

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Проект сонячної електростанції встановленою потужністю 16 МВт

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

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

| | |
|-------------------|--|
| | <u>Ракочий В.І.</u> (прізвище та ініціали) |
| Керівник | <u>Сисак І.М.</u> (прізвище та ініціали) |
| Нормоконтроль | <u>Мовчан Л.Т.</u> (прізвище та ініціали) |
| Завідувач кафедри | <u>Тарасенко М. Г.</u> (прізвище та ініціали) |
| Рецензент | <u></u> (прізвище та ініціали) |

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Ракочого Вадима Івановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект сонячної електростанції встановленою потужністю 16 МВт

Керівник роботи Сисак Іван Михайлович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затвержені наказом ректора від «23» січня 2023 року № 4/7-47

2. Термін подання студентом завершеної роботи червень 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Потужність встановлених трансформаторів 2 x 10 МВА, розрахункова електрична потужність – 16 МВт, встановлена потужність фотоелектричних модулів – 19,44 МВт, коефіцієнт потужності – 0,9-1,0, розрахункова електрична потужність власних потреб – 25 кВт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

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

1. _____ 1л. ф – А1

2. _____ 1л. ф – А1

3. _____ 1л. ф – А1

4. _____ 1л. ф – А1

5. _____ 1л. ф – А1

6. _____ 1л. ф – А1

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|-------------------|---------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Безпека життєдіяльності та основи охорони праці | | | |
| Нормоконтроль | Мовчан Л.Т., к.т.н., доцент кафедри ЕІ | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання _____ 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1 | Вступ | 15.03.2023 | |
| 2 | Аналітичний розділ | 28.03.2023 | |
| 3 | Проектно-конструкторський розділ | 31.04.2023 | |
| 4 | Розрахунковий розділ | 30.05.2023 | |
| 5 | Безпека життєдіяльності та основи охорони праці | 01.06.2023 | |
| 6 | Загальні висновки | 03.06.2023 | |
| 7 | Оформлення пояснювальної записки | 05.06.2023 | |
| 8 | Оформлення графічної частини | 06.06.2023 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Студент

_____ (підпис)

Ракочий В.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Сисак І.М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс–41. - Т. : ТНТУ, 2023.

Стор. 70; рис. 34; табл. 18; креслень _; джерел 15; додатків 10.

Робота бакалавра виконана згідно завдання на тему: «Проект сонячної електростанції встановленою потужністю 16 МВт».

Метою кваліфікаційної роботи є розробка проекту сонячної електростанції встановленою потужністю 16 МВт.

Розглянуто електропостачання власних потреб. Показано план траси ЛЕП. Показано відгалуження від опори ЛЕП кабельною лінією 10 кВ. Показано прокладання кабельної лінії 10 кВ та прокладання кабелів в трубах. Запропонована однолінійна схема КТП та показано план встановлення КТП. Запропоновано план прокладання мережі власних потреб. Запропонована схема електрична принципова магістральної мережі ГРЩ. Показано план прокладання магістральних мереж адміністративної будівлі. Запропоновано план прокладання магістральних мереж ГРП та архітектуру електричних з'єднань ГРЩ. Показано план прокладання розподільчої мережі адміністративної будівлі, влаштування розеток та архітектуру електричних з'єднань РП. Показано план прокладання розподільчих мереж ГРП. Запропонована схема вирівнювання потенціалів. Запропонована система внутрішнього та зовнішнього освітлення. Показано план влаштування обладнання електроосвітлення. Показано план влаштування мереж освітлення. Показано план влаштування зовнішнього електроосвітлення на КТП-1 та схему керування зовнішнім освітленням на КТП. Розглянута АСУ.

Ключові слова: ВЛАСНІ ПОТРЕБИ, ВНУТРІШНЄ ОСВІТЛЕННЯ, ЗОВНІШНЄ ОСВІТЛЕННЯ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ЗРІВНЮВАННЯ ПОТЕНЦІАЛІВ, ЗАЗЕМЛЕННЯ.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 7 |
| 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ | 9 |
| 1.1 Характеристика основних компонентів СЕС..... | 9 |
| 1.1.1 Фотоелектричні модулі..... | 9 |
| 1.1.2 Архітектура фотоелектричних з'єднань..... | 9 |
| 1.1.3. Інвертори..... | 11 |
| 1.1.4 Розподільчі щити ЩР..... | 12 |
| 1.1.5 Комплектні трансформаторні підстанції КТП..... | 12 |
| 1.1.6 Силові трансформатори..... | 13 |
| 1.2 Характеристики та продуктивність сонячних панелей..... | 13 |
| 1.3. Сонячні панелі та погодні умови..... | 14 |
| 1.4 Постановка задач | 14 |
| 2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ | 16 |
| 2.1 Електропостачання власних потреб..... | 16 |
| 2.1.1 План траси ЛЕП..... | 17 |
| 2.1.2. Відгалуження від ПЛ-10 кВ..... | 17 |
| 2.1.3. Прокладання кабельної лінії 10 кВ..... | 17 |
| 2.1.4. Прохід кабелів у трубах..... | 18 |
| 2.1.5 Однолінійна схема КТП..... | 18 |
| 2.1.6 План встановлення КТП..... | 19 |
| 2.1.7 Встановлення одного заземлювача..... | 19 |
| 2.1.8 План прокладання мережі власних потреб..... | 20 |
| 2.2 Кабельне господарство..... | 21 |
| 2.3 Електротехнічні рішення..... | 21 |
| 2.3.1 Загальні відомості..... | 22 |
| 2.3.2 Схема електрична принципова магістральної мережі ГРЩ. | 23 |
| 2.3.3. План прокладання магістральних мереж адміністративної будівлі..... | 25 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.3.4 | План прокладання магістральних мереж ГРП..... | 26 |
| 2.3.5 | План прокладання розподільчої мережі адміністративної будівлі..... | 27 |
| 2.3.6. | План прокладання розподільчих мереж ГРП..... | 30 |
| 2.3.7 | Схема зрівнювання потенціалів..... | 32 |
| 2.3.8. | План прокладання магістральних електричних мереж..... | 33 |
| 2.3.9. | Прокладання КЛ до колодязя..... | 35 |
| 2.4 | Висновки до Розділу 2..... | 36 |
| 3 | ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ..... | 37 |
| 3.1 | Внутрішнє електроосвітлення..... | 37 |
| 3.2 | Зовнішнє електроосвітлення..... | 42 |
| 3.3 | Автоматизована система управління..... | 46 |
| 3.3.1 | Вимоги до програмно-апаратного забезпечення інверторів ФЕС..... | 46 |
| 3.3.2 | Структура мережі АСУ ТП ФЕС..... | 47 |
| 3.3.3 | Структурна схема підключення інверторів до КТП..... | 49 |
| 3.3.4 | Прокладання кабелю мережі RS485..... | 50 |
| 3.3.5 | Встановлення основного обладнання АСУ..... | 52 |
| 3.4 | Облік електроенергії..... | 53 |
| 3.5 | Захист електричних мереж..... | 53 |
| 3.5.1 | Захист від струмів короткого замикання і перевантаження. | 53 |
| 3.5.2 | Захист людей від ураження електричним струмом | 54 |
| 3.5.3 | Захист обладнання від грозових перенапруг..... | 55 |
| 3.6 | Релейний захист і автоматика..... | 55 |
| 3.7 | Заземлення і зрівнювання потенціалів..... | 57 |
| 3.7.1 | Заземлення КТП..... | 57 |
| 3.7.2 | Заземлення електрощитової ГРП..... | 57 |
| 3.7.3 | Заземлення інверторного обладнання..... | 58 |
| 3.7.4. | Контур заземлення..... | 58 |

| | |
|--|----|
| 3.7.5. Заземлення екранів..... | 59 |
| 3.8 Енергозбереження..... | 59 |
| 3.9 Засоби аналізу якості електричної енергії..... | 60 |
| 3.10 Висновки до Розділу 3..... | 61 |
| 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ..... | 62 |
| 4.1 Засоби захисту, призначені для забезпечення електробезпеки | 62 |
| 4.2 Групи з електробезпеки електротехнічного персоналу та умови їх присвоєння | 64 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 66 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ | 69 |
| ДОДАТКИ..... | 1 |
| Додаток А. План траси ЛЕП..... | 2 |
| Додаток Б. Відгалуження від ПЛ-10 кВ..... | 3 |
| Додаток В. Прокладання кабельної лінії 10 кВ..... | 5 |
| Додаток Г. Прохід кабелів у трубах..... | 6 |
| Додаток Д. Однолінійна схема КТП..... | 7 |
| Додаток Е. План встановлення КТП..... | 8 |
| Додаток Є. Встановлення одного заземлювача..... | 9 |
| Додаток Ж. План прокладання мережі власних потреб..... | 10 |

ВСТУП

Актуальність теми. Кількість сонячних електричних станцій у нашій державі із кожним роком тільки зростає. За попередні роки систему автономного енергетичного забезпечення використовували лише для покриття побутових задач. В даний час сонячні електростанції встановлюють на різних підприємствах. Це дає змогу скоротити фінансові витрати і також забезпечує живлення електрообладнання в ситуаціях при відключенні мережі живлення [1].

Така система живлення може забезпечувати різні процеси:

- Живлення комп'ютерів;
- Освітлення;
- Живлення усіх типів обладнання;
- Роботу побутової техніки.

Отже, розроблення проекту сонячної електричної станції встановленою потужністю 16000 кВт являється актуальною практичною задачею.

Метою кваліфікаційної роботи є розробити проект сонячної електричної станції встановленою потужністю 16000 кВт.

Завдання:

1. Розглянути електропостачання власних потреб;
2. Показати план траси ЛЕП, відгалуження від опори ЛЕП кабельною лінією 10 кВ;
3. Показати прокладання кабельної лінії 10 кВ та прокладання кабелів в трубах;
4. Запропонувати однолінійну схему КТП та показати план встановлення КТП;
5. Запропонувати план прокладання мережі власних потреб;
6. Запропонувати схему електричну принципову магістральної мережі ГРЩ;

7. Показати план прокладання магістральних мереж адміністративної будівлі;
8. Запропонувати план прокладання магістральних мереж ГРП та архітектуру електричних з'єднань ГРЩ;
9. Показати план прокладання розподільчої мережі адміністративної будівлі, влаштування розеток та архітектуру електричних з'єднань РП; план прокладання розподільчих мереж ГРП;
10. Запропонувати схему вирівнювання потенціалів;
11. Запропонувати систему внутрішнього освітлення. Показати план влаштування обладнання електроосвітлення;
12. Запропонувати систему зовнішнього освітлення. Показати план влаштування мереж освітлення. Показати план влаштування зовнішнього електроосвітлення на КТП-1 та схему керування зовнішнім освітленням на КТП;
13. Розглянути автоматизовану систему управління;
14. Розглянути питання обліку електричної енергії, захисту електричних мереж, заземлення і зрівнювання потенціалів, питання енергозбереження, засоби аналізу якості електричної енергії.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Характеристика основних компонентів СЕС.

Загалом система складається з:

10 шт – трансформаторних підстанцій;

70 шт – розподільчих щитів збору потужності;

270 шт – стрінгових інверторів потужності;

64 800 шт – фотоелектричних модулів.

1.1.1 Фотоелектричні модулі

Основною складовою фотоелектричної (сонячної) електростанції є фотоелектричні модулі. Фотоелектричні модулі – це пристрої, які перетворюють енергію сонячного випромінювання у електричну енергію постійного струму.

Фотоелектричні модулі поставляються від виробника в готовому до використання вигляді. Фотоелектричні модулі встановлюються на попередньо змонтовану під них металеву конструкцію. Після монтажу виконується підключення фотомодулів до контуру заземлення та виводяться електричні кабелі до місць установки стрінгових інверторів.

Передбачається використання монокристалічних модулів потужністю 300 Вт. Слід також звернути увагу на те, що з метою зниження втрат електричної енергії при постійному струмові передбачається використання фотомодулів з максимальною системною напругою постійного струму 1500 В.

1.1.2 Архітектура фотоелектричних з'єднань.

Для отримання відповідної напруги фотомодулів підключаються послідовно, створюючи таким чином ланцюг (стрінг) відповідних параметрів, придатних до перетворення у інверторах.

Стрінг - це ланцюг з послідовно з'єднаних фотоелектричних модулів. У даній системі кожний стрінг складається з 30 модулів. Максимальне число стрінгів, які можна підключити до інвертора становить 8 шт. Разом вісім приєднань по 30 модулів складатимуть приєднання з 240 монокристалічних панелей до одного стрінгового інвертора потужності – 60 кВт. Загальна потужність постійного струму, яка приєднується до інвертора, при потужності панелей 300 Вт складатиме 72000 Вт.

Особливістю рішення є архітектура з'єднання ланцюгів постійного струму. Загалом існує традиційна система з'єднання фотоелектричних панелей між собою. Вона передбачає прокладання лінії від інвертора до першого модуля, потім модулі з'єднуються послідовно з сусідніми і в кінці лінії (з останньої панелі) прокладається додатковий (зворотній) кабель до виводів на інверторі. Така система має недолік у тому, що зворотній кабель потрібно докуповувати окремо. Загальна довжина кабелю, який потрібно буде докупити становитиме приблизно довжину панелей. Крім того потрібно буде докупляти конвектори для електричного з'єднання, орієнтовно по кількості стрінгів, а це 2160 шт.

Система, яка застосовується відрізняється від традиційної системи тим, що фотомодулі з'єднуються через один по парним числам. Тобто перший з третім, третій з п'ятим і так далі. По непарним числам у зворотньому напрямку. Таким чином, ми уникаємо використання зворотнього кабелю і додаткових конвекторів.

Основною вимогою такої системи є замовлення фотомодулів з подовженими комплектами кабелів, що йдуть в комплекті разом з ними. Комплектно зі стандартними модулями йде довжина кабелю 0,9 м. Для реалізації даної системи потрібно орієнтовно 1,8 м в комплекті з модулями, тобто в два рази більшою довжиною.

1.1.3. Інвертори

Інвертор – це пристрій, який перетворює електричну енергію постійного струму в електричну енергію змінного струму, додатку для подальшого трансформування та передачі до споживачів.

Передбачається використання стрінгових інверторів, які мають ряд переваг над традиційними центральними інверторами.

Переваги стрінгових інверторів:

- швидкість та оперативність заміни інвертора, який вийшов з ладу;
- малі габаритні розміри та зручність монтажу;
- наявність вбудованої системи моніторингу;
- відсутність рухомих елементів у системі охолодження;
- децентралізація перетворення електричної енергії постійного струму.

Застосовуються стрінгові інвертори з чотирма MPPT – трекерами. MPPT технологія (MPPT – maximum power point technology) дозволяє відслідковувати максимальну точку потужності, що дозволяє розділити стрінги на окремі елементи, що мають свої незалежні, один від одного електричні параметри в конкретний момент часу. Це означає що при наявності затінення, або інших факторів (сніг, сміття, бруд) на певній ділянці стола, ми не будемо втрачати потужність на інших стрінгах, які підключаються до інвертора.

Тому, відповідно до чотирьох трекерів ми вибираємо систему з горизонтальним розташуванням фотомодулів, у якій кожен стрінг буде собою один горизонтальний ряд фото панелей. На столі з 120 модулями, буде розташовуватись чотири стрінги, які розташовуються на різній висоті один від одного.

Загальне число інверторів, які будуть застосовуватись в даній електростанції становить 270 шт. Активна потужність визначається потужністю, яка буде виходити з стрінгових інверторів. Максимальна активна потужність для інвертора типу Huawei SUN2000 60KTL становить 60 кВт.

Особливістю використання даних інверторів є їхня робоча напруга. Напруга вхідної системи постійного струму становить 1500В, що є вищою за традиційну систему 1000В на 50%. Напруга вихідної системи змінного струму становить 800В, що є вищою за традиційну систему 380В більше ніж на 100%.

Від інверторів вироблена електроенергія передається до розподільчих щитів ЩР.

1.1.4 Розподільчі щити ЩР

Стрінгові інвертори групуються з використанням розподільчих щитів ЩР змінного струму на напругу 0,8 кВ. Розподільчий щит ЩР являє собою металеву конструкцію з ввідним автоматичним вимикачем та 4-ма відходящими автоматичними вимикачами до яких підключаються інвертори. Передбачається використання щитів типу ПР11.

Розподільчі щити об'єднують між собою групи інверторів і передаються електроенергію до комірок ЩО-0,4 кВ КТП для подальшої трансформації та передачі споживачу.

1.1.5 Комплектні трансформаторні підстанції КТП

Передбачається установка десяти комплектних трансформаторних підстанцій прохідного типу. Потужність однієї КТП складає 1600 кВА. Трансформаторна підстанція КТП складається з камери силового трансформатора, РП-10 кВ та РП-0,8 кВ.

В РП-10 кВ встановлюються дві кабельні комірки з вимикачами навантаження, одна комірка з роз'єднувачем і трансформатором напруги та комірка з вакуумним вимикачем на лінії до силового трансформатора.

В РП-0,8 кВ встановлюються ввідна комірка, комірка власних потреб та дві лінійні комірки з 4-ма відходящими фідерами.

До кожної КТП підключається 27 стрінгових інверторів, які проходять через чотири ЩР. Інвертори розташовуються на додаткових конструктивних елементах на металевих столах. Інвертори встановлюються в центрів своїх

навантажень, тим самих зменшуючи відстані кабелів постійного струму, адже їх у системі є найбільша кількість. КТП встановлюються у центрі навантажень, утворюючи тим самих ділянки збору потужності. ЩР встановлюються біля комплектних трансформаторних підстанції КТП.

1.1.6 Силові трансформатори

Для трансформації напруги змінного струму у підвищену напругу 10 кВ, що передається споживачу використовуються силові трансформатори. Силові трансформатори встановлюються у свої відділи у комплектних трансформаторних підстанціях.

Використовуються герметичні силові трансформатори типу ТМГ потужністю 1600 кВА кожний [11]. Трансформатори замовляються по індивідуальному виготовленні на напругу НН-800 В, та ВН-10 кВ.

1.2 Характеристики та продуктивність сонячних панелей.

Продуктивність сонячних панелей пізнається у порівнянні. Для повної зарядки двох телефонів потрібна потужність 24-ьох фотоелементів, це становить дванадцять вольт [2, 11].

Розглянемо варіант, коли у Вас є багато вільного місця на балконі. Через вікно у кімнату попадає денне світло. Якщо Ви встановите сонячну панель, потужність якої становить 50 Вт, то Ви зможете не хвилюватися через зарядку ноутбука, мобільного телефону, планшета. Тепер Ваші мобільні гаджети беруть живлення від Сонця - «зеленою» енергією [2].

У країні є можливість встановлювати домашні сонячні електростанції, потужність яких становить до 30 кВт. Переважно, для використання у побуті, достатньо СЕС на 10–20 кВт. Це залежить від потреб споживання [2].

1.3. Сонячні панелі та погодні умови

Часто люди задають одне і те саме питання: Що мені робити, якщо сонце сховалося за хмари? Відповідь завжди стандартна - нічого. В дні похмурої погоди сонячні панелі все рівно працюють. Їхня продуктивність завжди залежить від того, наскільки хмари мають щільність. Світло Сонця завжди буде досягати поверхні планети Земля, відповідно, також СЕС. Сучасні СЕС будують так, щоб відбувалася більша генерація електричної енергії при будь-якій погоді. Єдиною перешкодою цьому є темна пора доби. В нічну пору сонячна електростанція не виробляє електричну енергію, через те, що світла немає [2, 12].

Панелі є стійкими до дощу, вітру, снігу, тобто різних погодних факторів, відповідно малоімовірне будь-яке порушення їх продуктивності. Також, на території країни екстремальних погодних умов не буває, відповідно, сонячні електростанції піддаються мінімальній деградації [2].

1.4 Постановка задач

1. Розглянути електропостачання власних потреб;
2. Показати план траси ЛЕП, відгалуження від опори ЛЕП кабельною лінією 10 кВ;
3. Показати прокладання кабельної лінії 10 кВ та прокладання кабелів в трубах;
4. Запропонувати однолінійну схему КТП та показати план встановлення КТП;
5. Запропонувати план прокладання мережі власних потреб;
6. Запропонувати схему електричну принципову магістральної мережі ГРЩ;
7. Показати план прокладання магістральних мереж адміністративної будівлі;

8. Запропонувати план прокладання магістральних мереж ГРП та архітектуру електричних з'єднань ГРЩ;
9. Показати план прокладання розподільчої мережі адміністративної будівлі, влаштування розеток та архітектуру електричних з'єднань РП; план прокладання розподільчих мереж ГРП;
10. Запропонувати схему вирівнювання потенціалів;
11. Запропонувати систему внутрішнього освітлення. Показати план влаштування обладнання електроосвітлення;
12. Запропонувати систему зовнішнього освітлення. Показати план влаштування мереж освітлення. Показати план влаштування зовнішнього електроосвітлення на КТП-1 та схему керування зовнішнім освітленням на КТП;
13. Розглянути автоматизовану систему управління;
14. Розглянути питання обліку електричної енергії, захисту електричних мереж, заземлення і зрівнювання потенціалів, питання енергозбереження, засоби аналізу якості електричної енергії.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Електропостачання власних потреб.

Електропостачання майданчика ФЕС здійснюється від опори №2 ПЛ-10 кВ Ф-7 ПС 110/10 кВ.

Показники власних потреб:

- Категорія надійності електропостачання – III;
- Дозволена електрична потужність власних потреб - 25, 0 кВт;
- Потужність встановлених трансформаторів власних потреб - 2x40 кВА;
- Джерело електропостачання: - ПС 110/10 кВ ф.№7;
- Точка забезпечення потужності: опора №2 ПЛ-10 кВ ф.№7 ПС 110/10 кВ;
- Розрахункова електрична потужність: - 25,0 кВт;
- Коефіцієнт потужності - 0,8;
- Максимум використання електричного навантаження: 4100 год
- Річне споживання власних потреб - 102,5 тис. кВт·год.

Лінія електропередач ЛЕП.

Біля майданчика будівництва ФЕС проходить повітряна ліній 10 кВ ф.7.

Від опори №2 здійснюється відгалуження типу ПМ-1. Відгалуження здійснюється кабельною лінією КЛ-10 кВ. Одножильні кабелі по всій довжині стягуються за допомогою стяжок. Тип прокладання застосовується "трикутником".

На опорі також встановлюються обмежувачі перенапруг. В нижній частині опори КЛ-10 кВ захищається бід механічних пошкоджень металевим коробом. На кінцях одножильних кабелів встановлюються кабельні муфти.

КЛ-10 кВ прокладається у траншеї на глибині 0,8 м. Над кабелем по всій довжині прокладається цегла, а над цеглою прокладається сигнальна стрічка.

Таблиця 2.1

| Поз. | Позначення | Найменування | Кіль. | Примітка |
|------|------------|--|-------|----------|
| | Т-2 | Загальна довжина траншеї (за територією ФЕС) | 30 | м |
| 1 | ЛС-П-300 | Сигнальна стрічка шириною $b=300$ мм | 30 | м |
| 2 | КСС | Кабельна стяжка КСС 5·400 | 60 | шт |

2.1.4. Прохід кабелів у трубах.

На рисунку 2.4 показано прохід кабелів у трубах (Додаток Г).

Одножильні кабелі із ЗПЕ прокладаються під забором у трубах на глибині не менше 1 м.

Передбачається одна резервна труба (відповідно до ПУЕ [3]).

Всі резервні труби повинні бути закритими заглушками з обох сторін.

Центр труб повинен умовно бути піднятим так щоб кінці труб мали ухил не менше ніж 0,2%.

Кінці труб ущільнюються м'ятою глиною з волокнистим наповнювачем, глибина замазки не менше ніж 0,3 м.

Таблиця 2.2

| Поз. | Позначення | Найменування | Кіль. | Примітка |
|------|------------------------|---|-------|----------|
| 1 | АПвЕгаПу-15 3x50/16 | Силовий кабель одножильний | 150 | м |
| 2 | ДКС | Труба двухстінна гофрована $D=63$ м. | 16 | м |

2.1.5 Однолінійна схема КТП.

На рисунку 2.5 показано однолінійну схему КТП (Додаток Д).

В таблиці 2.3 подано обладнання КТП

Таблиця 2.3 – Обладнання КТП

| Позначення | Найменування | Кіль. | Примітка |
|---------------|---|-------|----------|
| QS1 (QSG1) | Роз'єднувач типу РЛНДз-10/400 з приводом | 1 | шт |
| FV1 | ОПНп-10/13.7-10/650 УХЛ1 | 3 | шт |
| FV2 | ОПН-РВ-10/12,6/5/150 | 3 | шт |
| QS2 (QSG2) | Роз'єднувач типу РВ-10/400 з приводом | 1 | шт |
| FU1 | Високовольтний запобіжник типу ПКТ | 1 | шт |
| TV1 | Трансформатор силовий масляний потужністю 40 кВА, типу ТМ-40/10/0,4 | 1 | шт |
| FV3 | Розрядник типу РВН-0,5, або ОПН | 3 | шт |
| QS3 | Роз'єднувач на номінальний струм 100 А, типу РЕ19-31 | 1 | шт |
| PI1 | Лічильник електроенергії АСЕ6000 5(100)А | 1 | шт |
| QF1 | Автоматичний вимикач ЕТІМАТ 10 3р С40 | 1 | шт |

2.1.6 План встановлення КТП.

На рисунку 2.6 показано план встановлення КТП (Додаток Е).

2.1.7 Встановлення одного заземлювача.

1. Внутрішній контур заземлення ТП приєднують до зовнішнього контуру заземлення не менше ніж в двох місцях.
2. Приєднання виконується сталлюююю полоосою Б-40х4 мм.

3. Внутрішній контур заземлення влаштовується на заводі виробнику і поставляється у готовому вигляді разом із комплектною трансформаторною підстанцією КТП.

4. Всі з'єднання металевих провідників у ґрунті виконуються зваркою. На рисунку 2.7 показано встановлення одного заземлювача (Додаток Є).

2.1.8 План прокладання мережі власних потреб.

На рисунку 2.8 показано план прокладання мережі власних потреб (Додаток Ж).

В таблиці 2.4 подана перевірка КЛ-0,4 кВ по допустимому струму та втратам напруги.

Таблиця 2.4 - Перевірка КЛ-0,4 кВ по допустимому струму та втратам напруги.

| № | Звідки | Куди | Довжина, м | Потужність, $P_{\text{норм}}$, М | $\cos\phi$ | Розрах. струм I, А |
|---|--------|--------|------------|-----------------------------------|------------|--------------------|
| 1 | КТП-11 | Щитова | 375 | 25 | 0,8 | 47,6 |
| 2 | КТП-9 | Щитова | 130 | 25 | 0,9 | 47,6 |

Продовження таблиці 2.4

| Марка кабелю, перетин | Допуст. струм I, А | Перевірка по умові допустим. струму $I_p \leq I_{\text{доп}}$ | Повний опір жили, Ом/км | Втрати напруги, В | Втрати напруги, % | Перевірка по умові втрат напруги, $\% \leq 5\%$ |
|-----------------------|--------------------|---|-------------------------|-------------------|-------------------|---|
| АВБбШВ 4x50 | 100 | $47,6 \leq 100$ | 0,59 | 10,53 | 4,8 | Виконується |
| АВБбШВ 4x25 | 100 | $47,6 \leq 100$ | 1,17 | 7,24 | 3,3 | Виконується |

2.2 Кабельне господарство

Основні компоненти сонячної електростанції з'єднуються між собою за допомогою кабельних ліній електропередач.

Мережі від фотомодулів до інверторів за допомогою кабелю постійного струму типу PV1-F-1x4.0 мм², який прокладається в трубі з поліетилену в траншеї та по металоконструкції столів.

Мережа від інверторів до розподільчих щитів РЩ виконуються кабелем типу АВВГ-1кВ 4x35 мм, який прокладається в трубі в траншеї та по металоконструкції столів.

Мережі від розподільчих щитів РЩ до КТП виконуються броньованим кабелем типу АВБбШВ 4x185.

Мережі від КТП до точки приєднання (ЗРП-10кВ ПС 110/10 кВ) прокладаються кабельними лініями типу АПвЕгаП-15.

Мережа власних потреб від точки приєднання (опора №2 ф.№7 ПЛ-10 кВ) до КТП-11 прокладається кабелем типу АПвЕгаПу-10.

Розкопка траншей виконується між стійками столів, але при цьому необхідно дотримуватись нормованих відстаней для КЛ в траншеї, відстань від несучого елемента до кабелю в траншеї повинна складати не менше ніж 0,6 м.

При перетині мереж з дорогою мережі заховуються в посилену двохстінну трубу Д=125 мм. Роботи виконувати згідно з вимогами [4], [5], [3].

2.3 Електротехнічні рішення

У електрощитовій від АВР прокладається мережа до розподільчого щита ГРЩ. Від ГРЩ прокладаються магістральні мережі до інших щитків: силового обладнання РП, щитків освітлення ЩО, щитків протипожежного захисту ППКП.

Магістральні мережі виконуються кабелем ВВГнг і прокладаються відкрито у гофрованих ПВХ трубках у приміщенні електрощитової та під шаром штукатурки у інших приміщеннях.

Мережа до адміністративної будівлі прокладається у траншеї. У траншеї КЛ-0,4 кВ прокладається у гофрованих ПВХ трубках на глибині 0,7 м. Над КЛ-0,4 кВ прокладається сигнальна стрічка. Відстань від фундаментів споруд витримується не менше ніж 0,6 м.

Від розподільчих щитків РП прокладаються розподільчі мережі до споживачів. Мережі розділяють споживачів на окремі групи, кожна група захищається своїм автоматичним вимикачем.

Розподільчі мережі виконуються плоским кабелем ВВГнг-П під шаром штукатурки. Розподільча мережа до насосу, який знаходиться у водозбірному резервуарі прокладається у траншеї. Мережа прокладається аналогічно до магістральних мереж.

Система заземлення типу TN-C-S, розділення PEN провідника на окремі N та PE провідники виконується у ГРЩ. Від АВР приходить кабель з PEN провідником, який розділяється на окремі PE та N провідники у ГРЩ. PE-шина ГРЩ приєднується до головної заземлюючої шини.

Опір самого заземлювача не повинен перевищувати 30 Ом. Контур заземлення приєднується до ГЗШ. Контур із вертикальних електродів біля будівлі ГРЩ приєднується до всієї системи заземлення сонячної (фотомодульної) електростанції.

Роботи виконуються згідно з вимогами [4], [5], [3].

2.3.1 Загальні відомості

Технічні показники електропостачання:

Категорія електропостачання будинку – III;

Напруга мережі з глухозаземленою нейтраллю - 380/220 В;

Коефіцієнт потужності - $\cos\varphi=0,8$;

Розрахункова електрична потужність - 25,0 кВт;

- Розрахункова електрична потужність адмін. будівлі - 9,0 кВт;
- Розрахункова електрична потужність ГРП - 5,0 кВт;
- Розрахункова електрична потужність на КТП (10 шт) - 7,0 кВт;
- Резервна електрична потужність - 4,0 кВт;
- Річне споживання електричної енергії адмін. будівлі - 36,9

тис.кВт·год.

- Річне споживання електричної енергії ГРП - 20,5 тис.кВт·год.
- Річне споживання електричної енергії на КТП (10 шт) - 28,7

тис.кВт·год.

Річне споживання електричної енергії - 86,1 тис.кВт·год.

2.3.2 Схема електрична принципова магістральної мережі ГРЩ.

В таблиці 2.5 подано потребу в кабелях та проводах.

Таблиця 2.5 – Потреба в кабелях та проводах.

| Число і переріз жил, напруга | Марка | | |
|---------------------------------|----------|-------|--------------------|
| | ПВЗнг-нд | ВВГнг | ННХН-FE 180/E90 |
| 5x4,0 | | 70 | |
| 5x2,5 | | 8 | |
| 3x4,0 | | | 66 |
| 1x16,0 | 25 | | |
| 1x6,0 | 12 | | |

На рисунку 2.9 представлено схему електричну принципову магістральної мережі ГРЩ.

| Магістраль | Апарат лінії відгалуження (вводу) позначення, тип, І ном, розчеплювач або плавка вставка (А) | Ділянка мережі 1 | Пусковий апарат позначення, тип, І ном, розчеплювач або плавка вставка теплового реле | Ділянка мережі 2 | Кабель, провід | | | | Труба | | Розподільчий пристрій або електроприймач | | | | |
|---------------------------|--|--------------------|---|------------------|----------------|--------------------|--------------------|-------------------------|------------|---------------------|--|--------------|----------------------|-------------------------------|--|
| | | | | | Ділянка мережі | Позначення | Марка | Кількість жил і перетин | Довжина, м | Позначення на плані | Довжина, м | Позначення | Р вст Рном кВт | Ірозр або Іном Іпуск | Найменування, тип позначення креслення принципової схеми |
| 101-ГРЩ ШРН-24 IP54 | ETIMAT 10 3р С40 | | Комплектно | 1 | 101-Н1 | ПВЗн2-н2 | 5(1x16,0) | 5 | П50 | 5 | 101 | 19,5 14,0 | 31,0 | від АВР | |
| | | | | 2 | | | | | | | | | | | |
| | A | ETIMAT 6 3р С32 | | Комплектно | 1 | 102-Н1 | ВВГн2 | 5x4,0 | 54 | П25 | 54 | 102 | 10,75 8,55 | 17,2 | 102-РП |
| | | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| | A | | | Комплектно | 1 | 103-Н1 | ВВГн2 | 5x4,0 | 2 | П25 | 1 | 103 | 0,37 | 6,8 | 103-ЩО |
| | | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| | A | ETIMAT 6 1р С16 | | Комплектно | 1 | 104-Н1 | ННХН-РЕ 180/Е30 | 3x4,0 | 54 | П25 | 54 | 104 | 1,5 | 6,8 | 104-ППКП |
| | | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| | A | ETIMAT 6 3р С32 | | Комплектно | 1 | 105-Н1 | ВВГн2 | 5x4,0 | 12 | П25 | 12 | 105 | 4,5 4,0 | 8,0 | 105-РП |
| | | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| | B | | | Комплектно | 1 | 106-Н1 | ВВГн2 | 5x4,0 | 2 | П25 | 1 | 106 | 0,27 | 6,8 | 106-ЩО |
| | | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| B | ETIMAT 6 1р С16 | | Комплектно | 1 | 107-Н1 | ННХН-РЕ 180/Е30 | 3x4,0 | 12 | П25 | 12 | 107 | 1,5 | 6,8 | 107-ППКП | |
| | | | | 2 | | | | | | | | | | | |
| C | ETIMAT 6 3р С25 | | Комплектно | 1 | 108-Н1 | ВВГн2 | 5x2,5 | 8 | П25 | 8 | 108 | 0,41 | 6,8 | 108-ЩО | |
| | | | | 2 | | | | | | | | | | | |
| C | ETIMAT 6 1р С16 | | Фотореле | 1 | 109-Н1 | ВВГн2 | 3x2,5 | | дуб. ЕЗ | | 109 | 0,2 | 0,9 | Вуличне освітлення | |
| | | | | 2 | | | | | | | | | | | |
| C | ETIMAT 6 1р С16 | | | | | | | | | | | | | Резерв | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Резерв |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Рисунок 2.9 - Схема електрична принципова магістральної мережі ГРЩ.

В таблиці 2.6 подано потребу в трубах.

Таблиця 2.6 – Потреба в трубах

| Позначення за стандартом | Діаметр за стандартом, мм | Довжина, м |
|--------------------------|---------------------------|------------|
| ТУ19-215-83 | П50 | 5 |
| ТУ19-215-83 | П25 | 145 |

1. Навантаження однополюсних автоматичних вимикачів розділюють рівномірно по фаза, згідно позначень показаних на схемі.
2. З'єднання апаратів у щитку виконується проводом ПВЗнг-нд 1х6,0 мм².

В таблиці 2.7 подано перелік обладнання.

Таблиця 2.7 – Обладнання

| Позначення | Найменування | Кіль. | Примітка |
|------------|---|-------|----------|
| 101-ГРЩ | Металевий щит на 24 модулів (навісний IP54), N-шина, РЕ-шина, в т.ч.: | 1 | шт |
| | Автоматичний вимикач ЕТІМАТ 10 3р С40 | 1 | шт |
| | Автоматичний вимикач ЕТІМАТ 6 3р С32 | 2 | шт |
| | Автоматичний вимикач ЕТІМАТ 6 3р С25 | 1 | шт |
| | Автоматичний вимикач ЕТІМАТ 6 1р С16 | 6 | шт |

2.3.3. План прокладання магістральних мереж адміністративної будівлі

На рисунку 2.10 показано план прокладання магістральних мереж адміністративної будівлі.

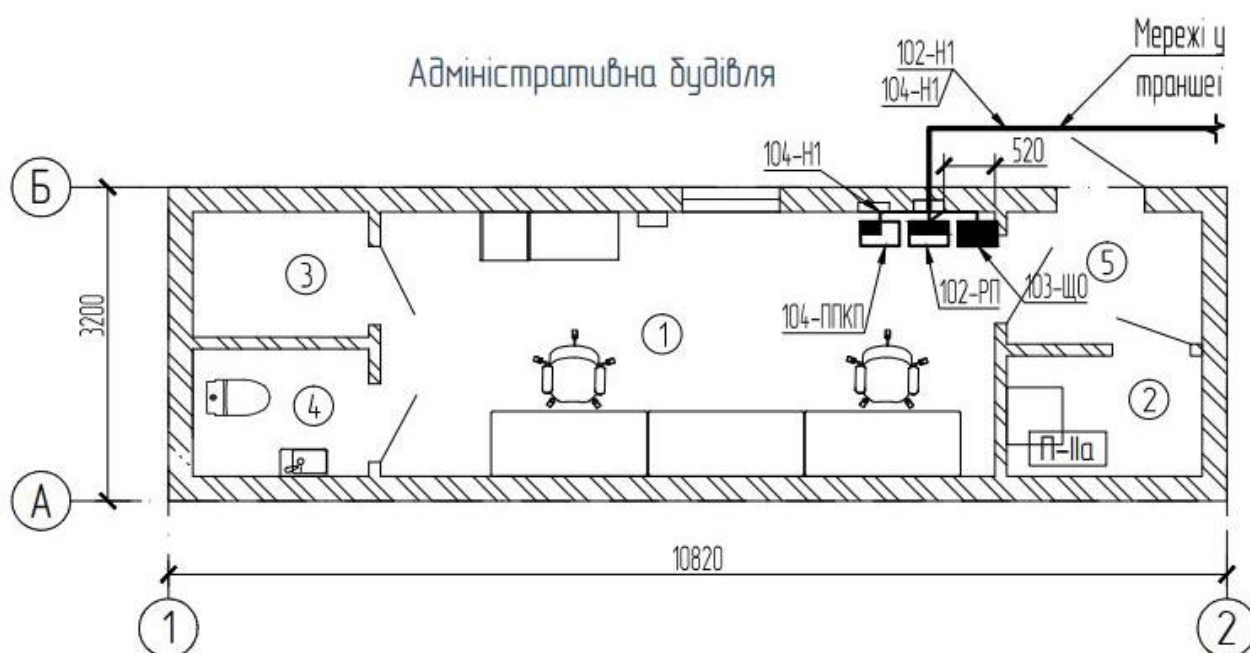


Рисунок 2.10 - План прокладання магістральних мереж адміністративної будівлі.

В таблиці 2.8 подана специфікація приміщень.

| Номер за планом | Найменування |
|-----------------|---------------------|
| 1 | Кімната моніторингу |
| 2 | Серверна |
| 3 | Технічне приміщення |
| 4 | Санвузол |
| 5 | Тамбур |

Щитки встановлюються у нішах на висоті 1,5 м від рівня підлоги.

Магістральні мережі між щитами прокладаються у гофрованих ПВХ трубках.

Для прокладання магістральних мереж, які прокладаються у кімнатах потрібно виконувати штробування.

У електрощитовій мережі прокладаються відкрито у гофрованих трубках.

Трубки прикріплюються до стін за допомогою монтажних кліпс.

Всі вводи у щитки герметизують за допомогою ущільнювачів (сальників).

2.3.4 План прокладання магістральних мереж ГРП.

На рисунку 2.11 подано план прокладання магістральних мереж ГРП.

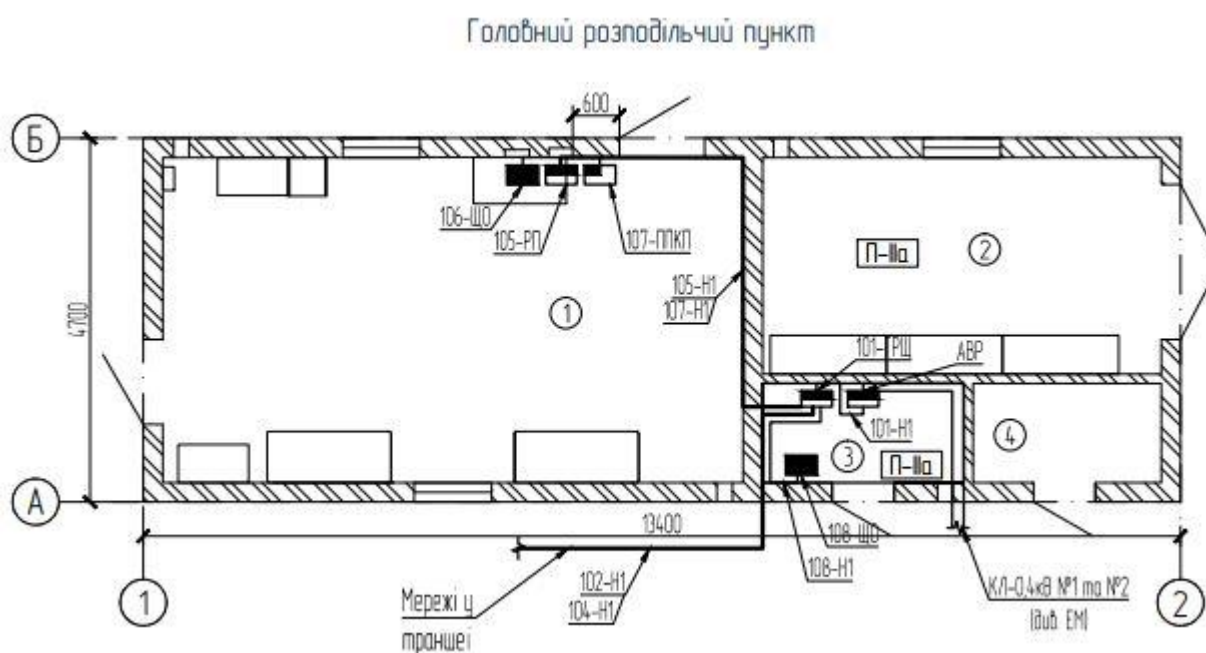


Рисунок 2.11 - План прокладання магістральних мереж ГРП.

На рисунку 2.12 показано архітектуру електричних з'єднань ГРЩ.

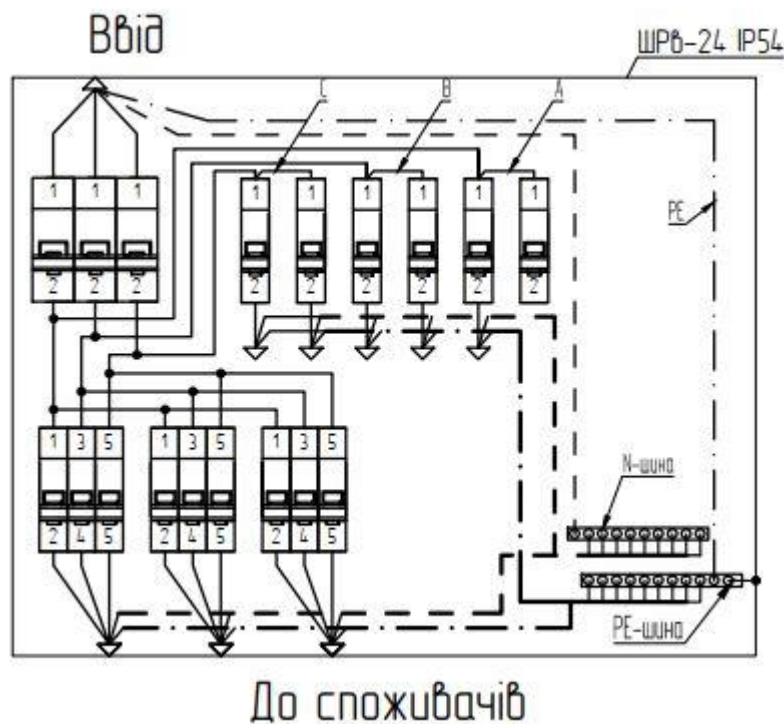


Рисунок 2.12 - Архітектура електричних з'єднань ГРЩ.

Таблиця 2.9 – Специфікація приміщень

| Номер за планом | Найменування |
|-----------------|---------------------------|
| 1 | Кімната релейного захисту |
| 2 | Склад |
| 3 | Електрощитова |
| 4 | Кладовка |

2.3.5 План прокладання розподільчої мережі адміністративної будівлі.

На рисунку 2.13 показано план прокладання розподільчої мережі адміністративної будівлі.

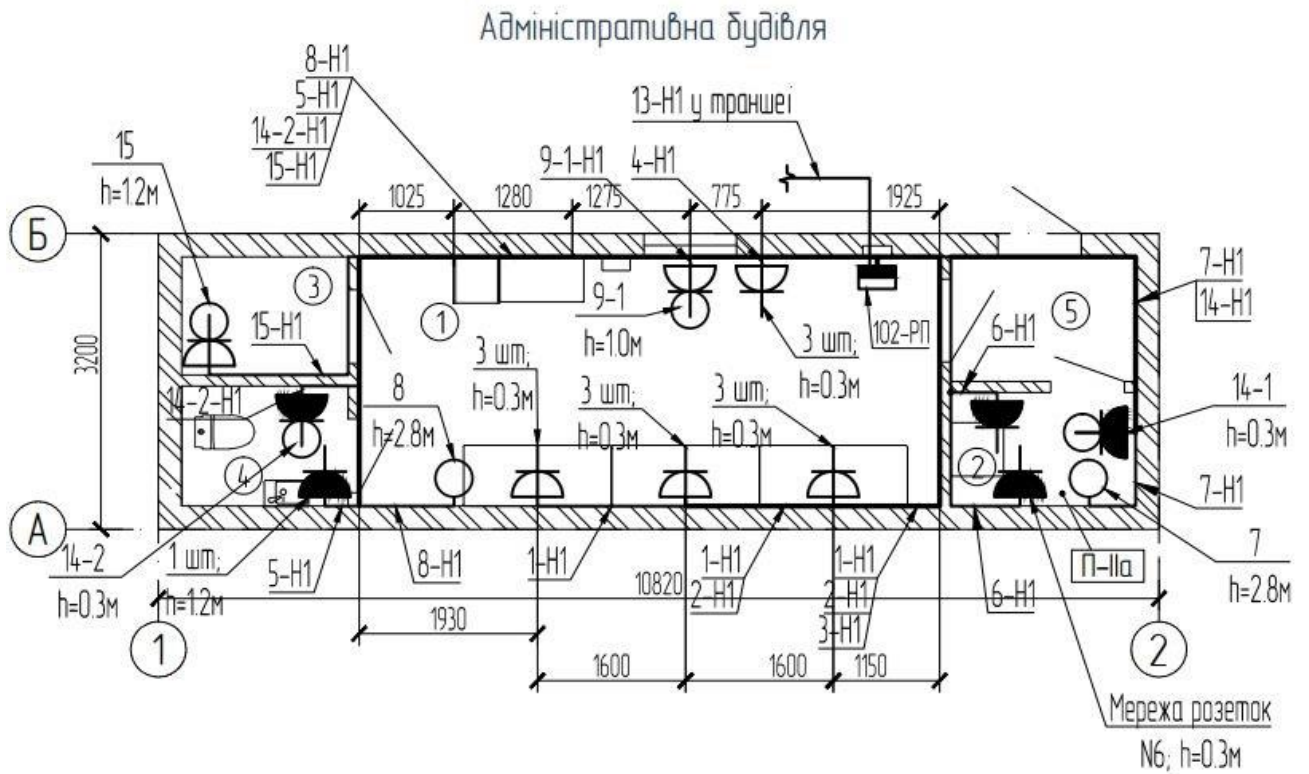


Рисунок 2.13 - План прокладання розподільчої мережі адміністративної будівлі.

На рисунку 2.14 показано влаштування розеток.

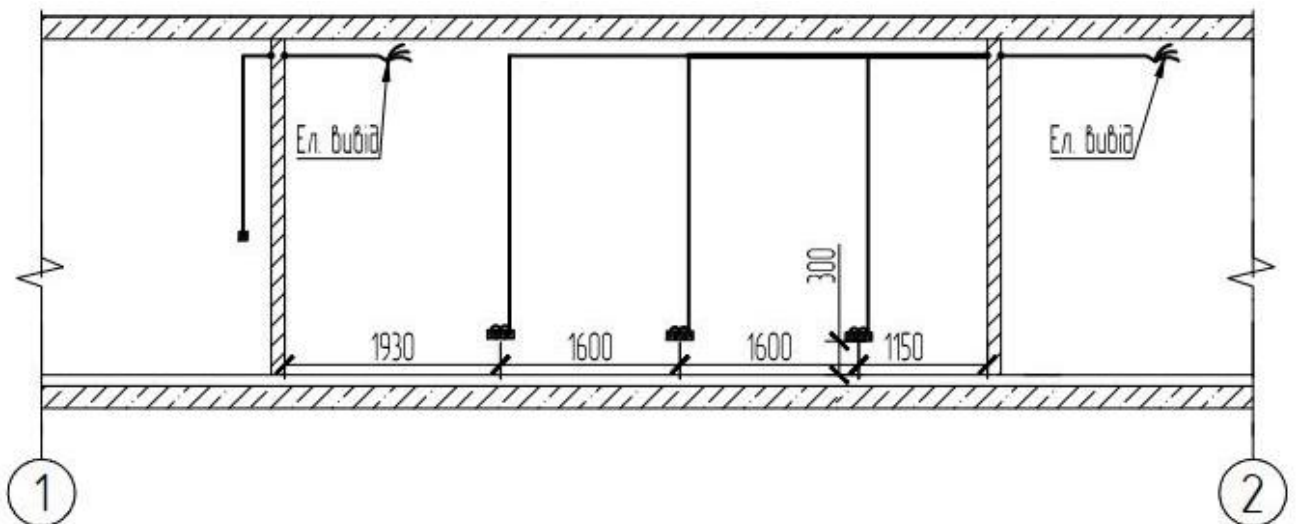


Рисунок 2.14 – Влаштування розеток.

На рисунку 2.15 показано архітектуру електричних з'єднань РП.

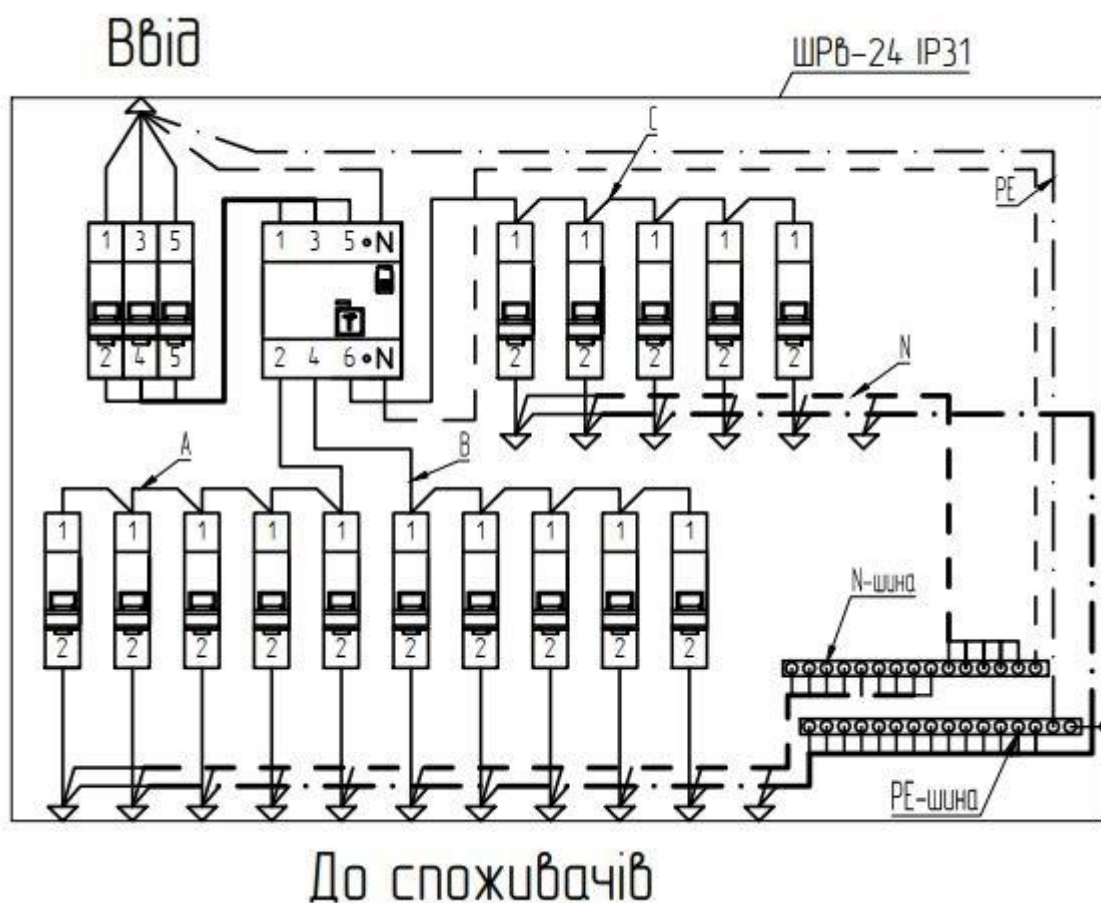


Рисунок 2.15 - Архітектура електричних з'єднань РП.

В таблиці 2.10 подано експлікацію приміщень.

Таблиця 2.10 – Експлікація приміщень

| Номер за планом | Найменування |
|-----------------|---------------------|
| 1 | Кімната моніторингу |
| 2 | Серверна |
| 3 | Санвузол |
| 4 | Технічне приміщення |
| 5 | Тамбур |

При монтажі електричних розеток до відстані від рівня чистої підлоги вказаної на плані додаються 100 мм, на шар утеплювача, гідроізоляції, стяжки та керамічної плитки. Тобто розетка житлової кімнати встановлюється на відстані 0.4 м від рівня перекриття під час монтажу.

Групові мережі виконуються паралельно до площин стін та підлог, з відстанями до стелі не більше 150 мм, від підлоги не менше 500 мм, від вікон та дверей не менше 100 мм.

У місцях встановлення кондиціонерів виводять кабель ВВГнг-П 3х4,0 довжиною 1 м.

Кожна група споживачів заживлюється окремою лінією від щитка.

Кожна лінія захищається окремим автоматичним вимикачем.

2.3.6. План прокладання розподільчих мереж ГРП.

На рисунку 2.16 показано план прокладання розподільчих мереж ГРП.

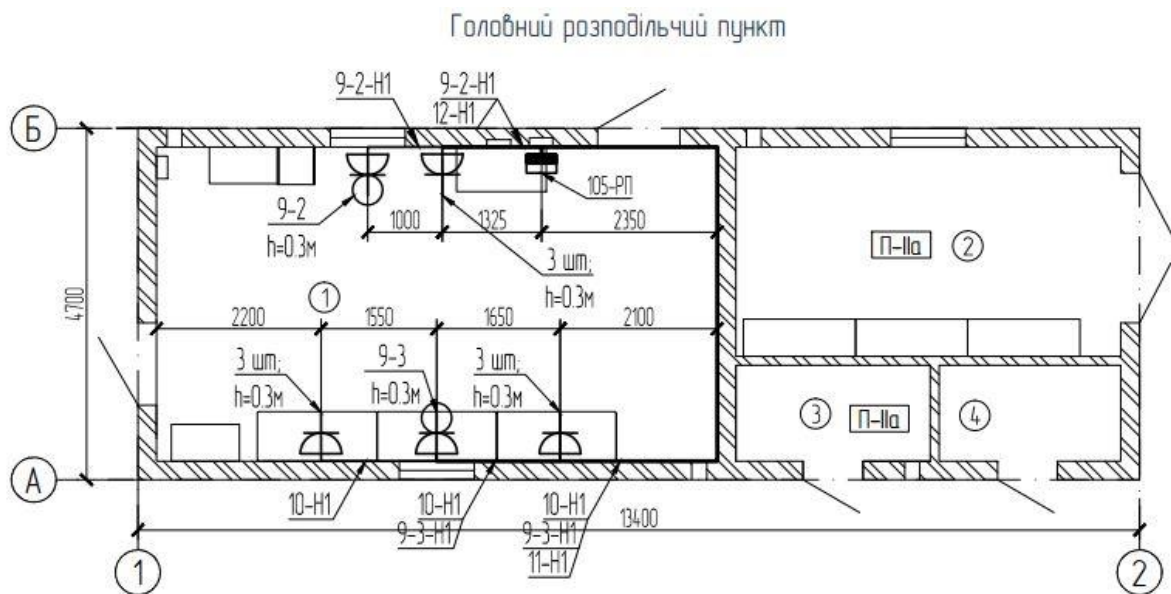


Рисунок 2.16 - План прокладання розподільчих мереж ГРП.

На рисунку 2.17 показано влаштування розеток.

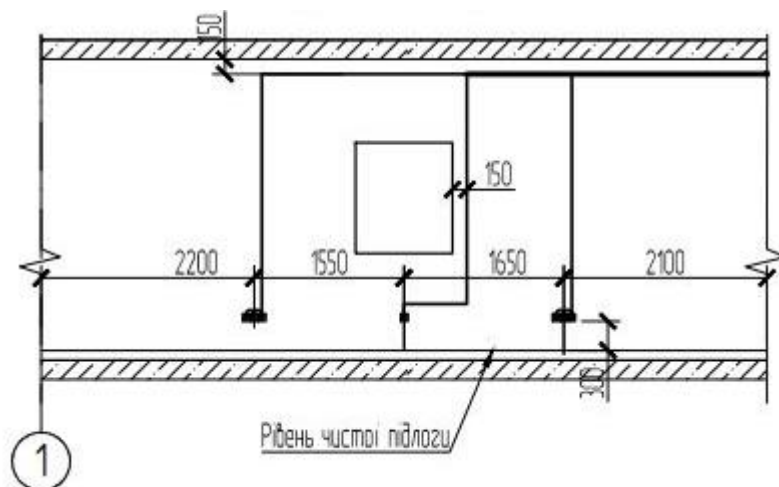


Рисунок 2.17 - Влаштування розеток.

На рисунку 2.18 показано архітектуру електричних з'єднань.

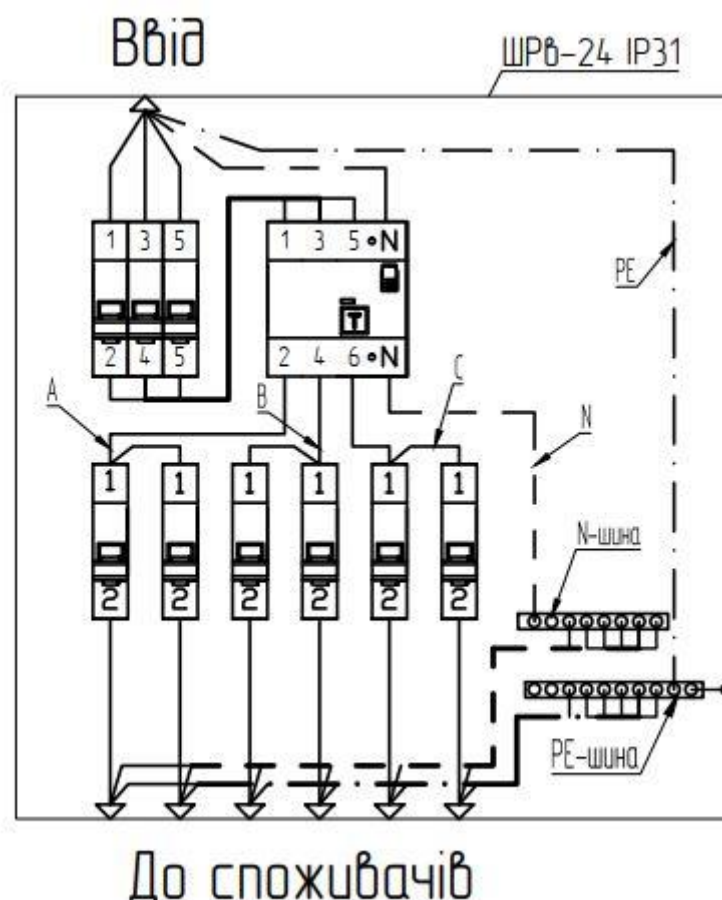


Рисунок 2.18 - Архітектура електричних з'єднань.

При монтажі електричних розеток до відстані від рівня чистої підлоги, вказаної на плані додається 100 мм, на шар утеплювача, гідроізоляції, стяжки та керамічної плитки. Тобто розетка житлової кімнати встановлюється на відстані 0.4 м від рівня перекриття під час монтажу.

Групові мережі виконуються паралельно до площин стін та підлог, з відстанями до стелі не більше 150 мм, від підлоги не менше 500 мм, від вікон та дверей не менше 100 мм.

Розподільчі мережі починаючи від щитів РП виконуються плоским кабелем.

Розподільчі мережі прокладаються схавано під шаром штукатурки.

В таблиці 2.11 подано експлікацію приміщень ГРП.

Таблиця 2.11 - Експлікація приміщень ГРП

| Номер за планом | Найменування |
|-----------------|---------------------------|
| 1 | Кімната релейного захисту |
| 2 | Склад |
| 3 | Електрощитова |
| 4 | Кладовка |

2.3.7 Схема зрівнювання потенціалів.

На рисунку 2.19 подано схему зрівнювання потенціалів.

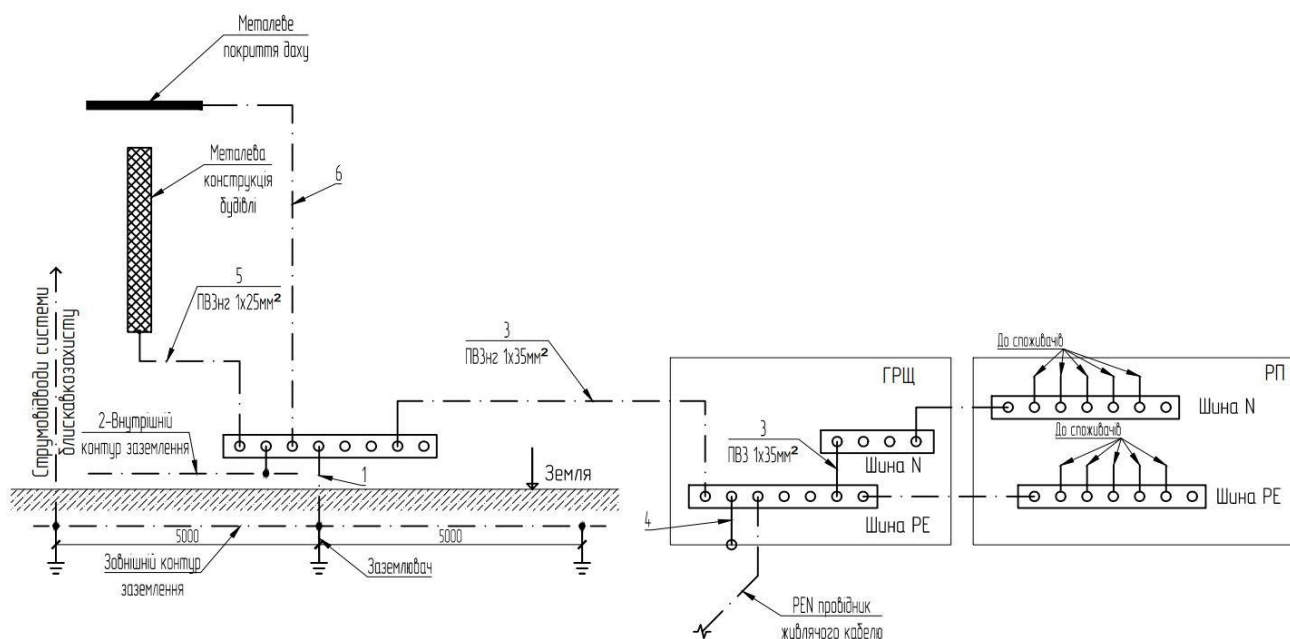


Рисунок 2.19 - Схема зрівнювання потенціалів.

1 - заземлювальний провідник (полоса 40x4мм); 2 - внутрішній контур заземлення (25x4мм); 3 - провідник заземлення (провід ПВЗ 1x35мм²); 4 - захисний провідник у складі кабелю; 5 - додаткові провідники с-ми зрівнювання потенціалів.

В електрощитовій по стіні на висоті 0,3 м від підлоги прокладається внутрішній контур заземлення сталевією штабою 25x4 мм, штабу прикріплюють до стін за допомогою тримачів заземлення.

До внутрішнього контуру заземлення приєднують всі металеві корпуси обладнання ел. щитової, з'єднання виконують за допомогою зварки.

На відкриті заземлювальні провідники наносять покраску згідно ПУЕ [3].

Ввід зовнішнього контуру заземлення у ел. щитову виконують у металевій трубі з герметизацією вводу.

PEN провідники живлячих кабелів приєднують до РЕ-шини ГРЩ.

ГРЩ роблять перемичку між РЕ-шиною та N-шиною (проводом типу ПВЗ 1x35мм²).

В таблиці 2.12 наведено специфікацію обладнання.

| Познач. | Найменування | Кількість | Примітка |
|---------|--|-----------|----------|
| 1 | Полоса Б-40x4 мм (зовнішній контур) | 8 | м |
| 2 | Полоса Б-25x4 мм (внутрішній контур) | 15 | м |
| 3 | Мідний провід ПВЗнг 1x35,0 мм ² | 10 | м |
| 4 | Мідний провід ПВЗнг 1x4,0 мм ² | 3 | м |
| 5 | Мідний провід ПВЗнг 1x25,0 мм ² | 10 | м |
| 6 | Металевий сталевий дріт оцинкований d=8 мм | 20 | м |
| 7 | Утримувач дроту діаметром 8 мм, в комплекті з дюбелем d=8x40 мм та шурупом d=5x50 мм | 25 | шт |
| 8 | Утримувач шин заземлення, K188У2 | 20 | шт |
| 9 | Металева гільза d=100 мм (ввід) | 1 | м |

2.3.8. План прокладання магістральних електричних мереж.

На рисунку 2.20 показано фрагмент плану.

Отвори між металевими та двостінними трубами заповнюються еластичним вогнезахисним елементом Ентотерм.

Ввід влаштовується з нахилом у бік вулиці.

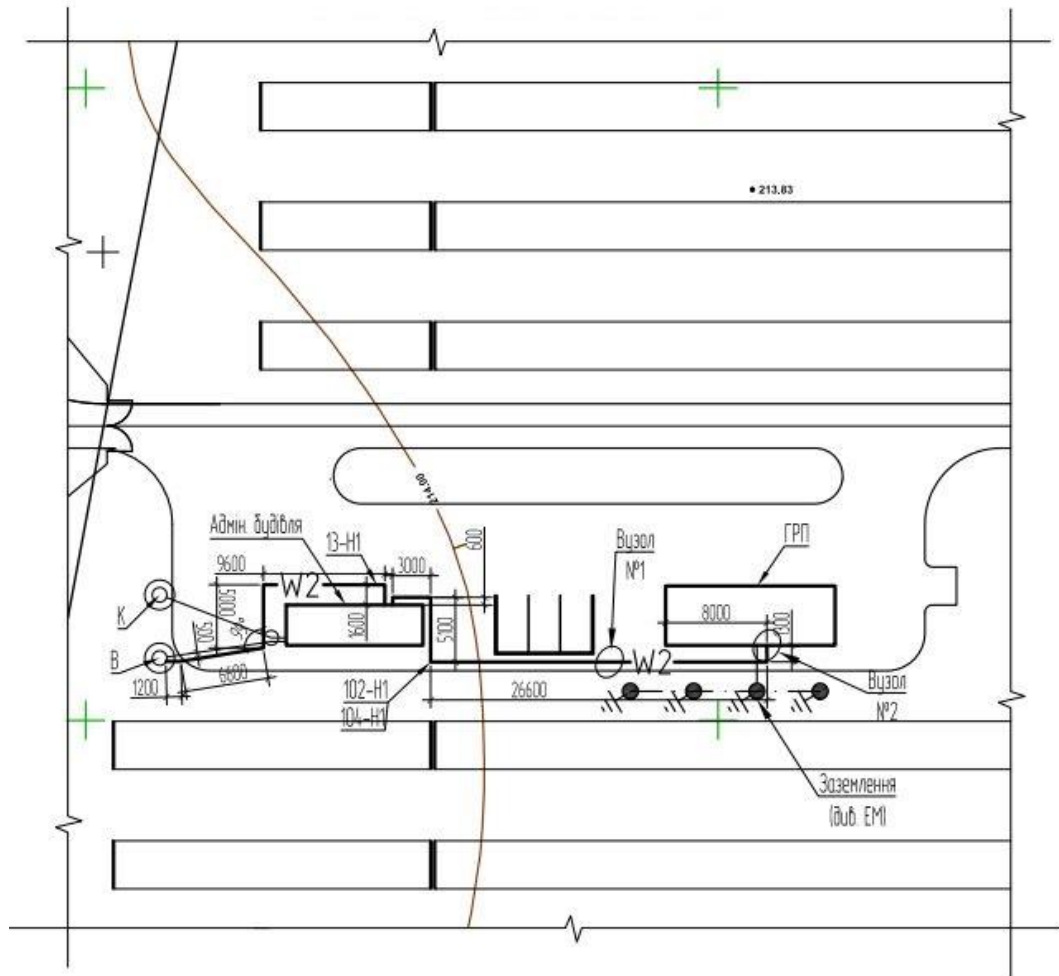


Рисунок 2.20 - Фрагмент плану.

На рисунку 2.21 показано прокладання КЛ-10 кВ.

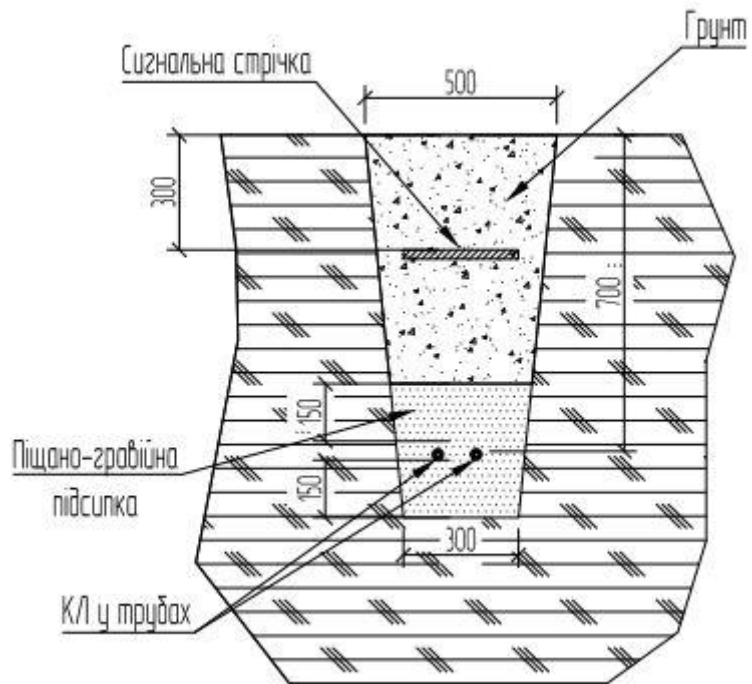


Рисунок 2.21 - Прокладання КЛ-10 кВ.

Таблиця 2.13 – Специфікація

| Поз | Позначення | Найменування | Кількість | Примітка |
|-----|----------------|---------------------------------------|-----------|----------------|
| | Т-2 | Загальна довжина траншей | 36,6 | м |
| 1 | ЛС-П-300 | Сигнальна стрічка шириною b=300 мм | 36,6 | м |
| 2 | Ендотерм Х-150 | Еластичний вогнезахисний елемент | 0,04 | м ³ |

2.3.9. Прокладання КЛ до колодязя.

На рисунку 2.22 показано прокладання КЛ до колодязя.

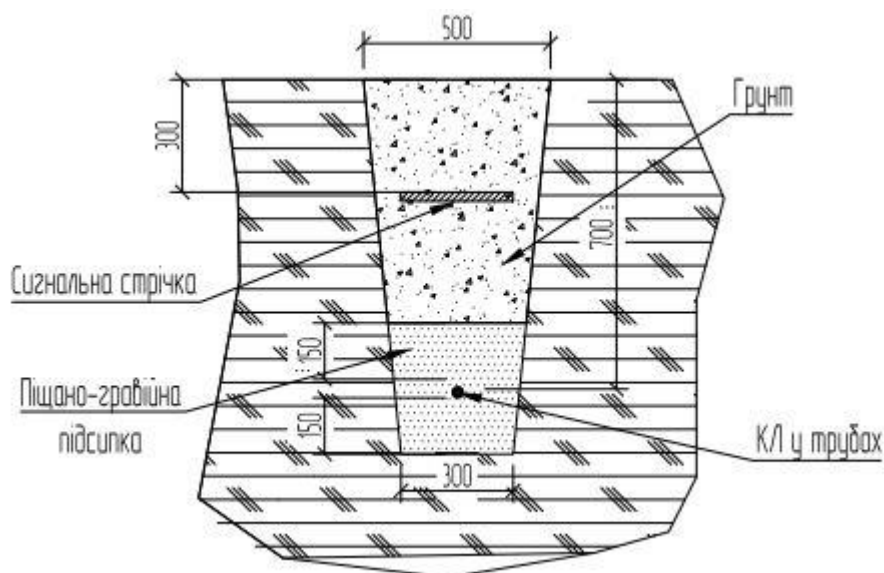


Рисунок 2.22 - Прокладання КЛ до колодязя.

У колодязі гофрована трубка прикріплюється за допомогою стяжок до дроту, на якому кріпиться насос.

Таблиця 2.14 – Специфікація

| Поз | Позначення | Найменування | Кількість | Примітка |
|-----|----------------|---------------------------------------|-----------|----------------|
| | Т-2 | Загальна довжина траншей | 24,0 | м |
| 1 | ЛС-П-300 | Сигнальна стрічка шириною b=300 мм | 24,0 | м |
| 2 | Ендотерм Х-150 | Еластичний вогнезахисний елемент | 0,04 | м ³ |
| 3 | ELEMATIC | Стяжка чорна 200x3,5 | 15 | шт |

2.4 Висновки до Розділу 2

1. Розглянуто електропостачання власних потреб. Потужність власних потреб становить 25, 0 кВт. Потужність встановлених трансформаторів власних потреб - 2x40 кВА.

2. Показано план траси ЛЕП. Також показано відгалуження від опори ЛЕП кабельною лінією 10 кВ. Тип прокладання – «трикутником». На опорі встановлено обмежувачі перенапруг.

3. Показано прокладання кабельної лінії 10 кВ та прокладання кабелів в трубах.

4. Запропонована однолінійна схема КТП та показано план встановлення КТП.

5. Запропоновано план прокладання мережі власних потреб.

6. Запропонована схема електрична принципова магістральної мережі ГРЩ. Від ГРЩ прокладаються магістральні мережі до інших щитків: силового обладнання РП, щитків освітлення ЩО, щитків протипожежного захисту. Магістральні мережі виконуються кабелем ВВГнг і прокладаються відкрито у гофрованих ПВХ трубах у приміщенні електрощитової та під шаром штукатурки у інших приміщеннях

7. Показано план прокладання магістральних мереж адміністративної будівлі. Мережа до адміністративної будівлі прокладається у траншеї. У траншеї КЛ-0,4 кВ прокладається у гофрованих ПВХ трубах на глибині 0,7 м. Над КЛ-0,4 кВ прокладається сигнальна стрічка. Відстань від фундаментів споруд витримується не менше ніж 0,6 м.

8. Запропоновано план прокладання магістральних мереж ГРП та архітектуру електричних з'єднань ГРЩ.

9. Показано план прокладання розподільчої мережі адміністративної будівлі, влаштування розеток та архітектуру електричних з'єднань РП. Також показано план прокладання розподільчих мереж ГРП. Від розподільчих щитків РП прокладаються розподільчі мережі до споживачів. Мережі розділяють споживачів на окремі групи, кожна група захищається своїм автоматичним вимикачем.

10. Запропонована схема вирівнювання потенціалів. Система заземлення типу TN-C-S, розділення PEN провідника на окремі N та PE провідники виконується у ГРЩ. Від АВР приходить кабель з PEN провідником, який розділяється на окремі PE та N провідники у ГРЩ. PE-шина ГРЩ приєднується до головної заземлюючої шини.

3. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Внутрішнє електроосвітлення

Передбачається загальна система освітлення адміністративної будівлі та ГРП, наступних видів: робоче, ремонтне та аварійне (безпеки). Ремонтне освітлення забезпечується через ящик з понижуючим трансформатором 220/36 В.

Живлення світильників безпеки, в яких встановлено блоки аварійного живлення, виконується від робочого освітлення. Освітлювальна арматура передбачена з врахуванням призначення приміщень, характеру оточуючого середовища і висоти підвісу світильників. Рівні мінімальної освітленості приміщень приймаються згідно [6].

Живлення світильників робочого освітлення приміщень будівель передбачається від щитків ЩО. Живлення щитків ЩО передбачено від РП та ГРП.

Для управління освітленням встановлюються клавiшні вимикачі з номінальним струмом 10 А з відповідним ступенем захисту ІР. На входах в будівлі передбачається встановлення світлодіодних світильників герметичного виконання, керування якими виконується автоматично за допомогою фотореле.

Мережі виконуються кабелем ВВГнг-П та прокладаються захищено в штробах під шаром штукатурки, прохід кабелю через стіни виконується в ПВХ - трубi 20 мм. Групові мережі під штукатуркою прокладаються паралельно до площин стін та підлог, з відстанями до стелі не більше 150 мм, від підлоги не менше 500 мм, від вікон та дверей не менше 100 мм.

Мережі у електрощитовій, складі, кладовці та серверній прокладаються відкрито у ПВХ трубах з кріпленням труб до стін за допомогою кліпс для швидкого монтажу. Розгалуження кабелів виконується в розгалужувальних коробках. Після монтажу скрутки кабелів пропаюються. До захисного

провідника (РЕ) приєднуються відкриті провідні частини світильників загального освітлення [13].

Для забезпечення умов безпечної експлуатації електроустановок, охорони праці, пожежної безпеки передбачено:

- заземлення електроустановок;
- відповідність прийнятих величин освітленості робочих зон з нормами в залежності від зорових робіт, що виконуються у певних приміщеннях;

- вибір електрообладнання, електроосвітлювальної арматури та виконання електропроводки у відповідності до призначень приміщень, їх класом по ПУЕ [3];

- вибір кабелів для електропроводок з урахуванням їх граничнодопустимого нагріву та ізоляцією на напругу до 0,66 кВ змінного струму;

- захист електропроводок від струмів перенавантаження та від струмів КЗ. Передбачені заходи по енергозбереженню:

- використання в освітлювальній мережі світлодіодних ламп;
- використання перерізу кабелів, що забезпечують нормовані витрати електроенергії в мережі.

Технічні показники електропостачання:

- Категорія електропостачання будинку – III;
- Встановлена електрична потужність - 1.0 кВт;
- Коефіцієнт потужності - $\cos\phi=1,0$;
- Напруга мережі з глухозаземленою нейтраллю - 380/220 В;
- Напруга мережі ремонтного освітлення – 36 В;
- Річне споживання електричної енергії 4,1 тис. кВт·год.

На рисунку 3.1 показано план влаштування обладнання електроосвітлення.

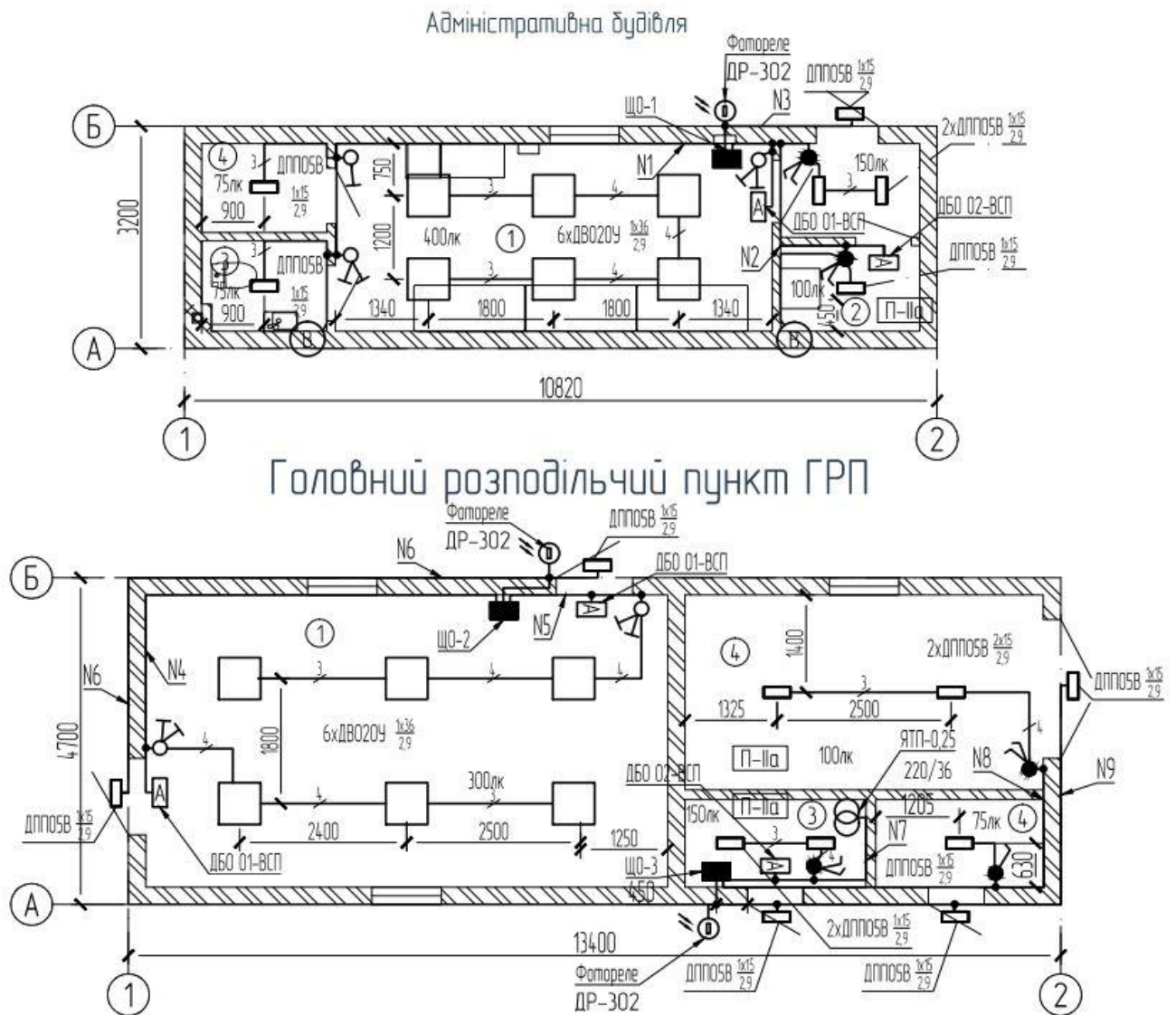


Рисунок 3.1 - План влаштування обладнання електроосвітлення.

В таблиці 3.1 подано експлікацію приміщень адмін. будівлі.

Таблиця 3.1 – Експлікація приміщення адмін. будівлі.

| Номер за планом | Найменування |
|-----------------|---------------------|
| 1 | Кімната моніторингу |
| 2 | Серверна |
| 3 | Санвузол |
| 4 | Технічне приміщення |
| 5 | Тамбур |

В таблиці 3.2 подано експлікацію приміщень ГРП.

Таблиця 3.2 - Експлікація приміщень ГРП.

| Номер за планом | Найменування |
|-----------------|---------------------------|
| 1 | Кімната релейного захисту |
| 2 | Склад |
| 3 | Електрощитова |
| 4 | Кладовка |

На рисунку 3.2 показано схему керування груповими світильниками.

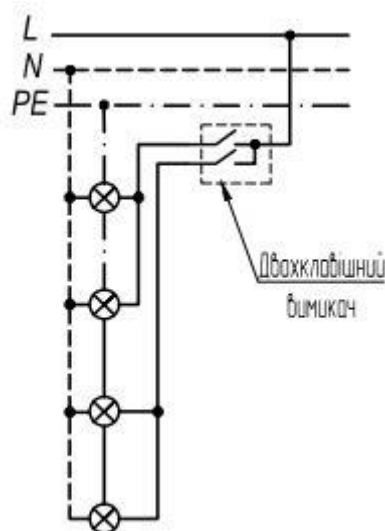


Рисунок 3.2 - Схема керування груповими світильниками.

На рисунку 3.3 показано схему керування осьовим вентилятором і освітленням.

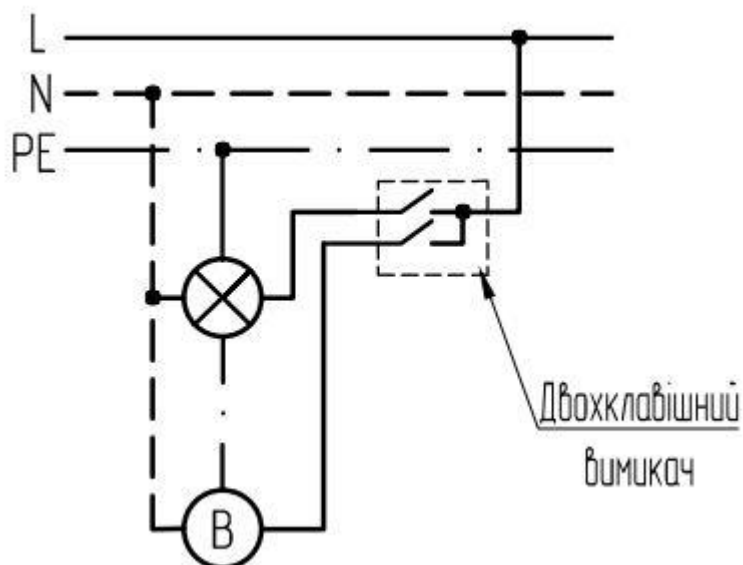


Рисунок 3.3 - Схема керування осьовим вентилятором і освітленням.

У всіх приміщеннях вимикачі встановлюються на висоті 0.9 м від рівня підлоги.

Групові мережі електроосвітлення виконуються кабелем типу ВВГнг-нд і прокладаються у приміщеннях під шаром штукатурки.

Групові мережі під штукатуркою прокладаються паралельно до площин стін та підлоги, з відстанями до стелі не більше 150 мм, від підлоги не менше 500 мм, від вікон та дверей не менше 100 мм.

Мережі у електрощитовій, складі, кладовці та серверній прокладаються відкрито у ПВХ трубах з кріпленням труб до стін за допомогою кліпс для швидкого монтажу.

В таблиці 3.3 подано розподіл однополюсних груп щитків освітлення по фазах.

Таблиця 3.3 - Розподіл однополюсних груп щитків освітлення по фазах.

| Номер щитка | Номера груп | | |
|-------------|-------------|----|----|
| | А | В | С |
| ЩО-1 | №1 | №2 | №3 |
| ЩО-2 | №4 | №5 | №6 |
| ЩО-3 | №7 | №8 | №9 |

В таблиці 3.4 подано дані про групові щитки з автоматичними вимикачами.

| Номер щитка | Тип | Встановлена потужність, кВт | Номер автоматичного вимикача | | | | Струм розчіплювача, А | |
|-------------|--------|-----------------------------|------------------------------|----------|------------|----------|-----------------------|------------|
| | | | Однополюсні | | Триполюсні | | На вводи | На мережах |
| | | | Зайняті | Резервні | Зайняті | Резервні | | |
| ЩО-1 | ЩО-12В | 0,36 | 1,2,3 | 4,5,6 | - | - | 16 | 10 |
| ЩО-2 | ЩО-12В | 0,27 | 1,2,3 | 4,5,6 | - | - | 16 | 10 |
| ЩО-3 | ЩО-12В | 0,41 | 1,2,3,4 | 4,6 | - | - | 16 | 10 |

3.2 Зовнішнє електроосвітлення

Передбачається загальна система освітлення в'їздів, периметру, основних проїздів та території адміністративної будівлі ФЕС.

Освітлення периметру ФЕС влаштовується світлодіодними прожекторами, що розташовуються на КТП. Загалом встановлюється 27 прожекторів герметичного виконання потужністю 100 Вт та світловим потоком 8000 лм кожний. Кріплення прожекторів до КТП здійснюється за допомогою поворотного кронштейна, що передбачений конструкцією прожектора. Керування освітленням виконується в темну пору доби автоматично за допомогою фотореле та датчика руху, що встановлюються на КТП поруч з прожектором.

Для освітлення адміністративної зони встановлюються два освітлювальні комплекси з світлодіодним джерелом світла герметичного виконання потужністю 45 Вт, на опорі висотою 3,5 м. На в'їзних воротах встановлюється світлодіодний прожектор. Керування освітленням виконується в автоматичному режимі за допомогою фотореле.

Мережа живлення прожекторів влаштовується по периметру КТП та виконується кабелем ВВГнг у гофрованій ПВХ трубці $d=20$ мм та кріпиться за допомогою кабельної стяжки з дюбель-пістоном. Мережа освітлення адміністративної зони виконується кабелем типу ВВГ і прокладається у траншеї на глибині 0,7 м. Мережа захищується у гофровану ПВХ трубку. Над кабелем прокладається сигнальна стрічка.

Включення зовнішнього освітлення території повинно проводитися при зниженні рівня природної освітленості до 10 Лк, а відключення - при її підвищенні до 30 Лк.

Розрахункова відхилення напруги у найбільш віддалених світильників не повинна перевищувати 5% номінальної напруги мережі.

Передбачені заходи по енергозбереженню:

- використання в освітлювальній мережі енергозберігаючих світлодіодних ламп;
- використання перерізу кабелів, що забезпечують нормовані витрати електроенергії вмережі.

Категорія надійності електропостачання – III;

- Встановлена електрична потужність освітлення - 2.89 кВт;
- Коефіцієнт потужності - $\cos\phi=1.0$;
- Напруга мережі з глухозаземленою нейтраллю - 220 В;
- Річне споживання електричної енергії 11,849 тис.кВт·год.

На рисунку 3.4 показано план влаштування мереж освітлення.

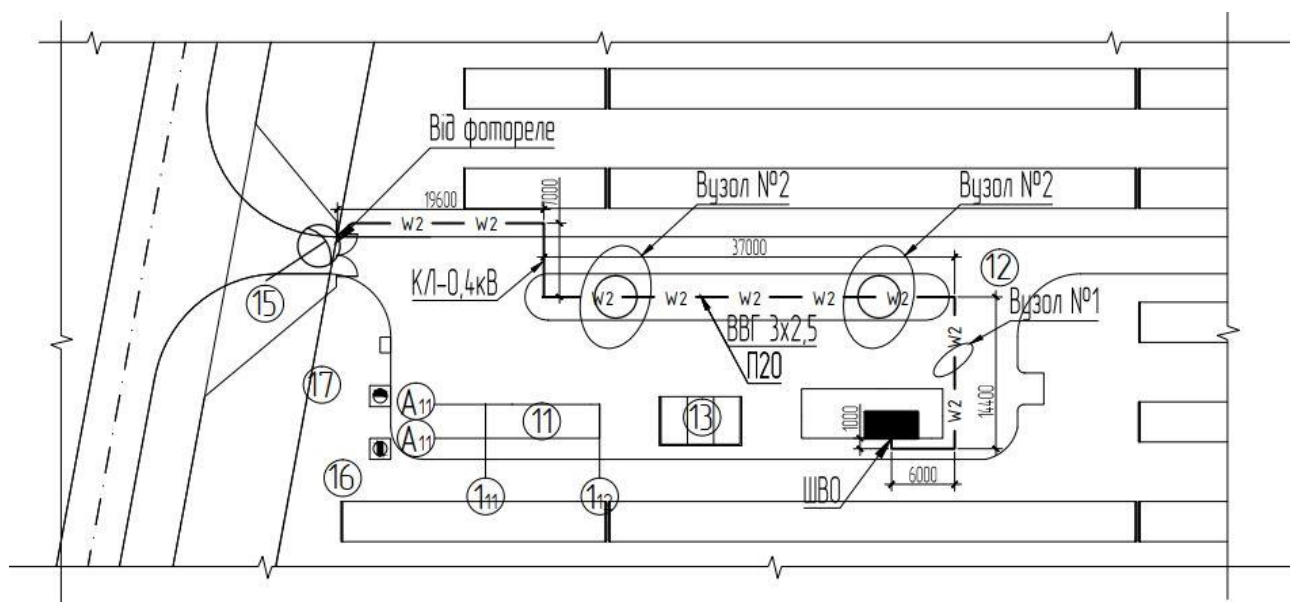


Рисунок 3.4 - План влаштування мереж освітлення.

Мережа освітлення виконується кабелем типу ВВГнг 3x2,5 мм².

Відгалуження до окремого світильника виконується кабелем типу ВВГнг 1x1,5 мм².

Мережі прокладаються у гофрованих ПВХ трубках П20.

Кабельні лінії прокладаються у траншеї.

На відгалуженні до світильників встановлюються розподільчі коробки.

На рисунку 3.5 показано прокладання кабельної лінії.

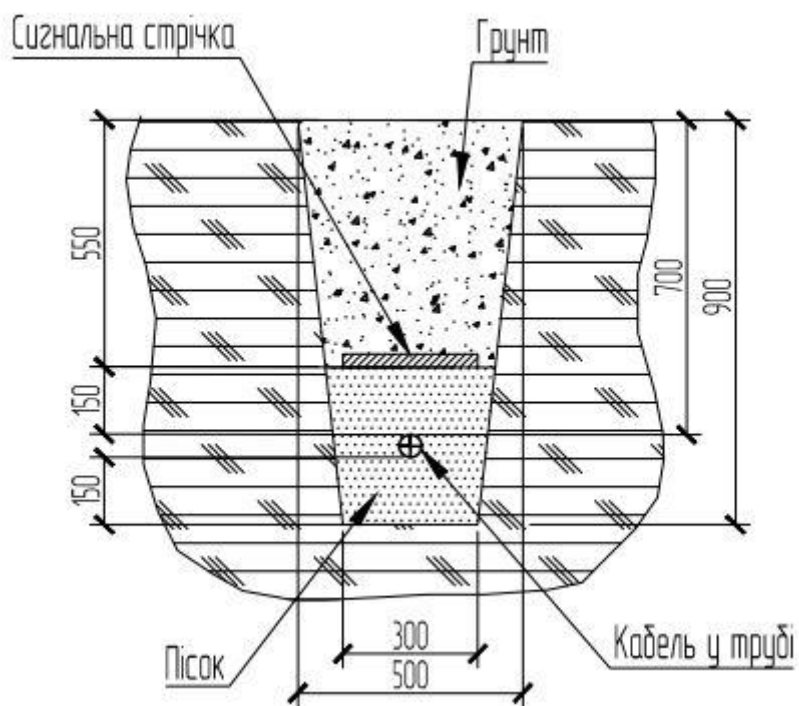


Рисунок 3.5 - Прокладання кабельної лінії.

На рисунку 3.6 показано встановлення світильника.

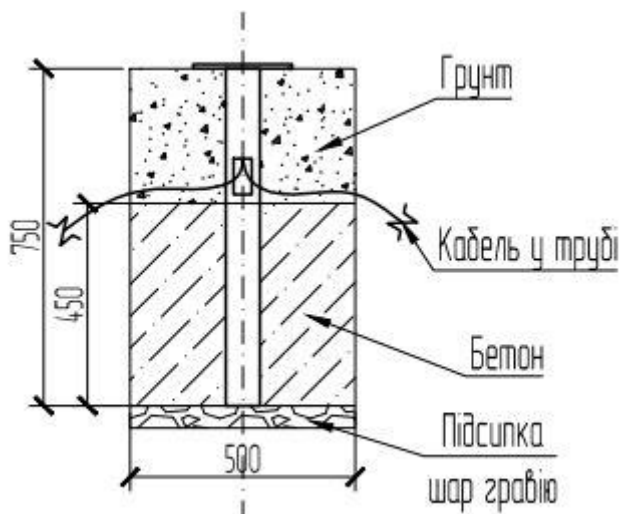


Рисунок 3.6 - Встановлення світильника.

На рисунку 3.7 показано план влаштування зовнішнього електроосвітлення на КТП-1.

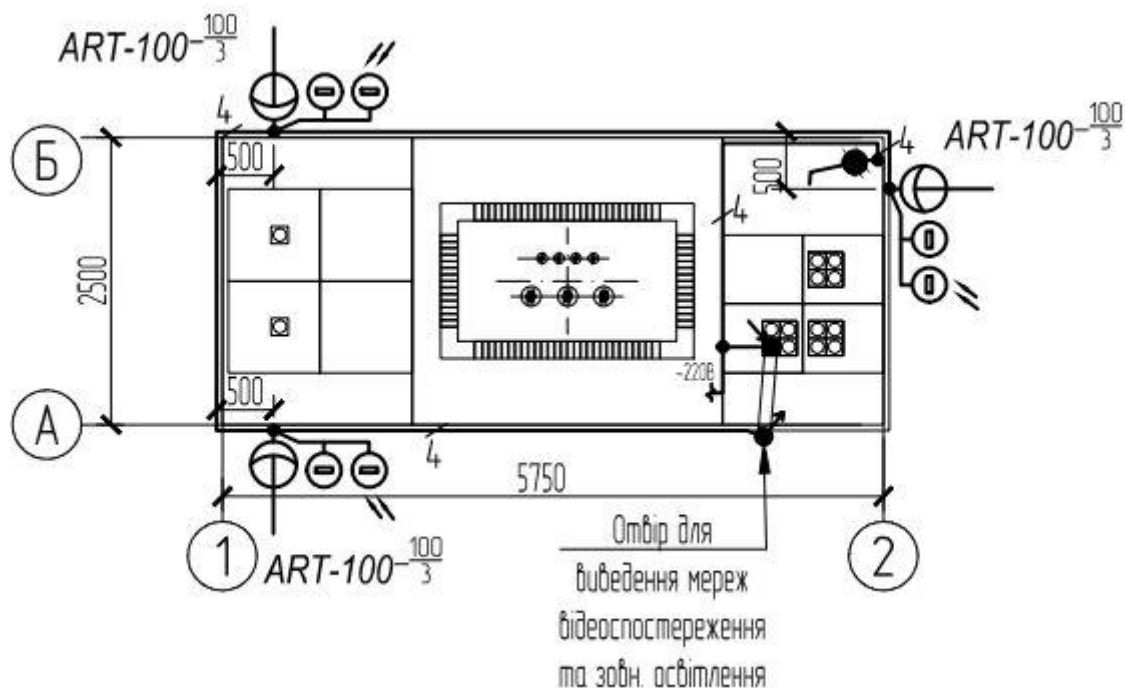


Рисунок 3.7 - План влаштування зовнішнього електроосвітлення на КТП-1.
 На рисунку 3.8 показано схему керування зовнішнім освітленням на КТП.

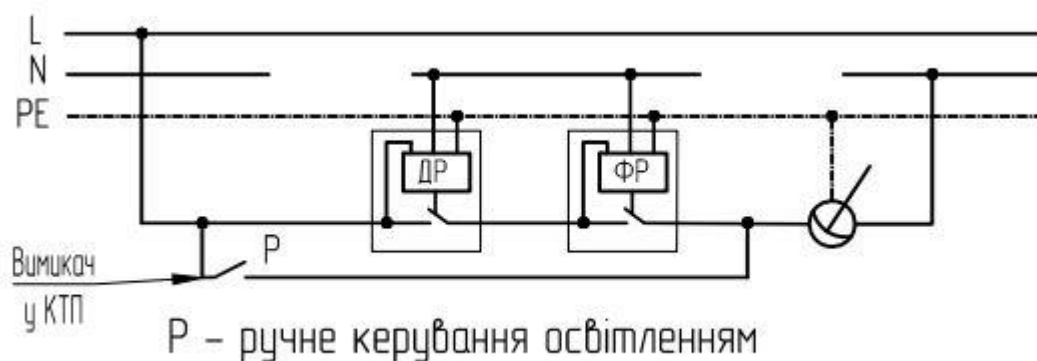


Рисунок 3.8 - Схема керування зовнішнім освітленням на КТП.

Вимикачі встановлюються на висоті 0,9 м від рівня підлоги.

Групові мережі електроосвітлення виконуються кабелем типу ВВГнг.

Мережі на КТП прокладаються відкрито у гофрованих ПВХ трубах з кріпленням.

На відгалуженні до світильників встановлюються розподільчі коробки.

3.3 Автоматизована система управління.

Для забезпечення управління технологічними процесами ФЕС, а також надійної і швидкої передачі даних між її елементами проектується локальна мережа RS 485. Локальна мережа RS485 улаштовується для збору інформації та управління групою інверторів. Центром управління, збору та передачі даних є пристрій SmartLogger2000.

З'єднання між інверторами і SmartLogger 2000 виконується за допомогою монтажного екранованого кабелю з мідними жилами в оболонці з полівінілхлоридного пластикату перерізом 2x2x1 марки МКЕШВ. Прокладання кабелів виконується в траншеї, механізовано на глибині 0,7 м в гофрованій трубі діаметром 20 мм. Для захисту кабелів зв'язку зверху прокладають сигнальну стрічку на відстані 0,25 м від них.

Передбачено формування десяти локальних мереж RS 485. Кожна локальна мережа це ділянка КТП В межах кожної локальної мережі даного рівня інвертори під'єднуються послідовно до пристроїв керування та збору інформації SmartLogger 2000. Управління SmartLogger 2000 здійснюється з автоматизованого робочого місця АРМ, яке знаходиться в адміністративній будівлі.

3.3.1 Вимоги до програмно-апаратного забезпечення інверторів ФЕС.

Підтверджена можливість виконання наступних керуючих функції інверторів ФЕС із визначеними параметрами для забезпечення режиму видачі потужності в мережу, які задаються оператором мережі:

1.1 Режим регулювання $\cos\varphi$ в межах 1,0-0,9 при видачі активної потужності ФЕС:

Параметр, що регулюється - $\cos\varphi$

Крок зміни, який приймаємо - 0,005.

1.2. Автоматичне регулювання напруги, на заданому рівні, шляхом зміни величини генерації реактивної потужності:

Параметр, що регулюється $s = tg\alpha = \Delta U / \Delta Q$ (спад регулювання напруги в межах -1..0);

Крок зміни, який приймаємо 0,005.

Параметр, що регулюється $Q_{min} = tg(\arccos(-0,9)) \cdot P_{факт} = -0,484 \cdot P_{факт}$ (максимальне споживання реактивної потужності);

Параметр, що регулюється $Q_{max} = tg(\arccos(0,9)) \cdot P_{факт} = 0,484 \cdot P_{факт}$ (максимальна генерація реактивної потужності).

1.3 Видача повної реактивної потужності при зниженні напруги в точці приєднання до $0,2 U_{ном}$ на час не менший ніж 0,5 без відключення від мережі.

Використовуються мережеві стрінгові інвертори, що своїми технічними параметрами передбачають автоматичне миттєве відключення сонячної електростанції.

1.4 Відключення ФЕС від мережі при підвищенні або зниженні частоти понад задані уставки з заборонаю відновлення генерації при відновленні частоти.

Параметри, що регулюється – $f_{вимк.max}$ [Гц], $f_{вимк.min}$ [Гц], T_{max} [Гц], T_{min} [Гц];

Кроки зміни, які приймаємо - 0,01 Гц; 0,1 с.

1.5 Автоматичне обмеження генерації до заданого абсолютного рівня.

Параметр, що регулюється - $P_{обм}$ [кВт];

Крок зміни, який приймаємо - 0,1 кВт;

1.6 Обмеження максимальної швидкості:

Параметр, що регулюється – $P(t)$ [кВт/с];

Крок зміни, який приймаємо - 0,1 кВт/с.

3.3.2 Структура мережі АСУ ТП ФЕС

Передбачена можливість управління технологічними процесами ФЕС з автоматизованого робочого місця диспетчера у диспетчерському пункті управління ФЕС, або віддалено - за допомогою каналів зв'язку (Інтернет).

Для забезпечення вимог надійності інформаційної мережі, визначено три рівня зв'язку між елементами ФЕС станцій:

1. локальна мережа RS 485;
2. мережа Ethernet 10/100base TX та Ethernet 10/100base FX;
3. мережа Internet.

Локальна мережа RS 485 улаштовується для збору інформації та управління групи інверторів:

- довжина зв'язку - до 1000 м;
- максимальна кількість керованих smart-інверторів - 80 шт;
- зв'язок із наступним рівнем мережі - за допомогою пристрою SmartLogger 2000;

З'єднання між інверторами виконується за допомогою монтажного екранованого кабелю з мідними жилами в оболочці з полівінілхлоридного пластикату в броні з оцинкованої сталевий проволки, перерізом 2x2x1 марки МКЕШВ. Передбачено формування десяти локальних мереж RS 485. В межах кожної локальної мережі даного рівня інвертори під'єднуються послідовно до пристроїв керування та збору інформації SmartLogger 2000. Схема підключення інверторів до SmartLogger зображена на рисунку 3.9.

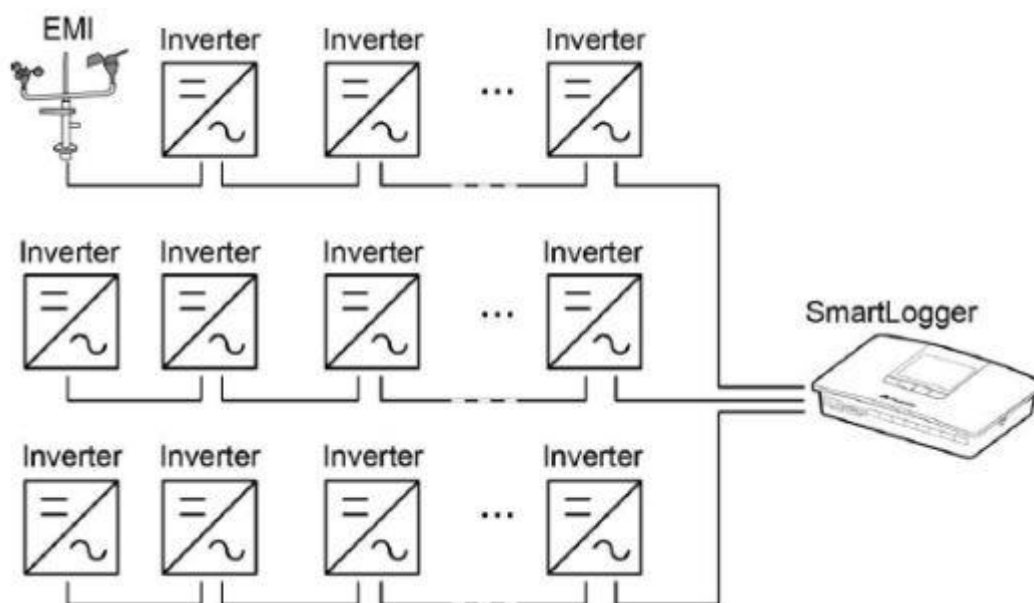


Рисунок 3.9 - Схема підключення декількох інверторів до SmartLogger2000.

SmartLogger має 3 порта RS485, до яких підключаються утворені ланцюги інверторів.

Пристрої SmartLogger 2000 встановлюються в шафах АСУ ТП, які в свою чергу, розміщуються в приміщеннях трансформаторних підстанцій.

Мережа Ethernet 10/100base призначається для утворення єдиної мережі зв'язку між наступними пристроями:

- SmartLogger 2000 встановлюють у кожній трансформаторній підстанції ФЕС та виконує функції управління, реалізації керуючих дій та моніторингу стану інверторів;
- АРМ (автоматизоване робоче місце) диспетчера;
- роутер (для зв'язку з мережею Internet).

Для забезпечення надійності зв'язку між віддаленими вузлами мережі, передбачено влаштування оптоволоконної мережі зв'язку між шафами АСУ ТП трансформаторних підстанцій на базі комутаторів. Мережа оптоволоконного кільця поділена на чотири групи, у відповідності зі з'єднувальними лініями живлення 10 кВ. Мережа Ethernet 10/100base FX виконана за допомогою волоконно-оптичного кабелю марки FinMark UT012-SM-02, а мережа Ethernet 10/100base TX - патчкордом UTP.

3.3.3 Структурна схема підключення інверторів до КТП

На рисунку 3.10 показана структурна схема підключення інверторів до КТП-1.

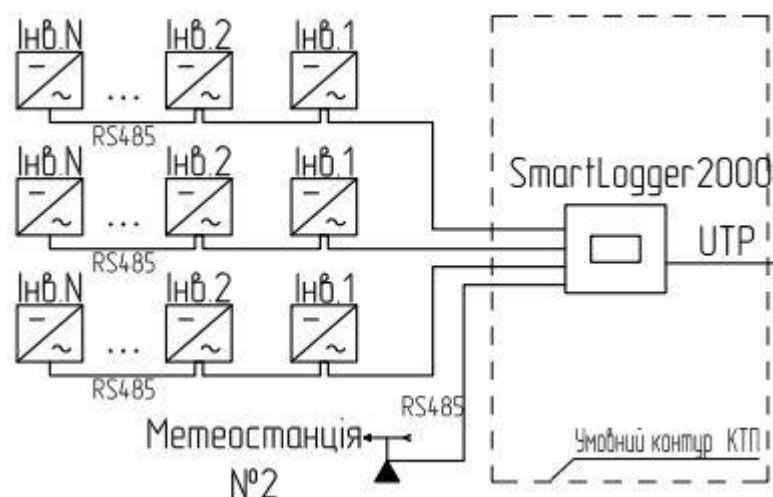


Рисунок 3.10 - Структурна схема підключення інверторів до КТП-1.

Підключення інверторів по інших КТП виконується аналогічно до цієї схеми.

Система моніторингу разом з іншими системами (АСУ ТП, РЗіА), підключається до комутатора і використовує систему зв'язку для своїх цілей,

Метеостанція №1 закріплюється на фасові адміністративної будівлі, метеостанції №2 і №3 розміщені на монтажній мачті поблизу КТП-11 КТП-6 відповідно.

Інше обладнання в адм. будівлі встановлюється на місці для моніторингу.

3.3.4 Прокладання кабелю мережі RS485.

На рисунку 3.11 показано прокладання кабелю мережі RS485.

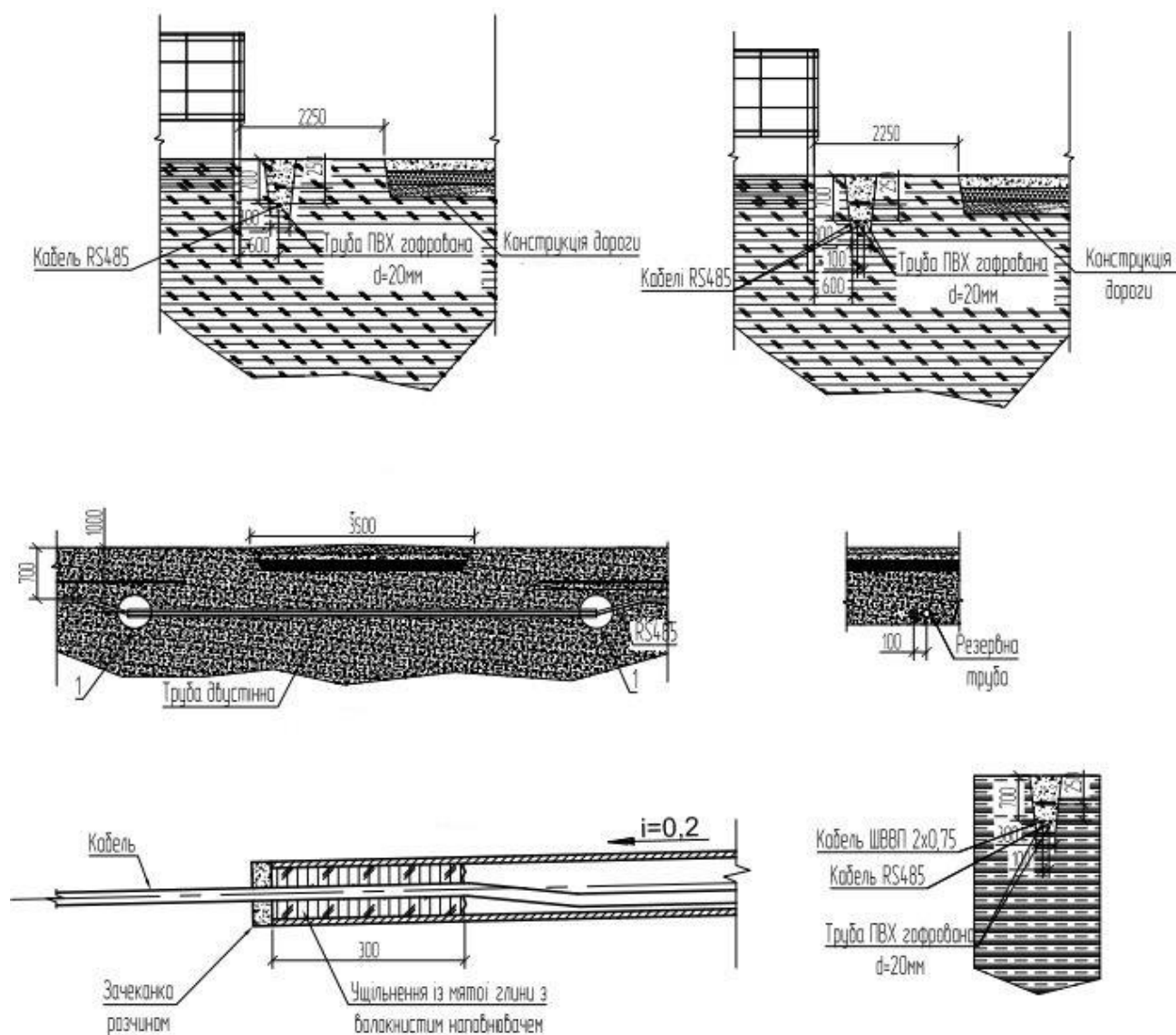


Рисунок 3.11 - Прокладання кабелю мережі RS485

Кабелі зв'язку прокладаються на відстані не менше ніж 0,5 м від силових кабелів.

По всій довжині кабель зв'язку захищають сигнальною стрічкою, яку прокладають вище кабелю на відстані 0,25 м.

Кабелі RS485 в місцях перетину з дорогою прокладаються в двустінних трубах.

Всі резервні труби повинні бути закритими заглушками з обох сторін.

Кінці труб ущільнюються м'ятою глиною з волокнистим наповнювачем, глибина замазки не менше ніж 0,3 м.

3.3.5 Встановлення основного обладнання АСУ.

На рисунку 3.12 показано встановлення основного обладнання АСУ.

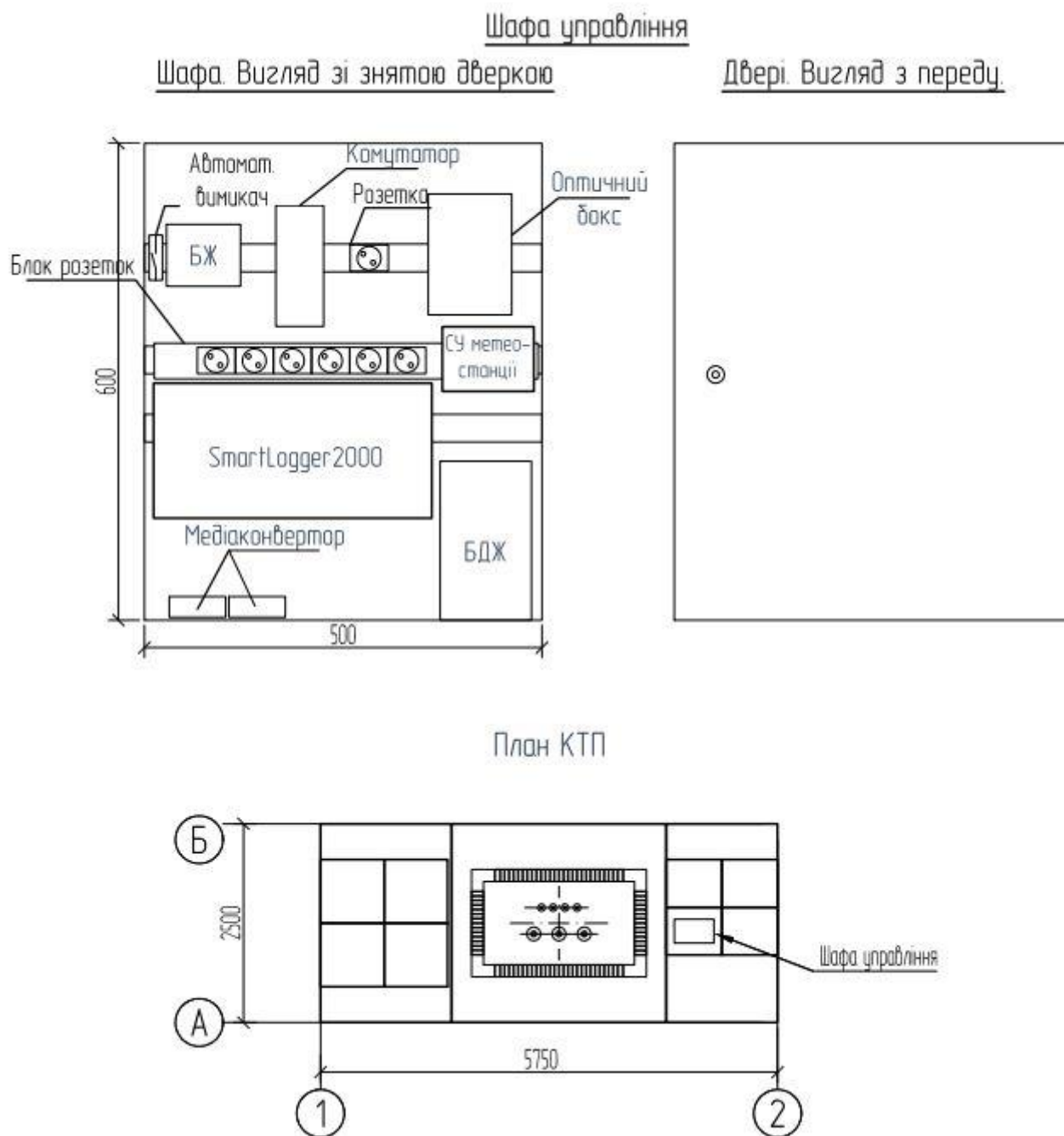


Рисунок 3.12 - Встановлення основного обладнання АСУ.

3.4 Облік електроенергії

Облік електроенергії здійснюється згідно до вимог розділу 1.5 ПУЕ [3], розділу 2.7 [7] та [8].

Облік за спожитою та згенерованою електроенергією передбачається на межі балансової належності у комірках ЗРП-10 кВ на ПС 110/10кВ.

Облік передбачається двонаправленими лічильниками типу SL7000, які встановлюються у комірках ЗРП-10 кВ. Загальне число лічильників у ЗРП-10 кВ – 4 шт.

Лічильники встановлюються у своїх окремих шафах, які пломбуються. Лічильники підключаються до трансформаторів струму, які знаходяться в середині комірок на ЗРП-10кВ. У ЗРП-10кВ також встановлюється шафа передачі даних, від якої інформація до енергопостачальної організації передається по безпроводному каналу типу GSM/GPRS.

Облік за спожитою електроенергією власних потреб передбачається лічильником, який встановлюється на РП-0,4 кВ встановленої КТП-11 для власних потреб.

Вся система об'єднується у автоматизовану систему обліку і контролю електроенергії (далі -АСКОЕ).

3.5 Захист електричних мереж

3.5.1 Захист від струмів короткого замикання і перевантаження

Захист ліній, які передають вироблену електроенергію від інверторів до розподільчих щитів РЩ здійснюється автоматичними вимикачами, які знаходяться у розподільчих щитах. РЩ представляє собою щит у якому розміщуються вихідні та ввідний автоматичний вимикач. Захист ошиновки в середині щита здійснюється ввідним автоматичним вимикачем.

Захист ліній, які передають зібрану електроенергію від розподільчих щитів РЩ до РП-0,8 кВ на КТП здійснюється автоматичними вимикачами, які встановлюються на лінійний комірках на КТП. На кожній КТП встановлюються

дві лінійні комірки з чотирма автоматичними вимикачами. Один з вимикачів є резервним, оскільки до кожної КТП приходить тільки сім ліній електропередачі виробленої електроенергії. Захист ошиновки в КТП здійснюється ввідним автоматичним вимикачем.

Захист силового трансформатора здійснюється на комірці вводу до силового трансформатора на напругу 10 кВ у РП-10 кВ. У комірці встановлюється вакуумний вимикач, керування приводом якого здійснюється з мікропроцесорного пристрою релейного захисту типу МРЗС. На МРЗС налаштовуються захисти.

Захист ліній 10 кВ, що передають вироблену електроенергію до точки приєднання (ЗРП- 10 кВ ПС 110/10кВ) буде здійснюватись на пристроях релейного захисту, які знаходяться у комірках, до яких приєднуються кабельні лінії.

Всі вимикачі та інше комутуюче обладнання починаючи від інверторів і закінчуючи ввідним вимикачем на РП-0,8 кВ на КТП вибираються на номінальну робочу напругу 1 кВ, це пов'язано з тим, що напруга змінного струму на виході з інверторів становитиме 800 В.

Кабельні мережі на даних ділянках електричної мережі також вибираються на номінальну робочу напругу 1000 В.

3.5.2 Захист від враження електричним струмом

Основним захистом людей від ураження електричним струмом у випадку пошкодження ізоляції електроустановок є заземлення. Передбачається заземлення корпусів всіх металевих електроустановок. Передбачається також створення системи зрівнювання потенціалів шляхом приєднання всіх металевих елементів електростанції до контуру заземлення.

Для захисту споживачів, які підключаються через штепсельні розетки передбачається у розподільчих щитах пристрої захисного відключення ПЗВ з диференційним струмом спрацювання 30 mA.

3.5.3 Захист обладнання від грозових перенапруг

Конструкцією інверторного обладнання передбачається вмонтований захист від перенапруг як зі сторони постійного струму, так зі сторони змінного струму.

На РП-10 кВ КТП передбачається встановлення обмежувачів перенапруг у кожній ізкомірок КСО.

На КТП-11 передбачається встановлення вентиляльних розрядників РВО-10 на стороні ВН і розрядників типу РВН-0,5 на стороні НН.

На адміністративній будівлі та будівлі головного розподільчого пристрою передбачається влаштування блискавко-приймальної сітки. Кожна сітка приєднується до контуру заземлення у двох місцях. Спосіб приєднання – зваркою.

Сонячна електростанція межує з електричною підстанцією 110/10 кВ. По периметру ФЕСпроходять металеві високовольтні опори ПЛ-110 кВ, які служать як відводи для блискавок з території ФЕС.

3.6 Релейний захист і автоматика

На території сонячної електростанції встановлюються КТП-1600/10/0,8 у кількості 10 шт. У кожній КТП (крім КТП-9) на стороні 10 кВ встановлюються чотири комірки типу КСО. Дві комірки з чотирьох обладнуються вимикачами навантаження, одна комірка встановлюється з трансформаторами напруги та роз'єднувачем та одна комірка обладнується вакуумним вимикачем. У КТП-9 на стороні 10 кВ встановлюються комірки КСО у кількості 5 шт.

Вакуумними вимикачем (далі - ВВ) обладнується комірка від якої підключається силовий трансформатор потужністю 1600 кВА. В комірку в комплекті з вакуумним вимикачем типу ВВ/TEL встановлюються також шинні та лінійні роз'єднувачі, трансформатори струму, обмежувачі перенапруг трансформатори власних потреб та інше необхідне обладнання, необхідне для нормального функціонування ВВ.

Релейний захист і автоматика РЗіА передбачається шляхом встановлення у комірку з ВВ мікропроцесорного пристрою типу МРЗС-05М, з блоком живлення, керування, сигналізації.

Будь-які перемикання вводів здійснюються тільки при вимкненому навантаженні силового трансформатора. Тобто секціонування КТП дозволяється тільки з усіма вимкненими вакуумними вимикачами на КТП. Вимкнення і увімкнення силових трансформаторів у роботу здійснюється централізовано з пункту керування.

Управління та контроль релейним захистом також здійснюється з пункту керування. Пункт керування знаходиться у кімнаті релейного захисту, яка знаходиться у головному розподільчому пристрої ГРП.

Система управління пристроями РЗіА у КТП об'єднується у систему SCADA. Система SCADA - це програмний пакет, який призначений для диспетчерського управління та збору інформації в реальному часі. Програмування та налаштування даної системи здійснюється спеціалізованою компанією по місцю, після монтажу всієї системи.

Від пристрою МРЗС йде інформаційний кабель через контролер інтерфейсу до контролера передачі даних. Після контролера інформація передається до загального сервера, який знаходиться у серверній, після чого інформація поступає на своє спеціальне обладнання, яке знаходиться у кімнаті релейного захисту.

У кімнаті релейного захисту встановлюється комп'ютерне обладнання з монітором та іншими допоміжними пристроями. Живлення обладнання здійснюється через пристрій безперебійного живлення UPS, який забезпечує електроенергією прилади на час необхідний для завершення необхідних процесів, та час достатній для автоматичного включення резерву АВР.

3.7 Заземлення і зрівнювання потенціалів

3.7.1 Заземлення КТП.

Біля кожної КТП влаштовується зовнішній контур заземлення, який приєднується до внутрішнього контур заземлення КТП не менше ніж у двох місцях. Контури об'єднуються горизонтально сталлюююю половою 40x4 мм.

Зовнішній контур заземлення виконується вертикальними електродами $d=16$ мм, $l=5$ м, з відстанню між ними 5 м, які об'єднуються горизонтально сталлюююю половою з розмірами 40x4 мм. Контур заземлення КТП прокладається по периметру КТП на глибині 0,7 м від поверхні землі.

Внутрішній контур заземлення КТП влаштовується на заводі. До нього обов'язково мають бути приєднані:

4. середня точка нейтралі силового трансформатора;
5. металевий корпус силового трансформатора;
6. металеві корпуси комірок РП-10 кВ та РП-1 кВ (крім того у них мають бути заземлені металеві дверцята, мідним проводом перерізом не менше 1x4 мм);
7. двері та ворота, які забезпечують доступ до КТП.

Після установки КТП, потрібно перевірити стан та наявність вказаних вище приєднань [14].

3.7.2 Заземлення електрощитової ГРП.

Біля адміністративної будівлі встановлюється свій контур заземлення, який складається з чотирьох вертикально забурених електродів. Контур виконується та прокладається аналогічно до контуру заземлення КТП.

3.7.3. Заземлення інверторного обладнання.

Біля кожного інвертора встановлюється коробка зрівнювання потенціалів. Коробка зрівнювання потенціалів (далі КУП), представляє собою коробку з установленою у середині неї мідною шиною. Мідна шина має відповідну кількість болтових зажимів. Ступінь захисту для КУП, які встановлюються на відкритому повітрі повинна бути не нижче ніж IP54.

По ділянці фотоелектричної станції (ФЕС) прокладається стальна полоса з розмірами 40x4 мм. Стальна полоса прокладається у траншеях спільно із силовими кабельними мережами. У місцях встановлення КУП (біля інверторів) полоса виводиться і прикріплюється до мідної шини ГЗШ. Приєднання здійснюється у середині КУП.

Від зажимів коробки КУП розходяться провідники для заземлення і зрівнювання потенціалів до таких частин і елементів ФЕС:

- до PEN шини щита розподільчого ЩР (проводом типу ПВЗ перерізом 1x70 мм.);
- до каркасу металевого стола під фотомодулів (проводом типу ПВЗ перерізом 1x16 мм.);
- всі столи повинні з'єднуватись з сусідніми (проводом типу ПВЗ перерізом 1x16 мм.);
- до корпусу інвертора (проводом типу ПВЗ перерізом 1x10 мм.);
- до корпусів фотомодулів (проводом типу ПВЗ перерізом 1x4 мм.);

3.7.4. Контур заземлення

Після монтажу слід перевірити опір контуру заземлення, і при необхідності, збільшити кількість встановлених вертикальних заземлювачів. Вертикальні електроди забурюються за допомогою електровібратора. Всі елементи контуру заземлення: вертикальні і горизонтальні електроди повинні бути з'єднанні між собою зваркою утворюючи безперервну електричну мережу.

Контур заземлення виконується вертикальними електродами $d=16$ мм $l=5$ м, з відстанню між ними 5 м. Вони об'єднуються між собою сталевую полосою

40x4 мм. Контур прокладається на глибині 0,7 м від поверхні землі. Зовнішній контур заземлення приєднується до внутрішнього контуру заземлення ЗРП-10 кВ сталеву полюсою 40x4 мм у двох місцях.

При необхідності, потрібно збільшити кількість існуючих електродів. Вертикальні електроди забурюються за допомогою електровібратора. Всі елементи контура заземлення: вертикальні і горизонтальні електроди повинні бути з'єднанні між собою зваркою утворюючи безперервну електричну мережу.

Всі металеві не струмоведучі частини електроустановки і всі відкриті металеві частини будівлі повинні бути заземлені через захисний нульовий провідник РЕ відповідно до вимог п.1.7. ПУЕ [3]. Заземлюючий пристрій на ПС потрібно перевірити на допустимий опір розтікання [15].

На адміністративній будівлі та будівлі головного розподільчого пристрою передбачається встановлення блискавко-приймальної сітки, яка приєднується до контуру заземлення, не менше ніж у двох місцях.

3.7.5. Заземлення екранів

Екрани одножильних та трьохжильних кабелів слід заземлити. У місцях виведення КЛ з КТП та введення КЛ у ЗРП -10кВ екрани слід приєднати до контуру заземлення. На виходах з КТП екрани приєднуються до контурів заземлення КТП. На ввіді у ЗРП- 10 кВ екрани приєднуються до нового контуру заземлення. Приєднання екранів здійснюється мідним кабелем такого ж самого перерізу що й екран.

Проведення робіт виконується в повному узгодженні з вимогами [4], [6], [3].

3.8 Енергозбереження

Усі технічні рішення приймалися з урахуванням положень Закону України та Комплексної державної програми України з енергозбереження.

Нове обладнання відповідає сучасному рівню наукових та технічних досягнень в області енергозбереження.

Освітлення приміщень та зовнішнє освітлення здійснюється енергозберігаючими світлодіодними джерелами світла.

Релейний захист на ПС виконується з використанням високотехнологічних мікропроцесорних пристроїв, що забезпечують низьке споживання електроенергії.

Використання відеокамер у системі охоронної сигналізації забезпечує мінімальне використання електроенергії при роботі.

Комп'ютерне обладнання, що використовується, працює з налаштуваннями на перехід у режим очікування та використання мінімальної кількості електроенергії.

3.9 Засоби аналізу якості електричної енергії

Передбачається встановлення приладів для контролю якості електричної енергії, яка буде вироблена на сонячній електростанції та видана в основну мережу.

Інвертори, які використовується виробляють та видають в мережу електричну енергію, яка відповідає за критеріями якості електричної енергії [9].

На комірках РП-10 кВ в комплексних трансформаторних підстанціях КТП передбачається встановлення цифрових багатофункціональних вимірювачів типу ЦИС0307. Дані прилади призначені для вимірювання значення напруг, струмів, активної та реактивної потужностей і частоти. Дані пристрої інформацію передаватимуть по каналам зв'язку.

3.10 Висновки до Розділу 3.

1. Запропонована система внутрішнього освітлення. Живлення світильників безпеки, в яких встановлено блоки аварійного живлення, виконується від робочого освітлення. Живлення світильників робочого освітлення приміщень будівель передбачається від щитків ЩО. Живлення щитків ЩО передбачено від РП та ГРП. Для управління освітленням встановлюються клавійні вимикачі з номінальним струмом 10 А з відповідним ступенем захисту ІР. Показано план влаштування обладнання електроосвітлення.

2. Запропонована система зовнішнього освітлення - освітлення в'їздів, периметру, основних проїздів та території адміністративної будівлі ФЕС. Для освітлення адміністративної зони встановлюються два освітлювальні комплекси з світлодіодним джерелом світла герметичного виконання потужністю 45 Вт, на опорі висотою 3,5 м. На в'їзних воротах встановлюється світлодіодний прожектор. Керування освітленням виконується в автоматичному режимі за допомогою фотореле. Показано план влаштування мереж освітлення.

3. Освітлення периметру ФЕС забезпечується світлодіодними прожекторами, що розташовуються на КТП. Загалом встановлюється 27 прожекторів герметичного виконання потужністю 100 Вт та світловим потоком 8000 лм кожний. Показано план влаштування зовнішнього електроосвітлення на КТП-1 та схему керування зовнішнім освітленням на КТП.

4. Розглянута автоматизована система управління, а саме: вимоги до програмно-апаратного забезпечення інверторів ФЕС, структура мережі АСУ ТП ФЕС, структурна схема підключення інверторів до КТП, прокладання кабелю мережі RS485, встановлення основного обладнання АСУ.

5. Розглянуто питання обліку електричної енергії, захисту електричних мереж, релейного захисту і автоматики, заземлення і зрівнювання потенціалів, питання енергозбереження, засоби аналізу якості електричної енергії.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Засоби захисту, призначені для забезпечення електробезпеки.

Електроустановки повинні бути укомплектовані випробуваними, готовими до використання захисними засобами (ЗС), а також засобами надання першої медичної допомоги відповідно до чинних норм і правил.

Засоби захисту поділяються на такі класи: засоби захисту від ураження електричним струмом; засоби захисту від електричних полів підвищеної напруженості; засоби індивідуального захисту.

До електрозахисних засобів відносяться:

- ізолюючі штанги;
- ізолюючі і електровимірювальні кліщі;
- покажчики напруги всіх видів і класів;
- безконтактні сигналізатори наявності напруги;
- діелектричні рукавички, боти і галоші, килими, ізолюючі підставки;
- захисні огороження;
- переносні заземлення;
- пристрої та пристосування для забезпечення безпеки праці при проведенні випробувань і вимірювань в електроустановках (покажчики напруги для перевірки збігу фаз, пристрої для проколу кабелю, покажчики пошкодження кабелю і т.п.);
- плакати і знаки безпеки;
- інші засоби захисту, ізолювальні пристрої і пристосування для ремонтних робіт під напругою в електроустановках 110 кВ і вище).

З класу електрозахисних засобів виділяються ізолюючі електрозахисні засоби, які в свою чергу поділяються на основні та додаткові.

Основний електрозахисний засіб - це СЗ, що застосовується при роботі в електроустановці, і ізоляція якого тривалий час витримує робочу напругу установки або дозволяє доторкатися до струмопровідних частин, що знаходяться

під напругою.

Додаткове електрозахисний засіб - це СЗ, яке саме по собі при цьому напрузі не може забезпечити захист від ураження електричним струмом, але доповнює основний засіб захисту, а також служить для захисту від напруги дотику і крокової напруги.

Основні електрозахисні засоби поділяються:

- електрозахисні засоби в електроустановках понад 1000 В (ізолюючі штанги, ізолюючі і електровимірювальні кліщі, показчики напруги, пристрої та пристосування для забезпечення безпеки при проведенні випробувань і вимірювань в електроустановках);
- електрозахисні засоби в електроустановках до 1000 В (ізолюючі штанги, ізолюючі і електромагнітні кліщі, показчики напруги, діелектричні рукавички, ізольований інструмент).

Додаткові електрозахисні засоби поділяються:

- електрозахисні засоби в електроустановках понад 1000 В (діелектричні рукавички, діелектричні боти, діелектричні килими, ізолюючі підставки і накладки, ізолюючі ковпаки, штанги для перенесення і вирівнювання потенціалу);
- електрозахисні засоби в електроустановках до 1000 В (діелектричні калоші, діелектричні килими, ізолюючі підставки і накладки, ізолюючі ковпаки).

Засоби колективного захисту від ураження електричним струмом:

1. Захисне заземлення.
2. Занулення.
3. Захисне відключення.
4. Застосування низьких напруг.
5. Подвійна ізоляція.
6. огороджувальні пристрої.
7. Сигналізація, блокування, знаки безпеки, плакати.

До засобів індивідуального захисту, що застосовуються в електроустановках, відносяться: засоби захисту голови (каска); очей і обличчя

(окуляри, щитки); органів дихання (респіратори); рук (рукавиці, рукавички); кошти, які страхують від падіння (пояса, канати).

Персонал, що знаходиться в приміщеннях з діючим електрообладнанням, а також при обслуговуванні повітряних ЛЕП, повинен надягати захисні каски.

При виборі конкретних видів ЗІЗ необхідно пам'ятати, що ЗІЗ відносяться до видів продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації.

4.2 Групи з електробезпеки електротехнічного персоналу та умови їх присвоєння.

Присвоєння групи з електробезпеки є необхідною умовою для отримання допуску до обслуговування і експлуатації діючих електроустановок. Ця вимога стосується й осіб неелектротехнічного персоналу, що працює в електроустановках.

Електротехнічний персонал в організації поділяється на наступні категорії: адміністративно-технічний, оперативний, ремонтний, оперативно-ремонтний і електротехнологічний персонал виробничих цехів і дільниць.

Електротехнічного персоналу, який пройшов медичний огляд, спеціальне навчання та перевірку знань, присвоюється група з електробезпеки (від II до V) в залежності від стажу роботи в електроустановках, освіти, теоретичних знань і практичних навичок роботи.

Вимоги до персоналу щодо електробезпеки наведені в МПОТ (ПБ) ЕЕУ, Додаток 1. Наведені в Правилах вимоги є мінімальними можуть бути доповнені і за рішенням керівника організації.

Спочатку особі електротехнічного персоналу може бути присвоєна група II. Привласнювати групи з електробезпеки можна тільки послідовно, «перескакувати» через групу можна.

Особам віком до 18 років не дозволяється присвоювати групу вище II.

При надходженні на роботу (переведення на іншу ділянку, заміщення відсутнього працівника) персонал повинен пройти перевірку знань і підтвердити

наявну групу стосовно до обладнання електроустановок на новій ділянці.

При переведенні працівника, зайнятого обслуговуванням електроустановок напругою нижче 1000 В, на роботу з обслуговування електроустановок напругою вище 1000 В, йому, як правило, не може бути присвоєно початковий група вище III.

Неелектротехнічний персонал, який виконує роботи, при яких може виникнути небезпека ураження електричним струмом, присвоюється група I з електробезпеки. Перелік посад і професій, що вимагають присвоєння персоналу I групи з електробезпеки, визначає керівник Споживача.

Група I присвоюється персоналу, засвоївши вимоги з електробезпеки, що відносяться до його виробничої діяльності, з оформленням в журналі встановленої форми, посвідчення при цьому не видається.

Присвоєння групи I проводиться шляхом проведення інструктажу, який, як правило, повинен завершуватися перевіркою знань у формі усного опитування і перевіркою придбаних навичок безпечних способів роботи або надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

Присвоєння групи I з електробезпеки проводить працівник з числа електротехнічного персоналу даного Споживача з групою з електробезпеки не нижче III, призначений розпорядженням керівника організації.

Присвоєння I групи з електробезпеки проводиться з періодичністю не рідше 1 разу на рік.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розглянуто електропостачання власних потреб. Потужність власних потреб становить 25, 0 кВт. Потужність встановлених трансформаторів власних потреб - 2x40 кВА.
2. Показано план траси ЛЕП. Також показано відгалуження від опори ЛЕП кабельною лінією 10 кВ. Тип прокладання – «трикутником». На опорі встановлено обмежувачі перенапруг.
3. Показано прокладання кабельної лінії 10 кВ та прокладання кабелів в трубах.
4. Запропонована однолінійна схема КТП та показано план встановлення КТП.
5. Запропоновано план прокладання мережі власних потреб.
6. Запропонована схема електрична принципова магістральної мережі ГРЩ. Від ГРЩ прокладаються магістральні мережі до інших щитків: силового обладнання РП, щитків освітлення ЩО, щитків протипожежного захисту. Магістральні мережі виконуються кабелем ВВГнг і прокладаються відкрито у гофрованих ПВХ трубах у приміщенні електрощитової та під шаром штукатурки у інших приміщеннях
7. Показано план прокладання магістральних мереж адміністративної будівлі. Мережа до адміністративної будівлі прокладається у траншеї. У траншеї КЛ-0,4 кВ прокладається у гофрованих ПВХ трубах на глибині 0,7 м. Над КЛ-0,4 кВ прокладається сигнальна стрічка. Відстань від фундаментів споруд витримується не менше ніж 0,6 м.
8. Запропоновано план прокладання магістральних мереж ГРП та архітектуру електричних з'єднань ГРЩ.
9. Показано план прокладання розподільчої мережі адміністративної будівлі, влаштування розеток та архітектуру електричних з'єднань РП. Також показано план прокладання розподільчих мереж ГРП. Від розподільчих щитків РП прокладаються розподільчі мережі до споживачів. Мережі розділяють

споживачів на окремі групи, кожна група захищається своїм автоматичним вимикачем.

10. Запропонована схема вирівнювання потенціалів. Система заземлення типу TN-C-S, розділення PEN провідника на окремі N та PE провідники виконується у ГРЩ. Від АВР приходить кабель з PEN провідником, який розділяється на окремі PE та N провідники у ГРЩ. PE-шина ГРЩ приєднується до головної заземлюючої шини.

11. Запропонована система внутрішнього освітлення. Живлення світильників безпеки, в яких встановлено блоки аварійного живлення, виконується від робочого освітлення. Живлення світильників робочого освітлення приміщень будівель передбачається від щитків ЩО. Живлення щитків ЩО передбачено від РП та ГРП. Для управління освітленням встановлюються клавішні вимикачі з номінальним струмом 10 А з відповідним ступенем захисту IP. Показано план влаштування обладнання електроосвітлення.

12. Запропонована система зовнішнього освітлення - освітлення в'їздів, периметру, основних проїздів та території адміністративної будівлі ФЕС. Для освітлення адміністративної зони встановлюються два освітлювальні комплекси з світлодіодним джерелом світла герметичного виконання потужністю 45 Вт, на опорі висотою 3,5 м. На в'їзних воротах встановлюється світлодіодний прожектор. Керування освітленням виконується в автоматичному режимі за допомогою фотореле. Показано план влаштування мереж освітлення.

13. Освітлення периметру ФЕС забезпечується світлодіодними прожекторами, що розташовуються на КТП. Загалом встановлюється 27 прожекторів герметичного виконання потужністю 100 Вт та світловим потоком 8000 лм кожний. Показано план влаштування зовнішнього електроосвітлення на КТП-1 та схему керування зовнішнім освітленням на КТП.

14. Розглянута автоматизована система управління, а саме: вимоги до програмно-апаратного забезпечення інверторів ФЕС, структура мережі АСУ ТП ФЕС, структурна схема підключення інверторів до КТП, прокладання кабелю мережі RS485, встановлення основного обладнання АСУ.

15. Розглянуто питання обліку електричної енергії, захисту електричних мереж, релейного захисту і автоматики, заземлення і зрівнювання потенціалів, питання енергозбереження, засоби аналізу якості електричної енергії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <https://delaenergy.systems/articles/princzip-roboti-sonyachno%D1%97-elektrostantsi%D1%97/>
2. <https://sunsayenergy.com/technology/vse-scho-potribno-znati-pro-domashni-sonyachni-elektrostantsiyi>
3. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво «Форт», 2017. - 760 с.
4. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12)
http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25399
5. СНиП 3.05.06-85 Електротехнічні пристрої
http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=4682
6. ДБН В.25-28-2006. Природне і штучне освітлення
<https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-394>
7. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок
http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=47257
8. Правил користування електричною енергією
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0417-96#Text>
9. ДСТУ EN 50160:2014 Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності
http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=51529
10. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: Підручник. – 2-ге вид. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 488 с.
11. Коваль, Вадим Петрович. Залежність енергоефективності сонячних елементів від експлуатаційних факторів. Збірник тез доповідей XVII наукової конференції Тернопільського національного технічного

університету імені Івана Пулюя, 2013, 53-53.

- 12.Тарасенко, Микола Григорович; Козак, Катерина Миколаївна. Енергоефективність сонячних електростанцій в Україні. Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування“, 2017, 230-232
- 13.Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. 2-ге вид., перероб. I доп. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 436 с.
- 14.Гаряжа В. М. Конспект лекцій з курсу «Електрична частина станцій та підстанцій» (частина 1) (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / В. М. Гаряжа, А. О. Карюк; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 149 с.
- 15.Козлов В. Д. Електрична частина станцій та підстанцій аеропортів: підручник / В. Д. Козлов, В. П. Захарченко, О. М. Тачиніна; за заг. ред. В. Д. Козлова.– К. : НАУ, 2018. – 312 с.

ДОДАТКИ

План траси ЛЕП

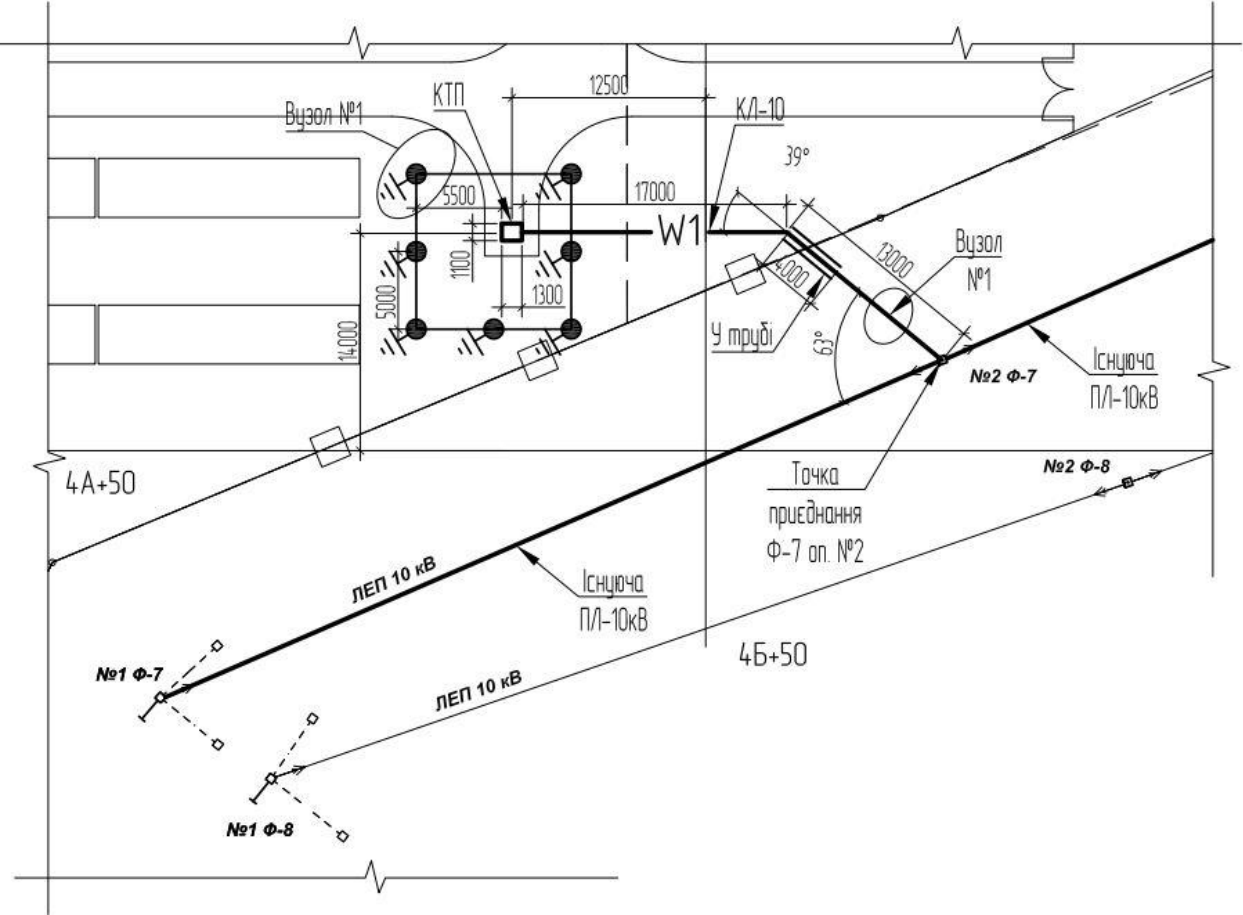


Рисунок 2.1 - План траси ЛЕП.

Відгалуження від ПЛ-10 кВ

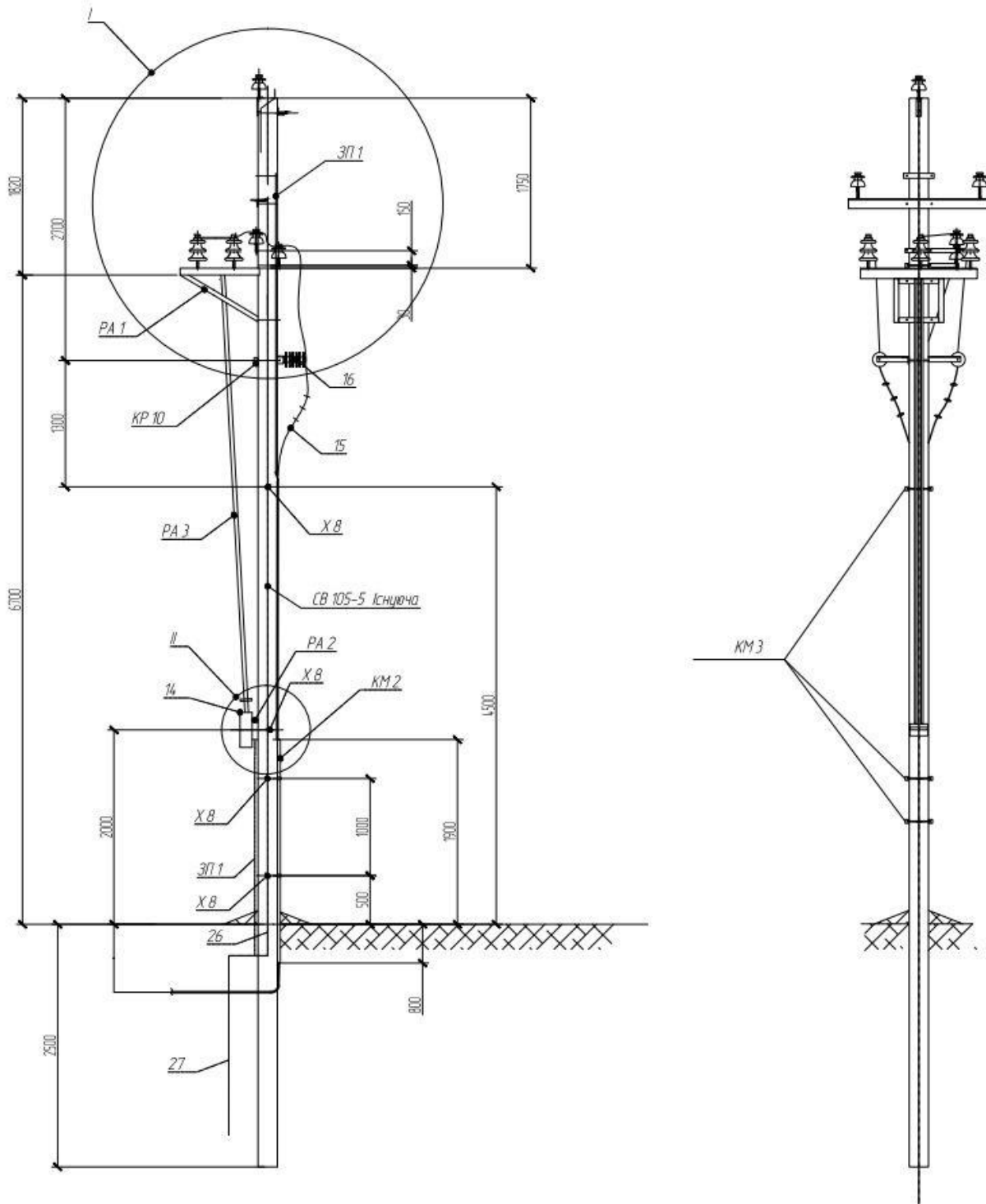


Рисунок 2.2 - Відгалуження від ПЛ-10 кВ. Частина 1.

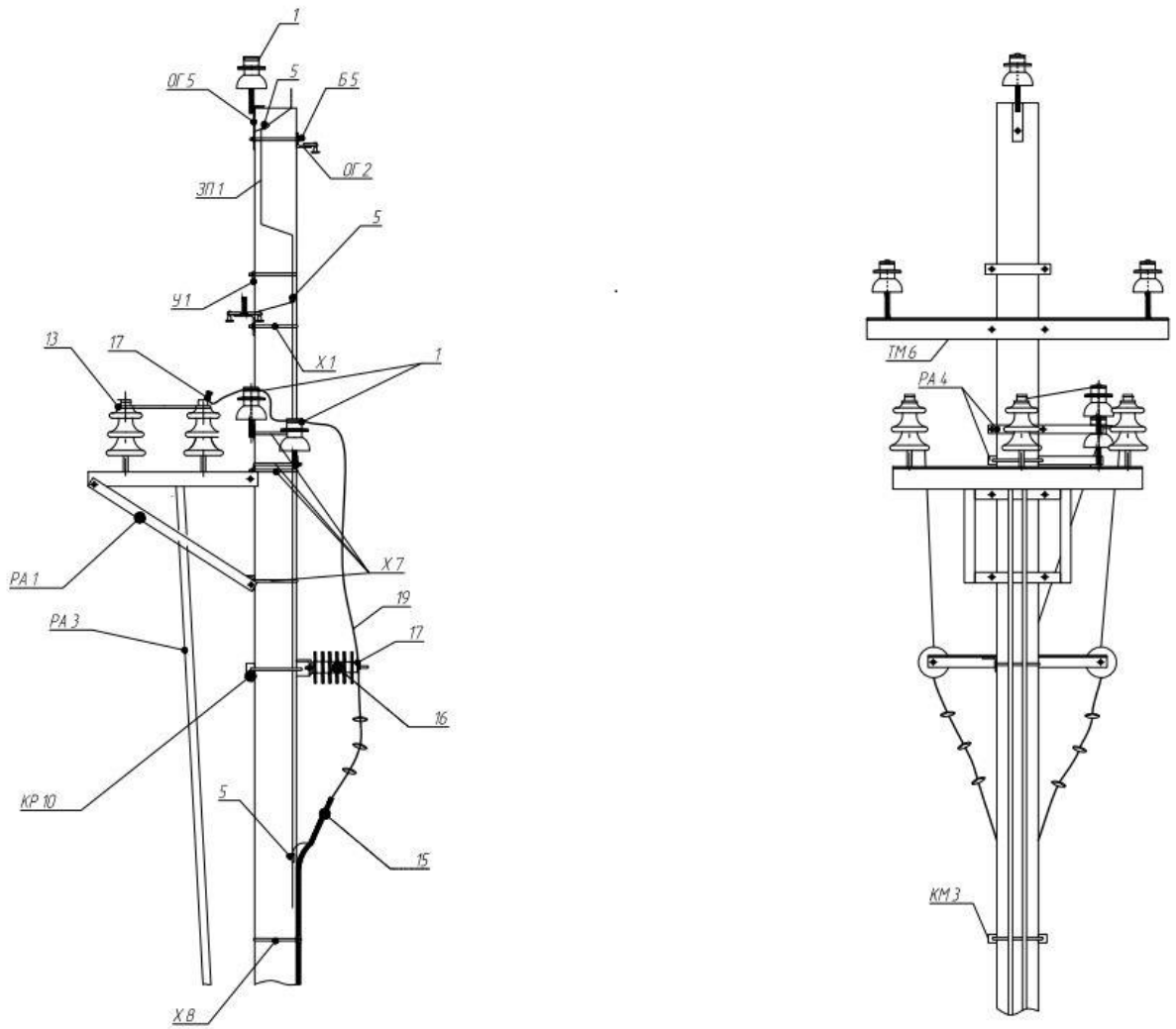


Рисунок 2.2 - Відгалуження від ПЛ-10 кВ. Частина 2.

Прокладання кабельної лінії 10 кВ

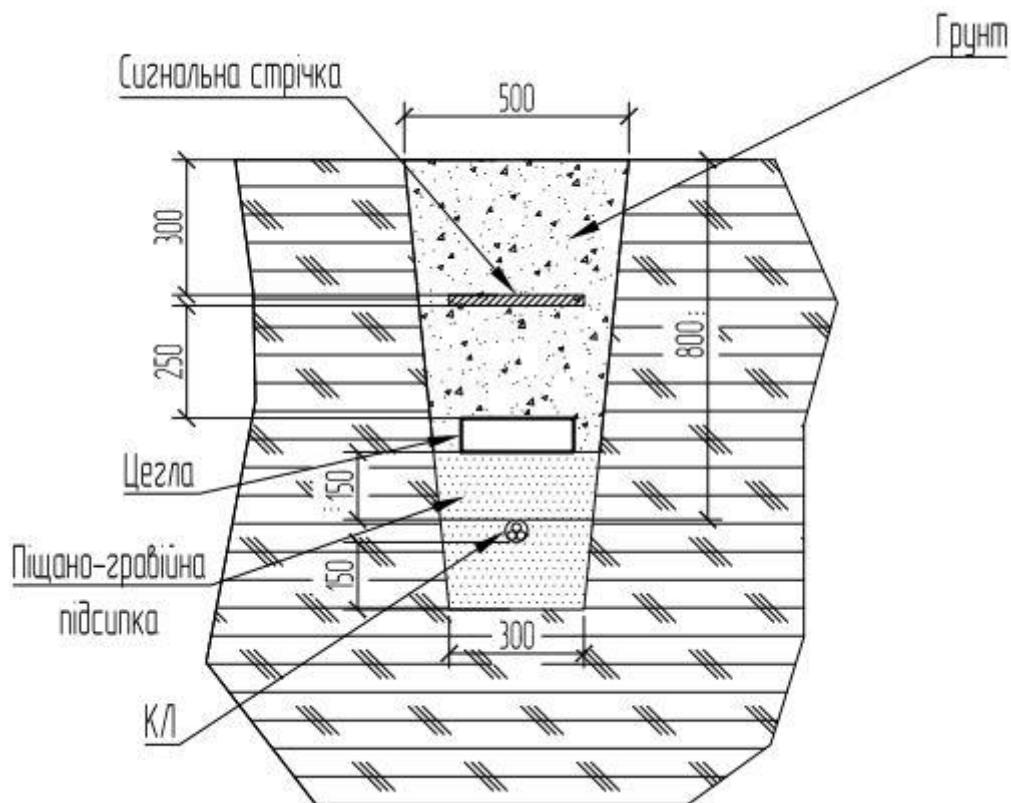


Рисунок 2.3 - Прокладання кабельної лінії 10 кВ.

Прохід кабелів у трубах

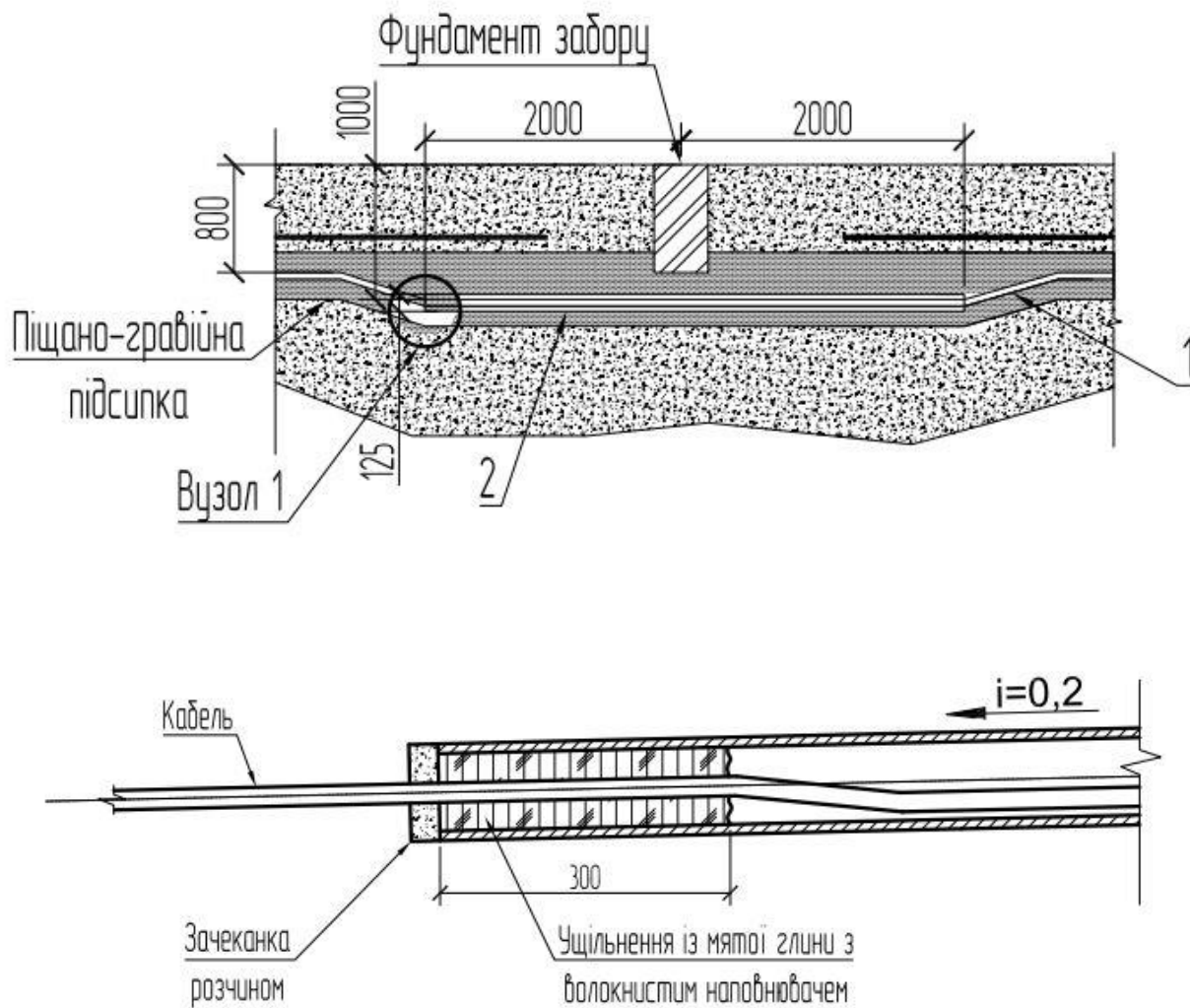


Рисунок 2.4 - Прохід кабелів у трубах.

Однолінійна схема КТП

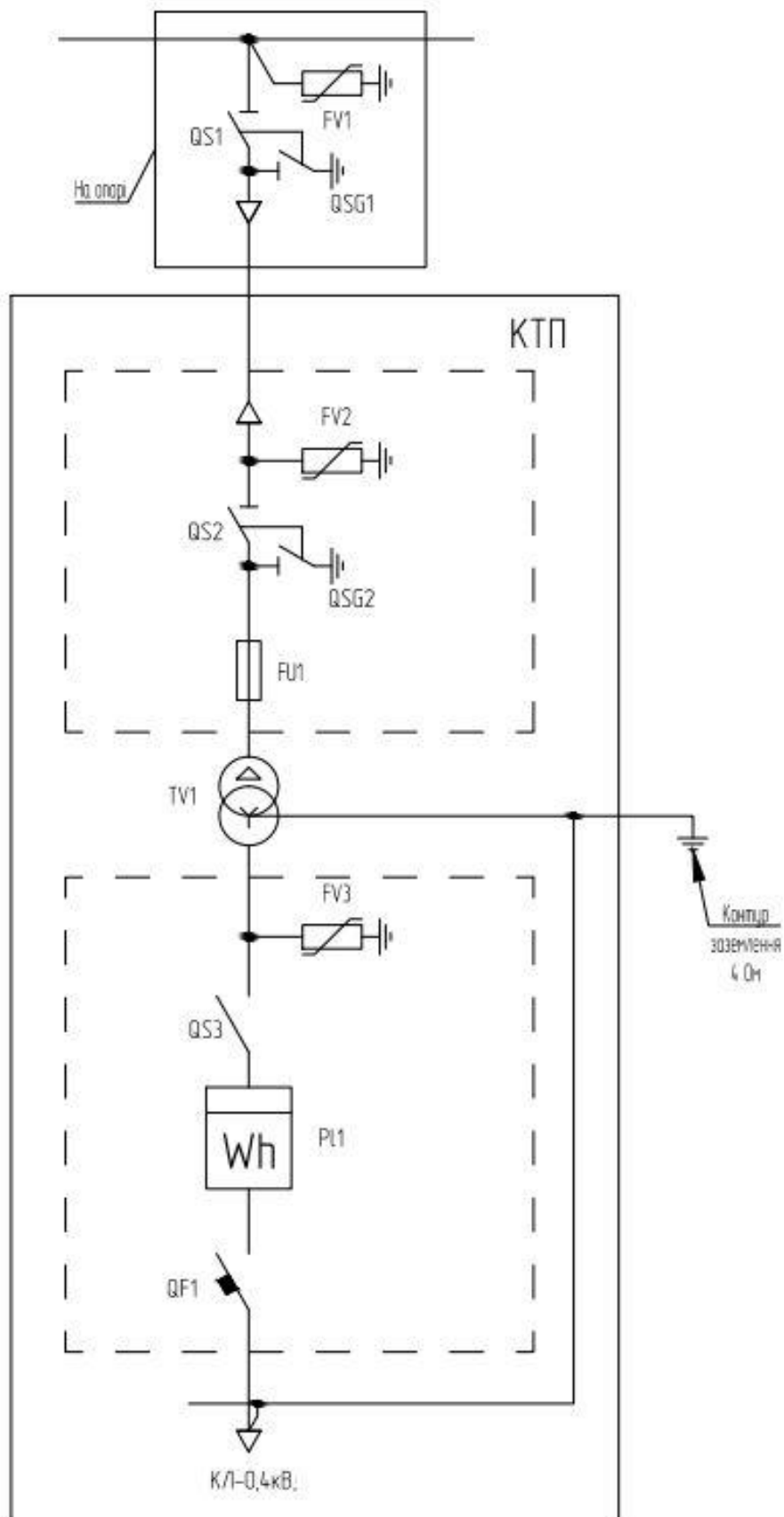


Рисунок 2.5 – Однолінійна схема КТП.

План встановлення КТП

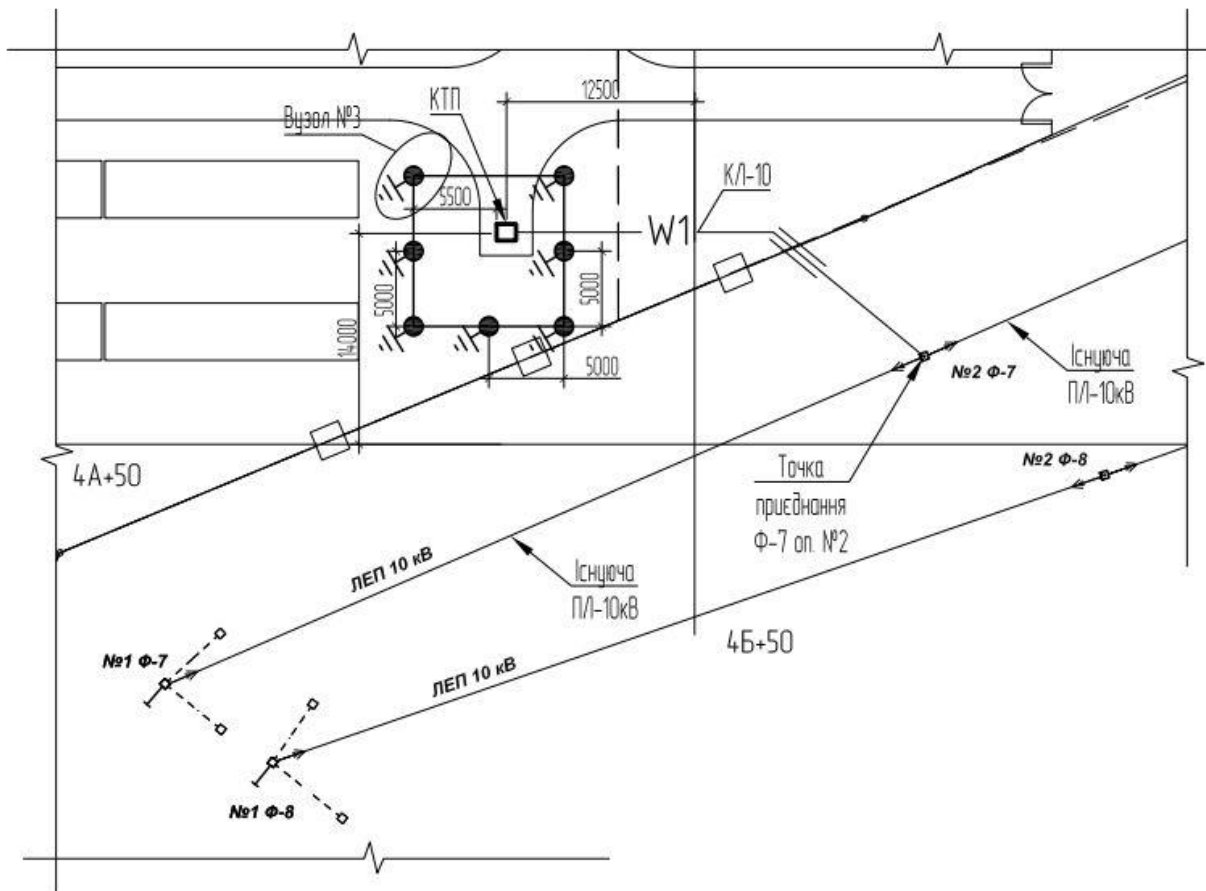


Рисунок 2.6 – План встановлення КТП.

Встановлення одного заземлювача

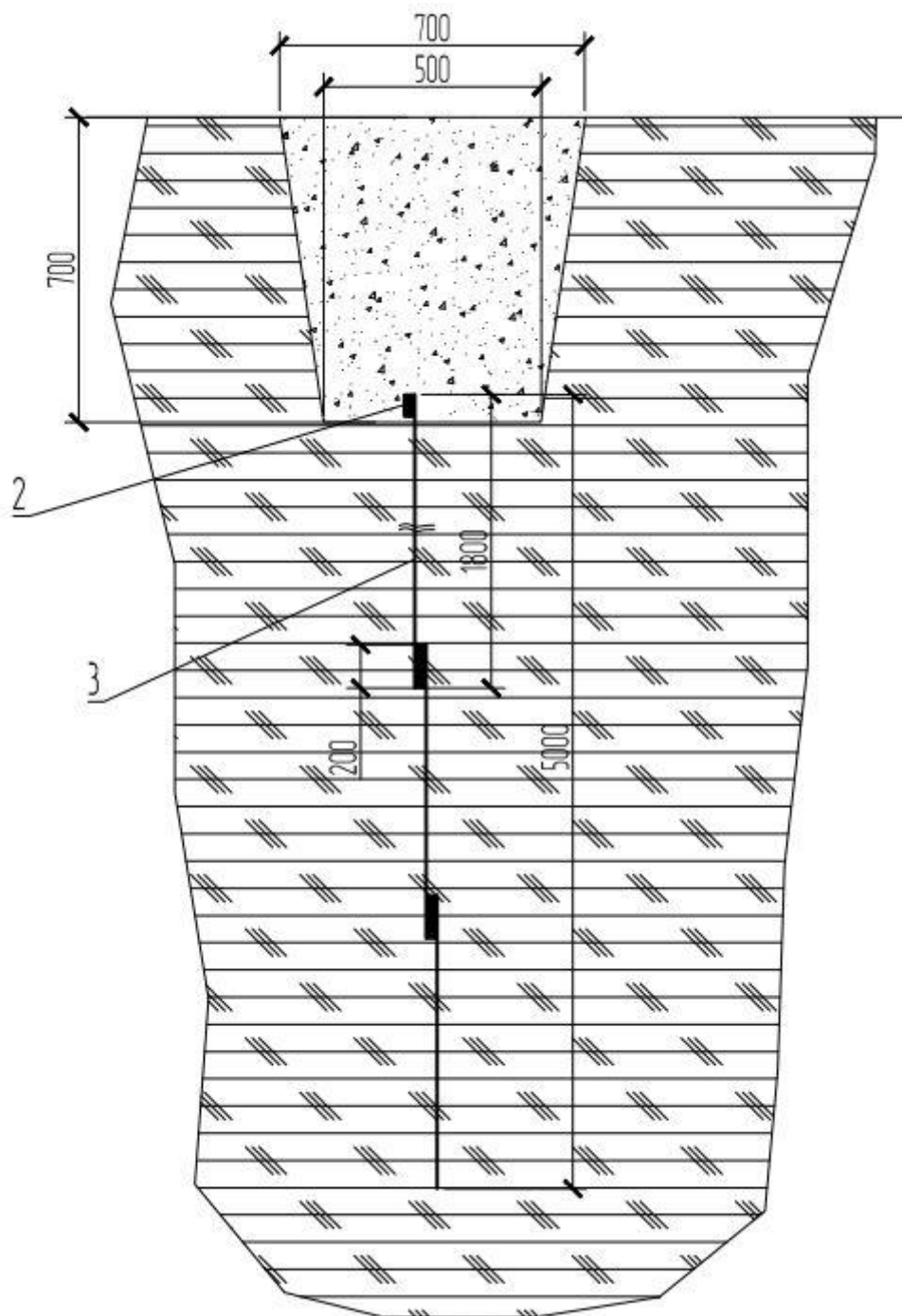


Рисунок 2.7 - Встановлення одного заземлювача.

План прокладання мережі власних потреб

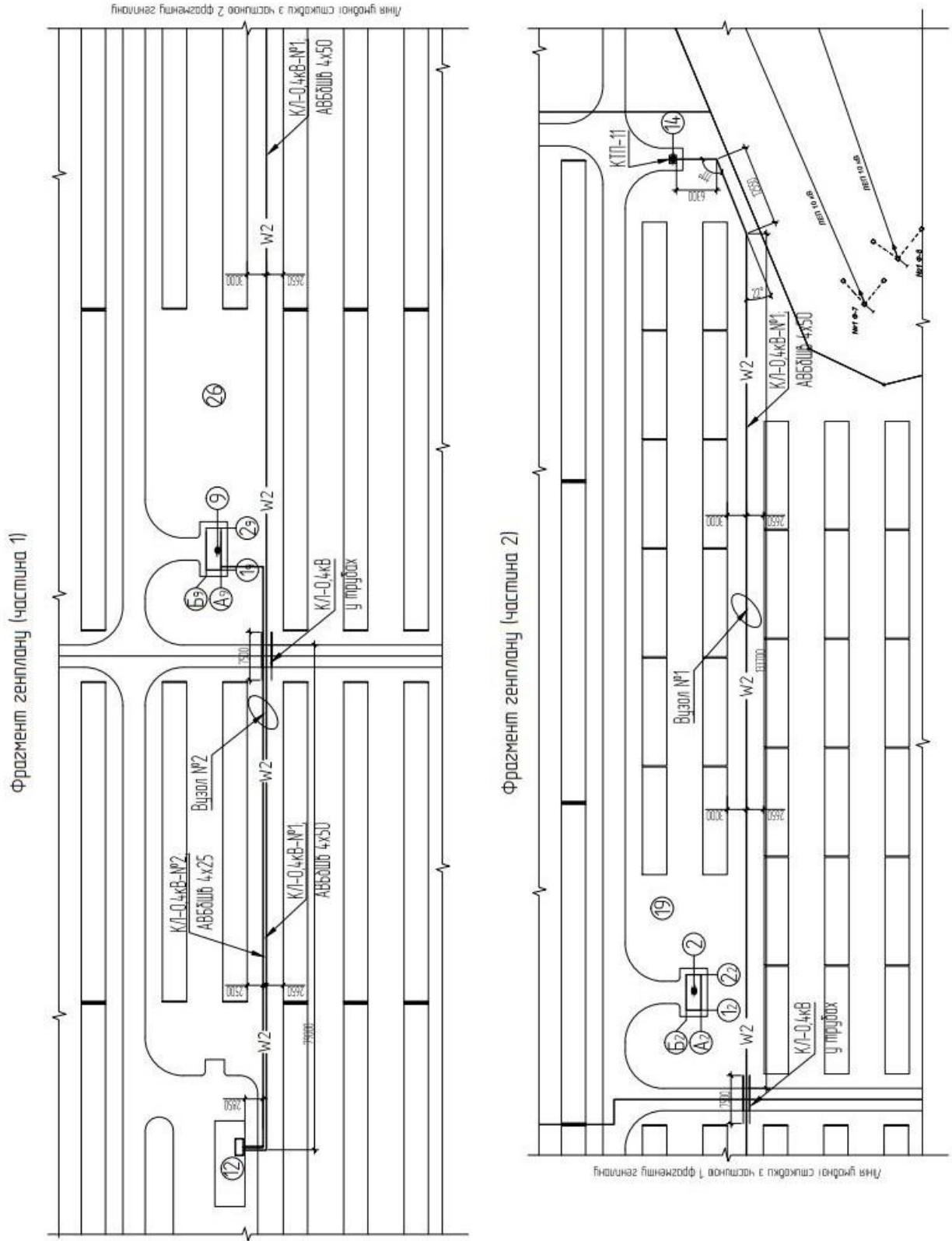


Рисунок 2.8 - План прокладання мережі власних потреб.