен О. В. Підвищення надійності системи електропостачання / О. В. Романишен, Д. Р. Клименко, І. М. Сисак // Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 2. — С. 128. — (Електротехніка та енергозбереження).

16. Підвищення надійності та пропускної здатності трансформаторних підстанцій / В. О. Купчик, Т. Т. Сердюк, Г. І. Головачук, Р. Б. Волосинецький, Л. Т. Мовчан, І. М. Сисак // XI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 7-8 грудня 2022 року. — Т. : ТНТУ, 2022. — С. 80–81. — (Електротехніка та енергозбереження).

17. Підвищення технічної надійності підстанції / А. Л. Стефанюк, А. А. Гуменюк, А. З. Стасів, І. М. Сисак // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, 11-12 грудня 2024 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2024. — С. 267–268. — (Електротехніка та енергозбереження).

18. Підвищення надійності системи електропостачання промислових підприємств / М. В. Ткач, І. М. Сисак, В. В. Миколишин, Т. Т. Сердюк // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 3. — С. 125. — (Електротехніка та енергозбереження).

19. Забезпечення надійності системи електропостачання промислових об'єктів / Є. В. Бацюра, Р. І. Шинькар, А. Р. Ухін, П. Б. Костецький, С. В. Осадчук, Іван Михайлович Сисак // Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 24-25 листопада 2021 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2021. — Том II. — С. 9–10. — (Електротехніка та енерго-збереження).

20. Сисак І. М. Забезпечення надійності системи електропостачання деревообробного цеху / Іван Михайлович Сисак, С. В. Корюков // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 237–238. — (Електротехніка та енергозбереження).

21. Гурик О.Я. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 4656): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2017. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.

22. Тарасенко М.Г., Коваль В.П., Буняк О.А., Мовчан Л.Т. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 50 с.

23. Закон України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів».

24. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98)

25. Правила безпечної експлуатації електроустановок (НПАОП 40.1-1.01-97)