

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

### РОЗРОБКА ПРОЕКТУ РП-10кВ СУМІЩЕНОГО З ТП-10/0,4 кВ

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Шифр, назва

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Шифр, назва

Освітня програма «Електропобутова техніка»


Шифр МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу  
група ЕТм-23-1

  
Підпис

Шадрін О.О.  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

К.Т.Н., доц. Шпак О.Л.  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

С.В. Тухицький  
Ініціали, прізвище

Зав. кафедри МАЕЕС

  
Підпис, дата

К.Т.Н., доц. Неймак В.С.  
Ініціали, прізвище

17 12 2024 р.

Хмельницький 2024

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту і архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем  
Освітній рівень магістр  
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»  
Шифр і назва  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Шифр і назва  
Освітня програма «Електропобутова техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри МАЕЕС  
к.т.н., доц. Неймак В.С.  
«12» 12 2024р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Шадрін Олександр Олександрович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка проекту РП-10кВ, суміщеного з ТП-10/0,4кВ

керівник роботи к.т.н., доц. Шпак О.Л.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 26 08 2024 р. № 60

2. Строк подання студентом роботи на кафедру \_\_\_\_\_
3. Вихідні дані до роботи електричні та енергетичні характеристики обладнання: 1. Будівлю РП, суміщену з ТП, прийняти цегляну з з/б перекриттям 2. В РП-10кВ передбачити одинарну, секціоновану систему шин 10кВ, 12 лінійних комірок типу КСО та необхідну кількість службових комірок; 3. Розрахункове навантаження ТП-10/04 кВ прийняти  $S_{розр}=800\text{кВА}$ , в РУ-0,4кВ передбачити 6 лінійних панелей типу ЩО-94;
4. Передбачити захист захист від ОЗЗ ЛЕП-10кВ, під'єднаних до проєктованого РП-10кВ та його телемеханізацію; 5. Ситуаційний план розміщення РП з ТП.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
- Вступ. 1. Огляд та сучасних напрямків будівництва ТП з РП.
2. Розробка проекту РП-10кВ, суміщеного з ТП-10/0,4кВ; 2.1. Структура і компоновка РП з ТП. 2.3. електротехнічні рішення; 2.4. Блискавкозахист і заземлення.
3. Розрахунки, що підтверджують працездатність. 4. Висновки. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)  
Аркуші 1. Генплан розташування РП-10кВ, суміщеного з ТП, (А1).

Аркуш 2. План і розріз РП-10 кВ з ТП-10/0,4кВ (А1). Аркуш 3. Компоновка РП-10кВ з ТП, грозозахист і заземлення (А1). Аркуш 4. Однолінійна схема РП-10кВ з ТП-10/0,4кВ (А1). Аркуш 5. Система захисту ЛЕП-10кВ від ОЗЗ (А1). Аркуш 6. Розміщення системи телемеханіки РП-10кВ з ТП-10/0,4кВ (А1). Аркуш 7. Монтажна схема підключення телемеханіки.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

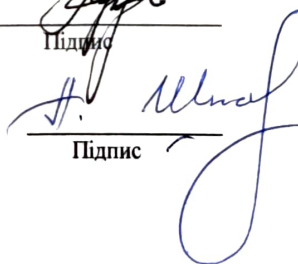
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. <u>Огляд та сучасних напрямків будівництва ТП з РП.</u>	до 30.10.22р.	
2. <u>Розробка проекту РП-10кВ, суміщеного з ТП-10/0,4кВ</u>	до 10.11.22р.	
3. <u>Розрахунки, що підтверджують працездатність</u>	до 20.11.22р.	
4. <u>Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу</u>	до 12.12.22р.	

Студент

  
Підпис

Керівник роботи

  
Підпис

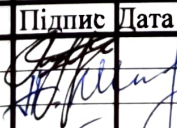


О.О. Шадрін  
Ініціали, прізвище

О.Л. Шпак  
Ініціали, прізвище

# ЗМІСТ

с.

Вступ.....	.....
1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ НАПРЯМКІВ БУДІВНИЦТВА ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ.....	8
Висновки до першого розділу .....	31
2 РОЗРОБКА ПРОЄКТУ РОЗПОДІЛЬЧОГО ПУНКТУ СУМІЩЕНОГО ІЗ ТРАНСФОРМАТОРНОЮ ПІДСТАНЦІЄЮ.....	32
2.1 Призначення і структура розподільчого пункту суміщеного з трансформаторною підстанцією.....	32
2.2 Типи трансформаторних підстанцій та їх класифікація.....	33
2.3 Електротехнічні рішення.....	38
2.4 Блискавкозахист та заземлення.....	56
Висновки до другого розділу .....	60
3 РОЗРАХУНКИ ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ РОЗПОДІЛЬЧОГО ПУНКТУ ТА ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ .....	61
3.1 Розрахунок потужності трансформаторів.....	61
3.2 Релейний захист.....	62
3.3 Телемеханізація.....	80
3.4 Опалення та вентиляція.....	84
3.5 Електричне освітлення.....	87
Висновки до третього розділу .....	89
Висновки.....	90
Перелік джерел посилань.....	92
Додатки.....	.....

<b>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав		Шадрін О.О.		
Перевір.		Шпак О.Л.		
Н.контр.				
Затвер.		Неймак В.С.		
Розробка проекту будівництва РП 10 кВ, суміщеного з ТП 10/0.4 кВ				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		М	4	102
ХНУ гр. ЕТм-23-1				

## ВИКОРИСТОВУВАНІ СКОРОЧЕННЯ ТА ПОЗНАЧКИ

ДСТУ – державні стандарти України;

КРУ - комплектна розподільча установка;

ГКД – галузеві керівні документи;

ГДР – границі допустимих рівнів;

ДБН – державні будівельні норми України;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

КТП – комплектна трансформаторна підстанція;

ТП – трансформаторна підстанція;

ОВНС – оцінка впливу на навколишнє середовище;

ПБЕЕс – правилами безпечної експлуатації електроустановок споживачів;

ПВХ – полівінілхлорид;

ПТЕЕс – правила технічної експлуатації електроустановок споживачів;

ПУЕ – правила улаштування електроустановок;

РП – розподільчий пристрій;

АПТЕ – правила технічної експлуатації;

ПКЕЕ – правила користування електричною енергією;

ТУ – технічні умови;

ОЗЗ – однофазне замикання на землю.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному світі енергетичні мережі є основною інфраструктурою, що забезпечує функціонування всієї економіки та побуту. Зростання енергетичних потреб населення, інтенсивний розвиток промисловості, а також використання новітніх технологій у всіх сферах життя створюють серйозні вимоги до надійності та якості електропостачання. Зокрема, для міст із високою концентрацією населення, важливою є модернізація та реконструкція електричних мереж, що дозволить забезпечити стабільне електропостачання для потреб різних секторів.

Забезпечення стабільного та ефективного розподілу електричної енергії на рівні міст потребує встановлення нових і вдосконалення вже існуючих РП і ТП. Вони є важливими елементами енергетичної інфраструктури, оскільки відповідають за перетворення високої напруги в ту, що необхідна для побутового та промислового споживання. РП 10 кВ і ТП 10/0,4 кВ є основою для забезпечення безперебійного електропостачання та покращення якості енергії.

У світлі зростання попиту на електроенергію у містах України. У 2020-х роках спостерігається тенденція до стрімкого зростання енергетичних потреб у міських агломераціях через активний розвиток інфраструктури, збільшення кількості населення та інтенсивне впровадження нових енергетичних технологій. Це накладає вимоги на інженерів та проектувальників створювати сучасні енергетичні об'єкти, що здатні ефективно функціонувати в умовах змінних навантажень та високих вимог до якості електроенергії.

Сучасні тенденції в енергетичних системах світу включають розвиток «розумних» (smart) мереж, що дозволяють автоматизувати управління енергетичними потоками, покращити ефективність і забезпечити високу надійність. Такі мережі дозволяють швидко реагувати на зміни навантаження та аварійні ситуації, знижувати втрати енергії та забезпечувати інтероперабельність

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

різних джерел енергії. Впровадження таких технологій має велике значення для розвитку інфраструктури в Україні.

Перспективи розвитку РП і ТП, зокрема в Україні, передбачають інтеграцію з більш гнучкими та адаптивними системами розподілу енергії, які здатні працювати з альтернативними джерелами енергії (сонячними та вітровими станціями). Для цього необхідна реконструкція та модернізація існуючих енергетичних об'єктів, зокрема РП і ТП, що дозволить інтегрувати нові технології без шкоди для надійності системи.

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		7

## 1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ НАПРЯМКІВ БУДІВНИЦТВА РП

На відміну від відкритої моделі розподілу (підстанції наземного розташування), підземне рішення дозволяє не тільки розташувати саму підстанцію на безпечній глибині, а й забезпечити можливість розміщення багатоповерхових будинків, зон відпочинку громадян або об'єктів цивільної інфраструктури над енергетичними об'єктами. Підземні захищені рішення можуть розглядатися як частина магістральної електромережі та частково, в якості головних вузлів розподільчої мережі. У всьому світі реалізовано багато різних проектів, де підземні підстанції успішно інтегруються в ландшафт.

В умовах ущільнення територій при забудові міст навіть наявні застарілі трансформаторні підстанції не завжди «вписуються» до дворової інфраструктури.

В ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій» [1] введені нові містобудівні терміни, які мають на меті не тільки підвищити якість забудови, але і зробити населені пункти і квартали безпечнішими та комфортнішими для проживання, загальний рівень озеленення селищних територій усіма видами зелених насаджень повинен складати 35 %; промислових територій 25 %; шкіл і дошкільних навчальних закладів 60 %; лікарень 40 %.

Підземні камери для трансформаторів виготовляються у вигляді об'ємного будівельного блоку з дахом, що знімається, або з розмірами люка, який дозволяє зручно встановлювати і піднімати трансформатор, а камера забезпечує примусову вентиляцією обладнання. Відома німецька фірма Betonbau [2] реалізує підземні бетонні комплектні трансформаторні підстанції (БКТП) серії UW 630–1250 кВА. Вони застосовуються, як розподільні та споживчі підстанції на напругу до 35 кВ і розміщуються в підземному просторі у вигляді окремих контейнерів. В бетонних стінах підстанції передбачені технологічні отвори для закладки кабелю, вони відлиті з алюмінієвих сплавів, забезпечують можливість приєднання до будь-яких стандартних кабелів, що широко використовуються в

					<b>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

енергетиці сьогодні. Підземні підстанції Betonbau представлені такими різновидами: БКТП UW 3048; БКТП UW 3054; БКТП UW 3060. Усередині підземних підстанцій Betonbau [2] можлива установка високовольтних шаф, ізольованих повітрям і газом SF<sub>6</sub>, трансформаторів до 1000 кВА, розподільних щитів низької напруги з струмовим навантаженням до 1600 А, розподільних шаф USM.

В європейських країнах швидко зростає кількість компактних підземних трансформаторних підстанцій. Міжнародна компанія ORMAZABAL, з головним офісом у Франції, спеціалізується на виробництві середньовольтного та низьковольтного розподільного електроустаткування, а також випускає засоби промислової автоматизації. Їхні підстанції легко впізнати за вентиляційними отворами.

На європейському ринку представлений повний асортимент трансформаторних підстанцій: контейнерні трансформаторні підстанції в бетонному корпусі із зовнішнім коридором обслуговування; контейнерні трансформаторні підстанції в бетонному корпусі з внутрішнім коридором обслуговування; малогабаритні трансформаторні підстанції в бетонному корпусі; контейнерні трансформаторні підстанції в металевому корпусі; підземні трансформаторні підстанції. На електротехнічному ринку України швидко зростає зацікавленість до блочних комплектних трансформаторних підстанцій в бетонному корпусі (БКТПБ). Значна частина силових масляних трансформаторів, що експлуатується в електроустановках в Україні та інших пострадянських країнах застаріла, вичерпала свій ресурс, потребує їхньої заміни на сучасні високотехнологічні пожежо- та вибухобезпечні трансформатори. До таких трансформаторів насамперед відносяться саме силові елегазові трансформатори. Використання в силових елегазових трансформаторах як ізоляції і хладагент негорючого елегазу (гексафторида сірки - SF<sub>6</sub>) вирішує головну проблему пожежобезпеки традиційних масляних трансформаторів, виключає необхідність облаштування протипожежного обладнання,

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

маслозбірників і стічних каналів. В деяких країнах Європи і в США виробляються малопотужні масляні трансформатори (зазвичай до 100 кВА) для використання під землею. Підземні камери для трансформаторів виконуються у вигляді об'ємного будівельного блока з дахом, що знімається, або з розмірами люка, що дозволяють зручно встановлювати і піднімати трансформатор; камера забезпечується примусовою вентиляцією.

Економічні переваги підземних електричних підстанцій лише з позиції стабільного електрозабезпечення оцінені на прикладі окремих міст США. Загальна річна вартість втрат через відключення електроенергії, пов'язаних лише з погодними умовами, оцінюється у \$18...33 млрд. На основі підвищення надійності медіа, Scenic America підрахувала, що по всій країні від стабільності електрозабезпечення заощадження складуть \$17,1 млрд. Через перебої в подачі електроенергії виробники продукції недоотримають прибутки.

За даними ООН збитки енергосистеми України від війни без урахування руйнації Каховської ГЕС сягнули понад \$10 млрд. Згідно зі звітом, складеним незадовго до підриву Каховської греблі, 42 із 94 високовольтних трансформаторів на підконтрольних уряду України територіях були пошкоджені або зруйновані внаслідок ракетних ударів та атак безпілотників. Потужність електрогенерації в Україні скоротилася майже на 50 % у порівнянні з рівнем до 2022 року. Ситуація ускладнюється значним скороченням маневрених потужностей, зокрема втратою понад 67 % потужностей теплової генерації, які постійно піддаються обстрілам і руйнуванню. Ще з осені 2022-го росія регулярно почала обстрілювати енергоінфраструктуру України. У грудні з ладу виведено половину енергосистеми країни. Станом на лютий місяць 2022 року українська енергетична галузь була однією з найпотужніших в Європі, але зазнала значних пошкоджень в результаті російської війни. Масовані атаки енергетичної інфраструктури, особливо трансформаторних підстанцій, минулої зими призвели до значних руйнувань об'єктів енергетики.

					<b>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк. 10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		





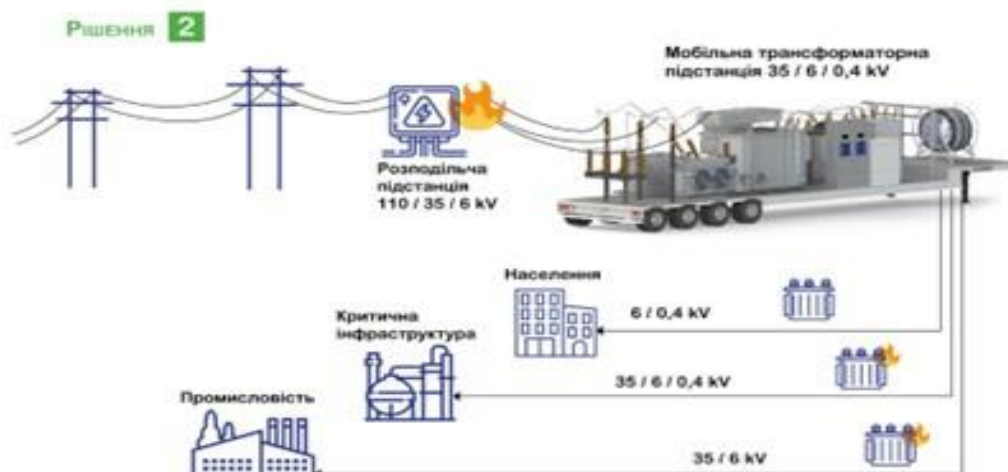


Рисунок 1.3 - Рішення середньої напруги для підстанцій 35 кВ

Третій варіант поєднує генерацію та розподіл електроенергії, оскільки це когенераційний проєкт.

У цьому випадку, маючи природний газ або рідке паливо, можна запустити локальну генерацію та вирішити ситуації, коли основні генеруючі потужності недоступні протягом досить тривалого часу.

Розробка та впровадження сучасних систем, заснованих на ефективних та автоматизованих рішеннях, допоможе набагато плавніше інтегрувати Україну в систему ЄС та надасть власним споживачам усі переваги сучасної енергетичної системи, такі як якість, час безперебійної роботи, конкурентний ринок та впевненість у майбутньому.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

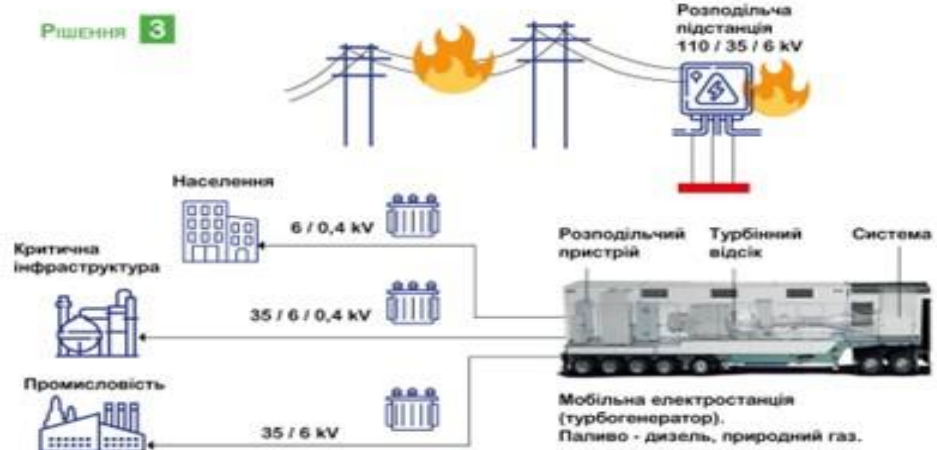


Рисунок 1.4 - Когенераційний проєкт

З появою високовольтних цифрових трансформаторів струму і напруги, мікропроцесорних контролерів, протиаварійної автоматики та інших цифрових пристроїв, все більш актуальною стає потреба переходу від традиційних до цифрових підстанцій. Термін «цифрова підстанція» не має однозначного визначення, загалом - це підстанція, на якій зв'язки між вимірювальними трансформаторами, системами моніторингу, високотехнологічними інтелектуальними електронними пристроями та іншим обладнанням відбуваються за допомогою оптичної мережі зв'язку. Головна відмінність цифрової підстанції від традиційної полягає у тому що, на цифровій підстанції інформація про стан обладнання і вимірювання може бути поширена по всій підстанції в режимі реального часу без потреби в кабельних зв'язках. Весь процес збору, обробки, передачі інформації чітко регламентується міжнародним стандартом МЕК 61850. «Цифрова підстанція» дає можливість оптимально організувати процес збору, синхронізації та відображення даних, що реалізується в даний момент за допомогою систем SCADA. Необхідність переходу на цифрові підстанції обумовлена рядом суттєвих недоліків, котрі присутні на традиційних підстанціях:

- велика кількість кабельних зв'язків;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

- відсутність первинної цифрової обробки сигналів;
- великі витрати на монтаж та експлуатацію обладнання;
- вплив силового обладнання на вторинні кола;
- низькі якість та надійність передачі сигналів;
- явища насичення та ферорезонансу у вимірювальних трансформаторів;
- вибухонебезпечність.

В свою чергу перехід на цифрові підстанції має вирішити ці недоліки і надати ряд переваг у порівнянні з традиційними підстанціями, таких як:

- зменшення фізичних розмірів підстанції завдяки зменшенню кількості та розмірів панелей релейного захисту і управління, інтегруванням декількох вузькофункціональних пристроїв в один;

- декілька волоконно-оптичних каналів зв'язку замість кілометрів складно з'єднаних мідних проводів;

- відсутність проблеми синхронізації первинного та вторинного обладнання завдяки використанню волоконно-оптичних ліній зв'язку;

- спрощення та зменшення вартості конструкцій мікропроцесорних електронних пристроїв;

- підвищення рівня безпеки праці робочого персоналу завдяки зменшенню кількості вторинних ланцюгів;

- пов'язані з первинними процесами дані відцифровуються одразу у точці вимірювання.

Завдяки цифровим технологіям з'являється можливість безперервного контролю критично важливих функцій розподільчих пристроїв, а також трансформаторів, виконуючи моделювання та діагностику в режимі реального часу, що забезпечує можливість управління робочим циклом обладнання. Обсяг інформації, що постійно збільшується на підстанції вимагає нових рішень для перетворення цих даних в інформацію для прийняття рішень і дій, а також для зберігання і захисту даних.

Але найголовніша перевага цифрової підстанції - це підвищення надійності енергосистеми. Відбувається це завдяки новим системам управління активами з функціями моніторингу і діагностики параметрів обладнання підстанції, що в свою чергу знижує перерви в енергопостачанні при аваріях та підвищує ефективність сервісних робіт.

В наш час потреби гнучкості магістральних і розподільчих мереж тільки збільшуються, для цього цифрові підстанції надають необхідну інформацію для підтримки стійкості мережі і для швидкого реагування на події які змінюються та які пов'язані з інтеграцією нестабільних поновлювальних джерел енергії. Але в свою чергу цифрові підстанції мають також ряд проблем, таких як:

- не завжди перехід від традиційних підстанцій до цифрових є економічно доцільним;
- недостатній досвід експлуатації;
- відсутність нормативної документації в процесі організації обслуговування.

Мобільні, цифрові та підземні трансформаторні підстанції є важливими інноваціями, які відповідають на сучасні виклики в енергетиці. Їх впровадження обумовлене необхідністю підвищення надійності електропостачання, гнучкості мереж та ефективного використання простору.

Мобільні підстанції забезпечують швидке реагування в умовах аварій чи екстрених ситуацій, мінімізуючи час відключення та витрати на відновлення мережі. Вони є незамінними для тимчасового забезпечення електроенергією при будівництві нових об'єктів або модернізації існуючих підстанцій.

Цифрові підстанції дозволяють суттєво підвищити рівень автоматизації та точності керування електромережами завдяки використанню сучасних інформаційних технологій. Вони сприяють поліпшенню обслуговування, зменшенню експлуатаційних витрат та підвищенню енергоефективності.

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



вони несуть вищі початкові інвестиційні витрати та мають обмежену пропускну здатність.

Важливим аспектом є досвід інших країн, який можна використати для розвитку українських енергетичних систем. У країнах Європейського Союзу та США широко використовуються автоматизовані трансформаторні підстанції з інтегрованими системами моніторингу та управління, що значно підвищує надійність і ефективність енергетичних мереж. Наприклад, у Німеччині активно розвиваються розподільчі системи, що включають в себе можливість адаптації до змінного навантаження та підключення відновлюваних джерел енергії. Цей досвід можна використати при проектуванні РП і ТП в Україні, де також спостерігається тенденція до розвитку «зелених» технологій і відновлюваних джерел енергії.

Один із прикладів інноваційних рішень — це використання технологій «розумних» мереж для зниження енергетичних втрат і підвищення ефективності. В Іспанії та Великій Британії активно впроваджуються такі технології на рівні розподільчих мереж, що дозволяє не лише покращити надійність енергопостачання, а й знизити витрати на обслуговування.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		18

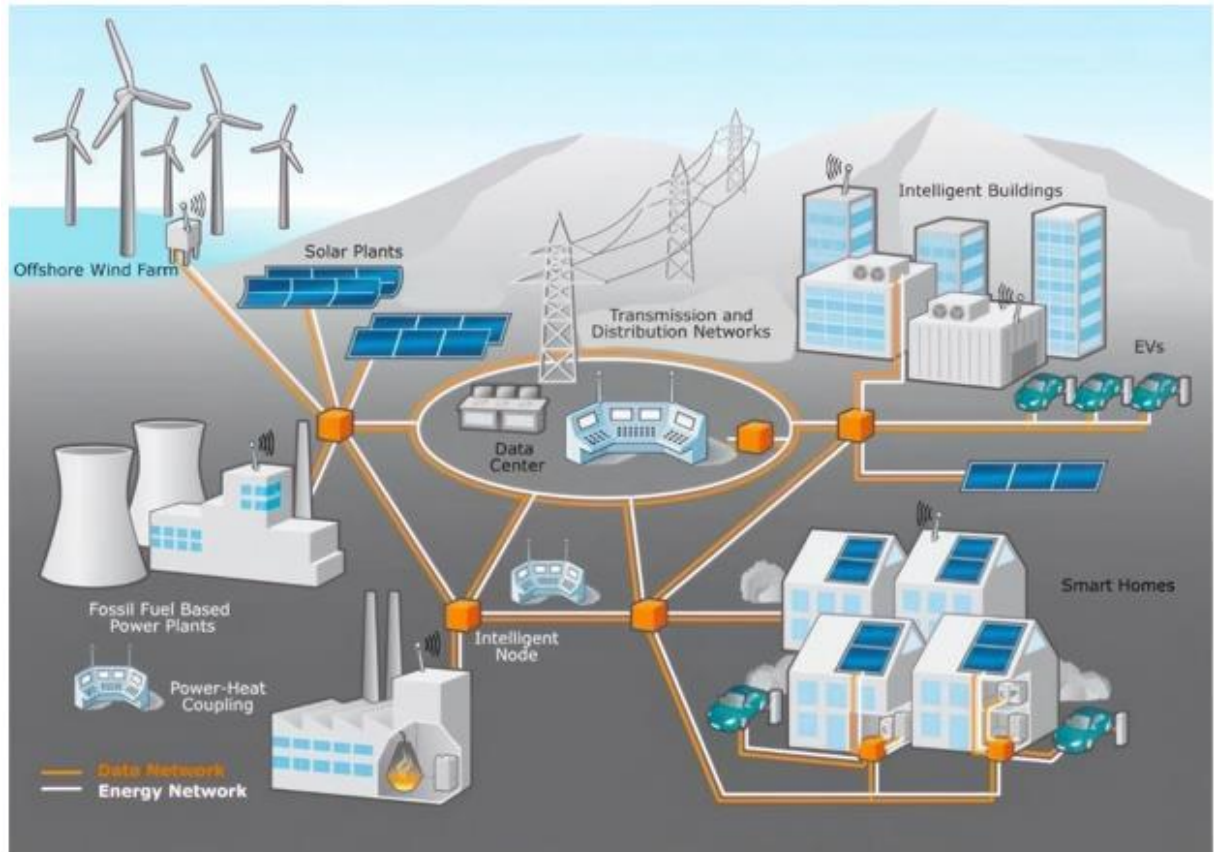


Рисунок 1.6 – Структурна схема концепції Smart Grid

Таким чином, розвиток РП та ТП для України є актуальним завданням, яке потребує врахування найсучасніших тенденцій та технологій у сфері енергетики. Окрім того, це дозволить зберегти високу надійність енергозабезпечення в умовах постійно зростаючого попиту на електричну енергію та вимог до якості послуг.

Одним із аспектів удосконалення є підвищення енергоефективності ПС. Це може бути здійснено шляхом використання вискоефективних трансформаторів з сучасними матеріалами для магнітопроводів, у конструкції яких застосовані аморфні або нанокристалічні сталі, що значно знижує втрати. У провідних енергосистемах (наприклад, у Німеччині та Японії) активно впроваджують трансформатори з магнітопроводом з аморфної сталі, що знижує втрати холостого ходу до 70% порівняно зі звичайними.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

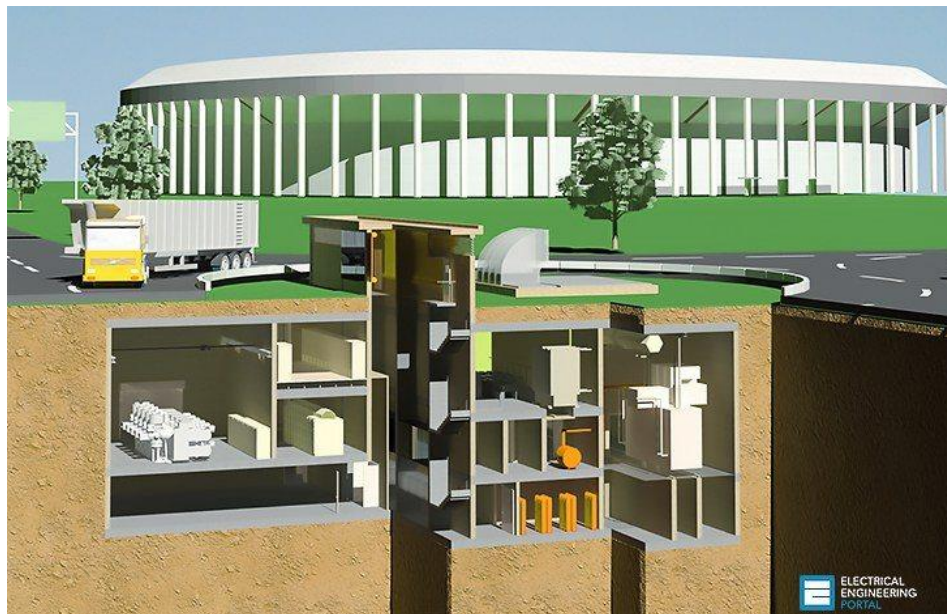


Рисунок 1.7 – Концепція підземної підстанції

#### Економічні переваги

Використання сучасних технологій забезпечує значні економічні вигоди:

1. Зменшення витрат на експлуатацію: Енергоефективні рішення, такі як трансформатори «Екодизайн», скорочують витрати на електроенергію.
2. Зниження витрат на монтаж: Завдяки індустріальному монтажу з високим ступенем заводської готовності зменшуються затрати на встановлення обладнання.
3. Збільшення тривалості служби: Інноваційні матеріали та технології, як-от вакуумні вимикачі, подовжують термін експлуатації обладнання.
4. Оптимізація простору: Компактні розподільчі установки та комплектні підстанції зменшують необхідність у великих приміщеннях для їх встановлення.

#### Перспективи розвитку

Перспективи сучасних технологій у галузі електротехніки та електромеханіки включають:

1. Інтеграція з відновлюваними джерелами енергії: Системи релейного захисту та комутаційні апарати адаптуються до роботи з сонячними та вітровими електростанціями.

2. Розвиток цифрових технологій: Впровадження мікропроцесорних реле та систем моніторингу дозволяє підвищити ефективність управління мережами.

3. Застосування штучного інтелекту: Аналіз даних у реальному часі для попередження аварій та оптимізації роботи мереж.

4. Мініатюризація та модульність: Технології стають компактнішими та гнучкішими для адаптації до різних умов експлуатації.

#### Досвід зарубіжних країн

Багато країн демонструють успішний досвід впровадження сучасних технологій:

1. Німеччина: Активно застосовує трансформатори «Екодизайн» та цифрові релейні захисти для інтеграції з відновлюваними джерелами енергії.

2. США: Використовує вакуумні та елегазові вимикачі в системах критичної інфраструктури.

3. Японія: Впроваджує комбіновані комутаційні апарати для підвищення надійності електромереж у зонах із високим ризиком природних катастроф.

4. Китай: Масштабно застосовує комплектні трансформаторні підстанції у швидкозростаючих міських районах для зменшення втрат енергії.

#### Індустріальний монтаж максимум заводської готовності

Індустріальний монтаж із максимальним рівнем заводської готовності передбачає виробництво та збірку електрообладнання на спеціалізованих підприємствах із високим ступенем стандартизації та автоматизації процесів. Це значно скорочує час на встановлення та налаштування обладнання безпосередньо на об'єкті, а також мінімізує помилки, пов'язані з людським фактором. Основні переваги:

1. Швидкість монтажу: Завдяки заводській підготовці зменшуються витрати часу на інсталяцію.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2. Якість: Використання автоматизованого обладнання забезпечує високу точність і відповідність нормативам.

3. Економічна ефективність: Скорочення витрат на монтажні роботи та зменшення необхідності в додаткових перевірках.

Комплектні розподільчі пристрої (КРП) і розподільчі установки (КРУ) є сучасними рішеннями для ефективного розподілу електроенергії. Вони включають набір модулів, таких як вимикачі, трансформатори струму та напруги, системи релейного захисту, інтегровані в один корпус. Основні характеристики:

1. Компактність: Оптимізоване використання простору.
2. Безпека: Застосування новітніх ізоляційних матеріалів і герметичних оболонок.
3. Універсальність: Можливість адаптації до різних умов експлуатації.
4. Заводська готовність: Поставка в повністю готовому до експлуатації вигляді.

Комплектні трансформаторні підстанції (КТП)

КТП є невід'ємною частиною сучасних електричних мереж. Вони призначені для зниження високої напруги до рівня, необхідного для розподілу кінцевим споживачам. Основні переваги КТП:

1. Мобільність: Простота транспортування і встановлення.
2. Модульність: Широкий вибір конфігурацій, що відповідають різним потребам.
3. Енергоефективність: Використання сучасних трансформаторів із зниженими втратами енергії.

Вимикачі вакуумні 10 кВ та елегазові

Сучасні вакуумні вимикачі 10 кВ і елегазові вимикачі використовуються для забезпечення надійності комутаційних операцій у високовольтних мережах.

- Вакуумні вимикачі:

1. Висока швидкість гасіння дуги в умовах вакууму.

					<b>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		22

2. Довговічність через мінімальний знос контактів.
3. Екологічність, оскільки відсутні шкідливі викиди.

Елегазові вимикачі:

1. Застосування елегазу (SF<sub>6</sub>) як ізоляційного середовища забезпечує високу стійкість до пробоїв.
2. Компактність і висока пропускну здатність струмів.
3. Використання в критично важливих мережах завдяки надійності.

Комбіновані комутаційні апарати

Комбіновані комутаційні апарати об'єднують у собі функції кількох пристроїв, таких як вимикачі, роз'єднувачі та запобіжники. Вони дозволяють зменшити кількість обладнання, спрощуючи конструкцію та знижуючи витрати на технічне обслуговування. Основні характеристики:

1. Інтеграція функцій: Об'єднання кількох комутаційних операцій в одному пристрої.
2. Зниження витрат: Менша потреба в додатковому обладнанні.
3. Висока надійність: Мінімізація ймовірності відмови через зменшення кількості компонентів.

Релейний захист на мікропроцесорних або цифрових реле

Мікропроцесорні та цифрові реле захисту є важливим елементом сучасних систем енергозабезпечення. Вони забезпечують високу точність, гнучкість і надійність у порівнянні з традиційними електромеханічними реле.

1. Швидкодія: Здатність реагувати на аварійні ситуації в лічені мілісекунди.
2. Можливості аналізу: Вбудовані функції діагностики та моніторингу.
3. Програмованість: Гнучкість у налаштуванні параметрів захисту для різних умов.
4. Інтеграція: Підтримка сучасних протоколів передачі даних для роботи в єдиній мережі.

## Трансформатори екодизайн 1 і екодизайн 2

Трансформатори з сертифікацією «Екодизайн» відповідають вимогам Європейського Союзу щодо енергоефективності та екологічності. Основні особливості:

1. Екодизайн 1: Зменшені втрати холостого ходу та навантаження в порівнянні зі стандартними трансформаторами.
2. Екодизайн 2: Ще більш суворі норми щодо енергоефективності, зниження шуму та впливу на довкілля.
3. Економічність: Зниження експлуатаційних витрат завдяки мінімізації втрат енергії.
4. Сталий розвиток: Використання екологічно чистих матеріалів і технологій виробництва.

### Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунок струмів короткого замикання (КЗ) є критично важливим етапом проектування та експлуатації електричних мереж. Цей процес дозволяє визначити характеристики струму, що виникає у разі аварійної ситуації, та забезпечити належний захист обладнання і персоналу.

Струми короткого замикання можуть призводити до значних пошкоджень обладнання, тривалих простоїв та небезпеки для життя людей. Тому їх точний розрахунок дозволяє:

1. Забезпечити надійність мережі: Вибір обладнання, здатного витримувати струми КЗ.
2. Оптимізувати витрати: Уникнення перевитрат на захисні пристрої завдяки правильному підбору параметрів.
3. Гарантувати безпеку: Мінімізація ризиків ураження електричним струмом.

### Економічні переваги

1. Рациональне використання ресурсів: Точний розрахунок зменшує витрати на закупівлю та встановлення надлишково потужного обладнання.

					<b>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2. Зниження витрат на аварійне обслуговування: Попередження серйозних пошкоджень.

3. Підвищення терміну експлуатації: Захист обладнання від перевантажень і механічних пошкоджень.

#### Методологія розрахунку

1. Створення розрахункової схеми.

2. Створення схеми заміщення.

3. Визначення початкових параметрів: Напруга мережі, опори елементів і потужності джерел.

4. Обчислення струмів КЗ: Використання стандартних методів (ІЕС 60909) або програмного забезпечення.

5. Моделювання сценаріїв: Аналіз різних типів КЗ (трифазне, однофазне, двофазне).

#### Перспективи розвитку

1. Автоматизація процесів розрахунку: Використання інтелектуальних систем для прогнозування аварій.

2. Інтеграція з цифровими системами: Аналіз і моніторинг КЗ у режимі реального часу.

3. Впровадження штучного інтелекту: Оптимізація розрахунків на основі великих обсягів даних.

#### Досвід зарубіжних країн

1. Європейський Союз: Використання програмного забезпечення для динамічного моделювання мереж.

2. США: Автоматизовані системи моніторингу КЗ на основі IoT.

3. Китай: Масштабне впровадження систем прогнозування та захисту на основі штучного інтелекту.

#### Захищені підстанції та інтеграція сучасних технологічних трендів

Захищені підстанції та трансформатори стали невід'ємною частиною сучасної енергетичної інфраструктури через необхідність адаптації до нових

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

викликів. Ці об'єкти забезпечують стійкість і надійність енергопостачання навіть за умов стихійних лих, терористичних атак чи військових дій. У цьому контексті важливим є не лише фізичний захист обладнання, а й впровадження новітніх технологічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності, безпеки та автоматизації процесів.

#### Розвиток захищених підстанцій

##### 1. Архітектурні рішення для захищених підстанцій

###### Підземні підстанції

У світових мегаполісах і зонах підвищеного ризику все частіше будуються підземні підстанції.

Їх розташування дозволяє мінімізувати фізичну видимість та захистити від зовнішніх впливів, таких як вибухи, обстріли чи погодні явища.

Сучасні підземні підстанції обладнані системами активної вентиляції, автоматичного пожежогасіння, а також ефективного відведення тепла, що забезпечує тривалу та безперебійну експлуатацію.

Такі підстанції оптимальні для густонаселених районів, де простір є обмеженим, а вимоги до естетики та безпеки — надзвичайно високі.

Приклад: у Сінгапурі реалізовано декілька проектів підземних підстанцій, які поєднують естетичний вигляд із захистом від стихійних лих.

Укріплені надземні підстанції Для захисту від техногенних і природних загроз уразливі елементи підстанцій проектуються із залізобетонними стінами, захисними екранами та броньованими дверима.

Такі конструкції стійкі до вибухових хвиль, обстрілів і навіть падіння уламків від літальних об'єктів.

Зовнішні елементи захищаються антивандальними матеріалами, а критичні вузли розташовуються в укріплених камерах.

Сучасні системи моніторингу, які включають камери, датчики руху та біометричні пристрої, забезпечують повний контроль доступу та оперативне реагування на загрози.

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## 2. Технології забезпечення безпеки

### Пожежна безпека

У сучасних підстанціях використовуються автоматичні системи пожежогасіння з газовими складами (інертні гази, CO<sub>2</sub>), які ефективно гасять пожежі без пошкодження обладнання.

Застосовуються системи тепловізійного моніторингу для виявлення перегріву до початку займання.

Використання вогнетривких кабелів та матеріалів мінімізує поширення вогню.

### Захист від електромагнітних імпульсів (ЕМР)

Загрози від електромагнітних хвиль, спричинених природними або штучними факторами, вимагають спеціального захисту:

Електромагнітне екранування внутрішніх приміщень.

Використання фільтрів та компенсаторів для запобігання впливу імпульсів на електроніку.

### Резервування критичних вузлів

Для забезпечення безперервної роботи встановлюються резервні джерела живлення (дизель-генератори, акумулятори) та дубльовані системи управління.

У випадку пошкодження основних ліній живлення система автоматично переключається на резервний режим.

## 3. Інтеграція засобів кіберзахисту

Сучасні підстанції стають дедалі більше залежними від цифрових технологій, тому захист від кібератак є пріоритетним.

Використання багаторівневого шифрування даних для забезпечення конфіденційності інформації.

Моніторинг трафіку систем управління для виявлення підозрілих дій у режимі реального часу.

Дотримання стандартів безпеки, таких як ІЕС 62351, для захисту протоколів передачі даних.

					<b>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## Інтеграція сучасних технологій у підстанції

### 1. Цифрові підстанції

Перехід до цифрових підстанцій включає використання сучасних електронних пристроїв і технологій для покращення ефективності.

Інтелектуальні пристрої (IED) виконують функції вимірювання, захисту та управління в автоматичному режимі.

Оптоволоконні системи зв'язку забезпечують високу швидкість передачі даних та захист від перешкод.

У цифрових підстанціях аналогові сигнали замінені цифровими, що значно підвищує точність обробки даних.

### 2. Смарт-трансформатори

Смарт-трансформатори дозволяють в режимі реального часу оцінювати стан обладнання та адаптуватися до змін у навантаженні.

Вбудовані сенсори контролюють температуру, напругу, струм і частоту, а дані аналізуються в хмарному середовищі.

Завдяки прогнозуванню несправностей за допомогою AI можна уникнути аварій.

Автоматичне регулювання коефіцієнта трансформації дозволяє зберігати стабільність напруги навіть при нестабільних умовах.

### 3. Цифрові двійники (Digital Twins)

Цифровий двійник — це віртуальна копія підстанції, яка дозволяє проводити симуляції та випробування.

Виявлення слабких місць у конструкції або експлуатації без впливу на реальне обладнання.

Підвищення ефективності планування технічного обслуговування.

### 4. Інтернет речей (IoT)

IoT технології інтегрують усі елементи підстанції в єдину мережу, забезпечуючи:

Моніторинг обладнання в реальному часі.

					<b>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		28

Взаємодію пристроїв через хмарні платформи для зберігання та аналізу даних.

#### 5. Мікромережі та децентралізація

Децентралізовані енергетичні системи стають все більш популярними, особливо у віддалених регіонах.

Розподільчі підстанції виступають вузловими точками для інтеграції поновлюваних джерел енергії (сонячних, вітрових).

Системи зберігання енергії забезпечують стабільність постачання навіть за умов нестабільного виробництва.

#### 6. Використання штучного інтелекту (AI)

AI стає незамінним інструментом для аналізу великих обсягів даних:

- Оптимізація розподілу навантаження.
- Виявлення прихованих аномалій у роботі систем.
- Побудова прогнозів для планування розширення мережі.

Сучасні напрямки будівництва РП відображають значні зміни у підходах до проєктування, впровадження технологій та експлуатації. В результаті детального аналізу можна зробити такі ключові висновки:

Інтеграція цифрових технологій.

Цифрові підстанції стають основою нової енергетичної інфраструктури. Завдяки впровадженню стандарту IEC 61850, використанню оптоволоконних технологій та автоматизованих систем управління, такі об'єкти забезпечують високу точність передачі даних, підвищену оперативність і гнучкість в управлінні енергосистемою. Цифрові рішення не тільки покращують ефективність, а й сприяють мінімізації витрат на обслуговування та модернізацію.

Розвиток компактних та мобільних підстанцій.

Використання елегазового обладнання (GIS) дозволяє зменшити площу підстанцій, що є критично важливим у міських умовах. Мобільні підстанції, у свою чергу, забезпечують можливість швидкого розгортання у випадках аварій,

					<b>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

підвищуючи стійкість енергосистеми до надзвичайних ситуацій. Це робить такі підстанції універсальним рішенням для обслуговування віддалених або тимчасових об'єктів.

#### Екологічна орієнтація.

Перехід на екологічно чисті гази та інтеграція відновлюваних джерел енергії у підстанції є важливими кроками у напрямку зменшення вуглецевого сліду енергетики. Використання таких рішень дозволяє відповідати сучасним екологічним стандартам, забезпечуючи одночасно високу надійність і ефективність об'єктів.

#### Будівництво підземних та гібридних підстанцій.

У щільно забудованих районах підземні підстанції дозволяють зберігати міський ландшафт і забезпечують захист обладнання від зовнішніх впливів. Гібридні конструкції дають змогу комбінувати переваги класичних та підземних рішень, оптимізуючи використання ресурсів і площі.

#### Автоматизація та розумні системи управління.

Використання IT-рішень, технологій штучного інтелекту та SCADA-систем дозволяє не лише дистанційно керувати підстанціями, але й проводити діагностику обладнання у реальному часі. Це сприяє зменшенню ризиків аварій, підвищенню ефективності експлуатації та зниженню витрат на ремонт і обслуговування.

#### Комплексний підхід до проектування та будівництва.

Сучасні підходи базуються на інтеграції новітніх технічних рішень, що враховують потреби міського планування, екологічні вимоги та інтереси енергетичних компаній. Проектування підстанцій з орієнтацією на їх майбутню модернізацію та адаптацію до змін енергетичної інфраструктури є основою для забезпечення довговічності та економічної доцільності об'єктів.

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## Висновки до першого розділу

У підсумку можна стверджувати, що сучасні трансформаторні підстанції напругою 35-220 кВ є результатом багаторічного розвитку технологій, екологічної усвідомленості та потреб у гнучкості та надійності енергетичних систем. Впровадження інноваційних підходів забезпечує створення енергетичної інфраструктури, яка відповідає викликам сьогодення і готова до адаптації в умовах енергетичного переходу до відновлюваних джерел. Це робить такі об'єкти невід'ємною частиною майбутніх «розумних» мереж, здатних відповідати вимогам сталого розвитку.

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## 2 РОЗРОБКА ПРОЄКТУ РОЗПОДІЛЬЧОГО ПУНКТУ СУМІЩЕНОГО ІЗ ТРАНСФОРМАТОРНОЮ ПІДСТАНЦІЄЮ

### 2.1 Призначення і структура розподільчого пункту суміщеного з трансформаторною підстанцією

РП 10 кВ і ТП 10/0,4 кВ є основними елементами електричних мереж середнього напруги, які забезпечують трансформацію і розподіл електричної енергії для споживачів різних категорій. РП 10 кВ відповідає за прийом електричної енергії від високовольтних ліній, її розподіл на менші потоки і подальшу передачу до трансформаторної підстанції.

ТП 10/0,4 кВ здійснює перетворення напруги з рівня 10 кВ на низький рівень 0,4 кВ, що необхідний для електропостачання споживачів, таких як житлові будинки, підприємства, комунальні об'єкти. Обидва ці елементи є важливими для забезпечення надійного функціонування електричних мереж, оскільки вони дозволяють зменшити втрати енергії, підвищити ефективність розподілу і забезпечити стабільну роботу енергетичних систем.

Структура РП і ТП включає кілька ключових елементів:

Вхідні лінії 10 кВ — лінії, по яких електрична енергія надходить до розподільчого пункту.

Розподільчі пристрої — апарати для управління, контролю і захисту електричної мережі (автоматичні вимикачі, роз'єднувачі, заземлювальні пристрої).

Трансформатори — для зниження напруги з 10 кВ до 0,4 кВ в ТП.

Кабельні лінії — для подачі енергії до споживачів після трансформації напруги.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Типи трансформаторних підстанцій та їх класифікація

ТП можуть бути класифіковані за різними ознаками: типом трансформаторів, кількістю ліній, способом охолодження, конструкцією та іншими параметрами. Визначення типу ТП залежить від потреби в потужності, характеру споживання та економічної доцільності.

Основні типи ТП:

ТП з ізольованим нейтраллю — трансформаторні підстанції, де нейтраль трансформатора не з'єднана з землею, що підвищує безпеку і надійність роботи при низьких навантаженнях.

ТП з заземленим нейтраллю — трансформаторні підстанції з нейтраллю, заземленою для зменшення електричних ударів при коротких замиканнях або інших аварійних ситуаціях.

ТП відкритого і закритого типу — у залежності від умов експлуатації, підстанції можуть бути відкритого типу, коли обладнання розміщується на відкритій площі, або закритого типу, коли трансформатори і апарати розміщуються в спеціальних приміщеннях.

Класифікація за потужністю:

Низька потужність — до 1600 кВА, застосовується для невеликих об'єктів, наприклад, житлових будинків.

Середня потужність — від 1600 до 10000 кВА, використовується для середніх промислових і комунальних об'єктів.

Висока потужність — понад 10000 кВА, для великих промислових підприємств, комунальних мереж.

При проектуванні РП та ТП важливо дотримуватися низки технічних та нормативних вимог, щоб забезпечити безпечну, надійну та ефективну експлуатацію об'єктів. До основних вимог належать:

Надійність роботи — система повинна забезпечувати безперебійне електропостачання при будь-яких умовах.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		33

Безпека експлуатації — використання захисних пристроїв для попередження аварійних ситуацій (автоматичні вимикачі, роз'єднувачі, заземлення).

Економічність — проектування має включати оптимальні витрати на будівництво та експлуатацію, зокрема для вибору обладнання.

Врахування навантажень — необхідно правильно розрахувати максимально можливі навантаження, які система може витримати без перевантаження та аварій.

Сучасні технології — використання інтелектуальних технологій для моніторингу та управління енергетичними потоками, а також інтеграція відновлювальних джерел енергії (сонячних, вітрових).

Розподільчі пристрої — включають автоматичні вимикачі, роз'єднувачі, апарати захисту від коротких замикань та перенапруг.

Трансформатори — пристрої, що змінюють рівень напруги для подальшого використання. Важливими характеристиками є потужність, ефективність і коефіцієнт трансформації.

Кабельні лінії — електричні кабелі, які забезпечують подачу енергії до кінцевих споживачів. Вибір кабелів залежить від потужності, умов експлуатації та вимог безпеки.

Апарати захисту — включають автоматичні вимикачі, запобіжники, пристрої для регулювання та контролю параметрів роботи.

При виборі обладнання для РП і ТП необхідно враховувати кілька факторів:

Номінальна потужність трансформаторів вона повинна відповідати розрахунковим навантаженням.

Експлуатаційні характеристики — необхідно вибирати обладнання, яке має високу ефективність, знижує втрати енергії і має тривалий термін служби.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Вибір захисного обладнання — автоматичні вимикачі і реле, які повинні оперативно реагувати на зміни в параметрах роботи, що дозволяє уникнути аварій.

#### Загальні положення

Даним проектом передбачається будівництво РП 10 кВ, суміщеного з ТП 10/0,4 кВ.

#### Вихідні дані для проектування

Вихідними даними для проектування являються:

- завдання на виконання магістерської дипломної роботи.

#### Характеристика об'єкта проектування

Об'єктом проектування РП 10 кВ, суміщене з ТП 10/0,4 кВ.

Згідно з завданням на проектування проектом передбачено:

- планування території;
- будівництво РП, суміщеного з ТП 10/0,4 кВ. Напряга мережі – 10 кВ.

Відповідно до ДБН - об'єкт відноситься до класу наслідків СС2.

Згідно «Інструкції про порядок складання акту екологічної, аварійної і технологічної броні електропостачання споживачів», зареєстрованої в Міністерстві юстиції України за №154/8753 від 04.02.2002 р., електроприймачі, які відносяться до екологічної, аварійної або технологічної броні відсутні.

Охорона праці і техніка безпеки при будівництві і експлуатації проєктованого об'єкту забезпечується ухваленням усіх проєктних рішень у точній відповідності з ПУЕ [8], вимоги яких враховують умови безпеки праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, пожеж, вибухів і захист людей від ураження електричним струмом.

Для забезпечення охорони праці (ОП) і техніки безпеки проектом передбачено:

- використання сучасного, технічно досконалого устаткування;
- розміщення устаткування, що забезпечує його вільне обслуговування;
- виконання заземлюючих облаштувань елементів електроустановок з

					<b>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

нормованою величиною опору і конструкцією;

- заземлення, занулення електроустановок напругою 220/380 В змінного струму згідно ПУЕ [8];

- використання при виконанні будівельно-монтажних робіт механізмів, в конструкції

Безпека експлуатації об'єкту забезпечується на всіх етапах, а саме:

- вишукування і проектування (охоронна зона лінії – 2м, лінію віднесено до класу наслідків – СС2);

- виготовлення, транспортування та зберігання будівельних виробів;

- освоєння будівельного майданчика та зведення об'єкта, приймання об'єкта в експлуатацію;

- використання об'єкта за призначенням протягом встановленого терміну експлуатації, оцінка технічного стану, ремонт;

- ліквідація об'єкта.

Прийняті конструктивні рішення по спорудах відповідають вимогам та забезпечують:

- безпеку для здоров'я і життя людей, майна та довкілля;

- збереження цілісності об'єкта та його основних частин і виконання інших вимог, які гарантують можливість використання об'єкта за призначенням і нормального функціонування технологічного процесу, включаючи вимоги до жорсткості будівельних конструкцій і основ.

- забезпечують можливість розвитку об'єкта та його пристосування до технічних, економічних умов, що змінюються;

- створення необхідного рівня зручностей для експлуатаційного персоналу, а також доступність для оглядів і ремонтів, можливість заміни і модернізації окремих елементів;

- мінімальний ступінь ризику шляхом виконання вимог до вогнестійкості, безвідмовності роботи захисних пристроїв, живучості будівельних конструкцій.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

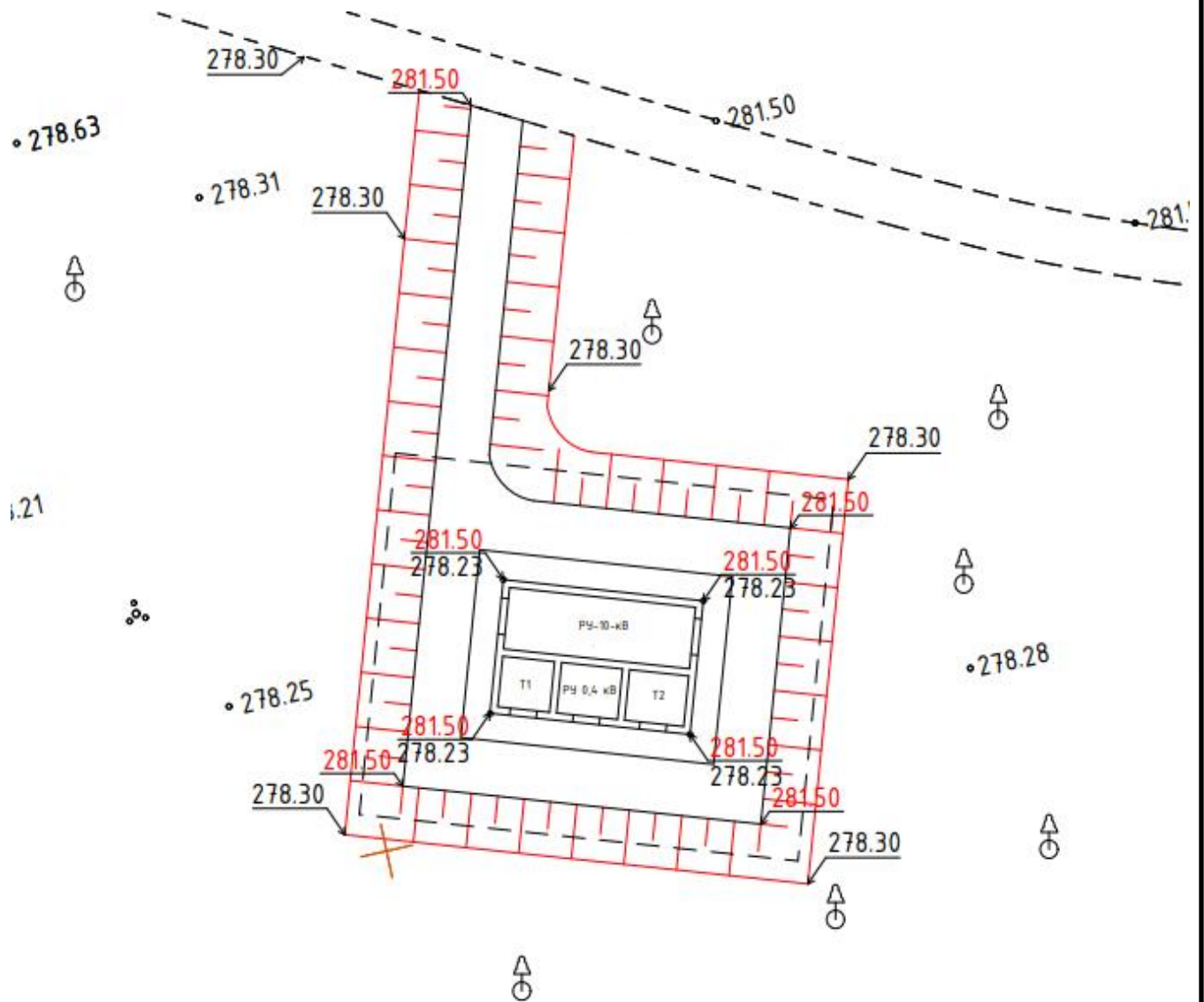


Рисунок 2.1 – Генеральний план (план організації рельєфу)

Будівельні конструкції й основи відповідають наступним вимогам:

- сприймають без руйнувань і недопустимих деформацій впливи, що виникають під час їх зведення і протягом встановленого терміну експлуатації
- мають достатню роботу здатність в умовах нормальної експлуатації протягом усього встановленого терміну експлуатації, а саме: їх експлуатаційні параметри із заданою імовірністю не виходять за встановлені нормативною документацією межі, а їх довговічність навіть після погіршення властивостей матеріалів і конструкцій внаслідок корозії, стирання та інших форм фізичного зношування не призведе до недопустимо високої ймовірності відмови;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

37

- мають достатню живучість по відношенню до локальних руйнувань і передбачених нормами аварійних впливів (пожеж, вибухів ,наїздів транспортних засобів тощо).

Проектований об'єкт не відноситься до об'єктів, для яких потрібно розробляти інженерно-технічні засоби цивільного захисту.

### 2.3 Електротехнічні рішення

#### Нелінійна частина

В РП 10 кВ, суміщеного з ТП 10/0,4 кВ проектом передбачено встановлення 20 комірок КСО-306 в РП-10 кВ та 8 панелей ЩО-94 в РП-0,4 кВ. Проектовані комірочки КСО-306 передбачено з'єднувати з трансформатором алюмінієвими шинами перерізом 50x5мм, панелі ЩО-94 - перерізом 8x80 мм.

Для забезпечення охолодження трансформаторів проектом передбачені вентиляційні отвори з решітками та мембрани в камерах трансформаторів. Проектом передбачено встановлення конвекторів в РП-10 кВ для забезпечення нормальних умов для вакуумних вимикачів.

Для живлення пристроїв телемеханізації, релейного захисту охоронної сигналізації та освітлення передбачено встановлення шафи власних потреб в РП-10 кВ. Над шафою власних потреб встановлюється шафа АВР, що живиться від двох секцій збірних шин РП-0,4 кВ.

В РП-10 кВ передбачається монтаж шафи з пристроєм захисту від замикань на землю «Альтра», шафи телемеханіки на базі АСДУ «Стріла», повний перелік сигналів телемеханіки дивись розділ ТМ.

Захист обладнання, а також будівель і споруд від прямих ударів блискавки передбачається монтаж системи блискавкозахисту. Заземлюючий пристрій підстанції враховує дотримання вимог по допустимому опорі розтікання.

#### Загальні вказівки

Згідно з завданням на проектування, проектом передбачено: - підключення

					<b>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

кабелем ААБл -10-(3x150) до ком. №1, №20 проектованої РП-10кВ; - монтаж трансформатора силового типу ТМГ-630/10/0,4. На напругу 10 кВ прийнята одинарна секційована система збірних шин. РП 10 кВ комплектується камерами КСО306 з вакуумними вимикачами. Камери секційних роз'єднувачів обладнуються заземлювачами збірних шин. Камери КСО306 розроблені на струм термічної стійкості 20 кА. Струм електродинамічної стійкості збірних шин і головних ланцюгів комірок - 51 кА. На напругу 0,4 кВ прийнята одинарна секціонована система збірних шин з роз'єднувачем та запобіжником в комірках типу ЩО-94. Живлення секцій шин здійснюється від силових трансформаторів, що підключаються до комірки 0,4 кВ через роз'єднувач і автоматичний вимикач. Секції збірних шин з'єднуються через автоматичний вимикач і роз'єднувачі з обох сторін. Комірки 0,4 кВ комплектуються з панелями виробництва ПрАТ «Укрелектроапарат». Параметри комірок 0,4 кВ визначаються при прив'язці проекту.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		39

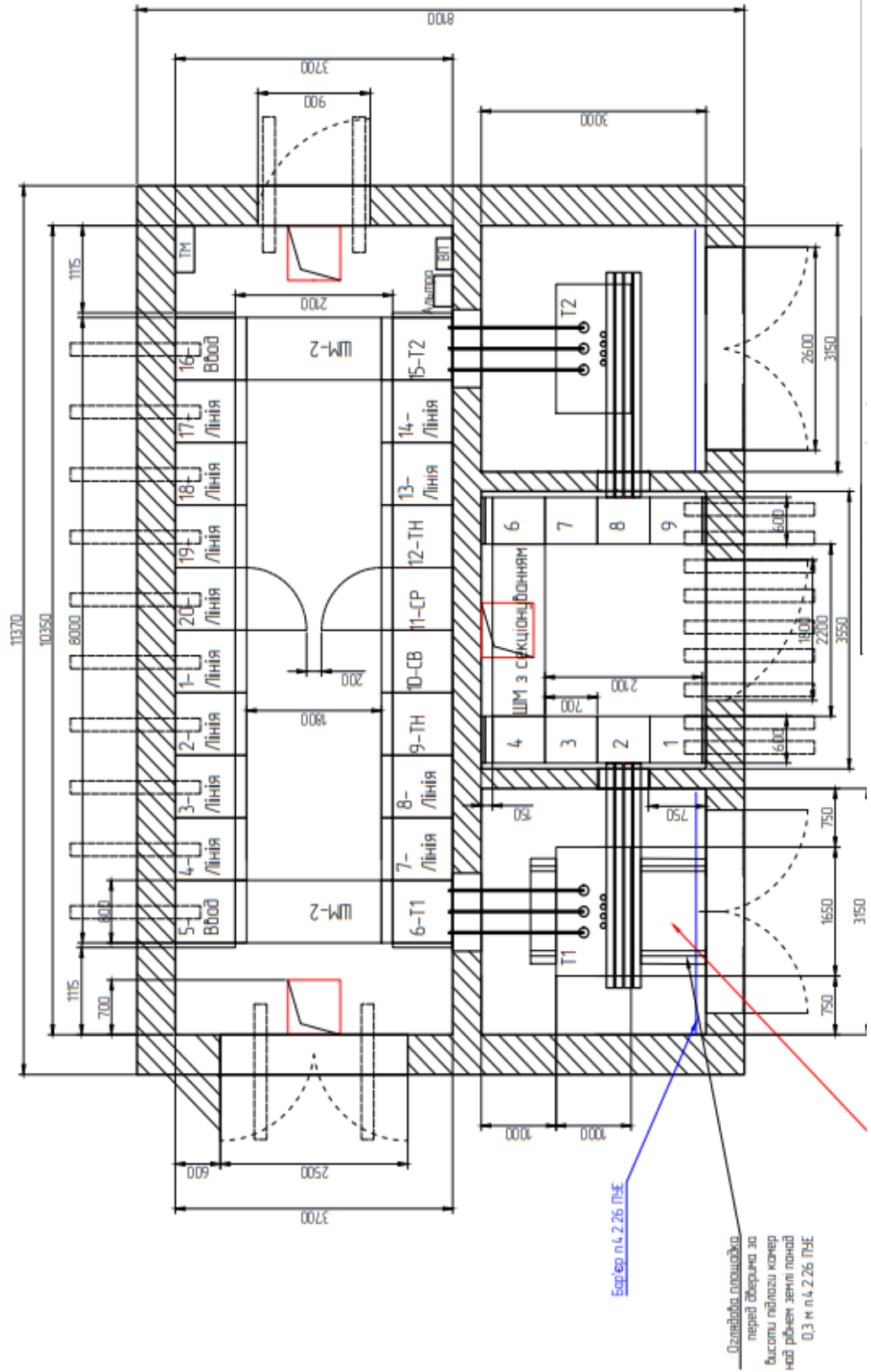


Рисунок 2.2 – План РП

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
40

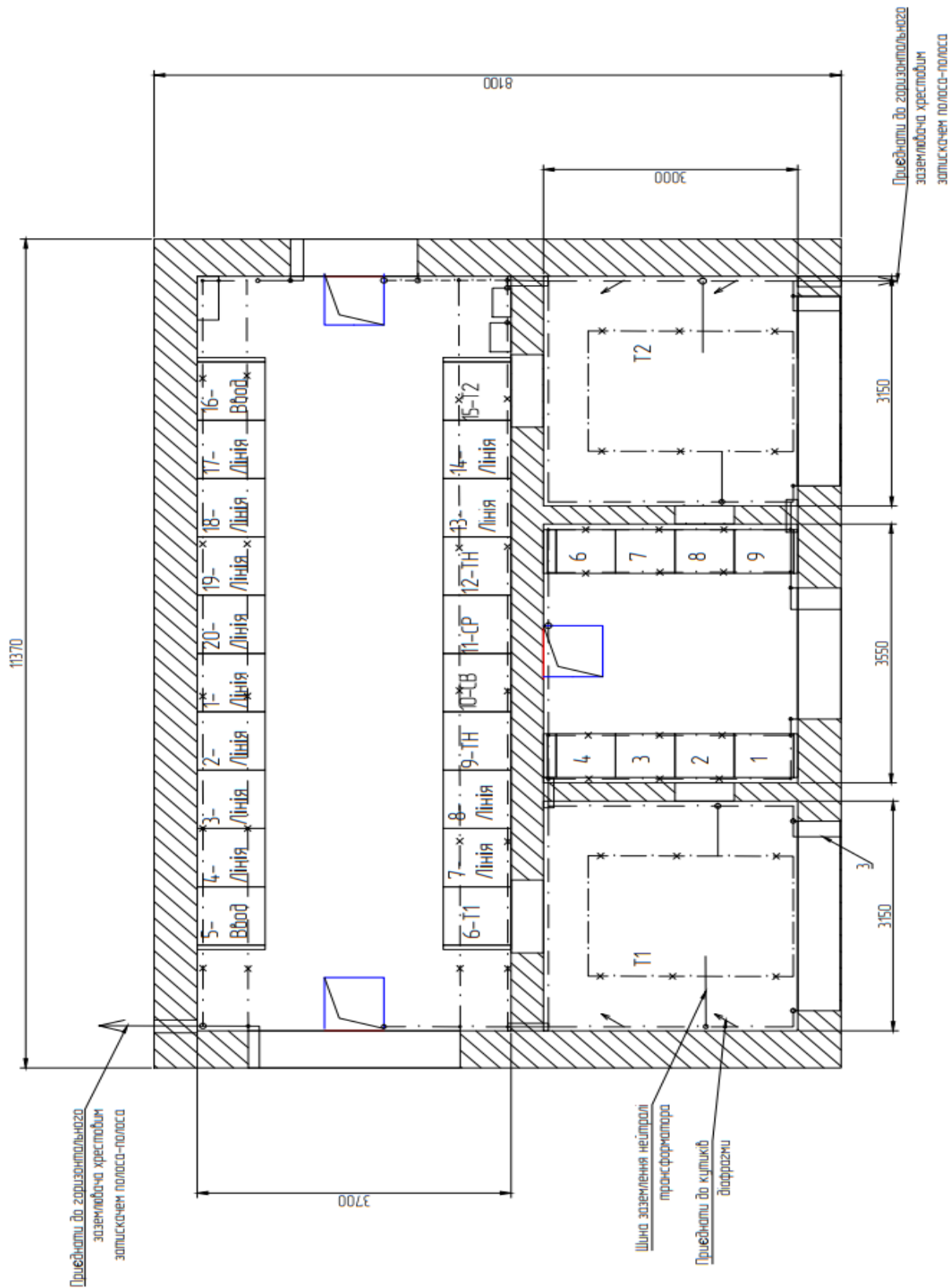


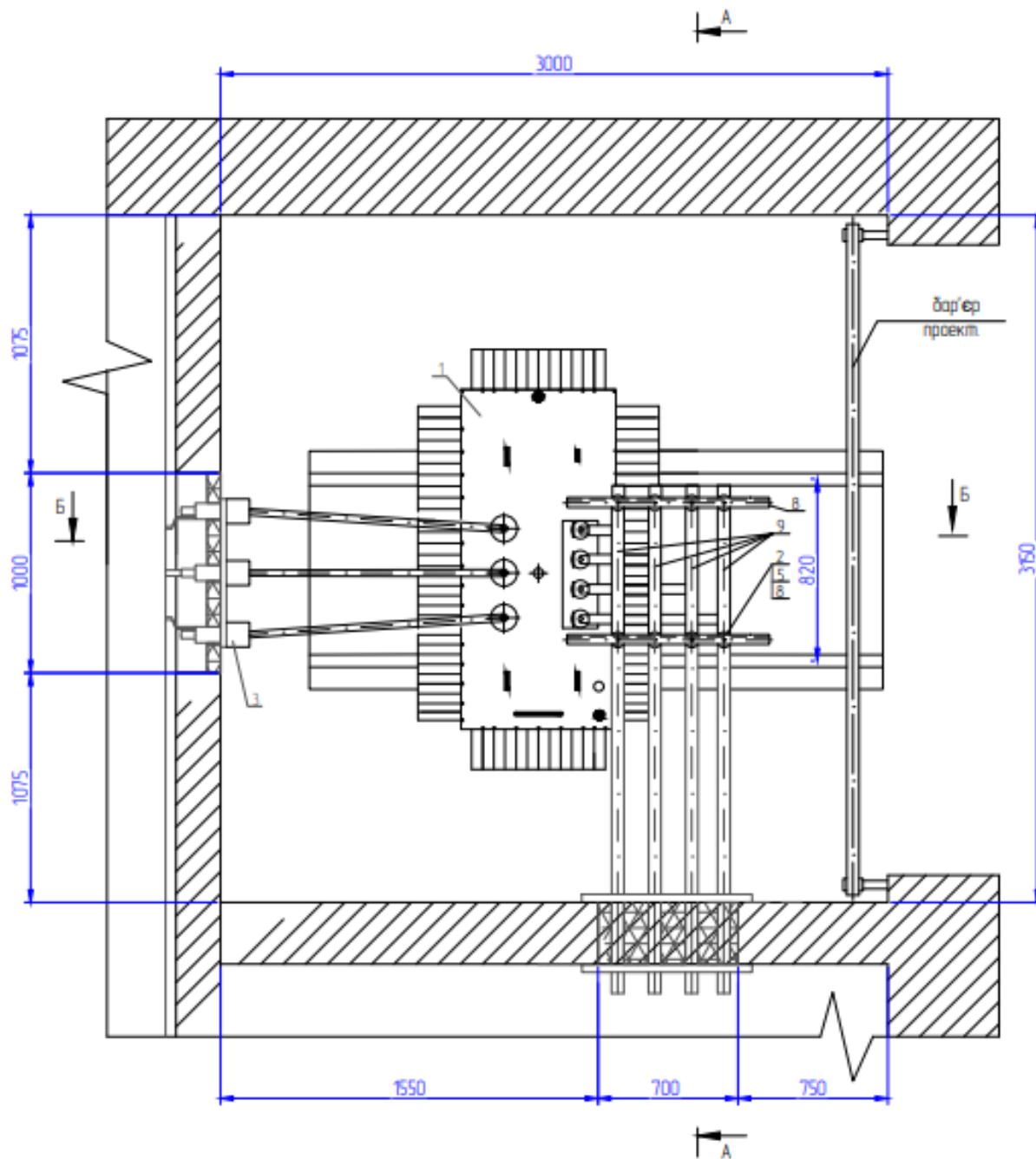
Рисунок 2.3 – Контур заземлення РП

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

План камери трансформатора (вид зверху)

(М.: 1:20)



1. Корпус трансформатора поз 1 заземлити за допомогою гнучкої перемички.
2. Виконати заземлення опорних конструкцій поз 6, 7 і корпусів апаратів виконати за місцем круглої сталю В6.

Рисунок 2.4 – Відсік трансформатора Т2

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
42

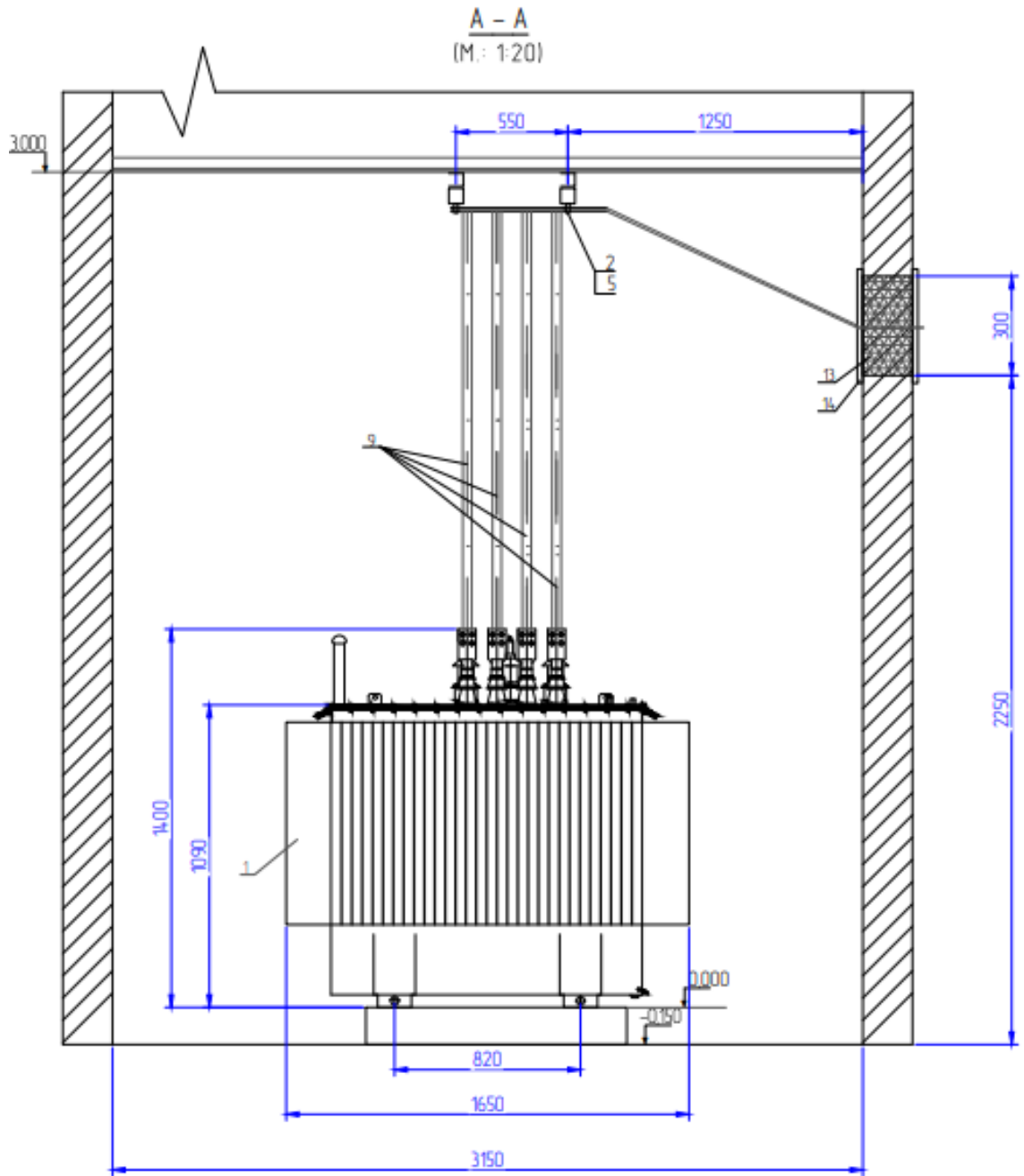


Рисунок 2.5 – План камери трансформатора (розріз А-А)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
43

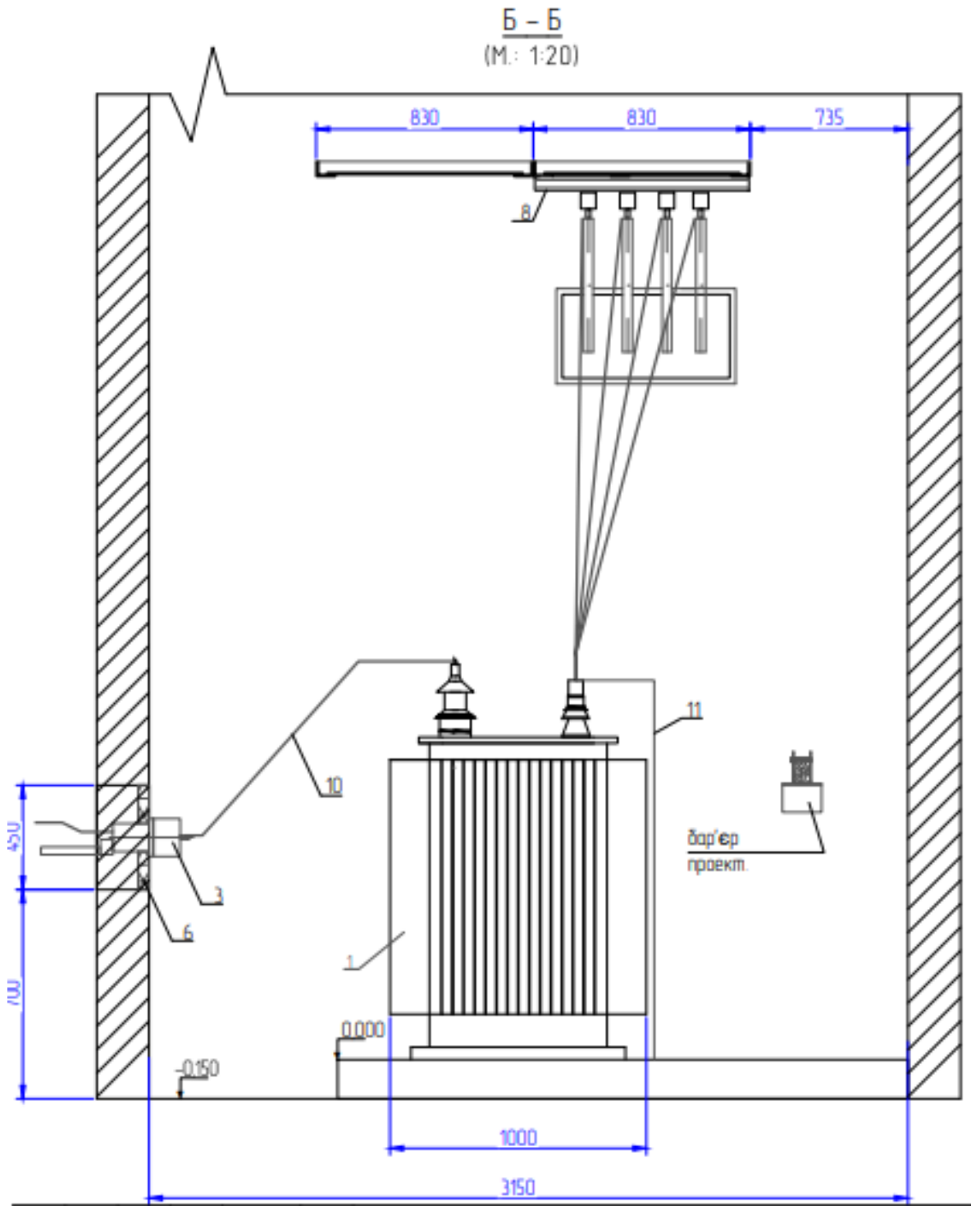


Рисунок 2.6 – План камери трансформатора (розріз Б-Б)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
44

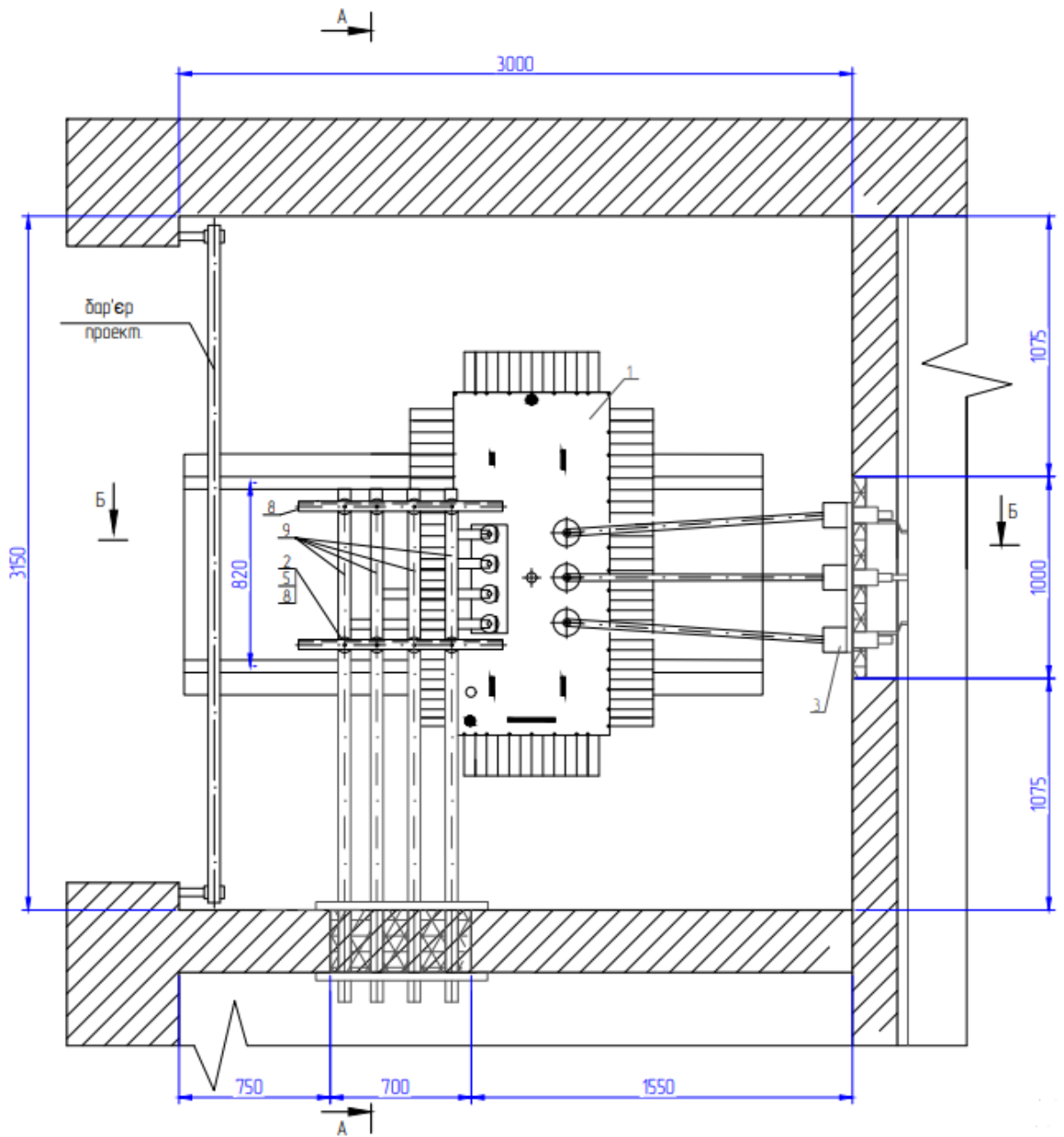


Рисунок 2.7 – Відсік трансформатора Т1

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
45



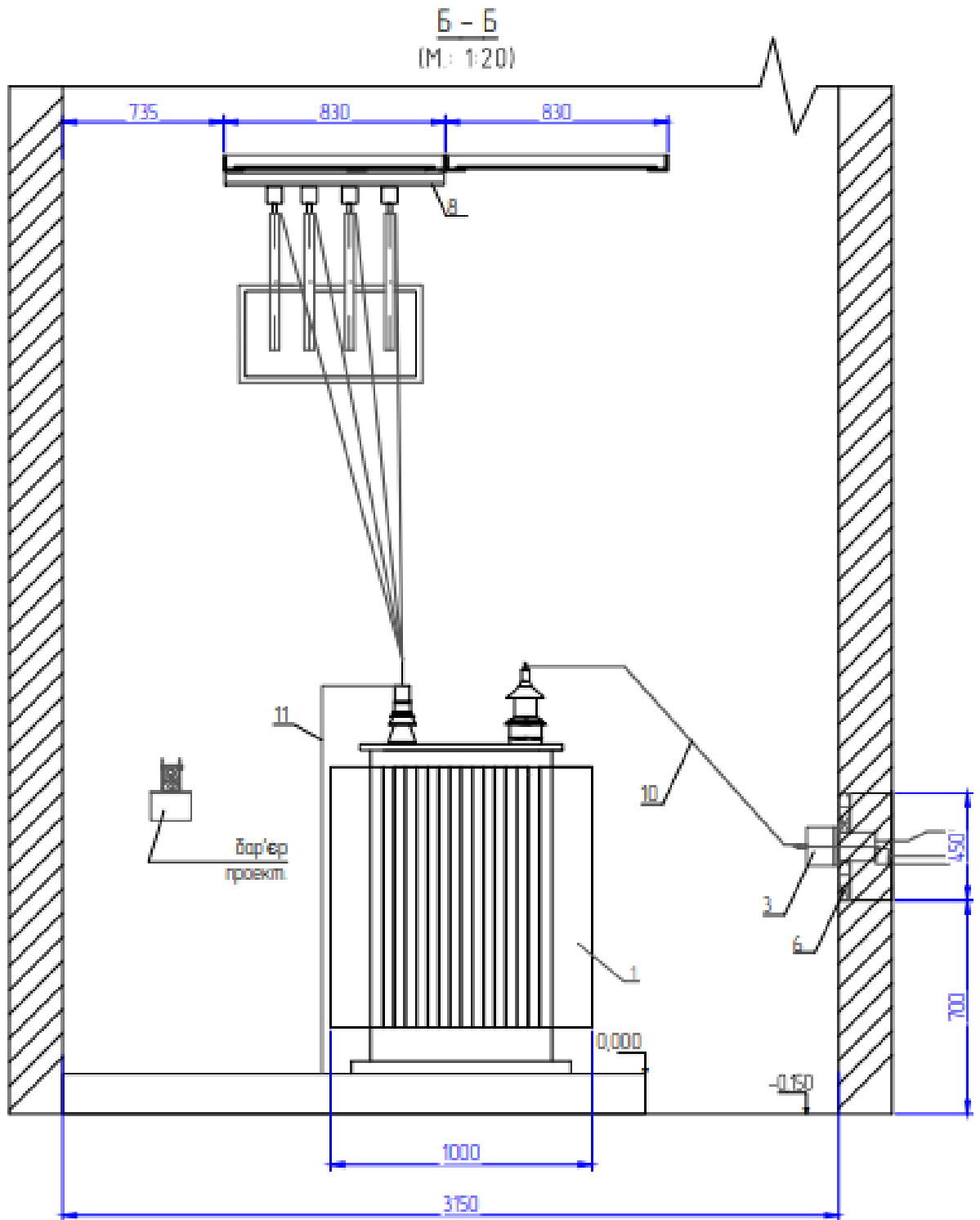


Рисунок 2.9 – Відсік трансформатора Т2 (розріз Б-Б)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
47

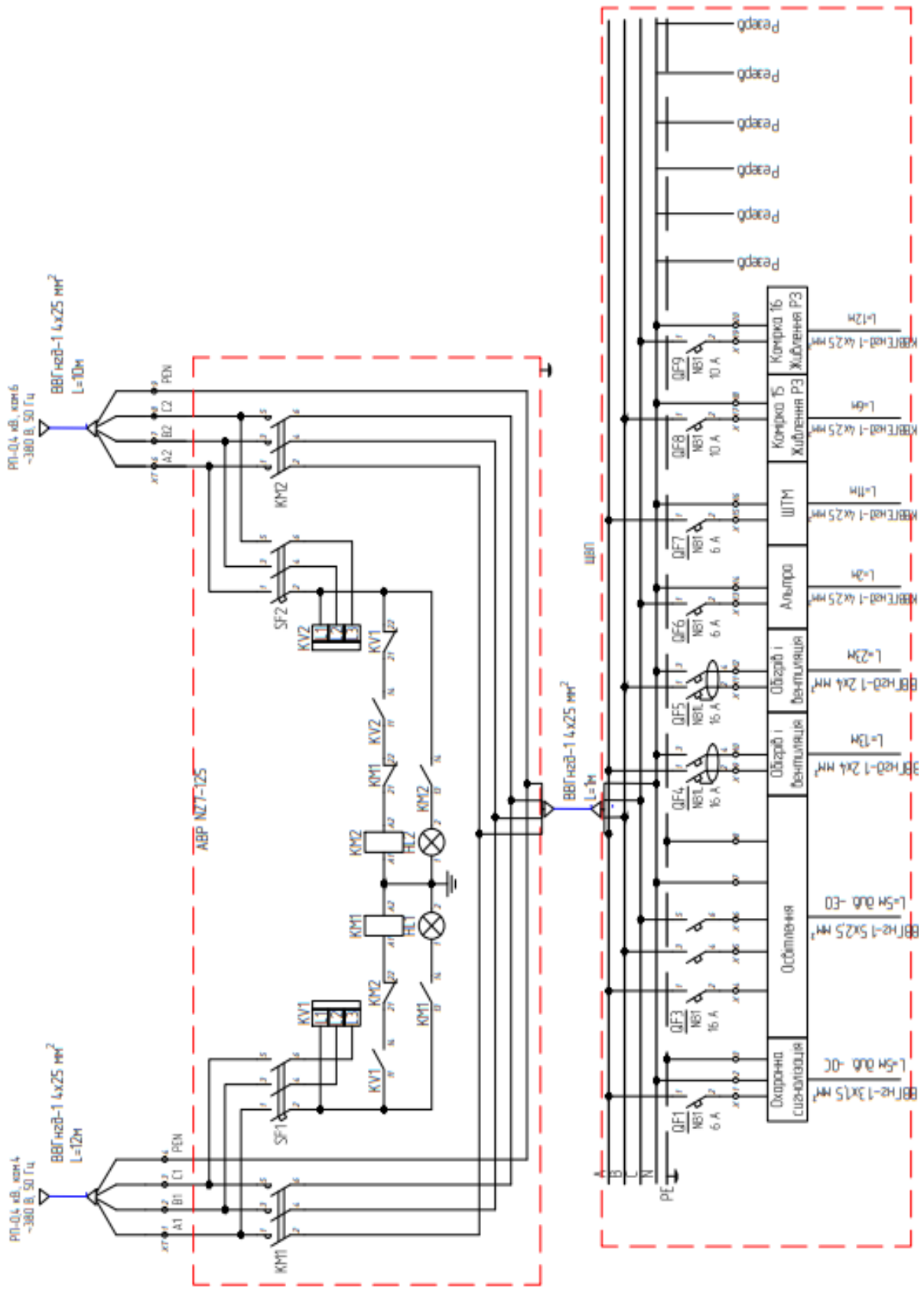


Рисунок 2.10 – Схема однолінійна принципова шафи АВР та ЩВП

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
48

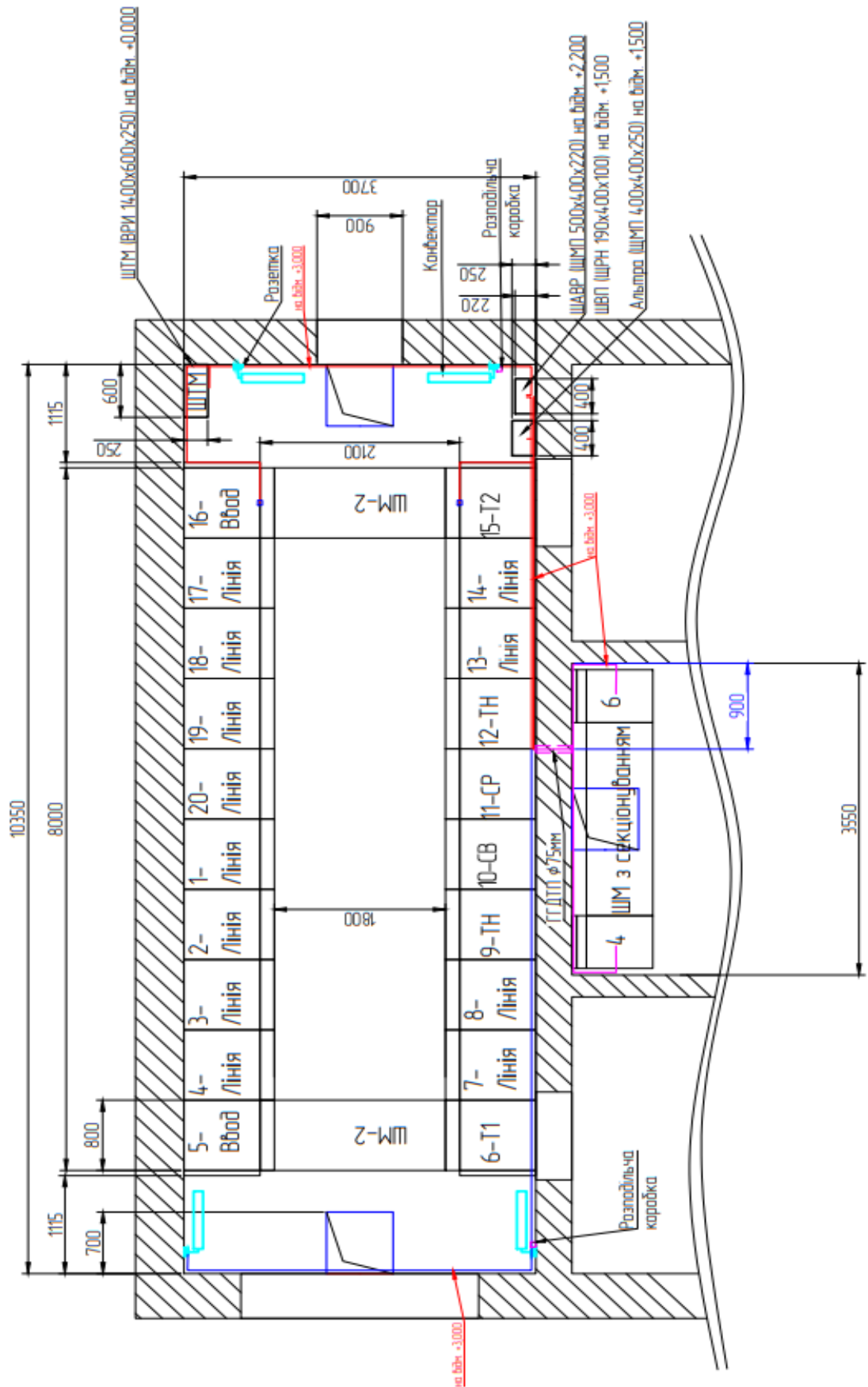


Рисунок 2.11 – План обладнання 0.4 кВ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Конструкція для кріплення ізоляторів  
Тип 2

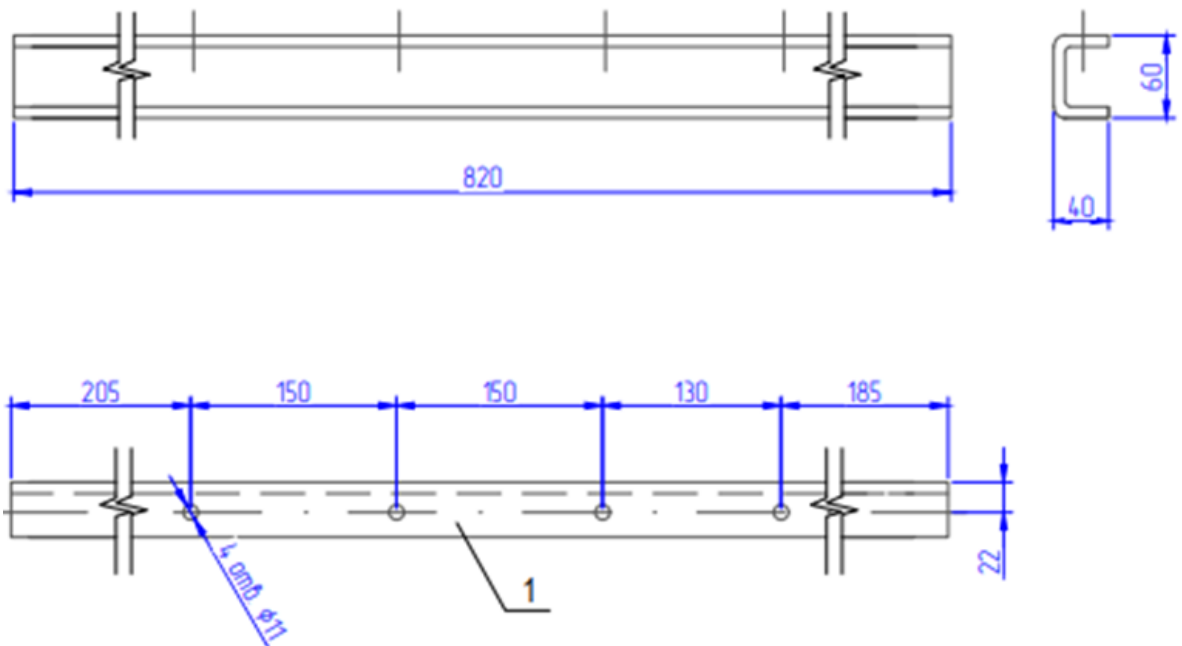


Рисунок 2.12 – Конструкція для кріплення ізоляторів тип 2

Таблиця 2.1 – Специфікація приладів та матеріалів

Марка. Поз	Позначення	Найменування	Кількість	Маса, од., кг
1	ГОСТ 8278-83	Швелер вигнутий 60x40x2.5	1	2.1

Примітки: конструкцію пофарбувати емаллю сірого кольору.

Кількість конструкцій -3 шт.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
50

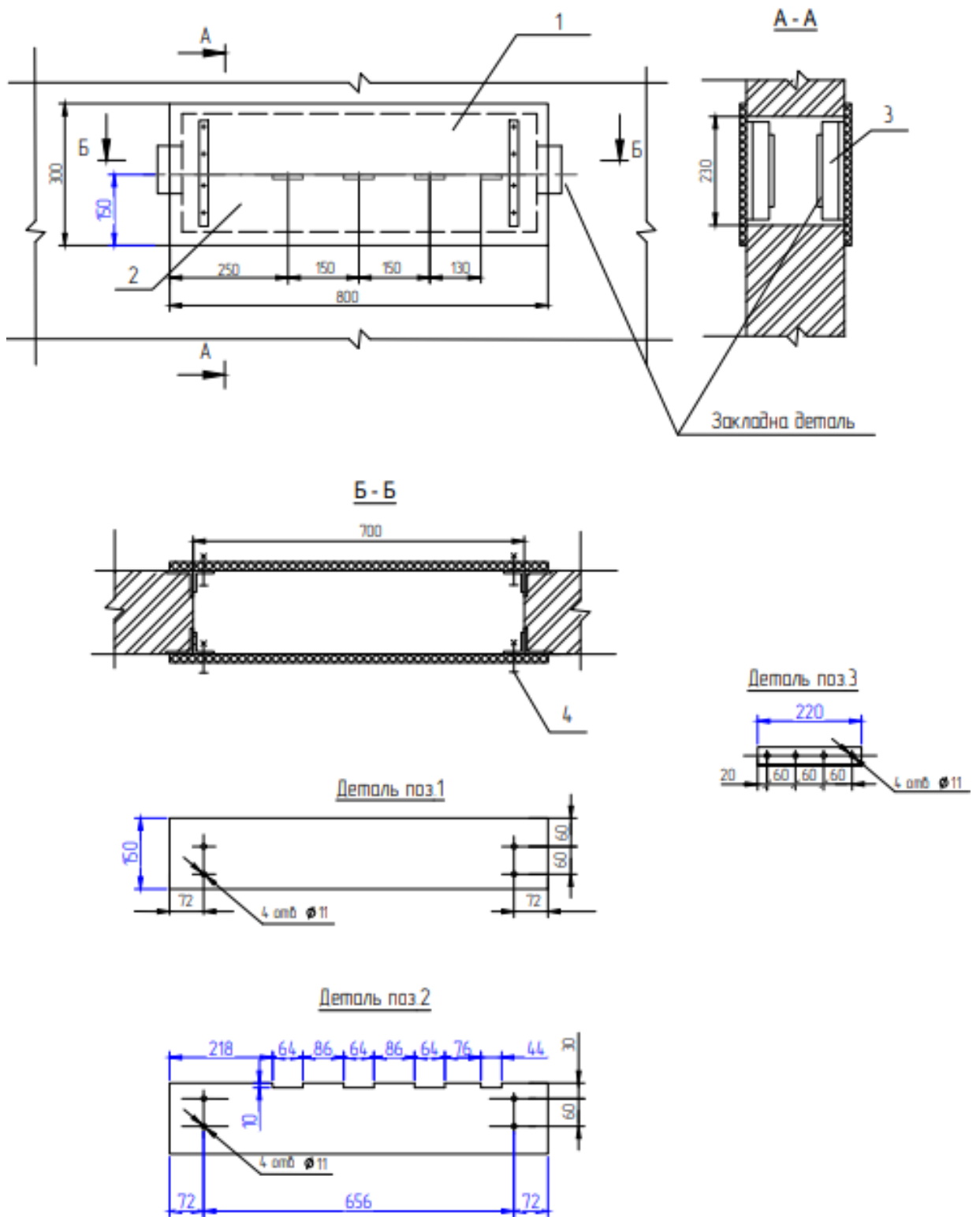


Рисунок 2.13 – Плата прохідна азбестоцементна 0.4кВ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

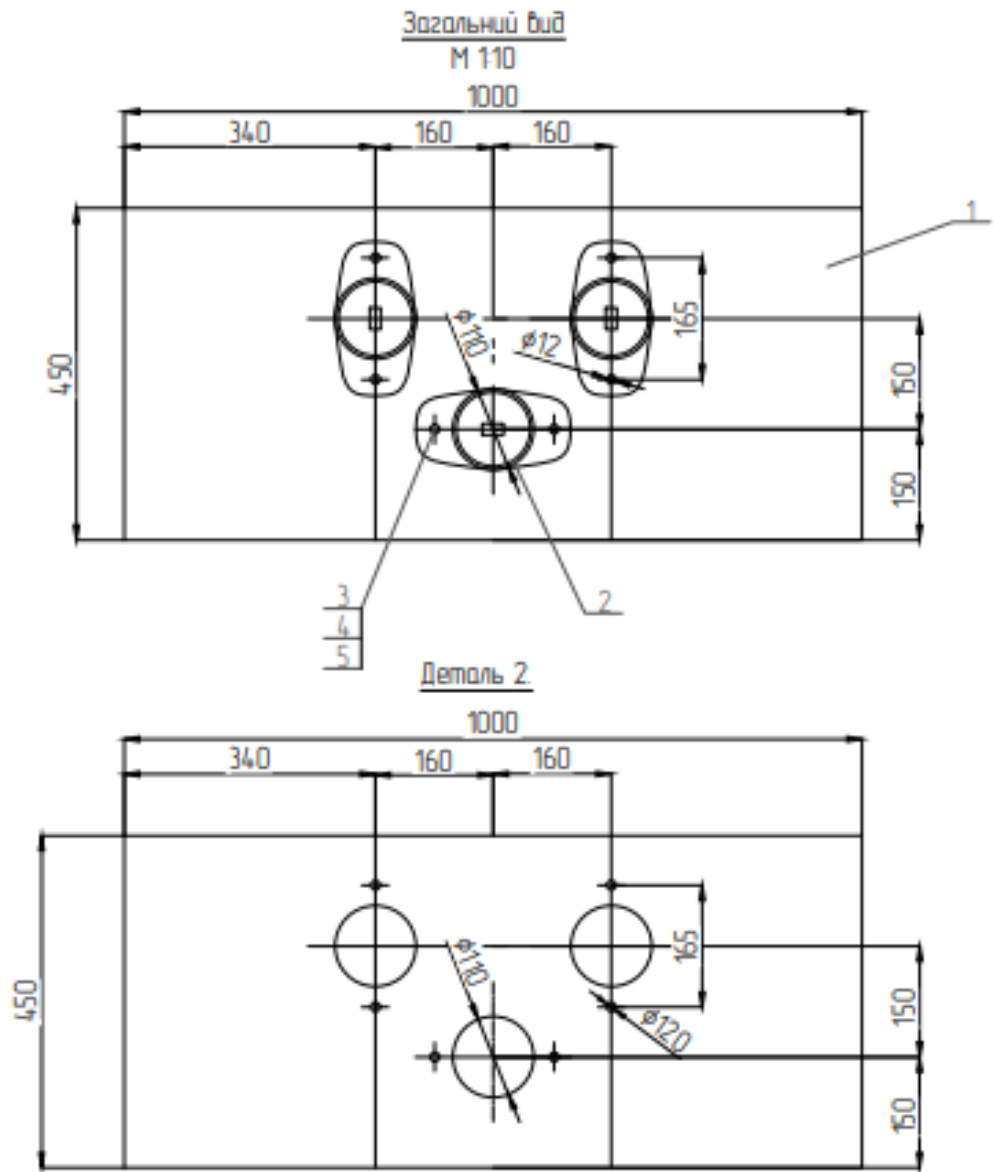
Арк.  
51

Таблиця 2.2 – Специфікація приладів та матеріалів

Марка, поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Вага, кг
1	ГОСТ 4248-78	Дошка 400- 80x15x2	2	5,3
2	ГОСТ 4248-78	Дошка 400- 80x15x2	2	5,3
3	ГОСТ 4248-78	Куттик 40x40x3, L=220	4	0,43
4	ГОСТ 7798-70, ГОСТ 5915-70, ГОСТ 11371-78	Болт М10x40, гайка та 2 шайби	16	0,04

1. При установці плити всі щілини ущільнити бітумом.
2. Шини в місцях проходу через плиту обмотати лакотканиною або кіперною стрічкою, просоченої бакелітовим лаком або полівінілхлоридом.
3. Пливу після механічної обробки просушити.
4. Кутники поз. 3 приварити до закладних деталей на місці монтажу.

Плита прохідна під ізолятори 10кВ



\*Конструкцію пофарбувати емаллю ПФ-133 ГОСТ 926-83 сірого кольору

Рисунок 2.14 – Плита прохідна під ізолятори 10 кВ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
53

Таблиця 2.3 – Специфікація матеріалів

Марка, поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Маса, од, кг
1	ГОСТ 19903-74	Лист 1000x450	1	14
2	ТУ 2229-83	Ізолятор прохідний ИП- 10/630-750-ІУ2	3	
3	DIN 933	Болт М10x25	6	
4	DIN 934	Гайка	6	
5	DIN 125	Шайба	6	

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		54

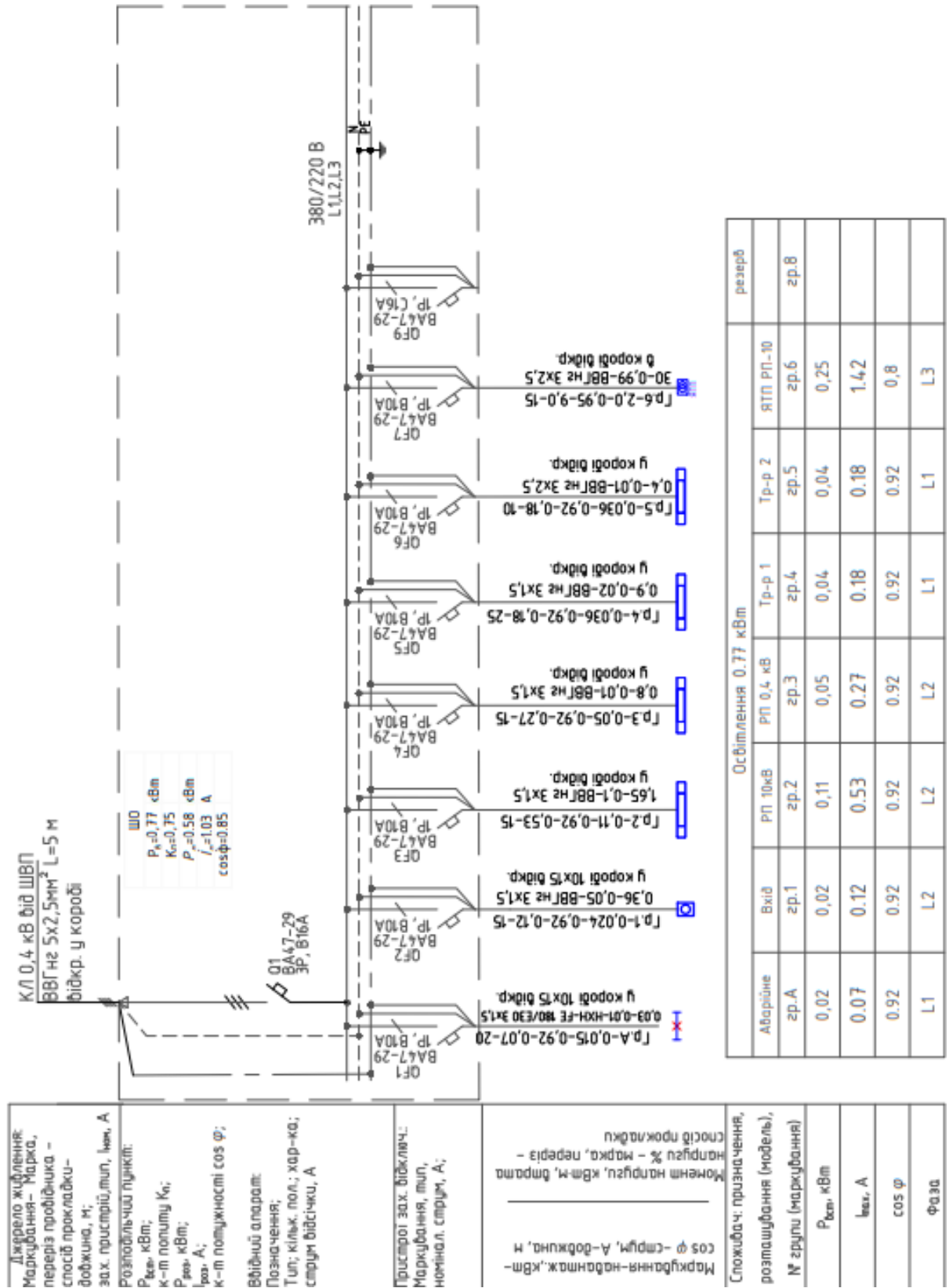


Рисунок 2.15 – Схема електрична однолінійна щита

Аварійне		Вхід		РП 10кВ		РП 0,4 кВ		Тр-р 1		Тр-р 2		ЯТП РП-10		резерв
гр.А	гр.В	гр.1	гр.2	гр.3	гр.4	гр.5	гр.6	гр.7	гр.8	гр.9	гр.10	гр.11	гр.12	гр.13
0,02	0,07	0,02	0,12	0,11	0,53	0,27	0,05	0,04	0,18	0,04	0,04	0,25	1,42	
0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,8	0,8	
L1	L1	L2	L2	L2	L2	L2	L2	L1	L1	L1	L1	L3	L3	

## 2.4 Блискавкозахист та заземлення

Заземлення та блискавкозахист виконується згідно завдання на виконання магістерської роботи. Було виконано розробка системи заземлення та блискавкозахисту будівлі РП 10 суміщеного с ТП 10/0,4. Для захисту будівлі від прямих ударів блискавки використовується блискавкоприймальна сітка з кроком чарунки не більше 10 м, яка кріпиться на покрівлі. Сітка захищає поверхню, якщо виконані наступні умови: провідники сітки проходять по краю даху, який виходить за габаритні розміри будівлі; сітка виконана таким методом, щоб струм блискавки мав завжди, принаймні, два різні шляхи до заземлювача; ніякі металеві частини не повинні виступати за зовнішні контури сітки. Виступаючі над дахом металеві елементи (труби, вентиляційні пристрої) повинні бути приєднані до блискавкоприймальної сітки. Провідники сітки повинні бути прокладені, наскільки це можливо, найкоротшими шляхами. Громовідвід і блискавкоприймальна сітка приєднуються до контуру заземлення. Два опуски від блискавкоприймальної сітки на покрівлі до контура заземлення прокласти по протилежних стінах будівлі на відстані не менше 3м від входів. Металеві покрівлі та металеві рами приєднати до блискавкоприймальної сітки. Контур заземлення складається з вертикальних заземлюючих пристроїв, виконаних з сталевого прокату діаметром 16 мм та заглиблених на 3 м., та з горизонтального заземлювача зі сталевий смуги 40x4 мм та довжиною 53,5 м. прокладеною на глибині 0,7 м. Вертикальні заземлювачі розташовані у кутах квадрату зі стороною 13,37 м., та з'єднуються горизонтальними заземлювачами.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		56

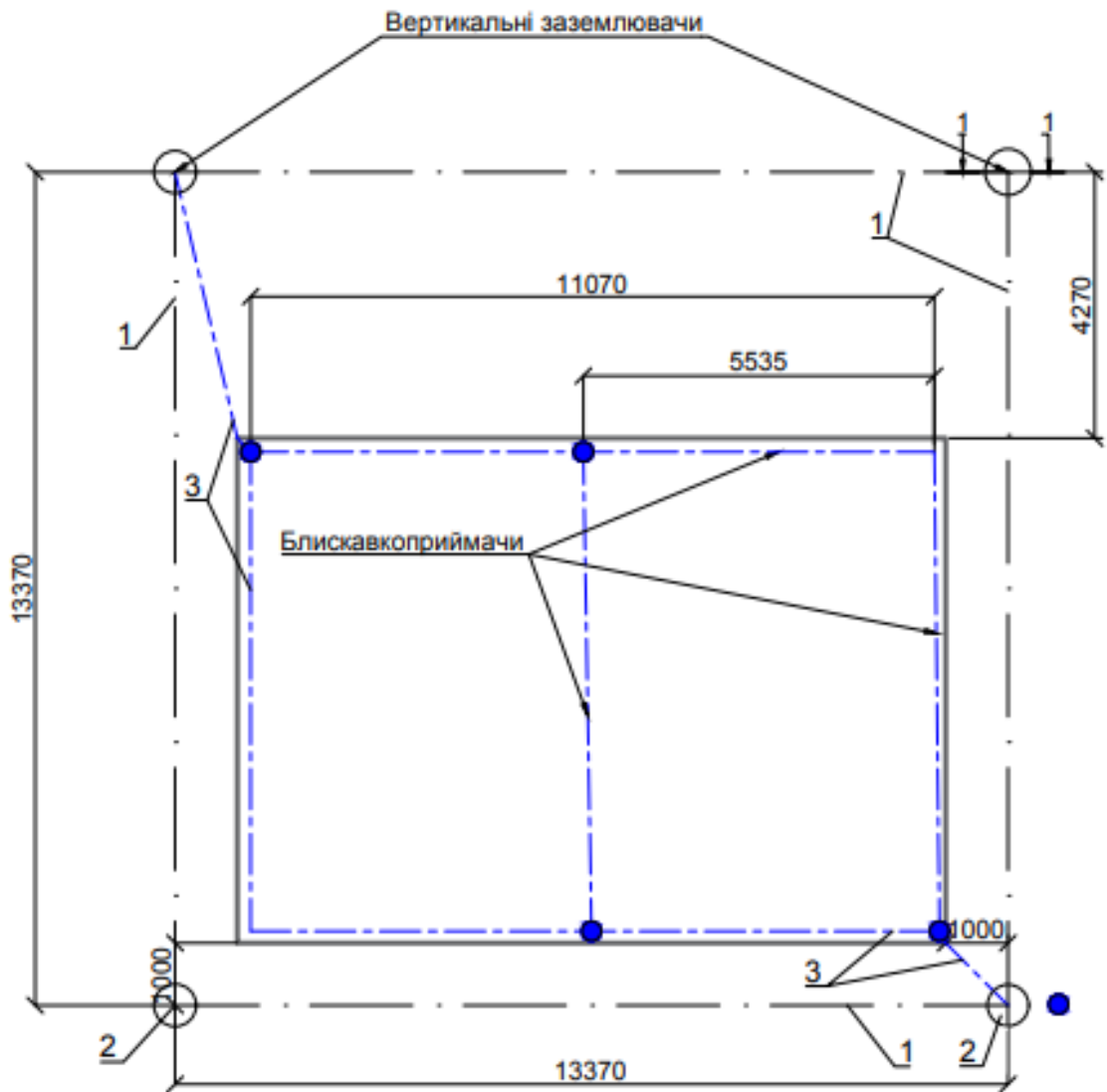


Рисунок 2.16 – План розміщення систем заземлення та блискавкозахисту

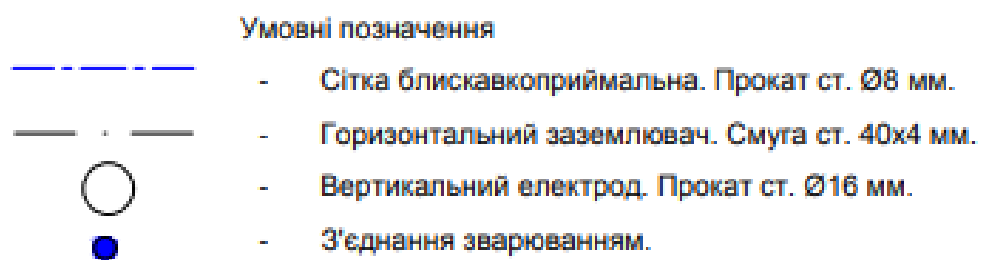


Рисунок 2.17 - Умовні позначення до рисунку 2.16

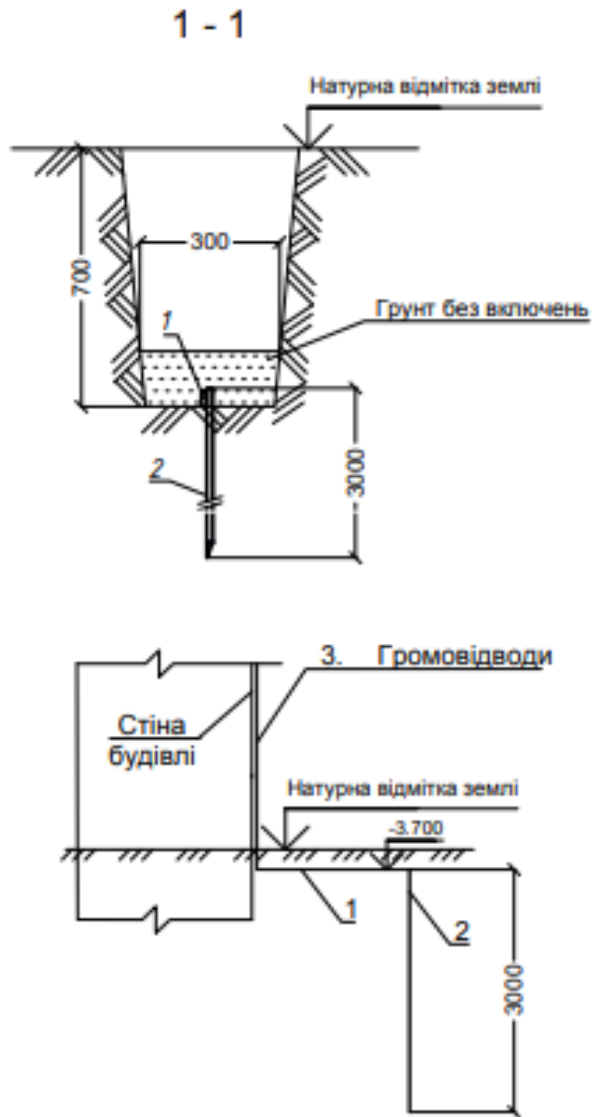


Рисунок 2.18 – Розрізи систем заземлення та блискавкозахисту

Примітки:

1. З'єднання елементів блискавкозахисту виконати зварюванням. Довжина нахлисту має дорівнювати подвійній ширині смуги або 6 діаметрів прокату сталевого.
2. Позиції деталей згідно специфікації.
3. Обсяг земельних робіт - 11.5 м<sup>3</sup>

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

58

Розрахунок опору ґрунту

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для розрахунку опору ґрунту

Тип ґрунту	Суглинок
Питомий опір ґрунту (Ом х м)	80
Кількість штучних заземлювачів, n, (шт)	4
Довжина заземлювача, a, (м)	3
Відстань між заземлювачами, a, (м)	13,4
Діаметр заземлювача, d, (м)	0.016
Відношення a/L	4.5
Положення заземлювачів	Вертикальне
Коефіцієнт використання заземлювачів	0.9
Довжина сполучної смуги, L <sub>n</sub> , (м)	53.6
Ширина сполучної смуги, b <sub>n</sub> , (м)	0.04
Глибина закладання смуги, h <sub>a</sub> , (м)	0.7
Коефіцієнт використання смуги, n <sub>n</sub> ,	0.889

Розрахунок опору ґрунту виконується наступним чином:

Визначення опору одиничного заземлювача за формулою:

$$R_1 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{4 \cdot L_3}{d} = 28,10 \quad (2.1)$$

Сумарний опір заземлювачів за формулою:

$$R_{1\Sigma} = \frac{R_1}{\eta_3 \cdot n} = 7,80 \quad (2.2)$$

Опір з'єднувальної смуги за формулою:



Результати розрахунків показали, що обрана система заземлення відповідає вимогам безпеки та ефективно мінімізує ризики виникнення небезпечних електричних розрядів. Крім того, детальне проектування схем дозволило вибрати найбільш ефективні та економічно доцільні рішення для забезпечення надійної роботи розподільчого пункту.

Отже, розроблений проєкт відповідає сучасним вимогам до проектування енергетичних об'єктів і гарантує їх безпечну та стабільну експлуатацію в умовах підвищених навантажень.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		61

## 3 РОЗРАХУНКИ ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ПРОЄКТУ РОЗПОДІЛЬНОГО ПУНКТУ ТА ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ

### 3.1 Підбір трансформаторів

Трансформатор є одним з найважливіших елементів електричної мережі. Передача електричної енергії на великі відстані від місця її виробництва до місця споживання вимагає в сучасних мережах не менше ніж шестиразової трансформації в підвищувальних і понижувальних трансформаторах.

Так як від проектованої підстанції отримують живлення споживачі II-III категорій надійності, на ній повинно бути встановлено 2 силових трансформатора.

Визначимо коефіцієнт аварійного перевантаження для трансформаторів проектованої підстанції. В аварійних режимах трансформатор можна перевантажувати на 40% на час максимумів загальною тривалістю 6 годин на добу протягом не більше 5 діб. При цьому коефіцієнт початкового завантаження не повинен перевищувати 0,93.

Номінальна потужність одного трансформатора знаходиться за формулою, кВА:

$$S_{\text{ном.роз}} = \frac{S_{\text{max}}}{1.4} = 800/1.4 = 571.428 \text{ кВА}, \quad (3.1)$$

де  $S_{\text{max}}$  – максимальне навантаження ТП, обране згідно завдання на виконання магістерської роботи; 1.4 – коефіцієнт перевантаження відповідно до ПУЕ [8];

У відповідності зі стандартним рядом потужностей силових трансформаторів (ГОСТ 9680-77) вибираємо трансформатори ТМГ із найближчою більшою номінальною потужністю  $S_{\text{ном}} = 630 \text{ кВА}$ .

					<b>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		62

## 3.2 Розрахунок релейного захисту

### Загальні положення

Релейний захист є одним із ключових елементів електроенергетичних систем, що забезпечує надійність і безпеку експлуатації обладнання, зокрема РП та ТП. Основна мета релейного захисту — це швидке і точне виявлення аварійних ситуацій та відключення пошкоджених ділянок мережі для запобігання їх подальшому поширенню.

### Основні функції релейного захисту

1. Виявлення аварійних режимів роботи:
  - короткі замикання;
  - перевантаження;
  - обрив фаз;
  - порушення симетрії струмів або напруг.
2. Швидке відключення пошкодженого обладнання:
  - локалізація аварійної ділянки;
  - мінімізація впливу на решту енергосистеми.
3. Інформація про аварії:
  - запис параметрів аварійних подій;
  - можливість аналізу для подальшого вдосконалення системи.

### Види релейного захисту

1. Максимальний струмовий захист:
  - Працює на перевищення встановленого значення струму.
  - Використовується для захисту ліній, трансформаторів, вимикачів.
2. Напруговий захист:
  - Контролює рівень напруги.
  - Відключає обладнання при ненормальних значеннях напруги.
3. Диференційний захист:
  - Застосовується для трансформаторів.

- Виявляє різницю струмів на вході і виході обладнання.
- 4. Захист за потужністю:
  - Використовується для визначення напрямку потужності.
- 5. Автоматичне повторне включення (АПВ):
  - Спрямоване на автоматичне відновлення нормальної роботи системи

після короткочасних порушень.

Особливості релейного захисту для РП 10 кВ і ТП 10/0,4 кВ

1. Захист розподільчих пунктів (РП):
  - Використовуються пристрої максимального струмового і дистанційного захисту.
    - Захист від дугових замикань.
    - Застосовуються сучасні мікропроцесорні пристрої, які інтегрують функції релейного захисту, автоматики та моніторингу.
2. Захист трансформаторних підстанцій (ТП):
  - Диференційний захист трансформаторів для виявлення внутрішніх пошкоджень – для трансформаторів, потужністю 630 кВА не застосовується.
    - Тепловий захист від перегріву.
    - Моніторинг обриву фаз і перекосу напруг.
3. Сумісність із системами автоматики:
  - Забезпечення роботи в складі автоматизованих систем керування (АСУ).
    - Збирання та передача даних у режимі реального часу.

Переваги сучасного релейного захисту

1. Швидкодія:
  - Час спрацювання — від мілісекунд до десятків мілісекунд.
2. Надійність:
  - Висока чутливість і селективність.
3. Мікропроцесорні технології:
  - Компактність, багатофункціональність, легкість у налаштуванні.

- Високий рівень діагностики та можливість дистанційного управління.

4. Мінімізація пошкоджень:

- Запобігання тривалим аварійним режимам роботи обладнання.

Релейний захист для РП 10 кВ і ТП 10/0,4 кВ є невід'ємною складовою сучасних енергетичних об'єктів і забезпечує надійну, безпечну та ефективну роботу системи електропостачання.

Даним проектом передбачено релейний захист на основі використання мікропроцесорних реле, РС-83АВ2 та захист від ОЗЗ на базі пристрою "АЛЬТРА".

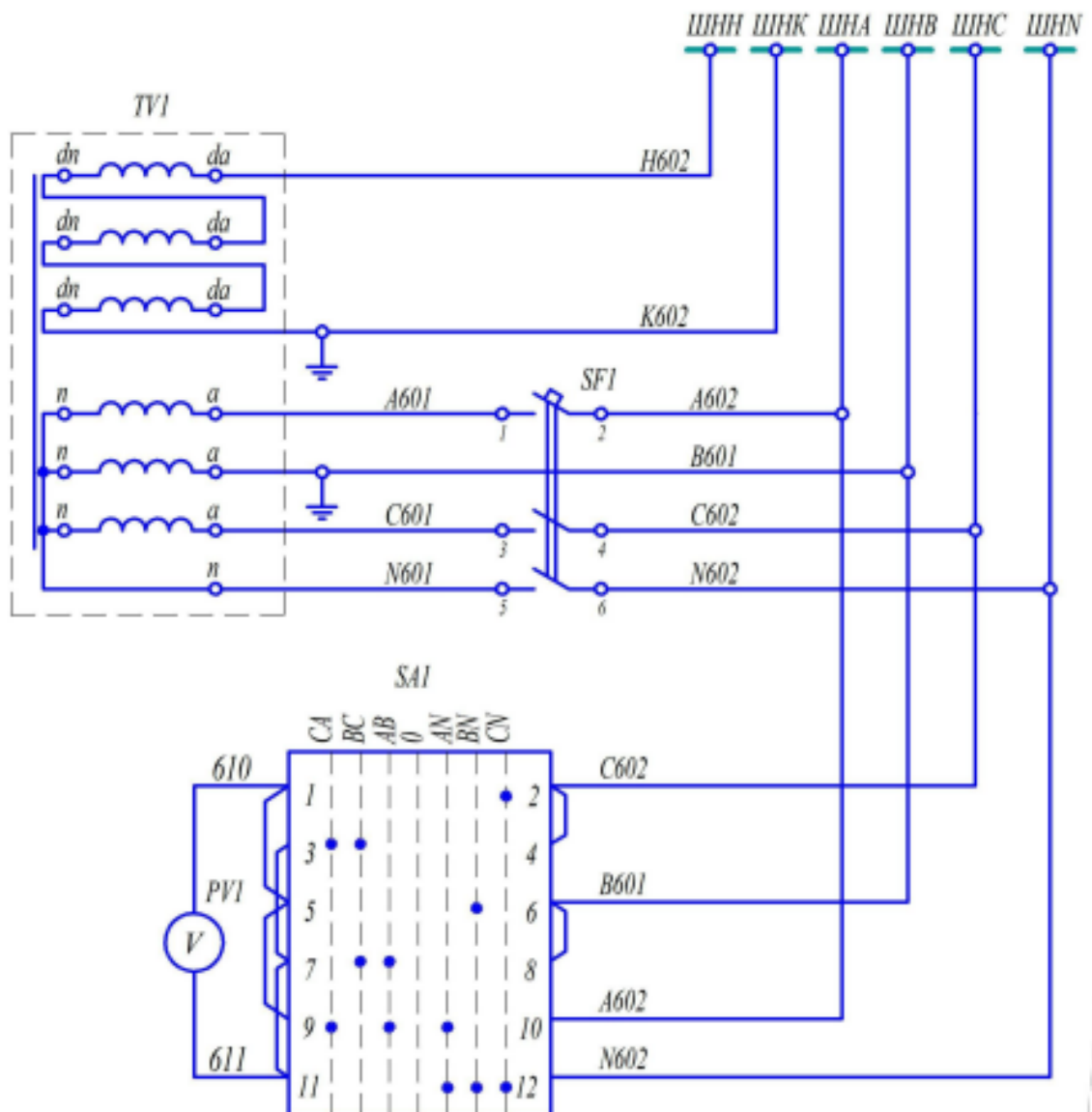


Рисунок 3.1 – Схема електрична принципова трансформатора напруги 1-2

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

65

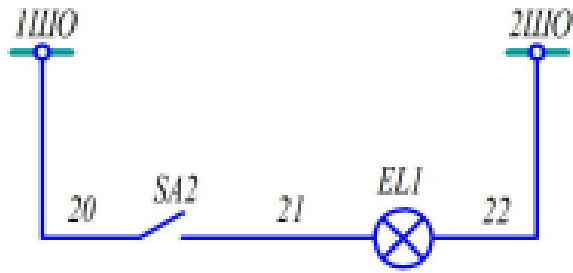


Рисунок 3.2 – Кола освітлення комірок

Таблиця 3.1 – Підлога релейної шафи

Позначення	Назва	Кількість
TV1	Трансформатор напруги ЗІVSIF-1.1.1	1
SF1	Вимикач автоматичний ЕТІМАТ6 3р/4А	1
SA1	Перемикач вольтметра ПКІІ-Е9 16/4-88	1
PV1	Вольтметр ЕВ 0302 12,5кВ	1
SA2	Вимикач YL213-01	1
EL1	Лампа галогенна 12В	1
ХТ	Клема швидкозажимна	14

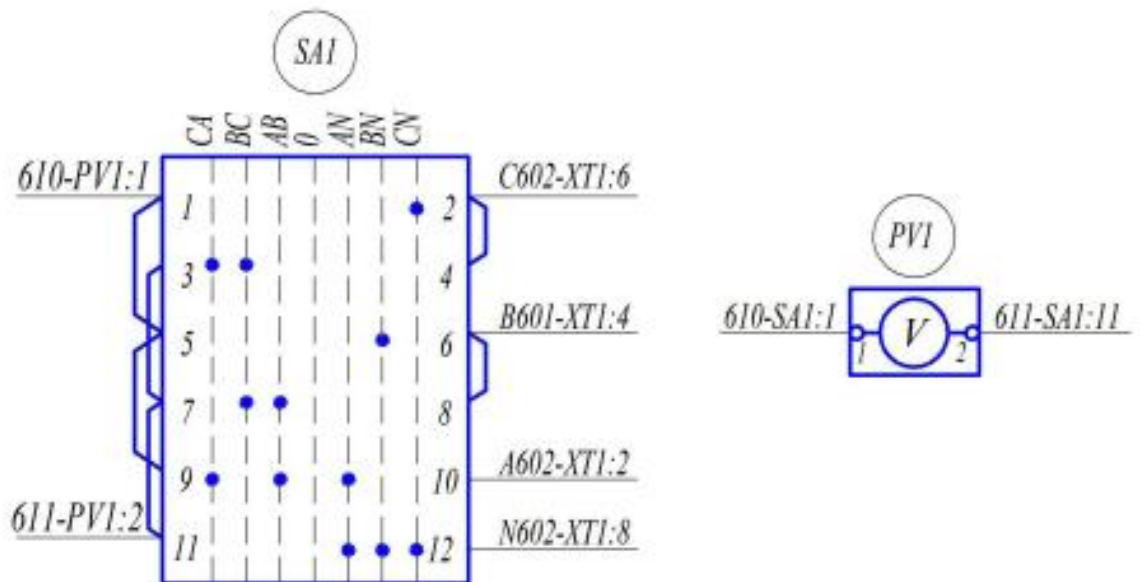


Рисунок 3.3 – Двері релейної шафи

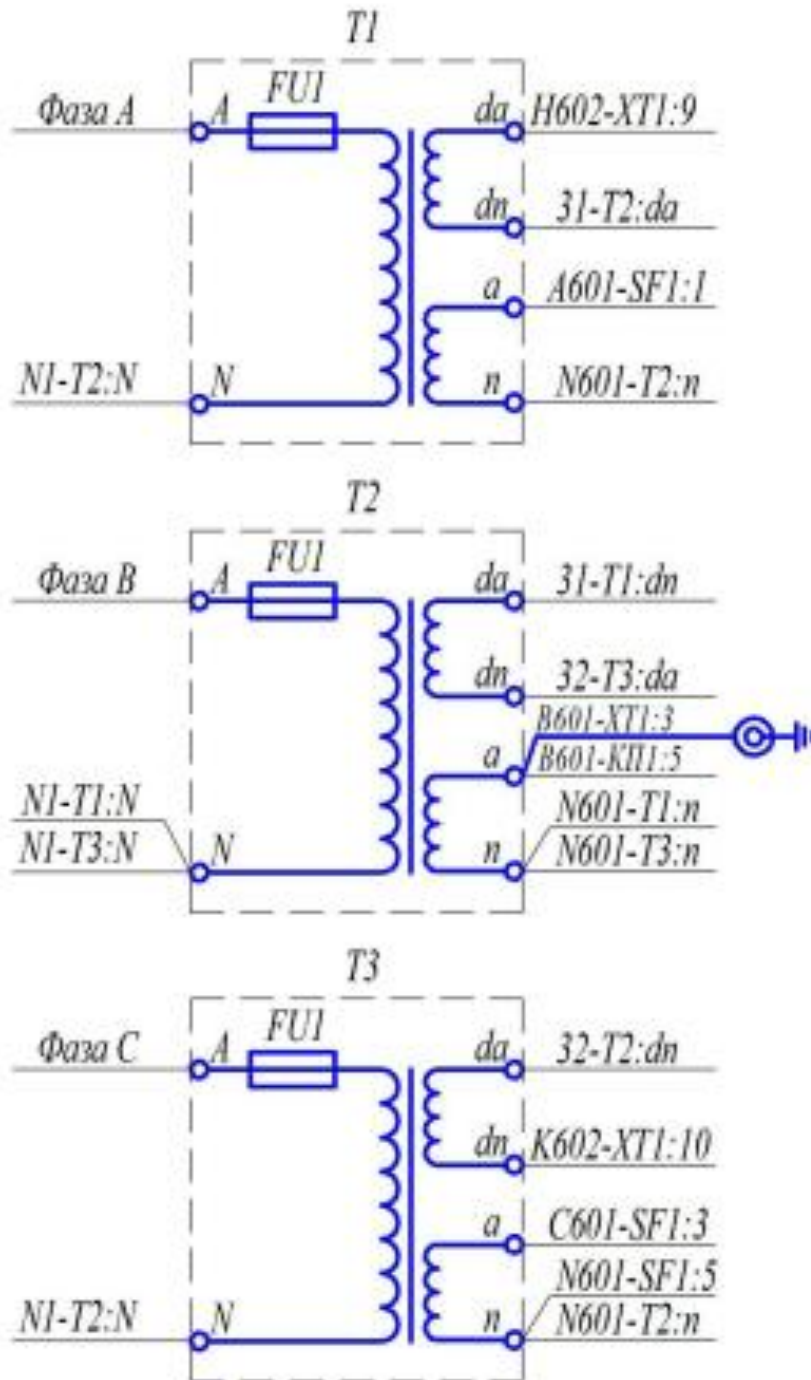


Рисунок 3.4 – Відсік трансформатора напруги

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
67

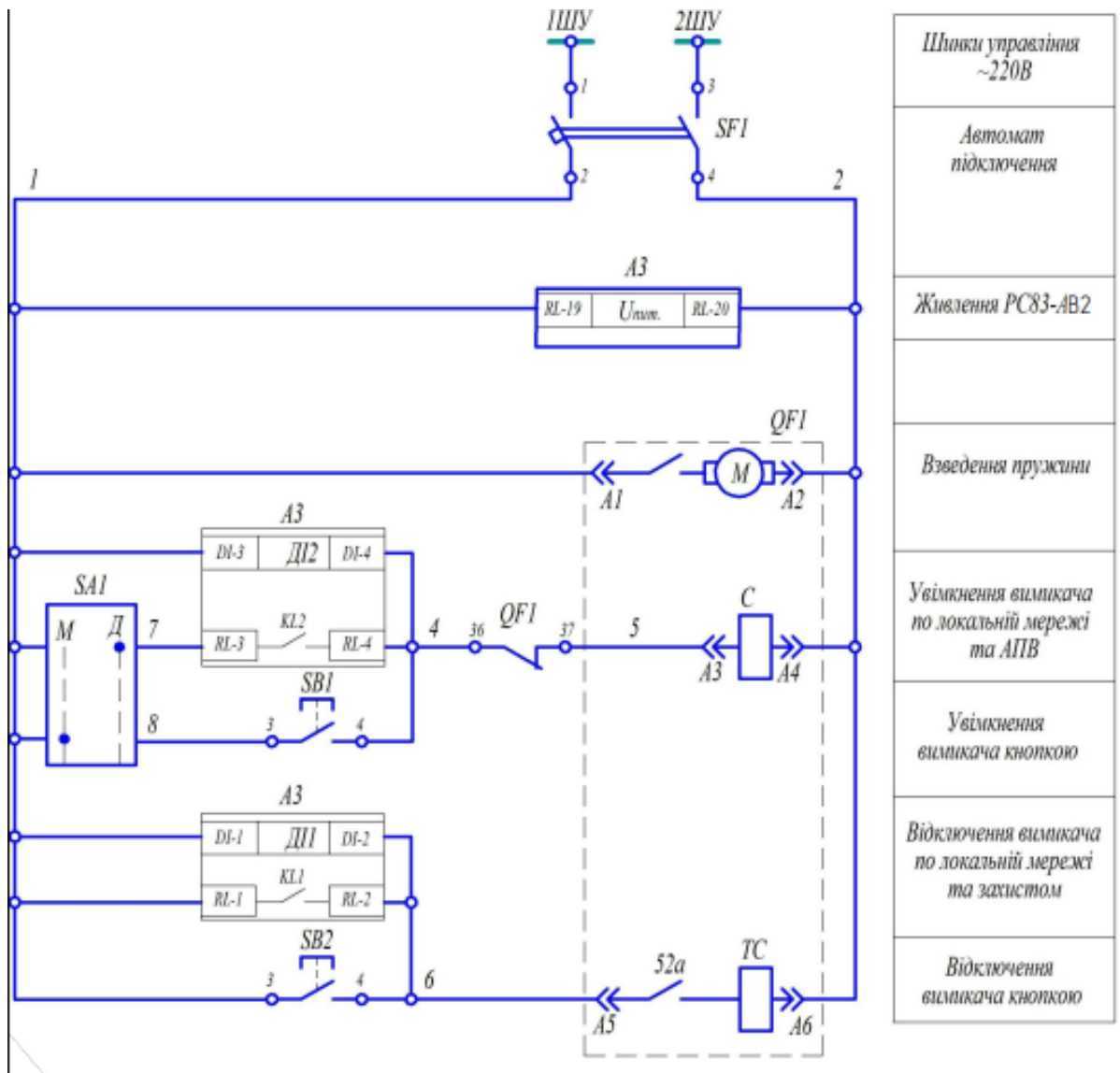


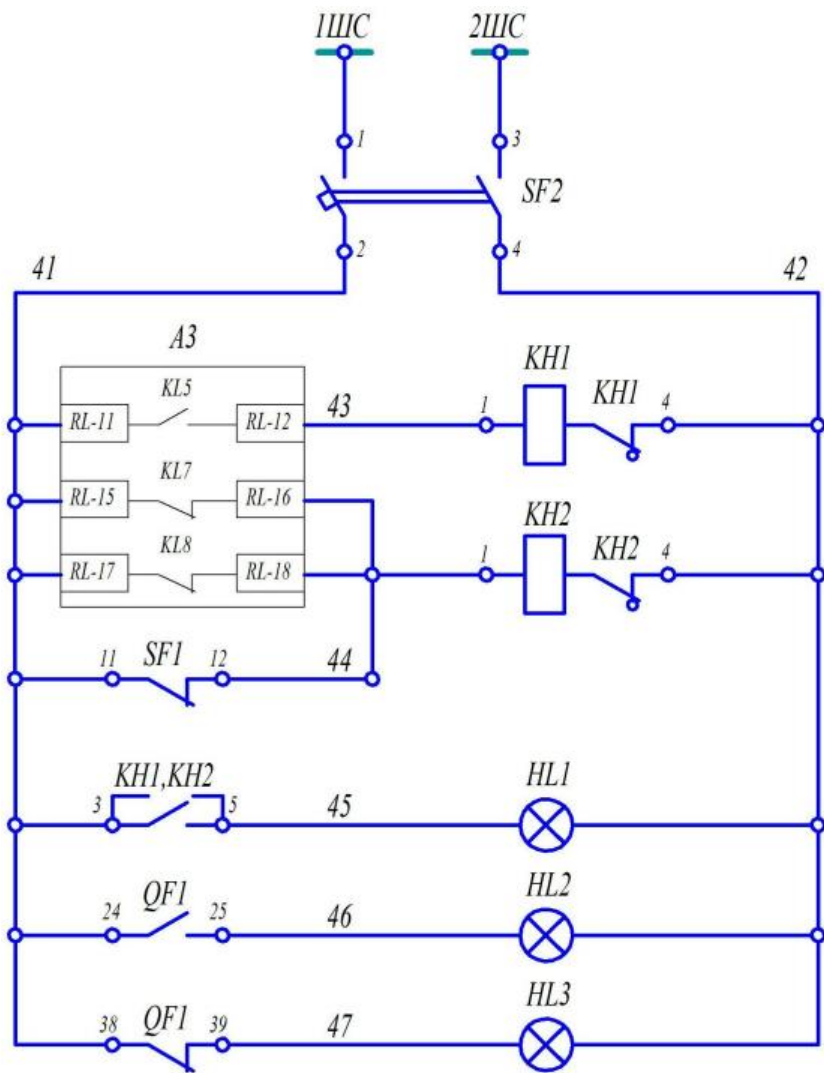
Рисунок 3.5 – Схема схема кіл управління вимикачем

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

68



Шинки сигналізації ~220В
Автомат підключення
Аварійне відключення
Замикання на землю
Несправність
Автомат відключений
Блінкер не піднято
Увімкнено
Вимкнено

Рисунок 3.6 – схема кіл сигналізації

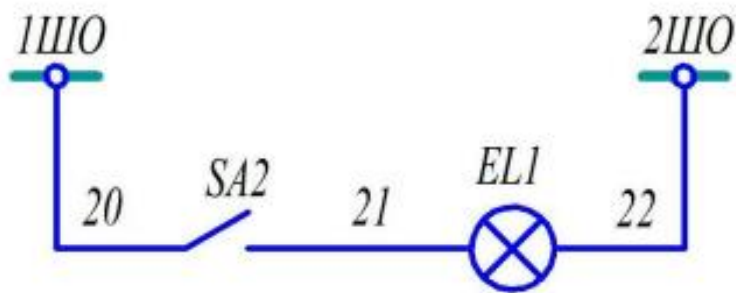


Рисунок 3.7 – Шини освітлення комірки 12В

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

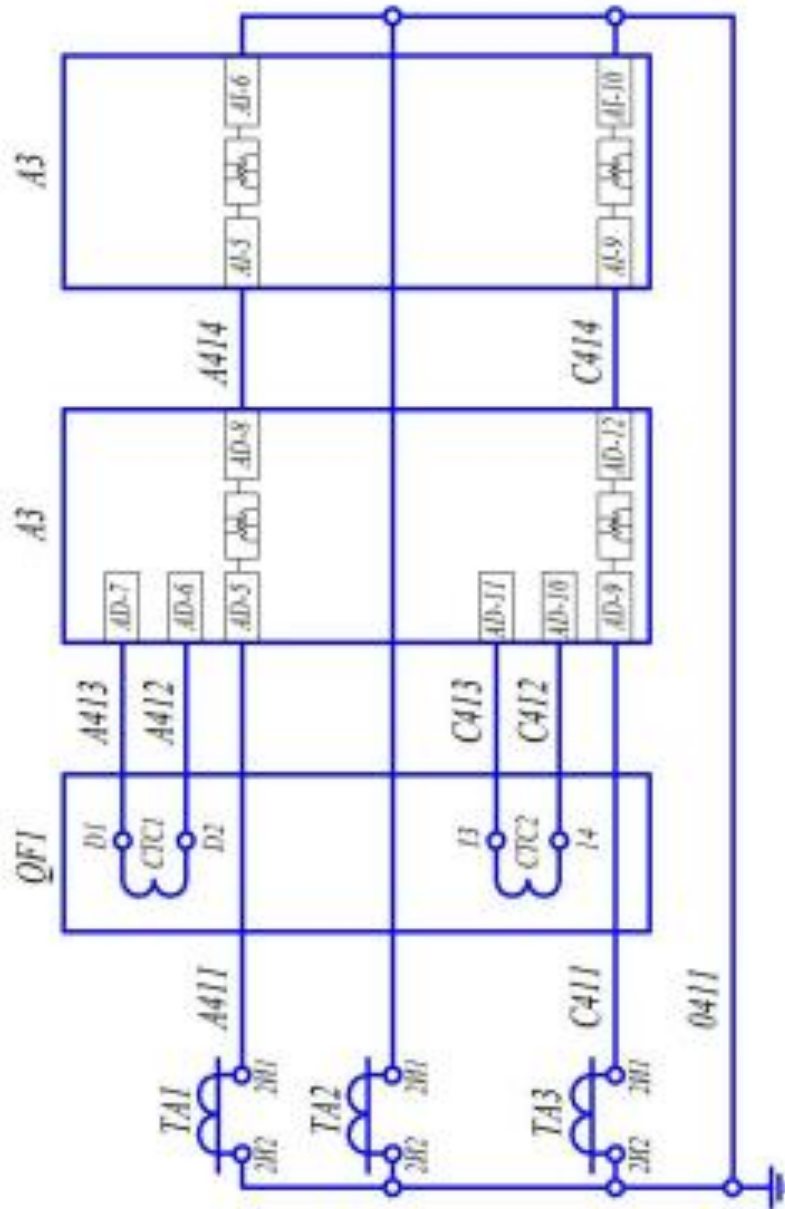


Рисунок 3.8 – Схема кіл струмового захисту та обліку

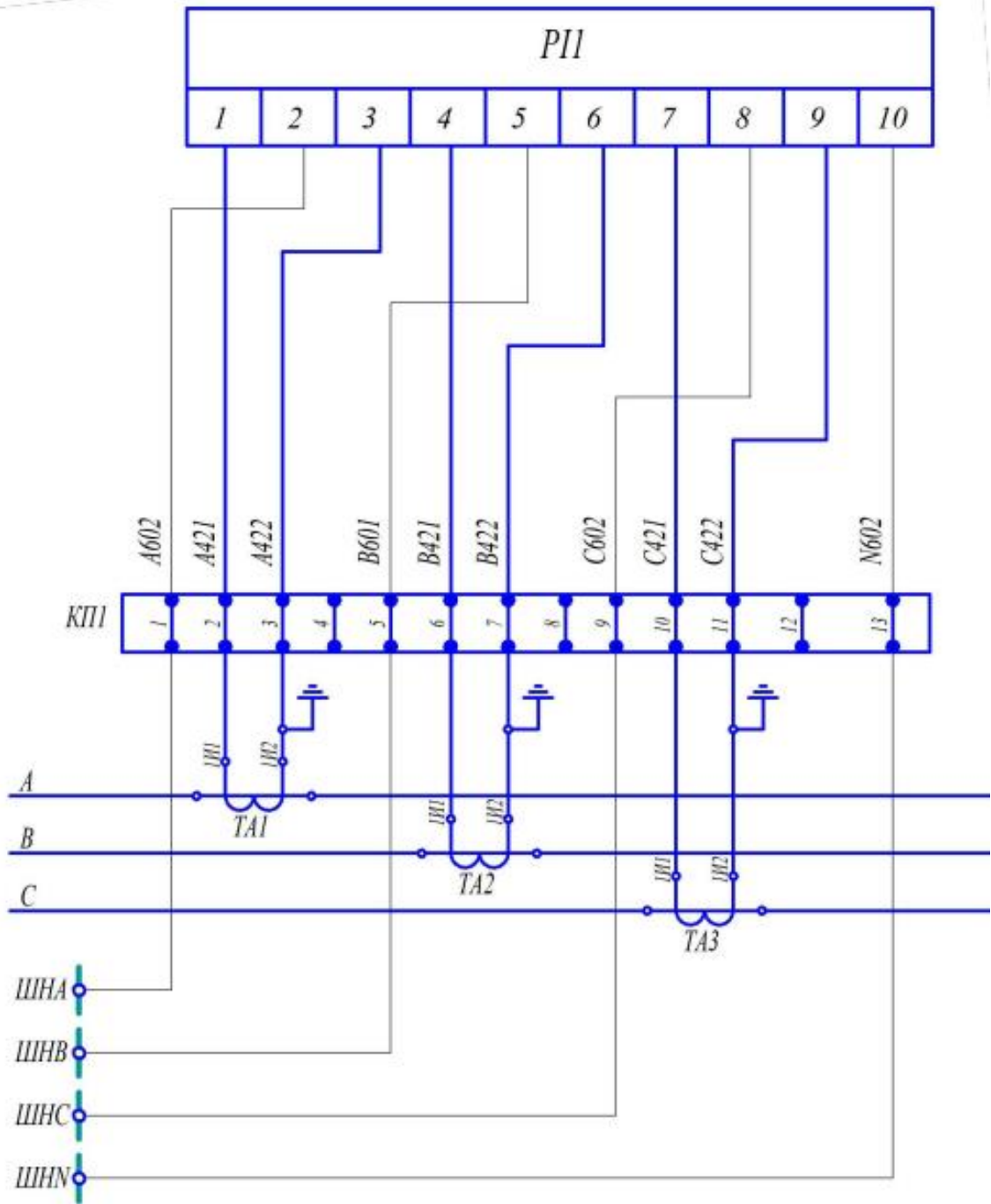


Рисунок 3.9 – Схема розподілу електроенергії

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

71

Таблиця 3.2 – Специфікація матеріалів

Позначення	Назва	Кількість	Примітки
QF1	Вимикач вакуумний ВВ/VL-12-25/1000А	1	
A3HL1	Пристрій захисту та автоматики	1	
KN1	Реле вказівне	2	
SF1	Вимикач автоматичний	2	
SF11	Вимикач автоматичний	1	
SB1	Вимикач кнопковий	1	
SB2	Вимикач кнопковий	1	
SA1	Поворотна кнопка	1	
SA2	Вимикач YL213-01	1	
EL1	Лампа галогенна 12В	1	
HL1	Арматура світлосигнальна	1	
HL2	Арматура світлосигнальна	1	
HL3	Арматура світлосигнальна	1	
ТА1-ТА3	Трансформатор струму ТОЛУ-10-100/5	3	
XTI	Клемник із: 47 клем	1	

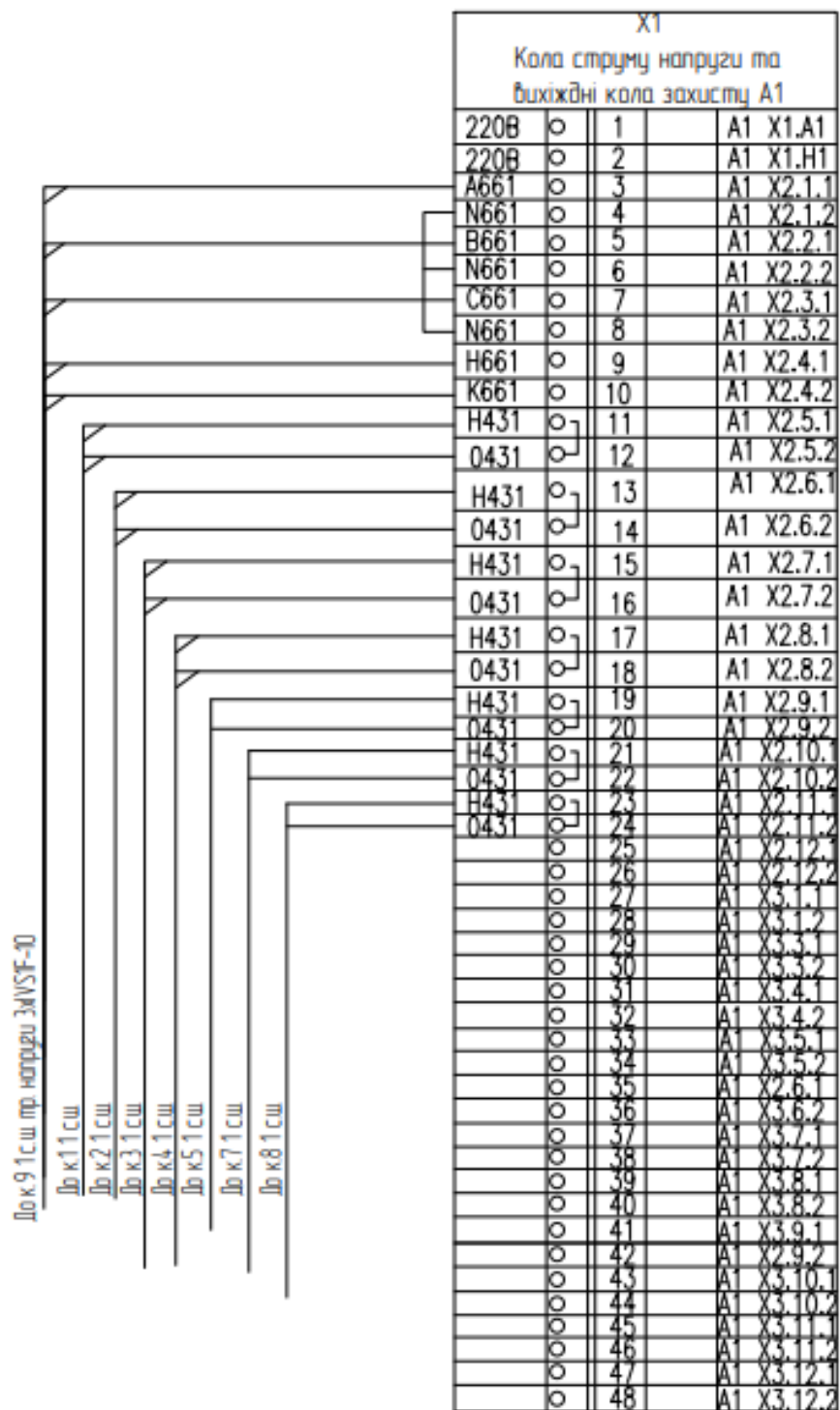


Рисунок 3.10 – Ряди затискачів А1 (1)

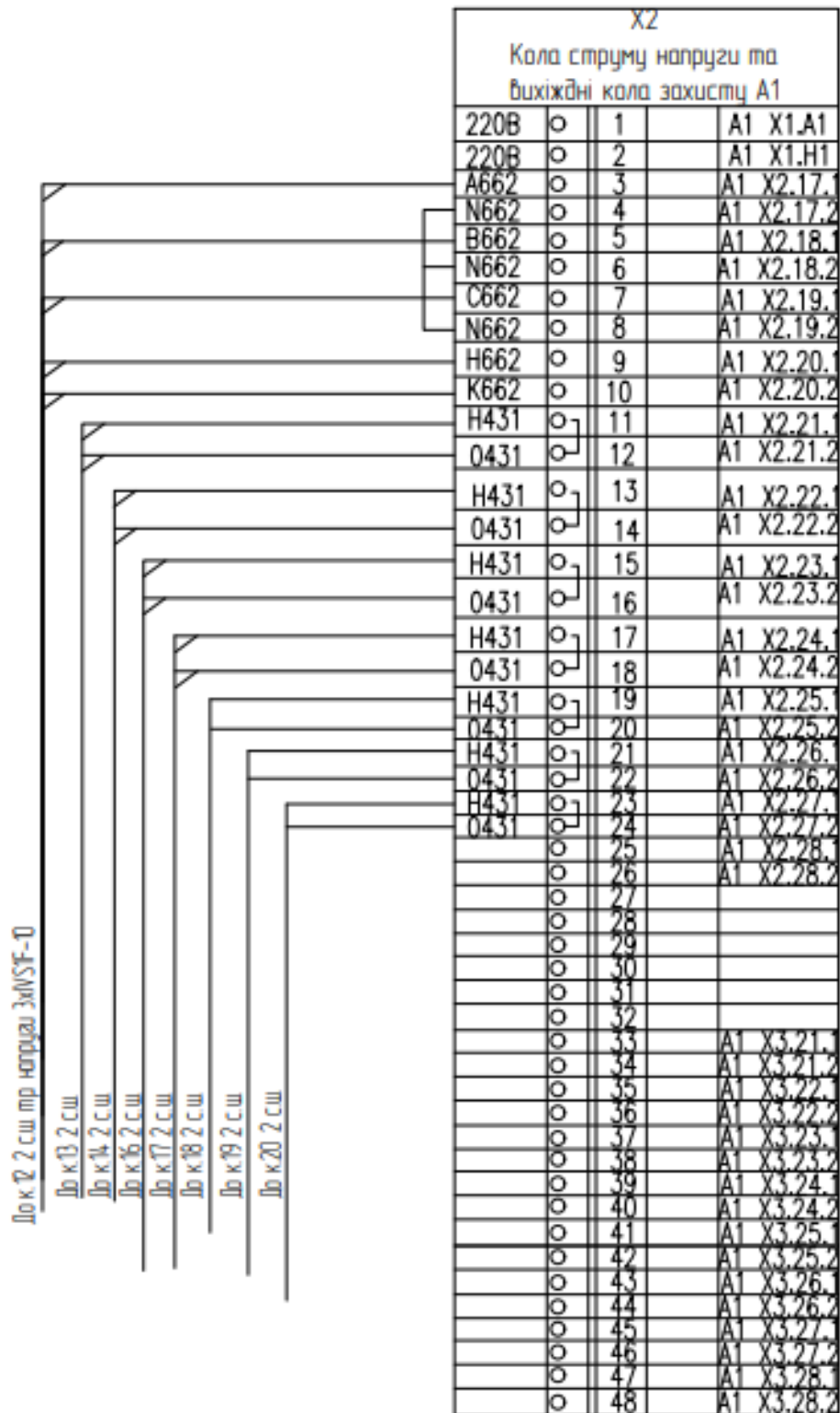


Рисунок 3.11 – Ряди затискачів А1 (2)

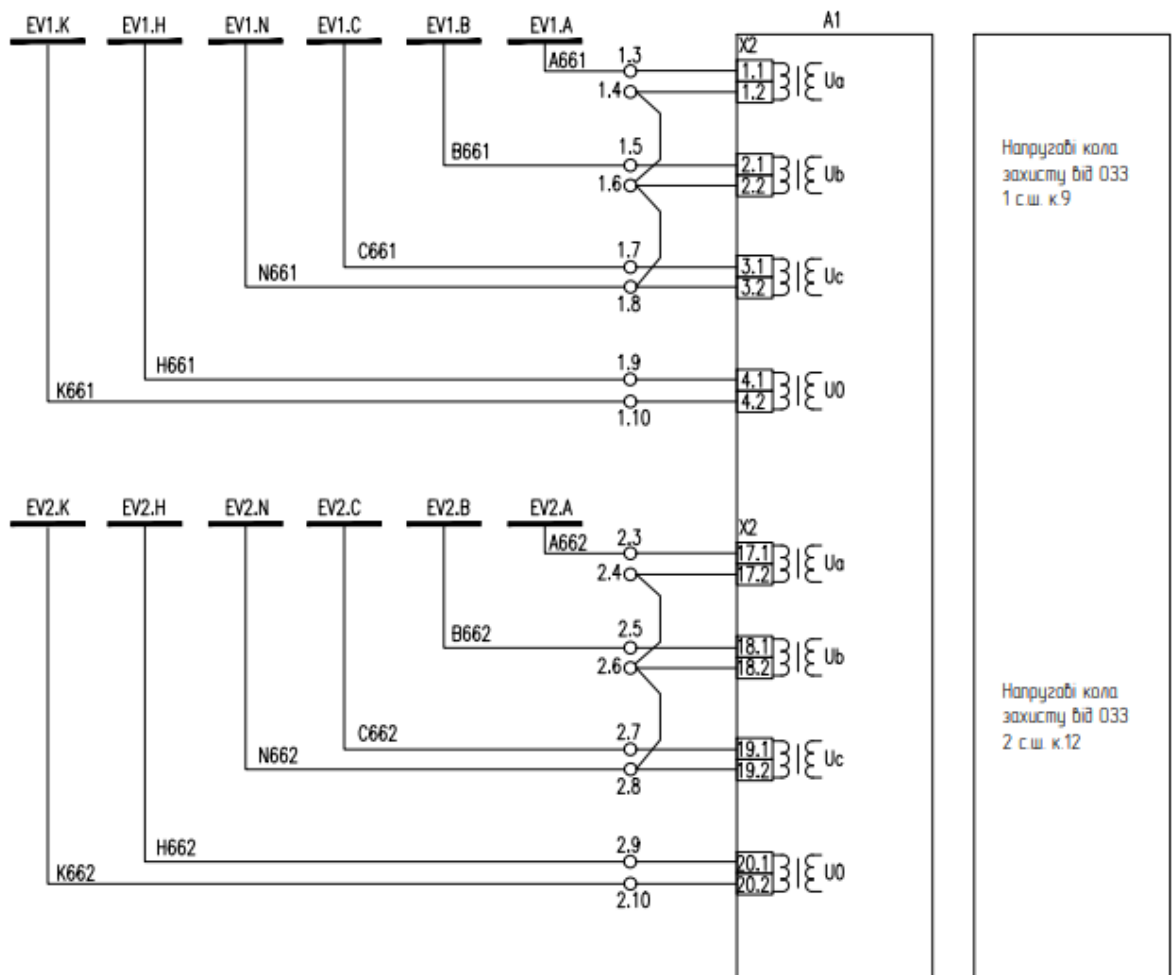


Рисунок 3.12 – Кола напруги

### Уставки пристрою "АЛЬТРА"

Напруга спрацювання максимального органу напруги нульової послідовності  $3U_{0.c.p.}$ . Враховуючи, що пристрій "АЛЬТРА" працює на основі інформації в початковий момент виникнення ОЗЗ, встановлено, що напруга спрацювання пускового органу максимальної напруги нульової послідовності пристрою "АЛЬТРА" повинна складати:  $3U_{0.c.p.} \approx 20-30V$ . 2. Напруга повернення максимального органу напруги нульової послідовності  $3U_{0.пов.}$ . Визначається на основі коефіцієнта повернення. Рекомендовано приймати значення коефіцієнта в межах  $k_{пов} = 0,7-0,8$ . Тоді  $3U_{0.пов.} \approx 14-24 V$ . 3. Напруга спрацювання максимального органу фазної напруги  $3U_{ф.макс.}$ . Орган спрацювання максимальної фазної напруги потрібний для ідентифікації ОЗЗ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

(відведення від хибних спрацювань під час хитань, поздовжньої несиметрії тощо) та визначення фази з ОЗЗ.  $U_{o.c.p.} = k_{від} \times U_{ф.ном.} \approx 65 \text{ В}$ , де  $k_{від} = 1,1 - 1,2$  - коефіцієнт відведення;  $U_{ф.ном.}$  - номінальна вторинна фазна напруга, що визначається з виразу  $U_{ф.ном.} = 100/\sqrt{3} = 57,73 \text{ В}$ . 4. Напруга спрацювання мінімального органу фазної напруги  $U_{ф.мін.}$ . Орган спрацювання мінімальної фазної напруги потрібний для ідентифікації ОЗЗ (відведення від хибних спрацювань під час хитань, поздовжньої несиметрії тощо) та визначення фази з ОЗЗ.  $U_{ф.мін.} = k_{від} \times U_{ф.ном.} = 50 \text{ В}$ , де  $k_{від} = 0,85-0,87$  - коефіцієнт відведення. Струм спрацювання максимального органу струму нульової послідовності приєднання Іс.з.. Ця уставка використовується для випадку, коли пристрій "АЛЬТРА" застосовується в режимі осцилографа. Для забезпечення селективної роботи пускових струмових органів рекомендується застосовувати наступну методику. Струм спрацювання захисту вибирають з умови  $I_{с.з.} = k_{від} \times k_{к} \times I_{с}$  де  $k_{від} = 0,1$  - коефіцієнт відведення;  $k_{к} = 3-4$  - коефіцієнт, що враховує стрибок ємкісного струму приєднання, що захищають;  $I_{с}$  - ємкісний струм лінії, що захищають. Величину власного ємкісного струму кабельної лінії визначають як  $I_{с} = n \times L \times I_{с0}$ . де  $L$  - довжина кабельної лінії, км;  $n$  - кількість паралельних кабелів в одному приєднанні;  $I_{с0}$  - питомий ємкісний струм кабеля, А/км. У випадку виникнення труднощів розрахунку уставки за струмом за вище наведеною методикою уставку за спрацювання максимального органу струму нульової послідовності  $I_{і0.c.з.}$ , можна задати значення уставки з умови відведення від шумів каналу перетворення аналогового сигналу в цифровий сигнал і вона складає:  $I_{і0.c.з.} = 0,5 \text{ А}$ . 6. Час спрацювання Час вимкнення ОЗЗ визначається як  $t_{вим.ОЗЗ} = t_{3U0} + t_{алг} + t_{с.з.} + t_{вих.KL} + t_{зовн.KL} + t_{ВВ}$ , де  $t_{3U0}$  - час спрацювання пускового органу пристрою за напругою  $3U0$  складає порядку  $0,001 \text{ с}$  (залежить від уставки спрацювання пускового органу);  $t_{алг}$  - час роботи алгоритму захисту, для дугових замикань складає порядку  $0,02 \text{ с}$ ;  $t_{с.з.}$  - уставка за часом спрацювання захисту, мінімальне можливе значення складає  $0,001 \text{ с}$  (у випадку послідовного розміщення в мережі пристроїв час

					<b>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк. 76
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

спрацювання кожного наступного пристрою вибирається на ступінь селективності більшим);  $t_{\text{вих.KL}}$  - час спрацювання вихідного реле пристрою "АЛЬТРА", складає порядку 0,006-0,008 с.;  $t_{\text{зовн.KL}}$  - час спрацювання зовнішнього проміжного реле (в колі управління вимикачем), для сучасних електромеханічних реле цей час складає порядку 0,006-0,008 с,  $t_{\text{ВВ}}$  - власний час вимкнення вимикача, для сучасних вакуумних вимикачів він складає порядку 0,05-0,06 с. Таким чином мінімальний час вимкнення ОЗЗ пристроєм "АЛЬТРА" за дугового замикання складає 0,1 с. Час вимикання ОЗЗ є дещо меншим.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		77

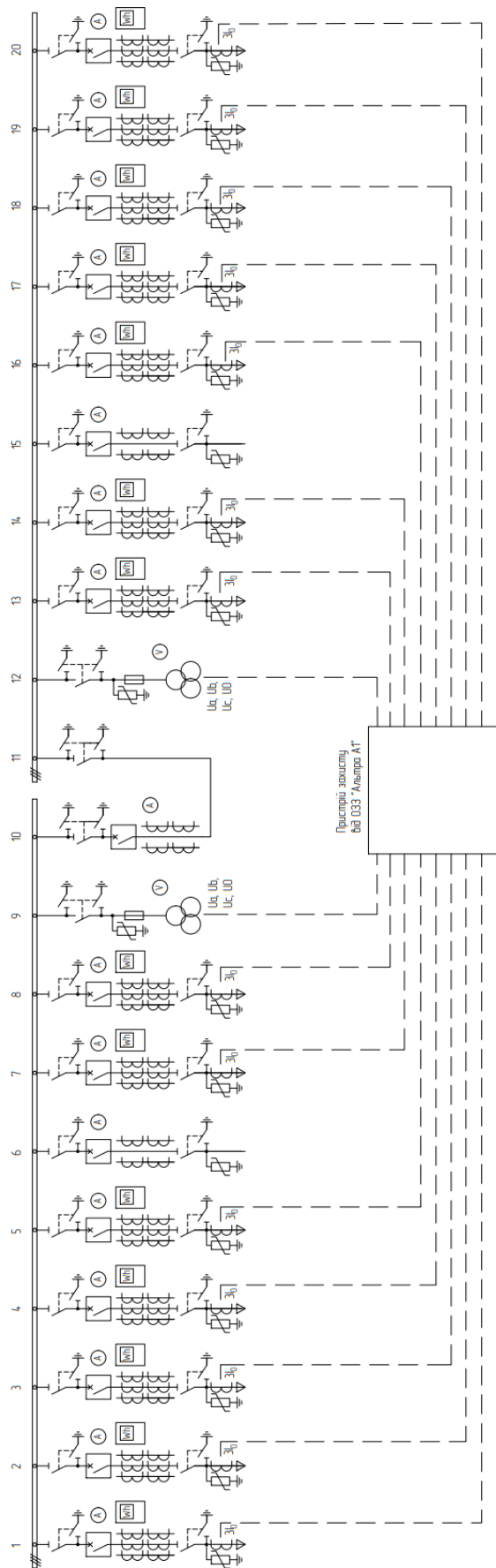


Рисунок 3.13 – Загальна схема підключення пристрою “АЛЬФА”

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
78

### 3.3 Телемеханізація

#### Загальні положення

Проектом передбачено впровадження автоматизованої системи диспетчерського управління (АСДУ) технологічним процесом на контрольованому пункті (КП) ПС РП 10 кВ, суміщеного з ТП 10/0,4 кВ.

Обсяг телесигналізації по підстанціях. В якості давачів ТС використовуються вільні «сухі» контакти блок-контактів вимикачів. Джерело напруги – від пристрою КП, напруга живлення 12 В.

Таблиця 3.3 – Обсяг сигналів телеуправління по підстанціях

№ п/п	Назва контрольованого пункту	Кількість сигналів ТС
1	ПС РП 10 кВ	18 (24)

Таблиця 3.4 – Обсяг сигналів телеуправління по підстанціях

№ п/п	Назва контрольованого пункту	Кількість сигналів ТС
1	ПС РП 10 кВ	25 (32)

Обсяг сигналів телевимірювань (ТВ). В якості джерела сигналів ТВ використовуються вимірювальні перетворювачі серії Е (струму – Е842/2ЭС (17 шт.), напруги – Е855/2ЭС (2 шт.)

Таблиця 3.5 – Обсяг сигналів телеуправління по підстанціях

№ п/п	Назва контрольованого пункту	Кількість сигналів ТС
1	ПС РП 10 кВ	23 (32)

Крім того, можливе використання в якості джерела телеметричної інформації багатофункціональних лічильників електричної енергії, які забезпечують технічний облік електроенергії, вимірювання миттєвих значень струмів, напруг та ін.

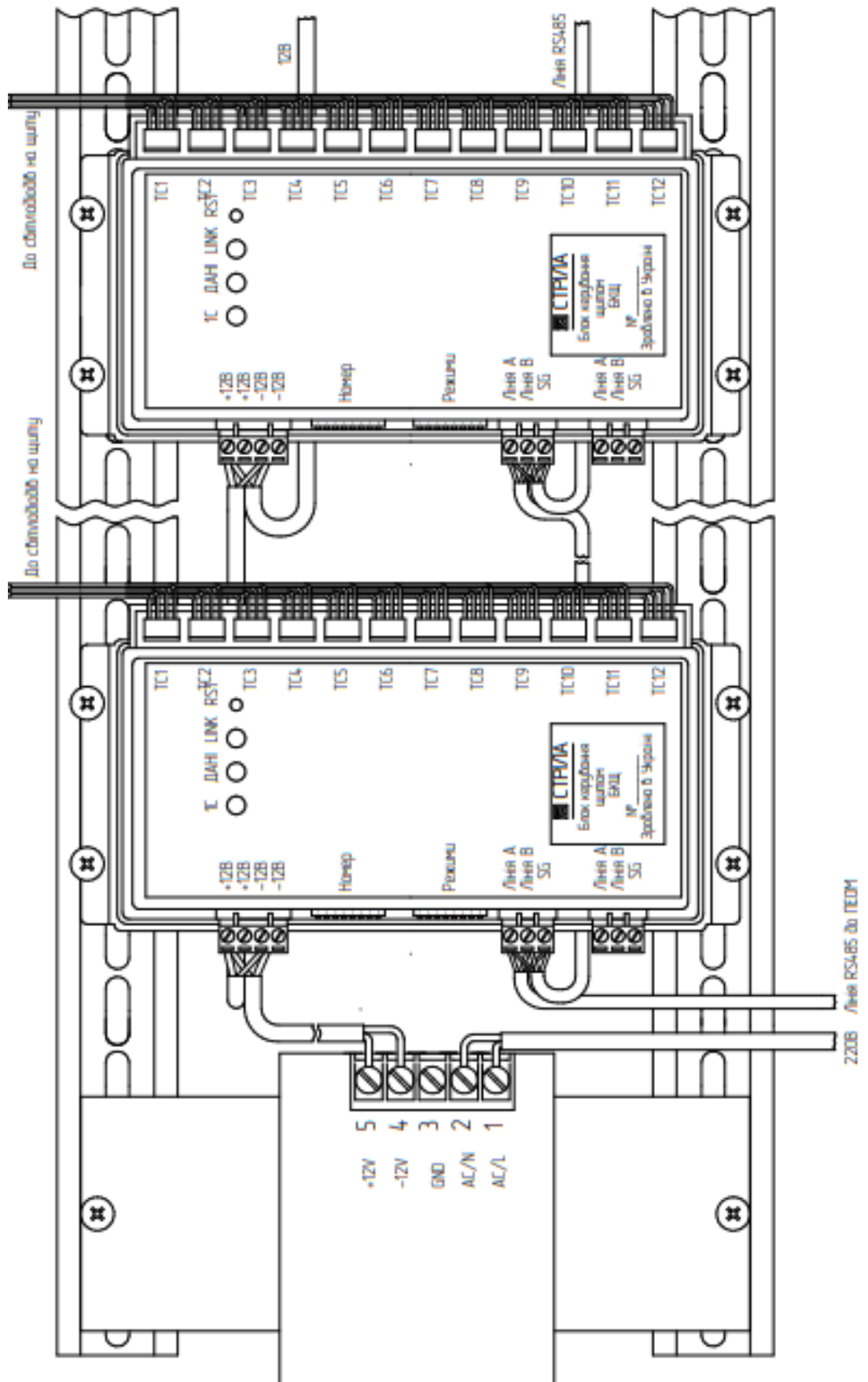


Рисунок 3.14 - Монтаж блоку керування щитом БКЩ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

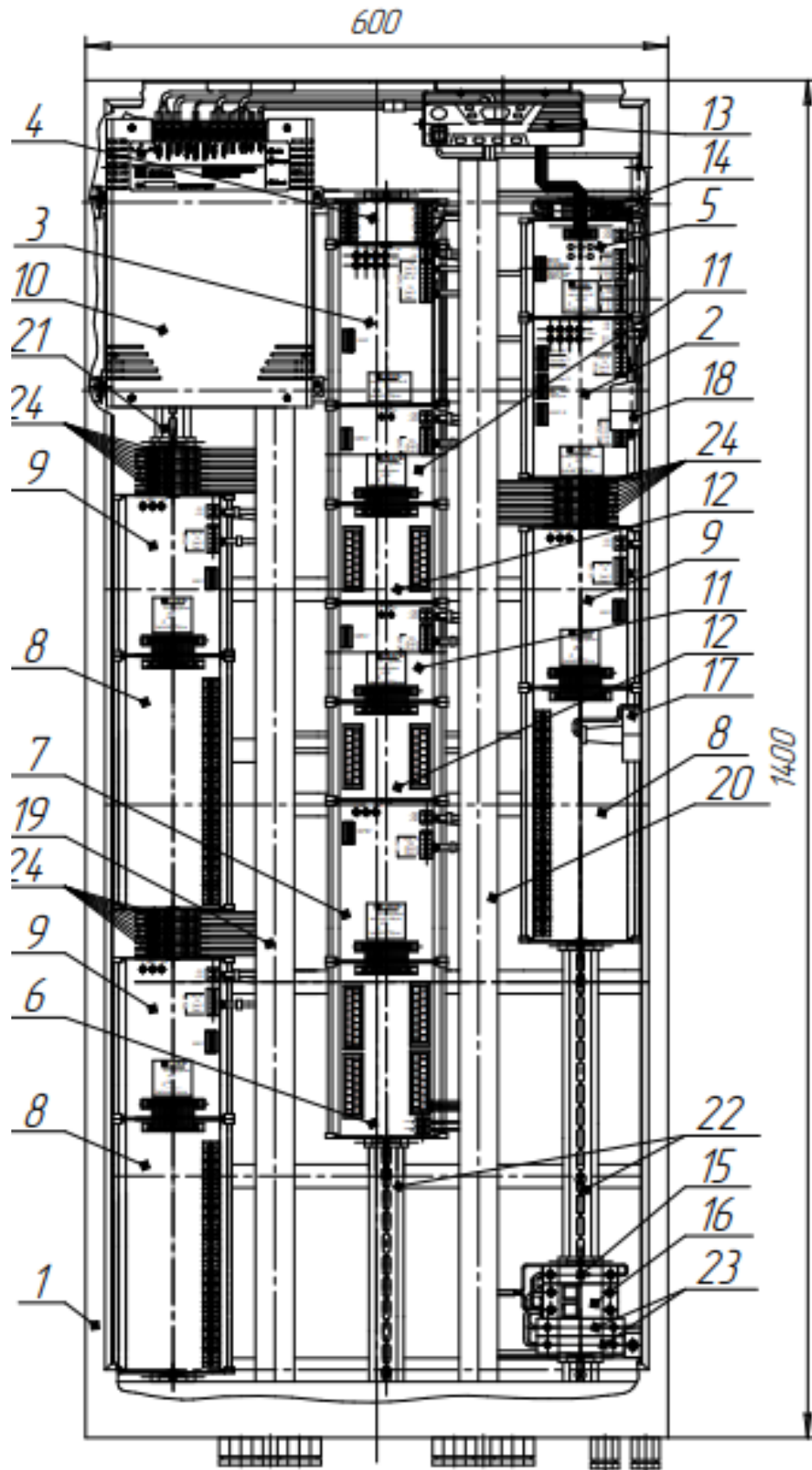


Рисунок 3.14 - Шафа каналного обладнання ШКО (24 ТК, 32ТС,32ТВ)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
81



складати  $T_{в}=+5^{\circ}\text{C}$ . Проектом передбачено електричне опалення приміщень. У якості нагрівальних приладів використовуються електричні конвектори "Термія" потужністю 1,5кВт, для регулювання температури повітря обрано конвектори з двоступеневим регулятором потужності. Кріплення конвекторів до стін виконується за допомогою кронштейнів, що надаються в комплекті.

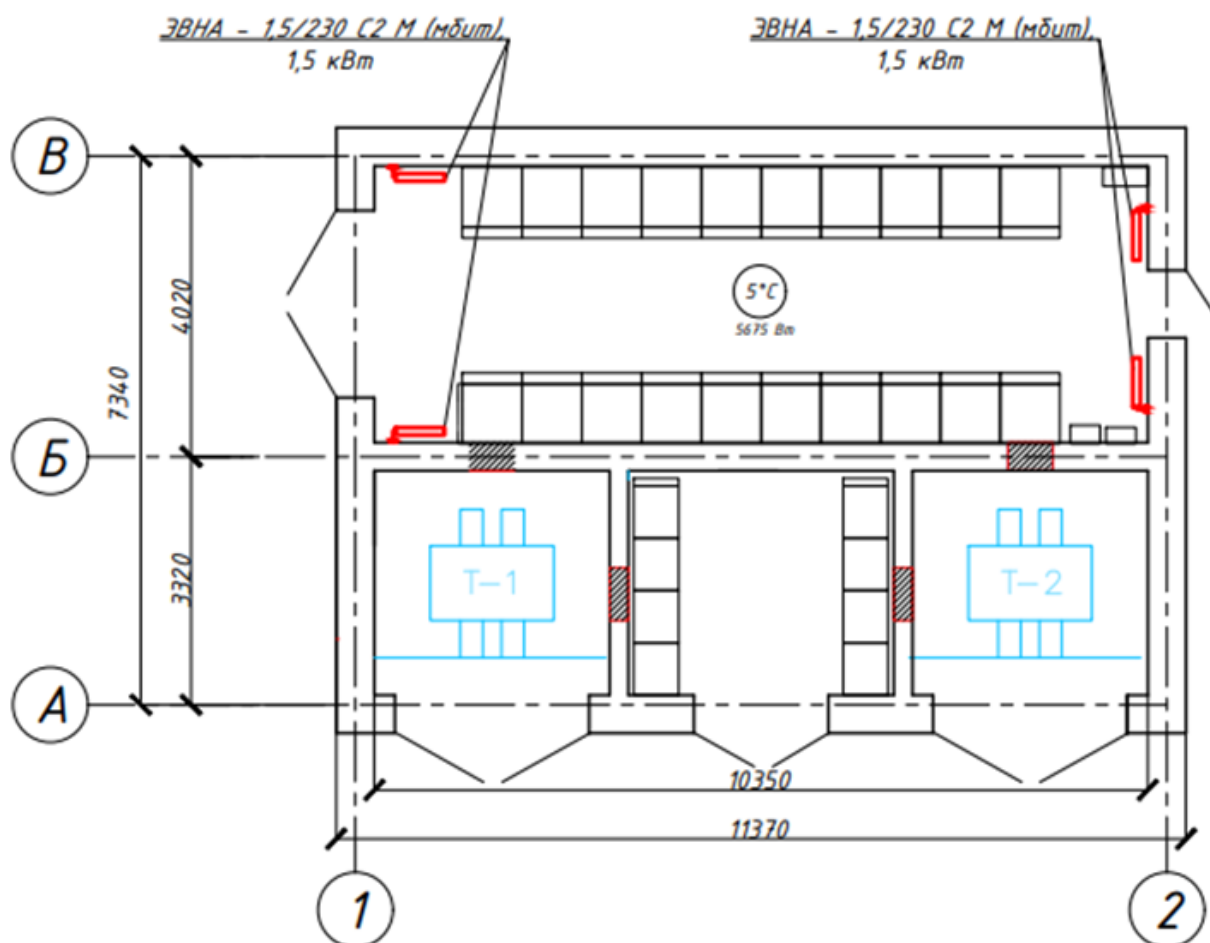


Рисунок 3.15 – План розташування системи опалення приміщення трансформаторної

Вентиляція.

Розрахункова температура зовнішнього повітря: - у холодний період для опалення і вентиляції - мінус  $26^{\circ}\text{C}$ ; Внутрішні розрахункові температури в приміщеннях прийняті згідно діючим санітарним й будівельним нормам. В будівлі РП 10 кВ, суміщеного з ТП 10/0,4 кВ передбачається облаштування

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
83

системи припливно-витяжної вентиляції приміщень трансформаторних камер. Приплив та витяжку в приміщеннях, передбачити через металеві решітки РВ1500х1000.

Для забезпечення температурного режиму в приміщенні РУ-10кВ, який на вимогу п.12.4.4 [8] не повинен перевищувати +40°С, встановлено зовнішні кондиціонери марки Electrolux EACS/I-24Н у кількості 2 штуки, потужністю по 7кВт кожен.

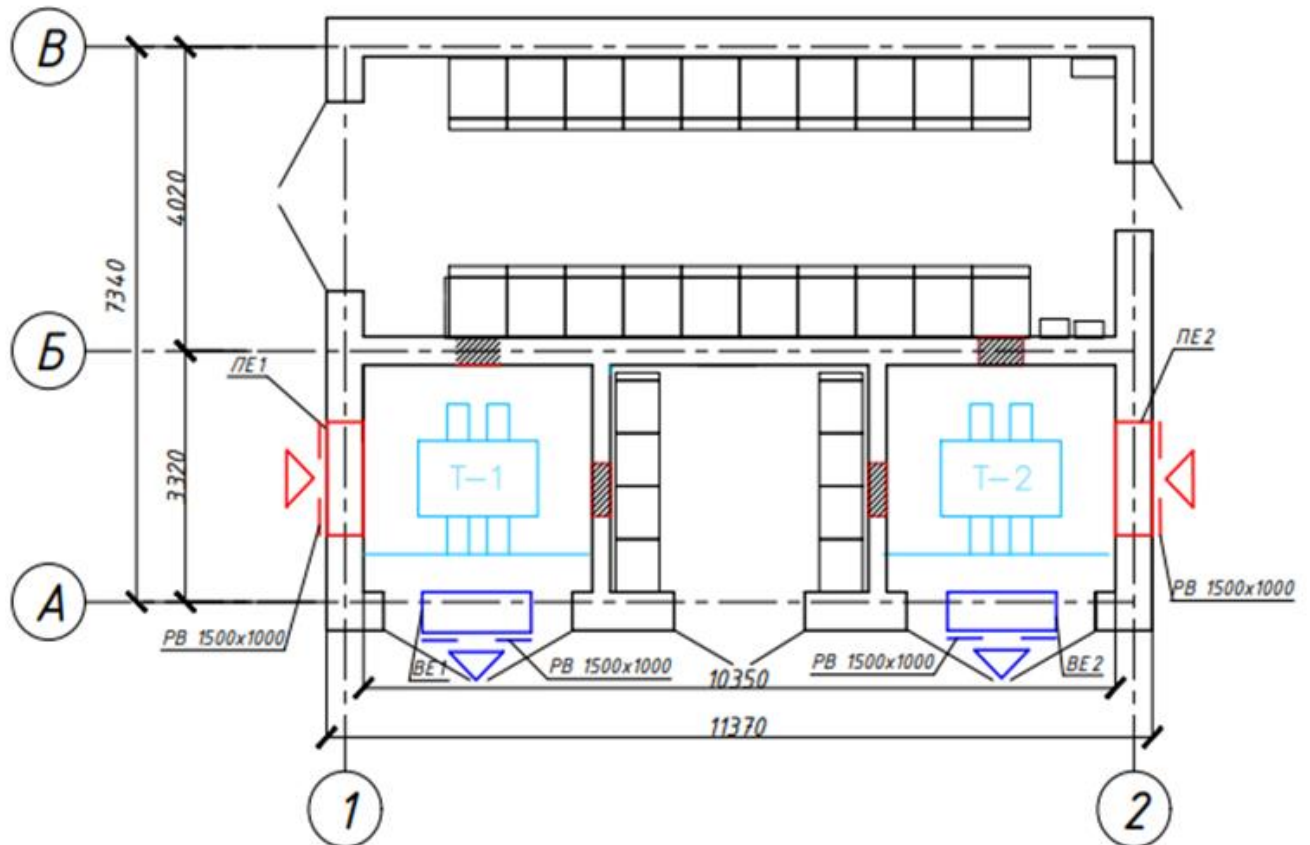


Рисунок 3.16 – План розташування системи вентиляції приміщення трансформаторної

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
84



Рисунок 3.17 – Кондиціонери марки Electrolux EACS/I-24H

### 3.5 Електричне освітлення

У даному пункті виконано розробку мережі робочого та ремонтного освітлення приміщень РП суміщеного з ТП 10/0,4. Джерелом живлення є щит власних потреб, розташований у РП - 10 кВ.

Проводка освітлювальної мережі виконана кабелем ВВГнг 3х1,5 мм<sup>2</sup> відкрито у кабельному каналі. Прокладення проводок згідно плану. Керування освітленням здійснюється за допомогою вимикачів, розташованих біля входів до приміщень на висоті 1,5 м. від підлоги. Опуски до вимикачів виконуються відкрито у відгалуженні кабельного короба 15х10 мм.

Ремонтне освітлення складається зі понижуючих трансформаторів ЯТП 220/36 та розеток на 36 В. розташованих на відм. 1.000. Опуски до розеток виконуються відкрито у відгалуженні кабельного короба 15х10 мм.

Аварійне (евакуаційне) освітлення складається з світильників з АКБ та

вогнетривкої проводки, прокладеної відкрито у коробі 10x15 мм на відм 3,000.

Аварійні світильники розташовані на відм. +3,000 над евакуаційними виходами у РП-10 та РП - 0,4.

Вибір величин нормованої освітленості, коефіцієнта запасу виконаний на основі ДБН В.2.5-28.2018.

Як джерела світла прийняті світлодіодні світильники.

Електричні мережі виконуються з TN-S-C системою заземлення. Марка, перерізи і способи прокладення кабелів приведені на планах і однолінійній схемі

Заземлення корпусів світильників виконати приєднанням до третьої захисної жили кабеля відповідно до НПАОП 401-132-01, прокладеного від найближчої відгалужувальної коробки. Заземлення корпусу світильника - відгалуженням від нульової робочої жили кабелю усередині світильника забороняється.

За умовну позначку 0.000 прийнято рівень чистої підлоги боксів.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		86

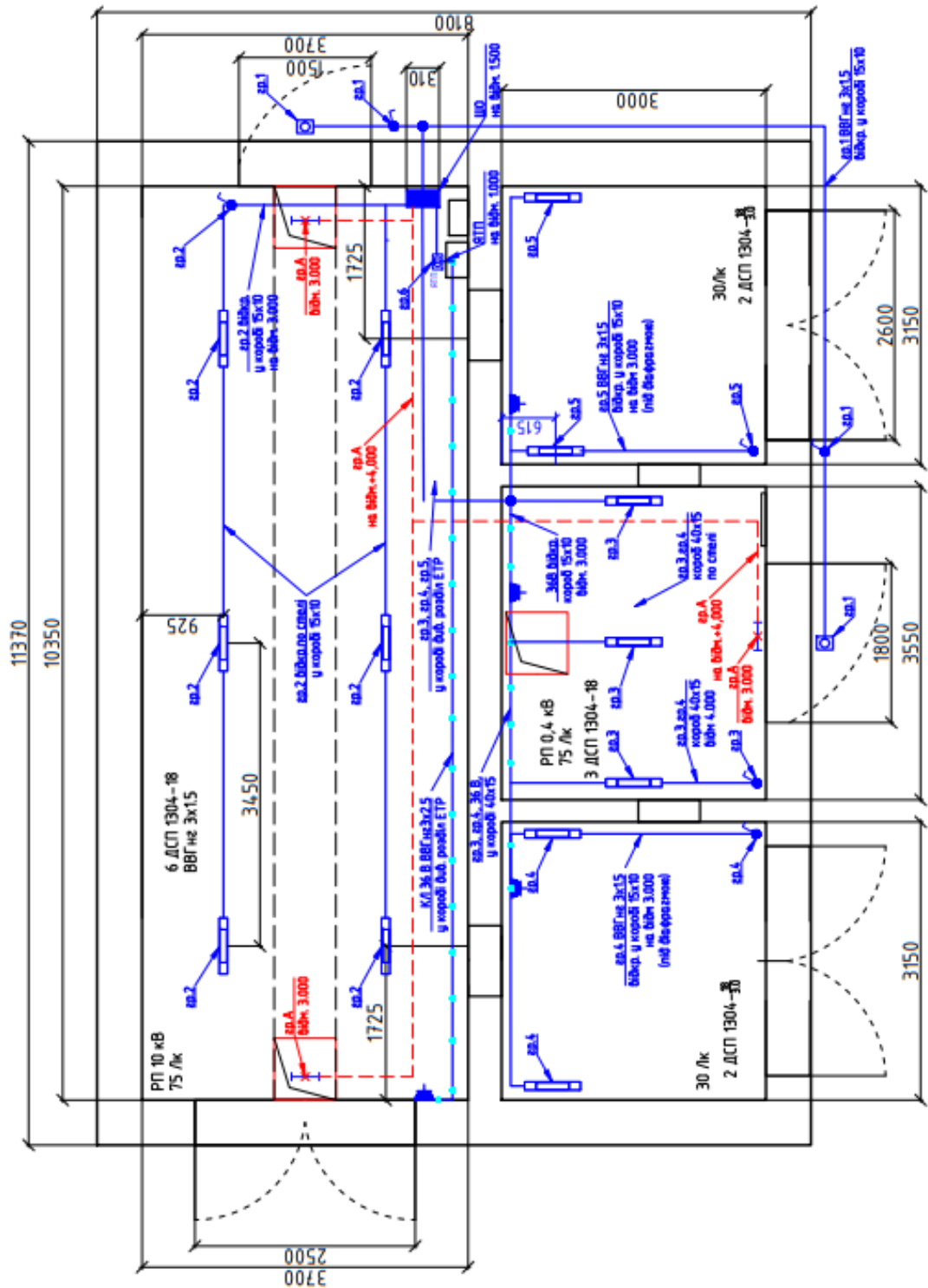


Рисунок 3.18 – План розташування електричного обладнання і проводки

### Висновки до третього розділу

У даному розділі було виконано розрахунки, що підтверджують працездатність проекту розподільчого пункту та трансформаторної підстанції,

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
87

було виконано комплексний аналіз та проектування ключових систем, таких як електропостачання, релейний захист, телемеханізація, опалення, вентиляція та освітлення.

Розрахунок потужності трансформаторів показав відповідність їх характеристик заданому максимальному навантаженню ТП. Проектні системи релейного захисту гарантують оперативне відключення аварійних ділянок, що мінімізує ризик пошкоджень і підвищує надійність експлуатації РП з ТП.

Інтеграція системи телемеханіки дозволяє здійснювати централізований моніторинг і управління, забезпечуючи високий рівень автоматизації та оперативності. Системи опалення й вентиляції розроблено з урахуванням нормативних вимог, що забезпечує належний мікроклімат для персоналу та обладнання. Крім того, електричне освітлення було спроектоване таким чином, щоб створити комфортні та енергоефективні умови для роботи.

Узагальнюючи, проведені розрахунки та прийняті технічні рішення, відповідність проєкту сучасним вимогам безпеки, енергоефективності та надійності, що забезпечать стабільну й ефективну роботу розподільчого пункту та трансформаторної підстанції.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		88

## ВИСНОВКИ

В процесі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено проект будівництва розподільчого пункту (РП) 10 кВ, суміщеного з трансформаторною підстанцією (ТП) 10/0,4 кВ. Основними досягненнями роботи є:

1. Аналіз сучасних методів проектування: проведено огляд нових технологій і підходів до проектування РП і ТП. Результати показали, що впровадження сучасних мікропроцесорних пристроїв, програмного моделювання та енергоефективних технологій значно підвищують надійність і продуктивність енергетичних об'єктів.

2. Розрахунки та вибір обладнання: виконано аналіз і підбір основного обладнання, включаючи трансформатори, вакуумні вимикачі та кабельні лінії. Обране обладнання відповідає технічним вимогам, нормам безпеки та забезпечує оптимальну продуктивність.

3. Проектування схеми розташування: розроблено компоновку обладнання РП і ТП, що забезпечує зручність обслуговування та мінімізує втрати електроенергії.

4. Екологічна і безпекова частина: розроблено комплекс заходів для мінімізації впливу на навколишнє середовище, а також заходи з охорони праці для безпечної експлуатації об'єкта.

### Висновки щодо реалізації проекту

1. Проект будівництва РП і ТП відповідає сучасним стандартам енергетики та потребам міста. Реалізація запропонованого рішення забезпечить:

- стабільне електропостачання для житлових, комерційних та промислових об'єктів міста;
- підвищення надійності енергомережі та зменшення втрат електроенергії;
- створення умов для подальшого розвитку міської інфраструктури.

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2. Запропоновані технічні рішення є екологічно безпечними, відповідають нормам охорони праці та мінімізують ризики для навколишнього середовища.

Результати роботи свідчать про доцільність та ефективність реалізації проекту. Запропонований РП і ТП стане важливим елементом міської енергетичної інфраструктури, сприяючи підвищенню якості життя мешканців і сталому розвитку міста.

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій» [Електронний ресурс]. - Режим доступу:  
[https://econstruction.gov.ua/laws\\_detail/3260441209981634046?doc\\_type=2](https://econstruction.gov.ua/laws_detail/3260441209981634046?doc_type=2)
2. Betonbau офіційний сайт. [Електронний ресурс]. - Режим доступу:  
<https://gritec.com/ua/o-spolecnosti/>
3. Державний класифікатор будівель та споруд ДК 018-2000 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va507565-00#Text>.
4. Іваненко І. П. Теорія та практика сучасних інформаційних технологій. Київ: Наукова думка, 2020. – 320 с.
5. Сидоренко О. В. Основи проектування інформаційних систем. Львів: Світ, 2018. – 250 с.
6. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Київ: Мінрегіон України, 2018. – 64 с.
7. ДБН Б.1.1-12:2021. Планування та забудова територій. Київ: Мінрегіон України, 2021. – 83 с.
8. Правила улаштування електроустановок / Мінпаливенерго України. Київ, 2017 (офіційне видання). - 616 с.
9. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Київ: Мінрегіон України, 2016. – 35 с.
10. ДБН А.3.2-2:2009. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення. Київ: Мінрегіон України, 2009. –176 с.
11. НАПБ В.01.034. Правила пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України. – 98с.
12. НАПБ 05.028. Протипожежний захист енергетичних підприємств, окремих об'єктів та енергоагрегатів. Інструкція з проектування і експлуатації. – 96 с.

					<b>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						91
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

13. ДБН А.3.1-5. Організація будівельного виробництва. . Київ: Мінрегіон України, 2016 -- 72 с.

14. Інструкція НКРЕ про порядок комерційного обліку електроенергії № 2539 від 02.10.2015. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va349227-98#Text>.

15. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд Мінрегіон України, 2006 рік, 42 с.

16. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. Мінрегіон України, 2006 рік, 40 с.

17. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. Мінрегіон України, 2006 рік, 54 с..

18. ГКД 34.21.260-2003. Технологічна інструкція з застосування та прокладання сигнальної стрічки в траншеях із силовими кабелями напругою до 35 кВ та контрольними кабелями. Мінрегіон України, 2003 рік, 22 с.

19. Закон України "Про затвердження Правил користування електричною енергією" від 31.07.1996 № 28.

20. Карякін Р. Н. Довідник з блискавкозахисту. Енергія, 2005. – 224 с.

21. Долін П. А. Основи техніки безпеки в електроустановках. М.: Енергія, 1979. - 224 с.

22. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2015. 32 с.

23. Постанова Кабінету Міністрів України №560 від 10.05.2018. Про затвердження Порядку розроблення проектної документації на будівництво об'єктів. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://minregion.gov.ua>

24. Методичні вказівки до оформлення та підготовки до захисту дипломних проектів та робіт для студентів напряму 6.050701 «Електротехніка та електротехнології». Укладачі: В.В. Кирик, В.В. Чижевський. Київ: НТУУ «КП ім. Ігоря Сікорського», 2016. 56 с.

					<b>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						92
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

25. Офіційний сайт Мінрегіон України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://minregion.gov.ua>.

26. ДСТУ Б В.2.6-200:2014. Конструкції будівель і споруд. Основи проектування енергозберігаючих будівель. Київ: Мінрегіон України, 2014. - 40 с.

27. ДСТУ EN 1991-1-4:2020. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-4: Дії вітру. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2020. – 88 с.

28. ДСТУ Б В.2.2-12:2019. Будівлі та споруди. Загальні вимоги до проектування. Київ: Мінрегіон України, 2019. - 46 с.

29. Електрична частина станцій та підстанцій: метод. рекомендації до виконання курс. проекту. Укладачі: А. Ю. Орлович, О. В. Співак. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. - 60 с.

30. Комплектні трансформаторні блочні підстанції напругою 35-220 кВ. Рівне, 2018. - 312 с.

31. Схеми принципів електричних розподільних установок напругою від 6 кВ до 750 кВ електричних підстанцій: Настанова. Міністерство енергетики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://minenergo.gov.ua>.

					<i>МРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		93

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		94

ДОДАТКИ

					<i>MPMA 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		95

Додаток А

Таблиця А.1 – Специфікація матеріалів та обладнання для влаштування ТП

Позашія	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опційного листа	Код обладнання, виробу, матеріала	Забод - виробник	Облиця виміру	Кількість
1	2	3	4	5	6	7
	Електротехнічне обладнання					
1	Трансформатор силовий масляний герметичний	ТМГ-630/10/0,4	двб.-ЕТР/Л03	Укрелектроапарат	шт	2
2	Комірка лінійна	КСО 306-ПВ У3	двб.-ЕТР/Л01	Валон-А	шт	16
3	Комірка з тр. напруги	КСО 306-11 У3	двб.-ЕТР/Л01	Валон-А	шт	2
4	Комірка секційна	КСО 306-14В У3	двб.-ЕТР/Л01	Валон-А	шт	1
5	Шинний мст L=1800	ШМ-2	двб.-ЕТР/Л01	Валон-А	шт	2
6	Комірка лінійна	Щ094-1322У3	двб.-ЕТР/Л02	Електроапарат	шт	6
7	Комірка відбана	Щ094-1102У3	двб.-ЕТР/Л02	Електроапарат	шт	2
8	Комірка торцеда (ліва + права)	ШМ-2	двб.-ЕТР/Л02	Електроапарат	шт	2
9	Шинний мст L=2200			Електроапарат	шт	1
10	АВР Іп=125А, Іп=100А	NZ7-125S/3 100А	422134	СНІНТ	шт	1
11	Автоматичний вимкач Іп=16А	NB1-63 3P C16	179700	СНІНТ	шт	1
12	Автоматичний вимкач Іп=10А	NB1-63 1P C10	179614	СНІНТ	шт	2
13	Автоматичний вимкач Іп=6А	NB1-63 1P C6	179625	СНІНТ	шт	3
14	Диференційний автоматичний вимкач Іп=16А	NB1L 1P-N C16 30mA	203107	СНІНТ	шт	2
	Інші виробу					
1	Труба гнучка двостінна гофрована електротехнічна Dп=160 мм стінка 17 мм	ГТ Д110/ПНТ	121916А	ПраТ ДКС "Зкраїна"	м	36
2	Труба гнучка двостінна гофрована електротехнічна Dп=110 мм стінка 16 мм	ГТ Д110/ПНТ	121911А	ПраТ ДКС "Зкраїна"	м	48
3	Труба гнучка двостінна гофрована електротехнічна Dп=75 мм стінка 12,5 мм	ГТ Д110/ПНТ	121915А	ПраТ ДКС "Зкраїна"	м	1
4	Заглушка на трубу гнучку двостінну гофровану D160 мм		23160	ПраТ ДКС "Зкраїна"	шт	32
5	Заглушка на трубу гнучку двостінну гофровану D110 мм		23110	ПраТ ДКС "Зкраїна"	шт	48
6	Ущільнювальне кільце		16160	ПраТ ДКС "Зкраїна"	шт	32
7	Ущільнювальне кільце		16110	ПраТ ДКС "Зкраїна"	шт	48
8	Спрчка сигнальна "Обережно, кабель"	ЛСЗ 300			м	4
9	Кабельний тримач D=40-60 мм	ВНР-20	ВНР2006	ПраТ ДКС "Зкраїна"	шт	2
10	Прокладка силіконова термостійка	ВНР-80	ВНР8010	ПраТ ДКС "Зкраїна"	м	0,4
11	Хочит з монтажником ХТ11 3,0х200	УН#61-3-200-100		ІЕК	шт	6
12	Розподільна коробка 70х70х40	УКОЗТ1-070-070-040-К41-44		ІЕК	шт	2
13	Розетка			ІЕК	шт	2
14	Кабельний канал 100х40	СКК-400-Р40-К01		ІЕК	м	38
15	Кабельний канал 40х25	СКК10-040-025-1-К01		ІЕК	м	29
16	Розподільна перегородка	СКК-400-Р40-К01		ІЕК	м	114
17	T-подібний кут	СКК-400-Т-100-040-К01		ІЕК	шт	5
18	Внутрішній кут	СКК-400-Х-100-040-К01		ІЕК	шт	2
19	Плоский кут	СКК-400-Р-100-040-К01		ІЕК	шт	4
20	Фіксатор кабелю універсальний	СКК-400-FU-K03		ІЕК	шт	38
21	Внутрішній кут	СКМР100-V-040-025-K01		ІЕК	шт	2
22	T-подібний кут	СКМР100-T-040-025-K01		ІЕК	шт	1

Таблиця А.2 - Специфікація матеріалів та обладнання для влаштування ТП

Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріала	Завод-виробник	Об'ємна виміру	Кількість
1	2	3	4	5	6	7
23	Поворот 90°	СКМР100-Р-040-025-К01		ІЕК	шт	1
24	Корпус металевий ШМТ	УКМ42-02-31-Р		ІЕК	шт	1
25	Бокс ШРН	МКР82-Н-18-41-10		ІЕК	шт	1
26	Шина з'єднувальна	УНС21-3-100		ІЕК	шт	1
27	DN-рейка	УОН10-0045		ІЕК	шт	1
28	Брус дерев'яний (хвоя) 80х60, L=3000				шт	2
29	Гофротруба φ29	РА612935FO		ПРАТДКС Україна*	м	11
30	Фасадний кронштейн	SC 93-6 PC		SISAME	шт	6
31	Доска	АЦЗМД 400-80х15х2			шт	4
32	Доска	АЦЗМД 400-85х15х2			шт	4
	Металеві вироби					
1	Полоса 40х4	NC2444			м	77
2	Хрестовий тришач полосо-полоса	NG3105			шт	2
3	Скоба-тришач полосо заземлення	ND2312			шт	31
4	Ізолятор опорний	ИОС-10		Енергомаш	шт	16
5	Ізолятор прохідний	ИП-10/630-750-И2		Енергомаш	шт	6
6	Шинний тришач	ШП-1-375А У1		Енергомаш	шт	32
7	Куттик 40х40х3				м	2
8	Куттик 110х110х7				м	1
9	Полоса 6-4х50				м	15
10	Швелер вигнутий 60х40х2,5				м	4
11	Шина алюмінієва	АД31Т-8х80			м	32
12	Шина алюмінієва	АД31Т-5х50			м	12
13	Лист 1000х450				шт	2
14	Круг	В6			м	18
15	Дірт круглий φ4, L=18				шт	8

Таблиця А.3 – перелік будівельних робіт які потрібно виконати

№	Назва виду об'ємів робіт	Од. виміру	Кількість
	Будівельні роботи РП		
1	Монтаж силового трансформатора ТМГ-630/10/0,4	шт	2
2	Монтаж комірок в РП-10кВ (КСО 306-17В УЗ) маса 380кг	шт	16
3	Монтаж комірок в РП-10кВ (КСО 306-11 УЗ) маса 280кг	шт	2
4	Монтаж комірок в РП-10кВ (КСО 306-14В УЗ) маса 480 кг	шт	1
5	Монтаж шинного моста ШМ-2 L=1800 маса 200кг	шт	2
6	Монтаж комірок в РП-0,4кВ (ЩО94-1322УЗ) маса 350кг	шт	6
7	Монтаж комірок в РП-0,4кВ (ЩО94-1102УЗ) маса 350кг	шт	2
8	Монтаж секційного шинного моста L=2200мм маса 200кг	шт	1
9	Монтаж торцевих комірок в РП-0,4кВ (ліва + права) маса 50кг	шт	2
10	Монтаж плити прохідної з ізоляторами 10кВ (1000x450) (див. арк.3-ЕТР.ЕМК)	шт	2
11	Монтаж плити прохідної азбестоцементної 0,4кВ (800x300) (див. арк.2-ЕТР.ЕМК)	шт	2
12	Монтаж металакструкцій діафрагми трансформатора з сталі листавої 3,5x2м	шт	2
13	Монтаж металакструкцій для кріплення ізоляторів шин 0,4кВ (див. арк.1-ЕТР.ЕМК)	шт	4
14	Монтаж шин 50x5	м	12
15	Монтаж шин 80x8 на опорних ізоляторах ИОС-10	м	28
16	Монтаж бар'єру (див. арк.4-ЕТР.ЕМК)	шт	2
17	Монтаж заземлення нейтралі трансформатора	шт	2
18	Улаштування контуру заземлення РП половою 40x4 та приєднання контуру до металевих частин обладнання зварюванням	м	71
19	Улаштування входу кабелів в РП-0,4кВ через трубу ГГДТП $\phi$ 75 (1м) з герметизацією піною однокомпонентною безнетрибукою	шт	1
20	Монтаж металевої шафи з кріпленням з обладнанням АВР	шт	1
21	Монтаж металевої шафи з кріпленням з обладнанням Альтра	шт	1
22	Монтаж шафи власних потреб з кріпленням	шт	1
23	Монтаж автоматичних вимикачів в шафі власних потреб	шт	8
24	Монтаж кабелю ВВГнгд-1 4x25 в гофротрубі $\phi$ 29 з кріпленням по всій довжині	м	11
25	Монтаж кабелю ВВГнгд-1 4x25 в гофротрубі $\phi$ 29 в кабельному каналі 100x40	м	12
26	Монтаж кабелю ВВГнгд-1 2x4 в кабельному каналі 100x40	м	7
27	Монтаж кабелю ВВГнгд-1 2x4 в кабельному каналі 40x25	м	29
28	Монтаж кабелю КВВГЕнгд-1 4x2,5 в кабельному каналі 100x40	м	31
29	Монтаж кабельного каналу 100x40 з кріпленням по всій довжині	м	38
30	Монтаж кабельного каналу 40x25 з кріпленням по всій довжині	м	29
31	Монтаж розподільчої коробки	шт	2
32	Монтаж розетки	шт	4
33	Монтаж труби ГГДТП $\phi$ 160 в кабельні входи РП-10кВ (L=2м)	шт	16
34	Монтаж труби ГГДТП $\phi$ 110 в кабельні входи РП-0,4кВ (L=2м)	шт	24

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

98

Таблиця А.4 – Специфікація матеріалів та обладнання для влаштування ТП

Поз.	Найменування та технічні характеристики	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання виробу, матеріала	Завод-виробник	Одиниця виміру	Кількість
1	2	3	4	5	6	7
	<u>Електрообладнання</u>					
ЩР1	Щит розподільчий навісний, 12мод., ІР 31, у складі: автомат. вимикачі, 3-пол., 16А; 1-пол., 10А; 1-пол., 16А; Ящик з пониж. тр-ром 220/36 В	ЩРН-12з-1 36 УХЛЗ ВА47-29 3Р 16 А х-ка В ВА47-29 1Р 10 А х-ка В ВА47-29 1Р 16 А х-ка В ЯТП-0,25 220/36-3 36 ІР30	МКМ14-N-12-31-Z MVA20-3-016-B MVA20-1-010-B MVA20-1-016-B МТТ13-036-0250	ІЕК ІЕК ІЕК ІЕК ІЕК	од од од од од	1 1 8 1 1
	<u>Освітлювальне обладнання</u>					
	Світильник світлодіодний 600 мм ІР65.	ДСР 1304-18-4500	ДСР-03М-8-4500-К01	ІЕК	од	13
	Світильник світлодіодний зовнішній ІР54; 12 Вт.	ДПО 4012-12	ДРО-412-12-4000-К01	ІЕК	од	2
	<i>Світильник аварійний с АКБ 5 Вт</i>	LDPA05031-3-20-K01	LDPA05031-3-20-K01	ІЕК	од	2
	<u>Кабелі і дроти</u>					
	Кабель силовий, пер. 3х2,5 кв.мм.	ВВГнг; ГОСТ 16442-80			км	0,03
	Кабель силовий, пер. 3х1,5 кв.мм.	ВВГнг; ГОСТ 16442-80			км	0,12
	Кабель силовий, пер. 3х1,5 кв.мм. вогнестійкий	НХН-FE 180/Е30			км	0,03
	<u>Вироби та матеріали</u>					
	Розетка зовнішня 36 В. (для переносного світильника)				од	4
	Коробка роз'язачна зовнішня 50х50		UK010-050-050-020-K01	ІЕК	од	7
	Вимикач 1-кл. накладний	Palmitje IP54	90555401	Viko	од	4
	Кабельний канал 15х10 мм				м	50
	Кабельний канал 40х16 мм				м	25

Таблиця А.5 – табличне зображення характеристики та описів параметрів телемеханізації

№ п/п	Характеристики параметрів	Опис характеристик
1	Протокол передачі інформації (рівень зв'язку)	Протокол передачі: MODBUS/TCP/IP, MEK60870-5-104 - передача даних на верхній рівень управління (ОІК ОДС); MEK 60870-5-101 обмін даними в каналі зв'язку ДП -КП
2	Швидкість передачі даних	Швидкість передачі даних на верхній рівень управління визначається швидкістю обміну даних в локальній вчислювальній мережі. Швидкість передачі даних між ПДКЦ і КП визначається типом каналу зв'язку. Для вузькосмугового радіоканалу - 2400 б/с
3	Передача даних від давачів дискретних сигналів ТС Передача поточних даних ТВ від нормованих перетворювачів вимірюваних сигналів Прийом команд телеуправління двопозиційними об'єктами	Загальна інформаційна ємність - до рівня реальних потреб Дискретність модулів: ТС – 32; ТК – 8; ТВ – 16.
4	Передача даних обліку електроенергії, отриманих від електронних лічильників по шині RS485	Лічильники «Енергія», «Елвін», ADD, EPQS, SL7000, «Арго», «Облік», ZFD410СТ. Кількість лічильників не обмежена і визначається для кожної конкретної підстанції. Можливе використання лічильників інших типів при наявності їх протоколів обміну даними
5	Інформаційний обмін із сучасними мікропроцесорними пристроями захисту і автоматики	По стандартному протоколу MODBUS/TCP/IP, або при наявності протоколів обміну даними з вказаними мікропроцесорними пристроями захисту і автоматики
6	Наявність в КП можливостей підключення засобів діагностики і наладки	Виконується за допомогою ноутбука, з відповідним програмним забезпеченням, і нестандартного пульта контролю
7	Забезпечення можливості передачі повідомлень «по події» і «по виклику»	Подія, будь-яка зміна контрольованих параметрів в програмованих межах
8	Супроводження інформації каналу ТС мітками часу	Вказується час та дата з точністю $\pm 0,01$ с.
9	Діагностика робоздатності апаратури	Ідентифікація сигналів несправності апаратури і передача діагностичних даних на пункт управління
10	Перетворення аналогових сигналів в двійковий код	Від 0 до 5 мА. Точність перетворення вимірюваної величини визначається первинним давачем, похибка не перевищує 1%
11	Гальванічна ізоляція давачів ТС від апаратури КП	З використанням гальванічно розв'язаного блока живлення
12	Забезпечення реєстрації подій на КП з реєстрацією дати та часу для сигналів ТС, ТВ	Події реєструються та записуються в енергонезалежній пам'яті. Загальний об'єм пам'яті 2048 кб
13	Виконання вимог стандартів на системи телемеханіки	Виконання команди ТК на КП в два етапи з використанням паузи між етапами для контролю справності апаратури. Виключення виконання команди ТК при виникненні будь-якої несправності
14	Забезпечення імовірності реєстрації невиявленого спотворення команди	Надлишкова контрольна сума CRC 1 байт
15	Максимальний комутований струм при номінальній напрузі в колі навантаження 220В з повною гальванічною ізоляцією для вхідних кіл кожного ТК	8 А
16	Забезпечення відображення інформації про роботу підстанцій на диспетчерському щиті РЕМ	Тип диспетчерського щита ЩДСМ. Відображення інформації про стан ТС забезпечується за допомогою контролерів БКЦ (блок управління щитом) на 24 сигнали ТС кожний.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
100

17	Забезпечення автономної роботи обладнання телемеханіки і охоронної сигналізації та відео спостереження при відключенні електроенергії живлення	Автоматичне переключення на живлення від акумуляторної батареї (АКБ) забезпечує роботу обладнання на протязі 2 години при відключенні напруги власних потреб. Передбачено автоматичний підзаряд АКБ та передачу на ДП сигналу ТС про перехід на живлення обладнання КП від АКБ.
18	Обладнання телемеханіки виконує наступні вимоги до інформаційного забезпечення АСДУ	Обладнанням та ПЗ передбачено можливість доставки наступної оперативної інформації (вихідних сигналів) з КП на ДП РЕМ: <ul style="list-style-type: none"> <li>- положення всіх вимикачів</li> <li>- аварійно – попереджувальна сигналізація (АПС) в обсязі: <ul style="list-style-type: none"> <li>- спрацювання аварійної сигналізації на підстанції (від блінкера);</li> <li>- спрацювання попереджувальної сигналізації на підстанції (від блінкера);</li> <li>- робота газового захисту на сигнал і відключення (на кожний трансформатор окремо);</li> <li>- перевантаження трансформатора (на кожен трансформатор окремо);</li> <li>- перегрів трансформатора ( на кожен трансформатор окремо);</li> <li>- зм'ягчач на секції (системі) шин, для кожної секції (системі) шин окремо – від реле (з відтермою часу);</li> <li>- робота автоматичної частотної розгрузки;</li> <li>- спрацювання охоронної сигналізації, включаючи відеокамери.</li> </ul> </li> </ul>
19	Обладнання телемеханіки забезпечує наступні вимоги до програмного забезпечення	Передбачено можливість: *передачі на верхній рівень в ОІК ОДС наступної інформації з КП: - ТС про положення вимикачів 150,110, 35,10, 6 кВ; - ТС про положення ввідних та секційних вимикачів 6 – 10 кВ; - ТВ струмів навантаження на вводах 6 – 10 кВ силових трансформаторів; - ТВ рівня напруги на секціях шин 110, 35,10, 6 кВ; * автоматичного дублювання бази даних та її оновлення; * перегляду біжучих значень ТС, ТВ та обміну інформації по послідовних портах безпосередньо на КП; * циклічного запиту стану підстанцій з інтервалом не менше ніж 4 рази на годину; * тривалість циклу опитування всіх параметрів АСДУ - не більше 25 сек; * можливість нарощування кількості як контрольованих пунктів, так і кількості об'єктів ТС, ТК, ТВ і ОС що підключаються до КП телемеханіки; * в сервері АСДУ - можливість включення в базу даних нових підстанцій та доповнення існуючих, а також установку нового програмного забезпечення силами експлуатаційного персоналу; За вибором диспетчера сервер може забезпечувати опитування як всіх параметрів з усіх КП, так і окремих параметрів з вибраних КП з заданою періодичністю.
20	Обладнання телемеханіки забезпечує формування дозволу диспетчером РЕМ на передачу команди телеуправління в сторону КП (трансформаторних підстанцій)	Обладнання диспетчерського пункту включає в себе перемикач (у вигляді кнопки або педалі), при включенні якого формується дозвіл на передачу команди телеуправління в сторону КП
21	Можливість регулювання часу утримання вихідних кіл ТК у робочому стані	Дискретність 0,5 с, 1 с, 2 с, 4 с
22	Гарантійне обслуговування системи	18 місяців

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

МРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
101

23	Умови експлуатації	Від -30 до +50 °С, 93% вологості при температурі 20 °С
24	Електроживлення	220 В змінного струму, резервне живлення від АКБ напругою 13,2В з автоматичною підзарядкою
25	Можливість децентралізованого розміщення додаткових модулів вводу-виводу на об'єкті	Зв'язок по магістральній шині RS-485
26	Спосіб під'єднання зовнішніх кіл	Під гвинт

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

*МРМА 24.00.00.000 ПЗ*

Арк.  
102