

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**до дипломного проекту
ступінь вищої освіти бакалавр**

галузі знань 14 Електрична інженерія

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

на тему : Оптимізація електричної мережі 10кВ

Виконав: студент групи ЕЕ-19з

Єгоров Микита Вікторович

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Керівник

Руднєв Є.С.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Завідувач кафедри

доц. Руднєв Є.С..

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Рецензент

к.т.н. доц. Мазнєв Є.О.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Київ 2023 р.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інженерії

Кафедра Електричної інженерії

Ступінь вищої освіти бакалавр

Галузь знань 14 Електрична інженерія
(шифр і назва)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕІ

доц. Руднєв Є.С.

“ ” 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Сгоров Микита Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Оптимізація електричної мережі 10кВ

керівник проекту к.т.н., доц. Руднєв Євген Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від № 267/15.23-С від 16.05.2023

2. Строк подання студентом проекту 10 червня 2023 р.

3. Вихідні дані до проекту: матеріали проекту підключення елеватора з електричним навантаженням 1800 кВт у мережу 10 кВ

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)) Підключення РП до електричної мережі 10 кВ.

2) Проектування РП-10 кВ.Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Схема електричної мережі 10 кВ, вибір марки КЛ-10 кВ та розрахунок втрат напруги у мережі. Розрахунок одиничного заземлюючого пристрою та загальна схема заземлення РП-10 кВ.. Схема електричних з'єднань та система власних потреб РП-10 кВ.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спецрозділи	доц. Руднев Є. С.		
Охорона праці	доц. Руднев Є. С.		

7. Дата видачі завдання 04 травня 2023 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз літературних джерел	1 тиждень	
2	Розробка схем розвитку мережі	2 тиждень	
3	Вибір номінальної напруги в мережі	3 тиждень	
4	Вибір перерізів леп на ділянках мережі	3-4 тиждень	
5	Вибір трансформаторів на понижаючих підстанціях	4-5 тиждень	
6	Вибір схем підстанцій	5 тиждень	
7	Розрахунок встановлених режимів мережі	5-6 тиждень	
8	Охорона праці	6 тиждень	
9	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу дипломного проекту	7 тиждень	

Студент _____
(підпис)Сгоров М.В.
(прізвище та ініціали)Керівник проекту _____
(підпис)Руднев Є.С.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг – 51 сторінка машинописного тексту.

Ілюстрацій – 12. Таблиць – 6.

Основна мета – встановлення елеватора у мережу 10 кВ. Для цього спроектовані кабельні лінії електропередачі 10 кВ та вибрані марки кабелів. Розраховано втрати напруги у мережі. Виконано проектування РП-10 кВ. Розглянута система власних потреб РП-10 кВ та розраховані навантаження цієї системи. Також проведено розрахунок заземлюючого пристрою та надано загальний план заземлення будівлі РП-10 кВ. Досліджена система телемеханізації РП-10 кВ, визначені функції, що вона виконує.

Бакалаврська робота включає в себе розрахунково-пояснювальну записку і графічну частину, яка складається з 3 креслень.

НАПРУГА, СТРУМ, ПОТУЖНІСТЬ, РЕЖИМ РОБОТИ, ТРАНСФОРМАТОР, ВТРАТИ НАПРУГИ, КАБЕЛЬНА ЛІНІЯ, РОЗПОДІЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, ЗАЗЕМЛЮЮЧИЙ ПРИСТРІЙ.

					ДП5101.6.050701.001 ПЗ	Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		5

ABSTRACT

Volume – 51 pages typed.

Illustrations – 12. Tables – 6.

The main objective is to install an elevator in a 10 kV network. In this process, cable lines were designed of 10 kV and selected cable brands. Network voltage losses were calculated. The design of RP-10 kV has been completed. The system of own needs of the RP-10 kV was considered and the loadings of this system were calculated. The grounding device was also calculated and a general grounding of the building of the RP-10 kV is provided. Telemechanization system of RP-10 kV was investigated, a number of functions that it performs were defined.

Bachelor work includes the settlement explanatory note and graphical part, which consists of 3 drawings.

VOLTAGE, CURRENT, POWER, WORK MODE, TRANSFORMER,
VOLTAGE LOSS, CABLE LINE, DISTRIBUTION DEVICE, GROUNDING DEVICE.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		6

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП.....	9
1 ПІДКЛЮЧЕННЯ РП ДО ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ 10 КВ	11
1.1 Загальна характеристика РП-10 кВ	11
1.2 Вибір марки кабелів від проектованої РП-10 кВ до РУ-10 кВ 2БКТП-10/0.4 кВ.....	17
1.3 Вибір марки кабелів від проектованої РП-10 кВ до ПС-110/35/10 кВ «Бориспіль».....	22
1.4 Вибір марки кабелів від проектованої РП-10 кВ до Л-3 та Л-87.....	25
1.5 Розрахунок мережі 10 кВ при підключенні елеватора 1800 кВт.....	28
Висновки до розділу 1.....	31
2 ПРОЕКТУВАННЯ РП-10 КВ	32
2.1 Система власних потреб РП-10 кВ.....	32
2.2 Розрахунок заземлюючого пристрою РП-10 кВ.....	34
2.3 Система телемеханіки РП-10 кВ.....	40
Висновки до розділу 2.....	48
ВИСНОВОК.....	49
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	50
Додаток А. Результат перевірки на плагіат.....	51

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		7

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ПЛ – повітряна лінія

РП – розподільний пристрій

КЛ – кабельна лінія

ПС – підстанція

РУ – розподільна установка

ЗРУ – закриті розподільні установки

ШВП – шафа власних потреб

АВР – автоматичний ввід резерву

ТМ – телемеханіка

ШТМ – шафа телемеханіки

КРУ – комплектні розподільні установки

					ДП5101.6.050701.001 ПЗ	Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		8

ВСТУП

Сучасні електропостачальні системи промислових підприємств, міст, сільського господарства і транспорту повинні відповідати рівню розвитку технологій, обсягу споживання електричної енергії, забезпечувати показники якості електроенергії та відповідну до вимог споживача надійність за максимальної економічної ефективності. Практично на стадії проектування об'єкта в електропостачальну систему потрібно закладати такі технічні вирішення, які забезпечили б виконання згаданих умов. Завдання ускладнюється тим, що з часом попередні умови можуть змінюватись як в частині значень електричних навантажень, територіальному їх розташуванню, так і з боку енергосистеми, сторонніх споживачів тощо. До того ж деякі вихідні дані можуть бути задані з певним наближенням або просто відсутні. Тому розроблена електропостачальна система повинна бути досить універсальною і легко адаптуватись до деякої варіації вихідних умов з можливістю її подальшого розвитку.

Елеватор потужністю 1800 кВт, що розглядається в проекті, знаходиться в м. Бориспіль Київської області. Сучасне живлення елеватора відбувається від ПС-110/10 кВ «Степова». Але в зв'язку зі збільшенням навантаження ПС-110/10 кВ «Степова» постає питання оптимального перепідключення елеватора в мережу 10 кВ, що живиться від ПС-110/35/10 кВ «Бориспіль».

Таке рішення передбачає включення елеватора в мережу 10 кВ через РП-10 кВ, який має бути споруджено на відстані порядку 1,1 км від РУ-10 кВ підстанції елеватора.

Проектування РП-10 кВ включає в собі:

- загальну характеристику РП-10 кВ та наведення схеми електричних з'єднань;
- визначення навантажень системи власних потреб;
- розрахунку заземлюючого пристрою РП-10 кВ;

									Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат					9

- організацію системи телемеханіки та характеристику її основного обладнання;

- вибір марки проводів: від проектованої РП-10 кВ до РУ-10 кВ підстанції елеватора, від проектованої РП-10 кВ до ПС-110/35/10 кВ «Бориспіль».

Введення в експлуатацію планується в 4 кварталі 2019 року.

										Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат						10

1 ПІДКЛЮЧЕННЯ РП-10 кВ ДО МЕРЕЖІ 10 кВ

1.1 Загальна характеристика та схема електричних з'єднань РП-10 кВ

Розподільний пристрій – це електроустановка, призначена для прийому й розподілу електричної енергії, що містить електричні апарати, шини й допоміжні пристрої. До складу розподільних пристроїв входять: вимикачі електричні, роз'єднувачі, трансформатори струму і напруги, вимірювальні прилади, збірні шини, розрядники, реактори . Для забезпечення можливості ремонту розподільних пристроїв або ділянок електромережі, не припиняючи енергопостачання споживачів, систему збірних шин розподільчих пристроїв секціонують.

Вибір проводів, шин, апаратів, приладів і конструкцій необхідно здійснювати як за нормальним режимом роботи (відповідність робочій напрузі і струму основних і допоміжних кіл, частоти мережі, заданому класу точності, умовам експлуатації тощо), так і за умовами роботи в разі короткого замикання з урахуванням термічних і динамічних впливів, комутаційної спроможності.

Якщо розподільна установка розташована всередині будинку, то вона називається закритою. Закриті розподільні установки (ЗРУ) споруджуються звичайно при напрузі 3 – 20 кВ. При більших напругах, як правило, споруджуються відкриті РУ. Однак при обмеженій площі під РУ або при підвищеному забрудненні атмосфери можуть застосовуватися ЗРУ на напруги 35 – 220 кВ.

Розподільні установки повинні забезпечувати надійність роботи електроустановки, що може бути виконано тільки при правильному виборі й розміщенні електроустаткування, при правильному підборі типу й конструкції РУ відповідно до ПВЕ. Обслуговування РУ повинне бути зручним і безпечним. Розміщення обладнання в РУ повинне забезпечувати добрий огляд, зручність

										Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат						11

ремонтних робіт, повну безпеку при ремонтах й оглядах. Для безпеки дотримуються мінімальні відстані від струмоведучих частин для різних елементів ЗРУ. Неізольовані струмоведучі частини щоб уникнути випадкових доторкувань до них повинні бути поміщені в камери або обгороджені. Огородження може бути суцільним або сітчастим. У багатьох конструкціях ЗРУ застосовується змішане огороження – на суцільній частині огороження кріпляться приводи вимикачів і роз'єднувачів, а сітчаста частина огороження дозволяє спостерігати за устаткуванням. Висота такого огороження повинна бути не менше 1,9 м, при цьому сітки повинні мати отвори розміром не більше 25 x 25 мм. Огородження повинні замикатися на замок.

Неізольовані струмоведучі частини, розташовані над підлогою на висоті до 2,5 м в установках 3 – 10 кВ і 2,7 м в установках 20 – 35 кВ, повинні огорожуватися сітками, причому висота проходу під сіткою повинна бути не меншою 1,9 м. Огляди устаткування виконуються з коридору обслуговування, ширина якого повинна бути не менше 1 м при односторонньому й 1,2 м при двосторонньому розташуванні устаткування. Якщо в коридорі ЗРУ розміщені приводи роз'єднувачів і вимикачів, то ширина такого коридору повинна бути відповідно 1,5 й 2 м. Якщо в ЗРУ застосовуються комірки КРУ, то ширина проходу для керування й ремонту КРУ викочуваного типу повинна забезпечувати зручність переміщення й розвороту викотних візків, тому при односторонньому розташуванні ширина визначається довжиною візка плюс 0,6 м, при двосторонньому розташуванні – довжиною візка плюс 0,8 м. При наявності проходу із задньої сторони КРУ його ширина повинна бути не менш 0,8 м. Із приміщень ЗРУ передбачаються виходи назовні або в приміщення з негорючими стінами й перекриттями: один вихід при довжині РУ до 7 м, два виходи по кінцях при довжині від 7 до 60 м, при довжині більше 60 м – два виходи по 106 кінцях і додаткові виходи з таким розрахунком, щоб відстань від будь-якої точки коридорів РУ до виходу не перевищувала 30 м. Двері з РУ повинні відкриватися назовні й мати самозамикальні замки, що відкриваються без ключа з боку РУ.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		12

ЗРУ повинне забезпечувати пожежну безпеку. Будівельні конструкції ЗРУ повинні відповідати вимогам БНіП, а також правилам пожежної охорони (ППО). Будівля РУ споруджується з вогнестійких матеріалів. При проектуванні ЗРУ передбачаються заходи для обмеження поширення виниклої аварії. Для цього устаткування окремих елементів РУ встановлюється в камерах – приміщеннях, обмежених з усіх боків стінами, перекриттями, огороженнями. Якщо частина огорожень сітчаста, то камера називається відкритою. У таких камерах встановлюються роз'єднувачі, безмасляні й маломасляні вимикачі й бакові вимикачі з кількістю масла до 25 кг. У сучасних ЗРУ бакові вимикачі з більшою кількістю масла (більше 60 кг) не застосовуються, тому що для їх установки треба передбачати закриті камери з виходом назовні, що значно ускладнює будівельну частину.

При установці в ЗРУ масляних трансформаторів передбачаються заходи для збору й відводу масла в маслосбиральну систему. У ЗРУ передбачається природна вентиляція приміщень трансформаторів і реакторів, а також аварійна витяжна вентиляція коридорів обслуговування відкритих камер з маслоснаповненим устаткуванням.

Розподільна установка повинна бути економічною. Вартість спорудження РУ складається з вартості будівельної частини, електричного устаткування, електромонтажних робіт і накладних витрат. Для зменшення вартості будівельної частини по можливості зменшують обсяг будівлі й спрощують її конструкцію. Значне зменшення вартості досягається застосуванням будинків РУ зі збірних залізобетонних конструкцій, які замінюють цегельну кладку, що застосовувалася раніше. Для зменшення вартості електромонтажних робіт і прискорення спорудження РУ широко застосовують укрупнені вузли, зібрані на спеціалізованій монтажній базі. Такими вузлами можуть бути камери й шафи з убудованим електроустаткуванням: камери для збірних шин і шинних роз'єднувачів, шафи керування вимикачами, шафи лінійних роз'єднувачів і т.п. Для приєднання ліній 6 – 10 кВ у сучасних РУ широко застосовують шафи комплектних розподільних пристроїв. Застосування укрупнених вузлів дозволяє використати індустріальні

									Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат					13

методи спорудження ЗРУ з максимальною механізацією електромонтажних робіт. Розподільна установка, змонтована з укрупнених вузлів, називається збірною. У збірній РУ будівля споруджується у вигляді коробки, без будь-яких перегородок, зального типу. Основу камер становить сталевий каркас, а перегородки між камерами виконують із азбестоцементних або гіпсолітових плит. Зменшення вартості РУ досягається також спорудженням їх за типовими проектами, які розробляються провідними проектними організаціями. Завданням проектування є вибір тієї або іншої типової конструкції, що відповідала б схемі електричних з'єднань і встановленому встаткуванню.

Комплектні розподільні пристрої, які випускала та випускає промисловість, мають два типи виконання: таке, в якому вимикачі, трансформатори власних потреб та напруги розміщені на візках і можуть викочуватись, тобто висувні й таке, в якому всі апарати закріплені в комірках, тобто стаціонарні. Обидва виконання вирішують основні завдання індустріалізації електромонтажних робіт, підвищення надійності, безпеки, гнучкості та економічності розподільних споруд. Значне підвищення надійності та безпеки експлуатації досягається завдяки тому, що усі струмовідні частини закриті з ущільненням, яке зменшує проникнення пилу і тим самим підвищує надійність роботи ізоляції, широко застосовані різного роду блокування, які не дозволяють, наприклад, відкрити комірку наявності напруги.

Проектування РП-10 кВ передбачає собою спорудження в окремій будівлі комплектного розподільного пристрою, що складається з комірок серії КСО-305 загальною кількістю 10 штук та іншого допоміжного обладнання власних потреб.

Живлення споживачів власних потреб РП-10 кВ передбачено від трансформаторів власних потреб потужністю 4 кВА кожний, встановлених у ввідних комірках на обох секціях шин 10 кВ. Апаратура розподільчого пристрою власних потреб (ШВП) розміщується в окремій шафі настінного виконання. Шафа власних потреб на два вводи, з АВР та лічильниками встановлюється на стіні всередині приміщення РП-10 кВ та живиться від шин 0,22 кВ трансформаторів

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		14

власних потреб ТВП №1 та ТВП №2 через автоматичні вимикачі. Один кабель - робочий, другий - резервний.

Резервне живлення вмикається автоматично при зникненні напруги на робочому вводі. Шафа АВР ШУ, обладнання обігріву, робочого та ремонтного освітлення приміщення РП-10 кВ живляться від шафи власних потреб. Шафа телемеханіки живиться від шафи АВР ШУ.

Секції РП-10 кВ у робочому режимі працюють роздільно (секційний вимикач відключений). Резервування живильних ліній передбачається на секційному вимикачі, який обладнаний пристроєм АВР-10. Живлення РП-10 кВ передбачається трижильними броньованими кабелями марки ААБ2л з алюмінієвими жилами перерізом 240 мм² у паперовій ізоляції:

- I с.ш. РУ-10 кВ РП-10 кВ - від I секції РУ-10 кВ ПС 110/35/10 кВ "Бориспіль", ком. 44 (існуюча);

- II с.ш. РУ-10 кВ РП-10 кВ - від II секції РУ-10 кВ ПС 110/35/10 кВ "Бориспіль", ком. 11 (існуюча).

В приміщенні РП-10 кВ передбачено встановлення:

- шафи власних потреб ШВП з АВР-100-25 ($I_n=25$ А);
- ящика ремонтного освітлення ЯТ-0,25 зі знижувальним трансформатором 220/12 В;
- шафи АВР ШУ релейного захисту, автоматики та керування ВВ;
- шафи телемеханіки ШТМ.

На рис. 1.1 та 1.2 зображена схема електричних з'єднань розподільчого пункту 10кВ

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		15

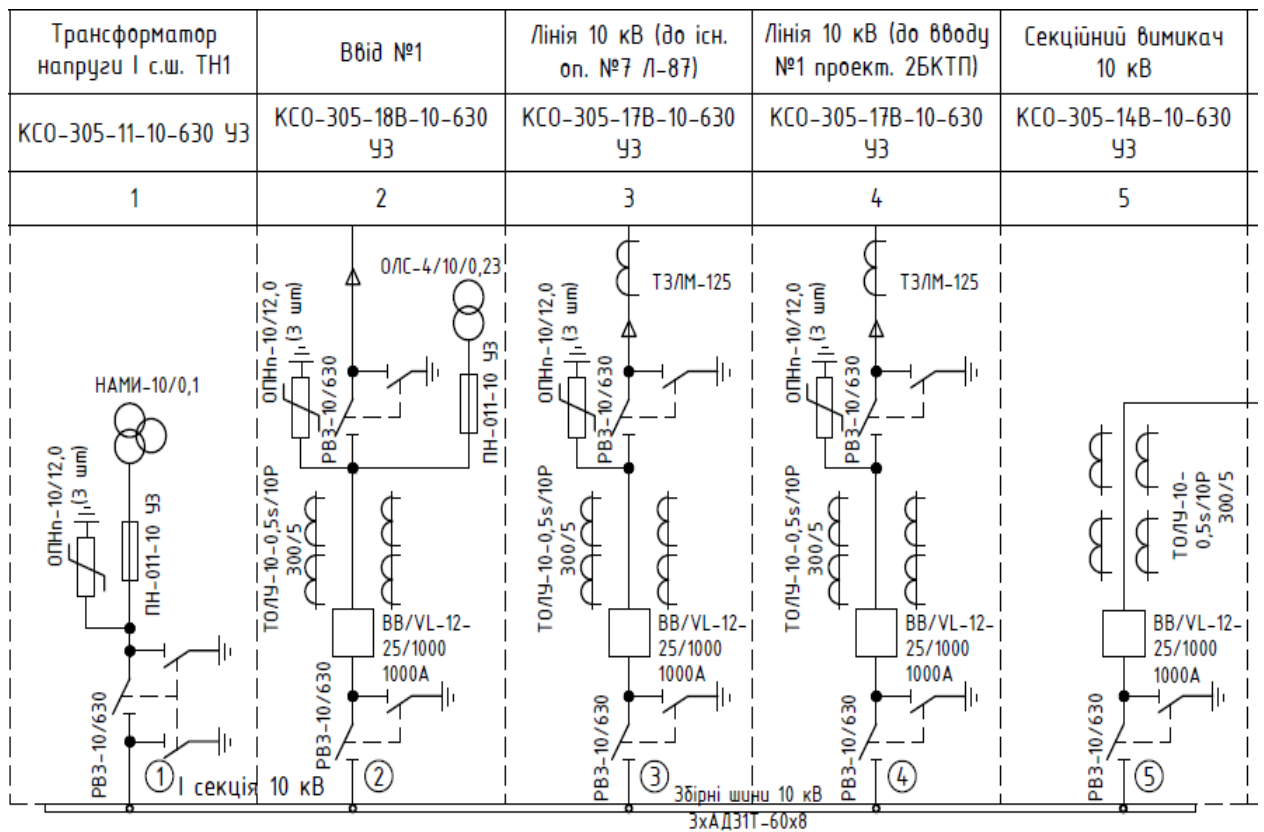


Рисунок 1.1 – Схема електричних з'єднань РП-10 кВ(частина 1)

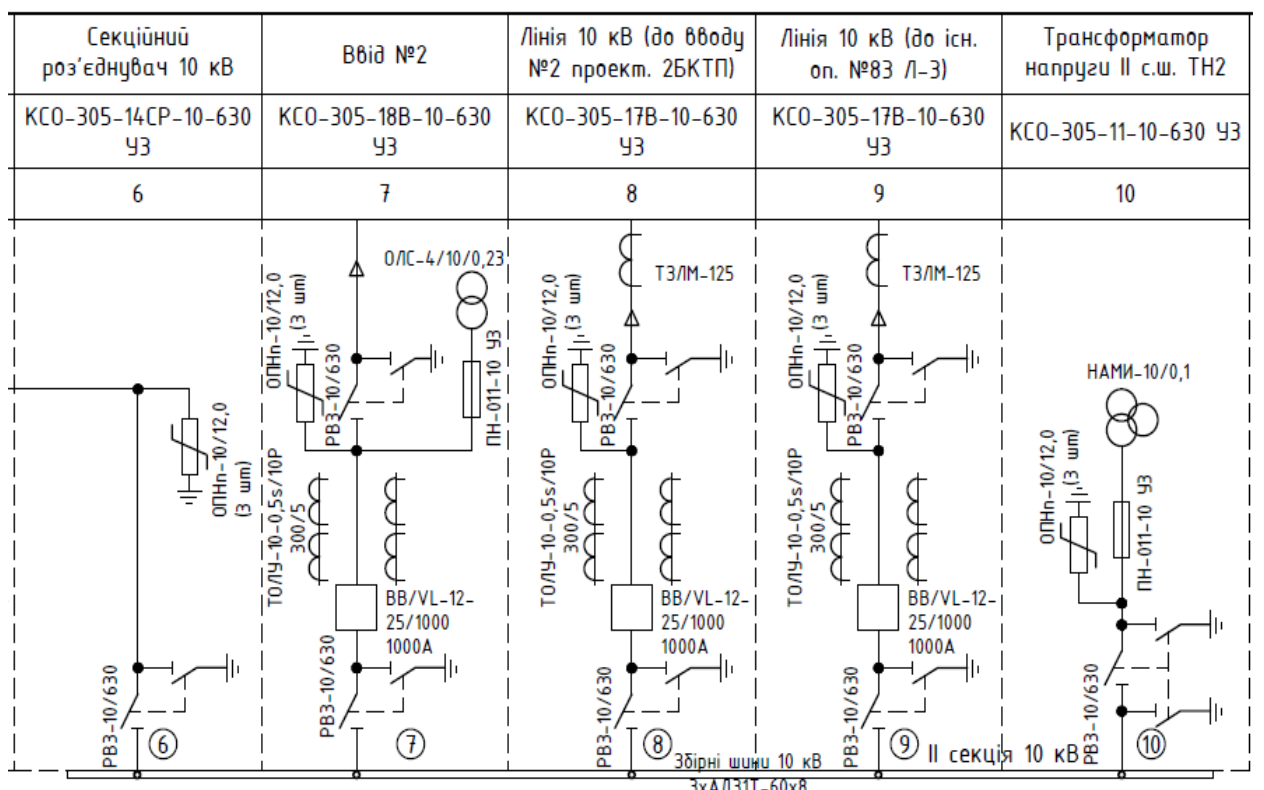


Рисунок 1.2 – Схема електричних з'єднань РП-10 кВ(частина 2)

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
----	-----	----------	-------	-----

1.2 Вибір марки кабелів від проектованої РП-10 кВ до РУ-10 кВ 2БКТП-10/0.4 кВ

Найважливішою ланкою в системі електропостачання промислових підприємств є передача електроенергії при напрузі 6-10 кВ, яка може бути здійснена одним із таких способів:

- прокладанням кабелів в траншеях, блоках, каналах, а також у тунелях і на кабельних естакадах або галереях, прокладка в трьох останніх випадках належить до відкритої, більш зручною в експлуатації, ніж прихована прокладка;
- спорудою потужних струмопроводів на струми до 3,5 – 4 кА в одного кола з економічною щільності струму і 8 – 10 кА по нагріванню.

Прокладка кабелів у траншеях недостатньо надійна через часте ведення земляних робіт на діючих і особливо на реконструйованих промислових підприємствах. Прокладка кабелів у блоках застосовується в обмежених умовах траси, а також при перетинах з іншими комунікаціями, в місцях переходів під дорогами і т.д. Однак цей спосіб не знайшов широкого застосування через дорожнечу і поганого використання металу струмопровідних жил. Кабельні канали часто засипають землею поверх знімних плит, що створює значні незручності як в обслуговуванні, так і при монтажі додаткових кабелів. Застосування здвоєних кабельних каналів значно підвищує економічні показники цього способу прокладки, його надійність і експлуатаційні зручності, особливо при використанні напівзаглиблених кабельних каналів. Кабельні тунелі відрізняються дорожнечою і пожежонебезпекою. Пожежі в каналах і тунелях призводять до тривалого порушення електропостачання промислових підприємств, завдають великої шкоди народному господарству, що обчислюються іноді тисячами гривень

Обираючи перетин кабелів, слід звернути увагу на те, що споживачі даного об'єкта частково відносяться до II категорії по надійності електропостачання, тому

									Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат					17

передбачається прокладання двох окремих кабельних ліній напругою 10 кВ від різних секцій шин 10 кВ проектованої РП-10 кВ.

Вибір перетину кабелю 10 кВ здійсимо за 4 параметрами:

- за термічною стійкістю
- за тривалодопустимими струмами
- за економічною густиною струму
- за допустимою втратою напруги на 1 км

Вихідні дані для розрахунків наведемо в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані

Напруга мережі U_n , кВ	10
Розрахункова потужність об'єкту P_p , кВт (згідно ТУ)	1800
Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$	0.85
Довжина КЛ-10 кВ L , км	1.115
Сумарна потужність трансформаторів S_n , кВА	2000

1. Вибір перетину жил кабелю за термічною стійкістю

Максимальний струм к.з. на шинах 10 кВ проектного РП-10 кВ згідно розрахунків, становить $I_{к.з} = 13.209$ кА.

Час спрацювання максимального струмового захисту на лінії, що відходить до РУ-10 кВ елеватора, $t_{МСЗ} = 0.3$ с; час спрацювання струмової відсічки лінійного вимикача $t_{СВ} = 0.1$ с.

Отже, дійсний час відключення лінії $t_L = 0.3$ с + 0.1 с = 0.4 с.

Мінімальний перетин кабелю по термічній стійкості становитиме:

$$S_{\min} = \frac{I_{к.з} \cdot \sqrt{t_L}}{C} \cdot 10^3,$$

де $C = 95$ - стала величина для кабелів з алюмінієвими жилами 10 кВ.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		18

$$\text{Отже, } S_{\min} = \frac{13.209 \cdot \sqrt{0.4}}{95} \cdot 10^3 = 87.94 \text{ мм}^2.$$

Розраховане значення округлюємо до найближчого стандартного перетину. Тобто перетин жили кабелю має бути не меншим 95 мм².

Умова 87,94 мм² < 95 мм² виконується.

2. Вибір перетину жил кабелю за тривалодопустимим струмом.

Розрахунковий струм кабельної лінії по напрузі 10 кВ знайдемо за формулою:

$$I_p = \frac{P_p}{1.732 \cdot U_n \cdot \cos \varphi}$$

$$\text{Отже, } I_p = \frac{1800}{1.732 \cdot 10 \cdot 0.85} = 122.27 \text{ А.}$$

З урахуванням коригувального коефіцієнту 0,9 для двох кабелів, які лежать поряд у землі з відстанню між ними в просвіті 100 мм, перетин жили кабелю має бути не меншим 70 мм². Перетин обираємо по [1].

Умова 95 мм² ≥ 70 мм² виконується.

3. Вибір перетину жил кабелю за економічною густиною струму.

Економічно доцільний перетин кабелю визначаємо за співвідношенням:

$$S = \frac{I_p}{J_{ек}},$$

де $I_p = 122.7 \text{ А}$ - розрахунковий струм КЛ-10 кВ; $J_{ек} = 1.3 \text{ А/мм}^2$ - нормоване значення економічної густини струму для заданих умов роботи (табл. 1.3.50, ПУЕ-2017, розділ 1.3).

$$\text{Отже, } S = \frac{122.27}{1.3} = 94.05 \text{ мм}^2.$$

Умова 94,05 мм² < 95 мм² виконується.

4. Вибір перетину жил кабелю за допустимою втратою напруги.

Допустимі втрати напруги в лінії 10 кВ повинні бути не більше 5 %. Тобто має задовольнятися умова $\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}$.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		19

Втрати напруги при заданому перетині жил кабелю КЛ-10 кВ з врахуванням індуктивного опору за однакового значення коефіцієнту потужності навантажень лінії знайдемо за формулою:

$$\Delta U = A_2 \cdot (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi) \cdot M ,$$

де $r = 0.328$ Ом/км - активний опір кабелю на напругу 10 кВ з алюмінієвими жилами перетином 95 мм^2 ; $x = 0.06$ Ом/км - індуктивний опір кабелю на напругу 10 кВ з алюмінієвими жилами перетином 95 мм^2 [2];

M - момент повного навантаження лінії; $A_2 = 1$ – коефіцієнт, який залежить від прийнятих одиниць вимірювання.

Момент повного навантаження лінії можна визначити за формулою:

$$M = S_p \cdot L = 2.117 \cdot 1.115 = 2.36 \text{ МВА} \cdot \text{км}$$

Отже, $\Delta U = 1 \cdot (0.328 \cdot 0.85 + 0.06 \cdot 0.53) \cdot 2.36 = 0.733 \%$.

$0,733 \% < 5 \%$. Умова задовольняється.

Як бачимо з результатів розрахунку, за усіма параметрами вибору оптимальний перетин жили кабелю 10 кВ - 95 мм^2 .

Вибір марки кабелю

Отже, згідно попередніх розрахунків передбачається використання трижильного кабелю на напругу $U_n = 10$ кВ з алюмінієвими жилами перерізом 95 мм^2 . Тому обираємо кабель марки ААБ2л 3х95(ож)-10. Даний кабель у паперовій ізоляції, просоченій незгікаючим ізоляційним складом, в алюмінієвій оболонці, броньованої сталевими стрічками.

Даний кабель має такі технічні характеристики:

- кількість та перетин жил - $3 \times 95 \text{ мм}^2$;
- товщина ізоляції між жилами – 5.5 мм ;
- товщина ізоляції жила-оболонка - 4 мм ;
- товщина оболонки – 1.5 мм ;
- розрахунковий зовнішній діаметр кабелю (довідково) - 48 мм ;
- зовнішній діаметр металеві оболонки (довідково) - 36 мм ;

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		20

- маса кабелю (орієнтовна) - 3270 кг/км;
- допустимі струмові навантаження кабелю, прокладеного в землі – 192 А.

На рис. 1.3 приведемо конструкцію даного кабелю.

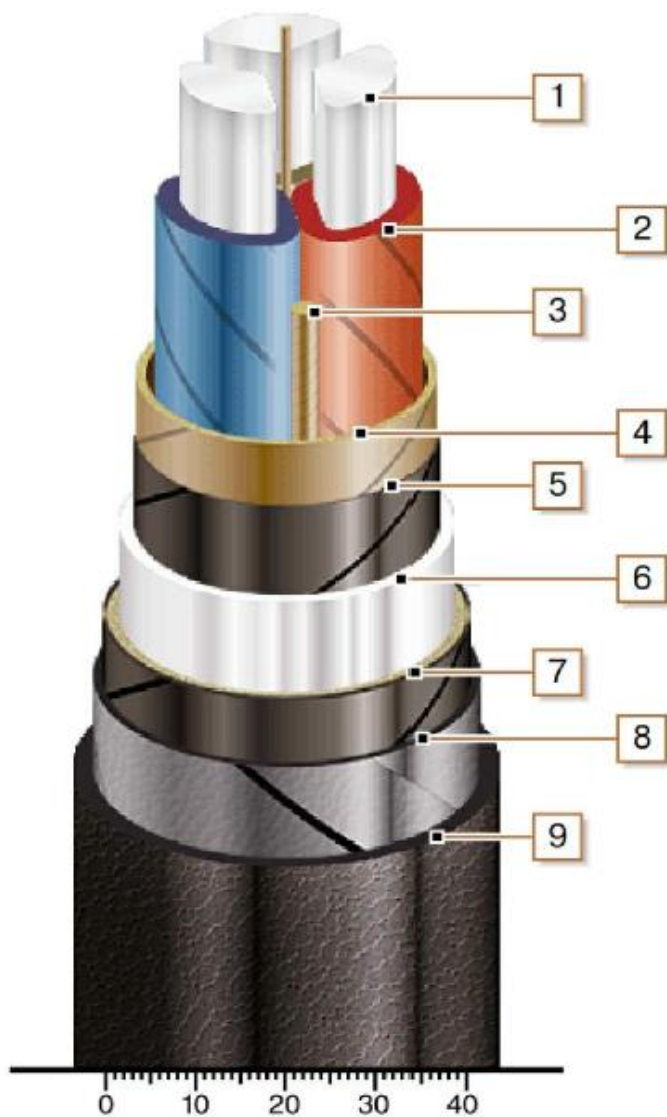


Рисунок 1.3 – Кабель ААБ2Л 3х95(ож)-10

- 1 - алюмінієва струмопровідна жила;
- 2 - паперова просочена ізоляція;
- 3 - жгут з кабельного паперу;
- 4 - поясна ізоляція;
- 5 - екран з електропровідного паперу;

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

- 6 - алюмінієва оболонка;
- 7 - подушка під броню з двома шарами
пластмасових стрічок;
- 8 - броня з двох сталевих стрічок;
- 9 - зовнішній покрив.

1.3 Вибір марки кабелів від проектованої РП-10 кВ до РУ-10 кВ ПС-110/35/10 кВ «Бориспіль»

Для живлення РП-10 кВ необхідно під'єднати його до 2 секцій шин РУ-10 кВ ПС-110/35/10 кВ «Бориспіль». Щоб виконати це приєднання необхідно провести 2 КЛ-10 кВ довжиною 0.7 км кожна. Вибір перетину та марку проводів здійснимо за прикладом розділу 1.2.

Вибір перетину кабелю 10 кВ здійснимо за 4 параметрами:

- за термічною стійкістю
- за тривалодопустимими струмами
- за економічною густиною струму
- за допустимою втратою напруги на 1 км

Вихідні дані для розрахунків наведемо в табл. 1.2

Таблиця 1.2 – Вихідні дані

Напруга мережі U_n , кВ	10
Розрахункова потужність об'єкту P_p , кВт (згідно ТУ)	4500
Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$	0.85
Довжина КЛ-10 кВ L , км	0.7
Сумарна потужність трансформаторів S_n , кВА	4600

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		22

1. Вибір перетину жил кабелю за термічною стійкістю

Максимальний струм к.з. на шинах 10 кВ РУ-10 кВ ПС «Бориспіль» становить $I_{к.з} = 17.346$ кА.

Час спрацювання максимального струмового захисту на лінії, що відходить до РУ-10 кВ підстанції «Бориспіль», $t_{МЗ} = 0.9$ с; час спрацювання струмової відсічки лінійного вимикача $t_{СВ} = 0.2$ с.

Отже, дійсний час відключення лінії $t_{л} = 0.9$ с + 0.2 с = 1.1 с.

Мінімальний перетин кабелю по термічній стійкості становитиме:

$$S_{\min} = \frac{I_{к.з} \cdot \sqrt{t_{л}}}{C} \cdot 10^3,$$

де $C = 95$ - стала величина для кабелів з алюмінієвими жилами 10 кВ.

$$\text{Отже, } S_{\min} = \frac{17.346 \cdot \sqrt{1.1}}{95} \cdot 10^3 = 191.5 \text{ мм}^2.$$

Розраховане значення округлюємо до найближчого стандартного перетину. Тобто перетин жили кабелю має бути не меншим 240 мм^2 .

Умова $191.5 \text{ мм}^2 < 240 \text{ мм}^2$ виконується.

2. Вибір перетину жил кабелю за тривалодопустимим струмом.

Розрахунковий струм кабельної лінії по напрузі 10 кВ знайдемо за формулою:

$$I_p = \frac{P_p}{1.732 \cdot U_n \cdot \cos \varphi}$$

$$\text{Отже, } I_p = \frac{4500}{1.732 \cdot 10 \cdot 0.85} = 305.66 \text{ А.}$$

З урахуванням коригувального коефіцієнту 0,9 для двох кабелів, які лежать поряд у землі з відстанню між ними в просвіті 100 мм, перетин жили кабелю має бути не меншим 70 мм^2 . Перетин обираємо по табл. 1.3.21 (ПУЕ-2017, розділ 1.3). Згідно неї перетин складає 240 мм^2 .

Умова $240 \text{ мм}^2 \geq 70 \text{ мм}^2$ виконується.

3. Вибір перетину жил кабелю за економічною густиною струму.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		23

Економічно доцільний перетин кабелю визначаємо за співвідношенням:

$$S = \frac{I_p}{J_{ек}},$$

де $I_p = 305.66$ А - розрахунковий струм КЛ-10 кВ; $J_{ек} = 1.3$ А/мм² - нормоване значення економічної густини струму для заданих умов роботи (табл. 1.3.50, ПУЕ-2017, розділ 1.3).

$$\text{Отже, } S = \frac{305.66}{1.3} = 235.126 \text{ мм}^2.$$

Умова $235.126 \text{ мм}^2 < 240 \text{ мм}^2$ виконується.

4. Вибір перетину жил кабелю за допустимою втратою напруги.

Допустимі втрати напруги в лінії 10 кВ повинні бути не більше 5 %. Тобто має задовольнятися умова $\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}$.

Втрати напруги при заданому перетині жил кабелю КЛ-10 кВ з врахуванням індуктивного опору за однакового значення коефіцієнту потужності навантажень лінії знайдемо за формулою:

$$\Delta U = A_2 \cdot r \cdot \cos \varphi \cdot M,$$

де $r = 0.125$ Ом/км - активний опір кабелю на напругу 10 кВ з алюмінієвими жилами перетином 240 мм

M - момент повного навантаження лінії; $A_2 = 1$ – коефіцієнт, який залежить від прийнятих одиниць вимірювання.

Момент повного навантаження лінії можна визначити за формулою:

$$M = S_p \cdot L = 4.75 \cdot 0.7 = 3.325 \text{ МВА} \cdot \text{км}$$

Отже, $\Delta U = 1 \cdot 0.125 \cdot 0.85 \cdot 3.325 = 0.353$ %.

0.353 % < 5 %. Умова задовольняється.

Як бачимо з результатів розрахунку, за усіма параметрами вибору оптимальний перетин жили кабелю 10 кВ - 240 мм².

Отже, згідно попередніх розрахунків передбачається використання трижильного кабелю на напругу $U_n = 10$ кВ з алюмінієвими жилами перерізом 240 мм². Тому обираємо кабель марки ААБ2л 3х240(ож)-10. Даний кабель у

								Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат				24

паперовій ізоляції, просоченій незгікаючим ізоляційним складом, в алюмінієвій оболонці, броньованої сталевими стрічками.

Даний кабель має такі технічні характеристики:

- кількість та перетин жил - $3 \times 240 \text{ мм}^2$;
- товщина ізоляції між жилами – 2.75 мм;
- товщина ізоляції жила-оболонка - 4 мм;
- товщина оболонки – 1.5 мм;
- розрахунковий зовнішній діаметр кабелю (довідково) – 59.1 мм;
- маса кабелю (орієнтовна) - 5507 кг/км;
- допустимі струмові навантаження кабелю, прокладеного в землі – 314 А.

1.4 Вибір марки кабелів від проектованої РП-10 кВ до опор Л-3 «В. Олександрівка» та Л-87 «Промінь»

Вибір перетину кабелю 10 кВ здійснимо за 4 параметрами:

- за термічною стійкістю
- за тривалодопустимими струмами
- за економічною густиною струму
- за допустимою втратою напруги на 1 км

Вихідні дані для розрахунків наведемо в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Вихідні дані

Напруга мережі U_n , кВ	10
Розрахункова потужність об'єкту P_p , кВт (згідно ТУ)	1800
Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$	0.85
Довжина КЛ-10 кВ L , км	1.045; 0.08
Сумарна потужність трансформаторів S_n , кВА	2000

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		25

1. Вибір перетину жил кабелю за термічною стійкістю

Максимальний струм к.з. на шинах 10 кВ проектного РП-10 кВ згідно розрахунків, становить $I_{к.з} = 13.209$ кА.

Час спрацювання максимального струмового захисту на лінії, що відходить до РУ-10 кВ елеватора, $t_{МСЗ} = 0.3$ с; час спрацювання струмової відсічки лінійного вимикача $t_{СВ} = 0.1$ с.

Отже, дійсний час відключення лінії $t_L = 0.3$ с + 0.1 с = 0.4 с.

Мінімальний перетин кабелю по термічній стійкості становитиме:

$$S_{\min} = \frac{I_{к.з} \cdot \sqrt{t_L}}{C} \cdot 10^3,$$

де $C = 95$ - стала величина для кабелів з алюмінієвими жилами 10 кВ.

$$\text{Отже, } S_{\min} = \frac{13.209 \cdot \sqrt{0.4}}{95} \cdot 10^3 = 87.94 \text{ мм}^2.$$

Розраховане значення округлюємо до найближчого стандартного перетину. Тобто перетин жили кабелю має бути не меншим 95 мм^2 .

Умова $87,94 \text{ мм}^2 < 95 \text{ мм}^2$ виконується.

2. Вибір перетину жил кабелю за тривалодопустимим струмом.

Розрахунковий струм кабельної лінії по напрузі 10 кВ знайдемо за формулою:

$$I_P = \frac{P_p}{1.732 \cdot U_H \cdot \cos \varphi}$$

$$\text{Отже, } I_P = \frac{1800}{1.732 \cdot 10 \cdot 0.85} = 122.27 \text{ А.}$$

З урахуванням коригувального коефіцієнту 0,9 для двох кабелів, які лежать поряд у землі з відстанню між ними в просвіті 100 мм, перетин жили кабелю має бути не меншим 70 мм^2 . Перетин обираємо по табл. 1.3.21 (ПУЕ-2017, розділ 1.3). Згідно неї перетин складає 95 мм^2 .

Умова $95 \text{ мм}^2 \geq 70 \text{ мм}^2$ виконується.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		26

3. Вибір перетину жил кабелю за економічною густиною струму.

Економічно доцільний перетин кабелю визначаємо за співвідношенням:

$$S = \frac{I_p}{J_{ек}},$$

де $I_p = 122.7$ А - розрахунковий струм КЛ-10 кВ; $J_{ек} = 1.3$ А/мм² - нормоване значення економічної густини струму для заданих умов роботи (табл. 1.3.50, ПУЕ-2017, розділ 1.3).

$$\text{Отже, } S = \frac{122.27}{1.3} = 94.05 \text{ мм}^2.$$

Умова $94,05 \text{ мм}^2 < 95 \text{ мм}^2$ виконується.

4. Вибір перетину жил кабелю за допустимою втратою напруги.

Допустимі втрати напруги в лінії 10 кВ повинні бути не більше 5 %. Тобто має задовольнятися умова $\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}$.

Втрати напруги при заданому перетині жил кабелю КЛ-10 кВ з врахуванням індуктивного опору за однакового значення коефіцієнту потужності навантажень лінії знайдемо за формулою:

$$\Delta U = A_2 \cdot (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi) \cdot M,$$

де $r = 0.328$ Ом/км - активний опір кабелю на напругу 10 кВ з алюмінієвими жилами перетином 95 мм²; $x = 0.06$ Ом/км - індуктивний опір кабелю на напругу 10 кВ з алюмінієвими жилами перетином 95 мм²;

M - момент повного навантаження лінії; $A_2 = 1$ – коефіцієнт, який залежить від прийнятих одиниць вимірювання.

Момент повного навантаження лінії можна визначити за формулою:

$$M = S_p \cdot L = 2.117 \cdot 1.045 = 2.212 \text{ МВА} \cdot \text{км}$$

$$\text{Отже, } \Delta U = 1 \cdot (0.328 \cdot 0.85 + 0.06 \cdot 0.53) \cdot 2.212 = 0.687 \text{ \%}.$$

$0,687 \text{ \%} < 5 \text{ \%}$. Умова задовольняється для КЛ до Л-3 ПС «В. Олександрівка».

$$M = S_p \cdot L = 2.117 \cdot 0.08 = 0.169 \text{ МВА} \cdot \text{км}$$

$$\text{Отже, } \Delta U = 1 \cdot (0.328 \cdot 0.85 + 0.06 \cdot 0.53) \cdot 0.169 = 0.0525 \text{ \%}.$$

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		27

0,0525 % < 5 %. Умова задовольняється для КЛ до Л-87 ПС «Промінь».

Як бачимо з результатів розрахунку, за усіма параметрами вибору оптимальний перетин жили кабелю 10 кВ - 95 мм².

Вибір марки кабелю

Отже, згідно попередніх розрахунків передбачається використання трижильного кабелю на напругу $U_n = 10$ кВ з алюмінієвими жилами перерізом 95 мм². Тому обираємо кабель марки ААБ2л 3х95(ож)-10. Даний кабель у паперовій ізоляції, просоченій незтікаючим ізоляційним складом, в алюмінієвій оболонці, броньованій сталевими стрічками.

Даний кабель має такі технічні характеристики:

-
- кількість та перетин жил - 3х95 мм²;
- товщина ізоляції між жилами – 5.5 мм;
- товщина ізоляції жила-оболонка - 4 мм;
- товщина оболонки – 1.5 мм;
- розрахунковий зовнішній діаметр кабелю (довідково) - 48 мм;
- зовнішній діаметр металевої оболонки (довідково) - 36 мм;
- маса кабелю (орієнтовна) - 3270 кг/км;
- допустимі струмові навантаження кабелю, прокладеного в землі – 192 А.

1.5 Розрахунок мережі 10 кВ при підключенні елеватора 1800 кВт

Підключення елеватора до мережі 10 кВ несе за собою збільшення загального навантаження на 1800 кВт. Збільшення навантаження призводить до збільшення рівнів напруг та їх втрат. Для нормального режиму роботи мережі необхідно, щоб втрати напруги на кожній ділянці не перевищували гранично допустимі. Допустимі

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		28

втрати напруги в лінії 10 кВ повинні бути не більше 5 %. Тобто має задовольнятися умова $\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}$.

На рис 1.4 зображена схема електричної мережі 10 кВ.

Перевіримо, чи відповідають втрати напруги в заданій мережі 10 кВ гранично допустимим.

Перевіряємо КЛ від РП-10 кВ до РУ-10 кВ 2БКТП-10/04 кВ. Втрати напруги при заданому перетині жил кабелю КЛ-10 кВ з врахуванням індуктивного опору за однакового значення коефіцієнту потужності навантажень лінії знайдемо за формулою:

$$\Delta U = A_2 \cdot (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi) \cdot M,$$

де $r = 0.328$ Ом/км - активний опір кабелю на напругу 10 кВ з алюмінієвими жилами перетином 95 мм^2 ; $x = 0.06$ Ом/км - індуктивний опір кабелю на напругу 10 кВ з алюмінієвими жилами перетином 95 мм^2 ;

M - момент повного навантаження лінії; $A_2 = 1$ – коефіцієнт, який залежить від прийнятих одиниць вимірювання.

Момент повного навантаження лінії можна визначити за формулою:

$$M = S_p \cdot L = 2.117 \cdot 1.115 = 2.36 \text{ МВА} \cdot \text{км}$$

Отже, $\Delta U = 1 \cdot (0.328 \cdot 0.85 + 0.06 \cdot 0.53) \cdot 2.36 = 0.733 \%$.

$0.733 \% < 5 \%$. Умова задовольняється.

Результати розрахунку втрат напруги для всіх інших ділянок мережі наведено у табл. 1.4.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		29

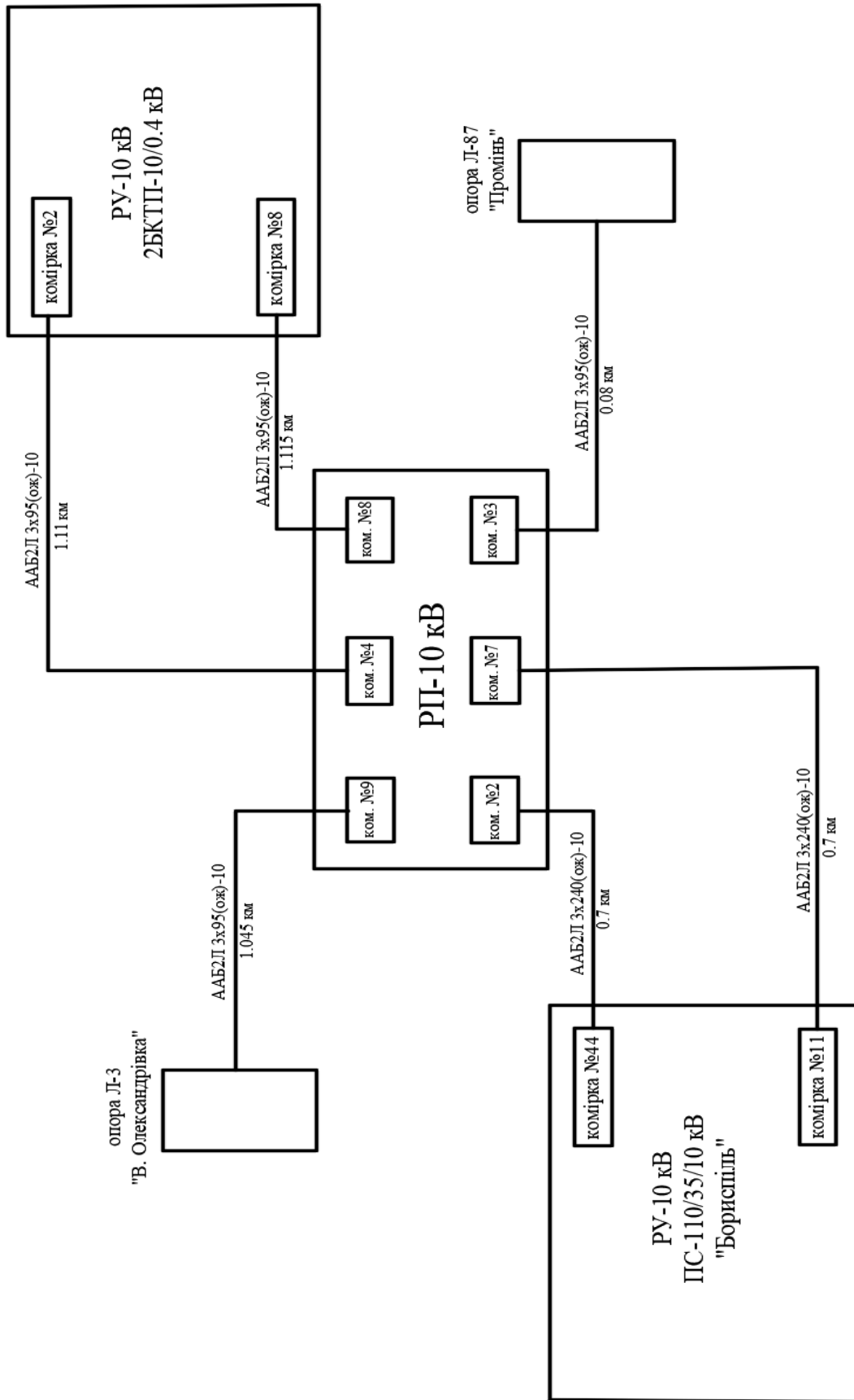


Рисунок 1.4 – Схема електричної мережі 10 кВ

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
----	-----	----------	-------	-----

Таблиця 1.4 – Втрати напруги мережі 10 кВ

Назва ділянки	Значення втрат напруги ΔU , %
РП-10 кВ, ком.8 – РУ-10 кВ 2БКТП-10/0.4 кВ, ком.8	0.733
РП-10 кВ, ком.4 – РУ-10 кВ 2БКТП-10/0.4 кВ, ком.2	0.729
РП-10 кВ, ком.2 та 7 – РУ-10 кВ ПС-110/35/10 кВ “Бориспіль”, ком. 44 та 11	0.353
РП-10 кВ, ком.3 – опора Л-87 ПС “Промінь”	0.0525
РП-10 кВ, ком.9 – опора Л-3 ПС “В.Олександрівка”	0.687

Висновок до розділу 1

Підключення елеватора до мережі 10 кВ потребує спорудження РП-10 кВ, від якого за допомогою КЛ-10 кВ ААБ2л 3х95(ож)-10 приєднується ПС 2БКТП-10/0.4 кВ елеватора. При цьому втрати напруги в мережі 10 кВ не перевищують 0.733 %, що задовольняє гранично допустимому відхиленню.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		31

2 ПРОЕКТУВАННЯ РП-10 кВ

2.1 Система власних потреб РП-10 кВ

Власні потреби проектованої РП-10 кВ забезпечуються трансформаторами, встановленими у ввідних комірках. Шафа власних потреб (ШВП) розрахована на два вводи, з АВР та лічильниками встановлюється на стіні всередині будівлі РП-10 кВ та живиться від автоматичних вимикачів, додатково встановлених у ввідних комірках. До власних потреб РП-10 кВ відносяться:

- Освітлення приміщення РП-10 кВ
- Ланцюги релейного захисту автоматики, сигналізації та керування вакуумними вимикачами(шафа АВР ШУ)
- Опалення приміщень РУ-10 кВ
- Обладнання системи телемеханіки (шафа ШТМ)

На рис. 2.1 наведено схему електричних з'єднань власних потреб 0,4 кВ

Виконаємо розрахунок навантажень власних потреб розрахувавши:

- розрахункове навантаження

$$P_p = P_e \cdot K_n,$$

де P_e - встановлена потужність , K_n - коефіцієнт попиту.

- реактивне навантаження

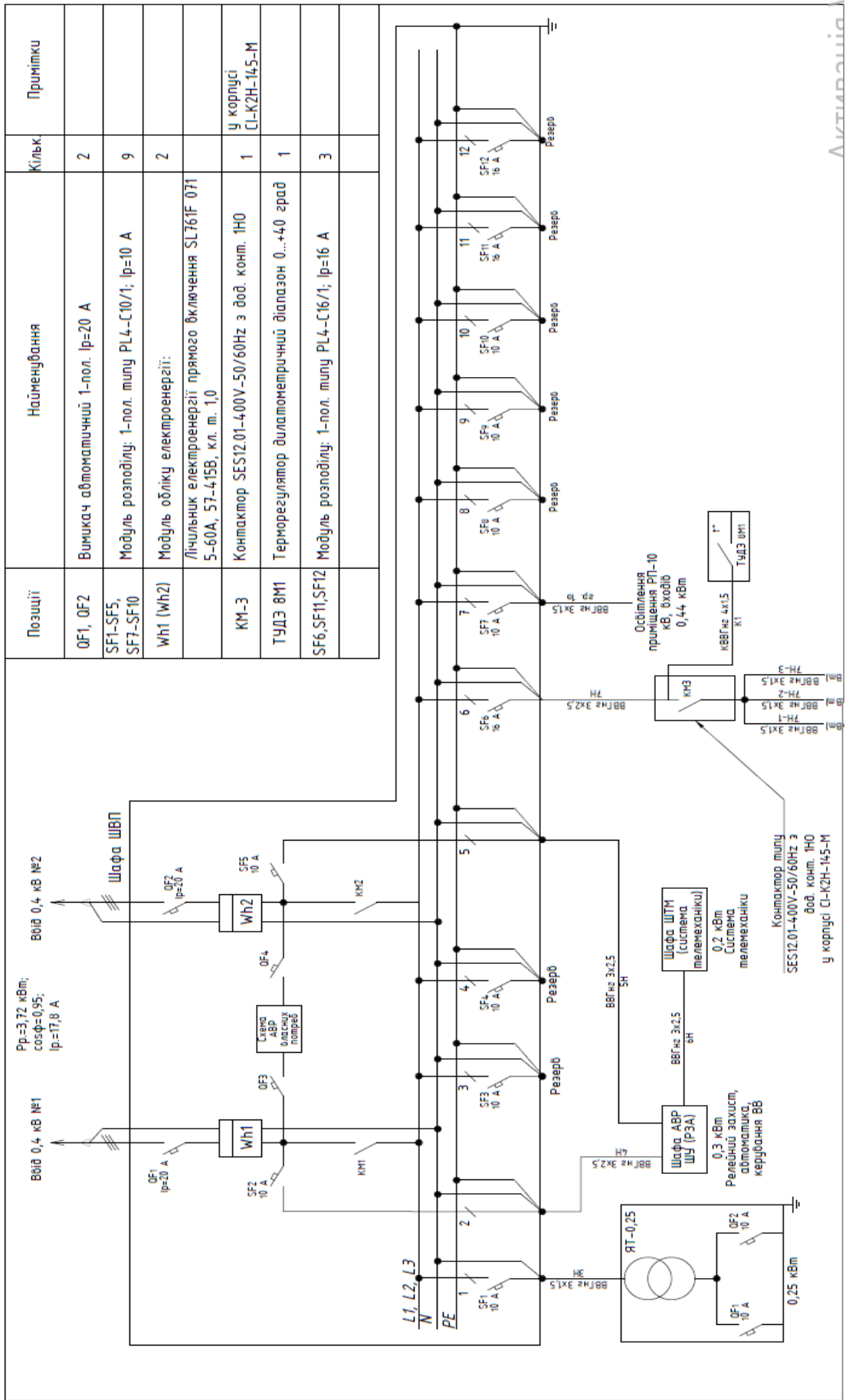
$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

- повне навантаження

$$Q_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$

Результати розрахунків навантажень власних потреб занесені у табл. 2.1

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		32



Позиції	Найменування	Кільк	Примітки
OF1, OF2	Вимикач автоматичний 1-пол. Ір=20 А	2	
SF1-SF5, SF7-SF10	Модуль розподілу: 1-пол. типу PL4-C10/1; Ір=10 А	9	
Wh1 (Wh2)	Модуль обліку електроенергії: Лічильник електроенергії прямого вклучення SL761F 071 5-60А, 57-415В, кл. м. 1,0	2	
КМ-3	Контактор SES12.01-400V-50/60Hz з дод. конт. 1Н0	1	У корпусі СІ-К2Н-145-М
ТУДЗ 8М1	Терморегулятор дилатометричний діапазон 0...+40 град	1	
SF6,SF11,SF12	Модуль розподілу: 1-пол. типу PL4-C16/1; Ір=16 А	3	

Рисунок 2.1 – Схеми електричних з'єднань власних потреб 0,4 кВ

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень власних потреб

Найменування навантаження	Встановлена потужність P _в , кВт	Коеф. попиту K _п	cos φ	tg φ	Розрах. навант. P _р , кВт	Реактивне навант. Q _р , кВт	Повне навант. S _р , кВА
Освітлення приміщення РП-10 кВ	0.44	0.5	0.95	0.33	0.22	0.07	0.23
Шафа АВР ШУ	0.3	1	0.92	0.43	0.3	0.13	0.33
Опалення приміщень РУ-10 кВ	3.0	1	0.98	0.2	3	0.61	3.06
Обладнання системи телемеханіки	0.2	1	0.92	0.43	0.2	0.09	0.22
Сумарно по шафі ШВП	3.94	-	0.95	0.24	3.72	0.89	3.84

2.2 Розрахунок заземлюючого пристрою для РП-10 кВ

Заземлення - навмисне електричне з'єднання якої-небудь частини електроустановки із заземлюючим пристроєм, що складається із заземлювача і заземлюючих провідників.

Заземлення виконує дві основні функції:

- утворення умов швидкого відключення замикання на землю;
- зменшення до необхідних меж можливої напруги дотику.

Ідеальним заземленням вважають екіпотенційну поверхню, за яку може слугувати поверхня землі або велика металева плита, внаслідок чого різниця потенціалів між довільною точкою цієї поверхні та будь-яким заземленим устаткуванням дорівнюватиме нулю. Якщо через систему заземлення та ґрунт (землю) протікає струм, то різниця потенціалу буде нульовою лише в тому випадку, коли нульовим буде імпеданс на шляху протікання струму. У реальних умовах

									Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат					34

спроба досягти добрих параметрів системи заземлення є намаганням досягти якнайменших значень цього імпедансу, однак у реальних умовах цей імпеданс відрізняється від нуля.

Окремі види заземлень об'єднуються в одну спільну систему заземлення, зокрема в будівельних об'єктах, які потребують захисту від блискавки та перенапруг внутрішньої будинкової мережі живлення та устаткування низької напруги разом із приєднаними до них технічними пристроями. Основним елементом заземлення є заземлювачі або розташовані у ґрунті струмопровідні елементи, які призначено для безпечного розтікання струму, що відводиться.

Найбільш розповсюджені на практиці штучні заземлювачі, тобто метало-профілі, прутья, проводи або смуги, що розташовані у ґрунті вертикально - шпилькові заземлювачі, або горизонтально - контурні заземлювачі. Заземлювачі можуть бути виготовлені із окремих вертикальних чи горизонтальних елементів - вони називаються зосередженими заземлювачами, або у випадку, коли вони поєднані між собою, утворюють системи складених заземлювачів розгалуженої конфігурації - наприклад, променеві, контурні чи ґратоподібні заземлювачі.

Приведемо схему встановлення одиничного заземлюючого пристрою (ЗП) на рис. 2.2

Виконаємо розрахунок контуру заземлення 10 кВ. Знайдемо опір одного вертикального заземлювача:

$$r_g = \frac{0.366 \cdot p}{L} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot L}{0.95 \cdot b} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot t + L}{4 \cdot t - L} \right),$$

де $p = 202.8 \text{ Ом} \cdot \text{км}$ – еквівалентний опір ґрунту; $b = 100 \text{ мм}$ – ширина вертикального заземлювача; $t = 3 \text{ м}$ – відстань від поверхні землі до середини заземлювача.

$$r_g = \frac{0.366 \cdot 202.8}{5} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{0.95 \cdot 100} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot 3 + 5}{4 \cdot 3 - 5} \right) = 42.3 \text{ Ом}$$

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		35

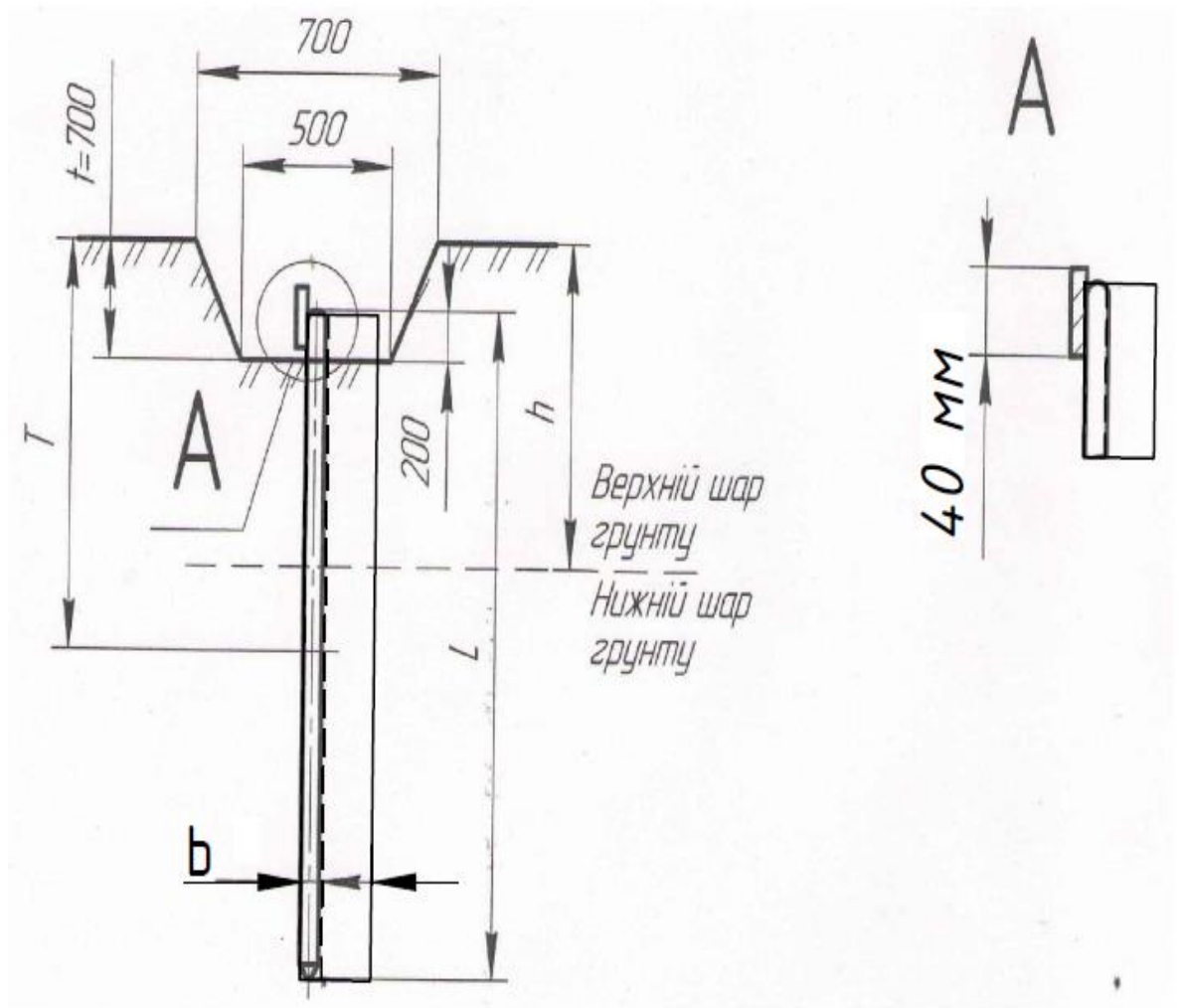


Рисунок 2.2 – Схема встановлення одного ЗП

$L = 5$ м - довжина вертикального заземлювача;

$b = 50$ мм - ширина полиці кутика сталевого (вертикального заземлювача);

$h = 1$ м - товщина верхнього шару ґрунту;

$T = 3,0$ м - заглиблення вертикального заземлювача;

$t = 0,7$ - глибина траншеї (заглиблення з'єднувальної штаби).

Знайдемо попередню приблизну кількість вертикальних заземлювачів:

$$n_{np} = \frac{r_{\theta}}{R_n \cdot n_{\theta}}$$

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		36

де $R_H = 4$ Ом – нормативний опір розтікання струму в землі; $n_g = 0.8$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів.

$$n_{np} = \frac{42.3}{4 \cdot 0.8} = 13.22 \text{ шт, округлюємо до } n_{np} = 13 \text{ шт.}$$

Знайдемо повний опір заземлювачів:

$$R = \frac{R_H \cdot r_2}{r_2 - R_H},$$

де $r_2 = 16.58$ Ом – опір горизонтального заземлювача.

$$R = \frac{4 \cdot 16.58}{16.58 - 4} = 5.27 \text{ Ом}$$

Уточнимо кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням з'єднувальної штаби:

$$n = \frac{r_g}{R \cdot n_g} = \frac{42.3}{5.27 \cdot 0.8} = 10.03 \text{ шт.}$$

Приймаємо до установки 14 вертикальних заземлювачів.

Результати розрахунку контуру заземлення заносимо у табл. 2.2

Таблиця 2.2 - Розрахунок контуру заземлення

Допустиме значення опору заземлюючого пристрою, Ом	Екв. опір ґрунту, Ом*м	Опір вертик. заземл., Ом	Орієнтована к-сть вертик. заземлювачів, шт	Опір горизонт. заземлювача, Ом	Опір контура заземлення, Ом	Уточнена к-сть вертик. заземл, шт
4	202.8	42.3	13	16.58	3.8	14

Опір заземлюючого пристрою повинен складати не більше 4 Ом (згідно ПУЕ гл.1.7). Розрахункове значення контуру заземлення не перевищує дане значення:

$$3,8 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом.}$$

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		37

Заземлюючий пристрій буде виконано зі сталевих кутиків 50x50x5 мм - вертикальних електродів довжиною 5 м кількістю 14 шт. На рис. 2.3 наведено план внутрішнього та зовнішнього заземлення будівлі РП-10 кВ

На рис. 2.4 зображено специфікацію до плану заземлення

Поз.	Позначення	Найменування	Одиниця виміру	Кільк.	Маса
1	ДСТУ 4484:2005	Штаба 4x25 мм СтЗкп	м	80	1,29
2		Круг ϕ 8 ДСТУ 4738:2007	м	10	0,395
3	ТУ 550.1-120-83	Шпир ШТ-10 У1	шт	35	0,09
4		Провід мідний МГ 1x25, L=300 мм	шт	2	
5	ГОСТ 7386-80	Наконечник мідний П25-8М	шт	4	
6	ГОСТ 7798-70	Болт М8-45	шт	4	
7	ГОСТ 11371-78	Шайба 8	шт	8	
8	ГОСТ 5915-70	Гайка М8	шт	4	
9	ГОСТ 11371-78	Шайба гровер 8	шт	8	
10	ГОСТ 7798-70	Болт М12x45	шт	4	
11	ГОСТ 11371-78	Шайба 12	шт	4	
12	ГОСТ 3032-76	Гайка-баранець М12	шт	4	
13		Штаба 4x40 ГОСТ 103-2006 СтЗкп ДСТУ 4484:2005	м	40	1,26
14	ГОСТ 103-76	Куттик сталевий 5x50x50 мм	м	70	1,95

Рисунок 2.4 – Специфікація до плану внутрішнього та зовнішнього заземлення

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		38

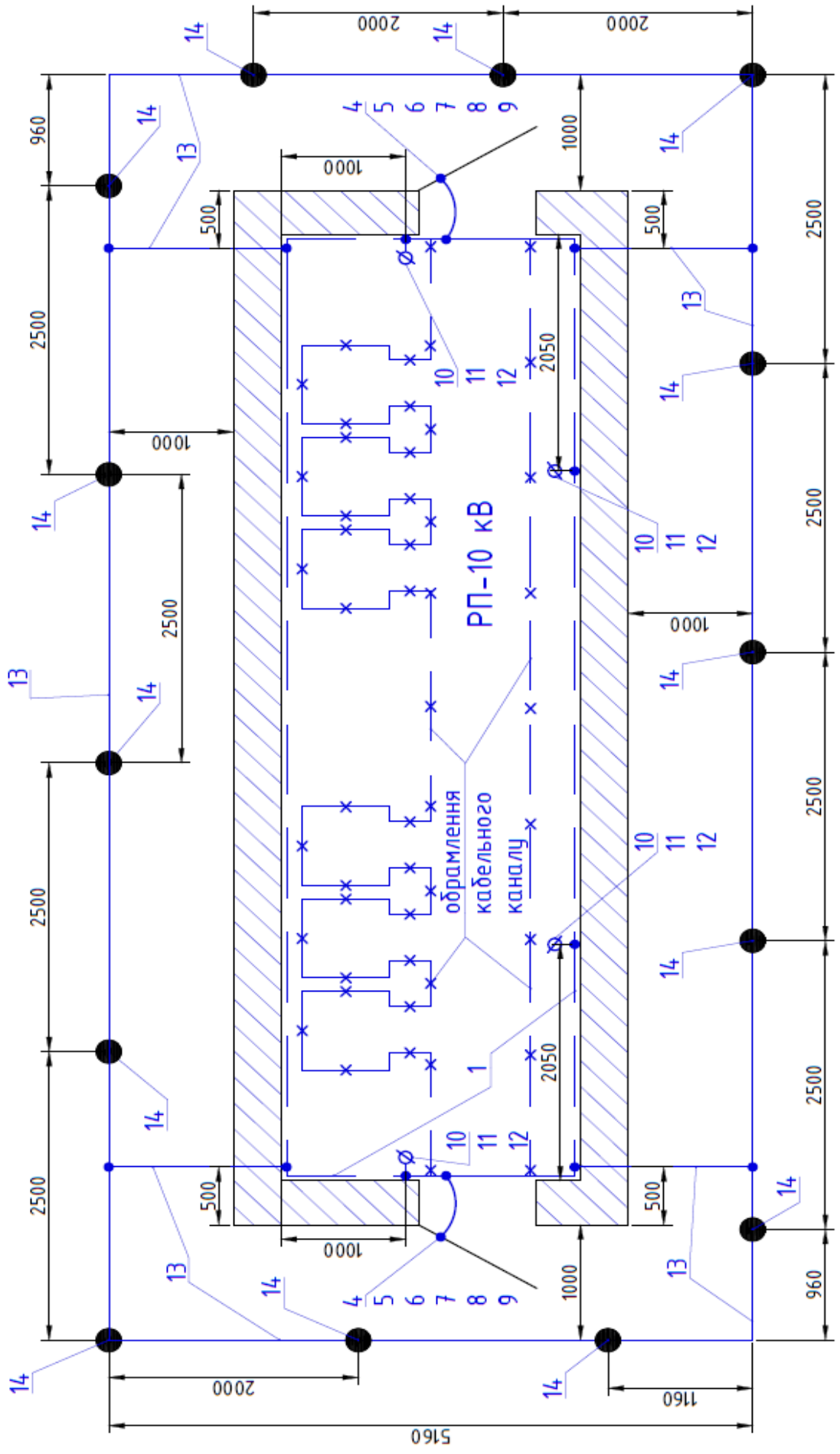


Рис. 2.3 — План внутрішнього та зовнішнього заземлення РП-10 кВ

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

2.5 Система телемеханіки РП-10 кВ

Телемеханіка – це комплекс обладнання і програмного забезпечення, які забезпечують можливість прийому і передачі інформації, сигналів від різноманітних об'єктів, а також дозволяють керувати обладнанням даних об'єктів.

Телемеханіка електроенергетичних об'єктів по суті являє собою автоматизовану систему управління технологічним процесом (АСУ ТП) і включає в собі декілька окремих систем:

- системи автоматичного управління (САУ);
- засоби диспетчерського і технічного управління (СДТУ);
- програмне забезпечення, що служить для збору, обробки, зберігання, аналізу різної інформації відносно роботи електричного обладнання (SCADA);
- автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ);
- пульти управління, панелі з перемикальними пристроями, контрольно-вимірювальними приладами;

Для передачі даних між системами телемеханіки, в залежності від взаємного розташування об'єктів використовують бездротові, дротові засоби зв'язку, високочастотні зв'язки по високовольтним ЛЕП.

Системи телемеханіки будуються таким чином, щоб забезпечити високу точність, швидкість і надійність при передачі інформації, сигналів управління обладнання. Також однією з основних задач даних систем є організація швидкої і точної фіксації зміни тих чи інших параметрів електричної мережі, стану обладнання, що забезпечується завдяки максимальній автоматизації даного процесу.

Системи телемеханізації застосовують для організації контролю і управління над обладнанням об'єктів, які розташовані в різній ступені віддаленості від центра управління (на енергетичних об'єктах, на яких заборонено знаходитися впродовж

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		40

довгого відрізка часу або взагалі знаходження людини неможливе). Наприклад, по причині високого радіаційного фону або високого рівня забруднення.

До переваг систем телемеханіки можна віднести:

- Незалежність від віддаленості об'єктів контролю і управління енергетичними об'єктами (для електричних розподільних підстанцій - центральний диспетчерський пункт). Завдяки наявності телемеханічних систем на енергетичних об'єктах і використання сучасних засобів зв'язку, контроль і управління над цими об'єктами можна виконувати з будь-якої точки, незалежно від взаємного розташування об'єктів. Тобто за допомогою систем телемеханіки можна організувати контроль і управління над об'єктами, розташованими, наприклад, в декількох областях;

- Можливість контролю над оперативно-технічним персоналом. Під час проведення оперативних перемикачів на обладнанні, особливо під час ліквідації аварій і технологічних порушень, оперативно-технічний персонал може припуститися помилки. Завдяки наявності систем АСУ ТП, зокрема SCADA, черговий диспетчер, який віддає команди на операції з обладнанням на підстанції, може в реальному часі контролювати процес виконання команд.

У разі допущення помилок під час виконання оперативних перемикачів, черговий диспетчер може своєчасно виявити цю помилку і повідомити про неї оперативному персоналу, що дозволяє попередити виникнення різних негативних наслідків.

Наприклад, при необхідності виведення в ремонт силового трансформатора, оперативний персонал виконає всі необхідні операції з відключення даного елемента обладнання від електричної мережі, але заземлення даного елемента зробить тільки після того, як вищестоящий оперативний персонал - черговий диспетчер зміг особисто переконатися в правильності виконаних перемикачів і можливості виробництва подальших операцій - заземлення силового трансформатора. Залежно від складності виконуваних переключень така перевірка може виконуватися кілька разів;

									Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат					41

- Економія коштів. Завдяки наявності систем телемеханіки на енергетичних об'єктах, можна значно знизити витрати на утримання обслуговуючого персоналу, тому що контроль над режимом роботи устаткування, зчитування інформації з мікропроцесорних терміналів захистів обладнання щодо порушень режимів роботи в електричних мережах, а також виконання операцій з високовольтними вимикачами, автоматичними вимикачами з мотор-приводами можна вести дистанційно;

- Оперативність. Управління обладнанням персоналом безпосередньо на об'єкті займає певну кількість часу: виявлення несправності, фіксування в журналі, доповідь вищестоящому персоналу, отримання команди на виконання тих чи інших команд, фіксація команди в журналі, виконання команди, фіксація в журналі про виконану команди, доповідь вищестоящому персоналу.

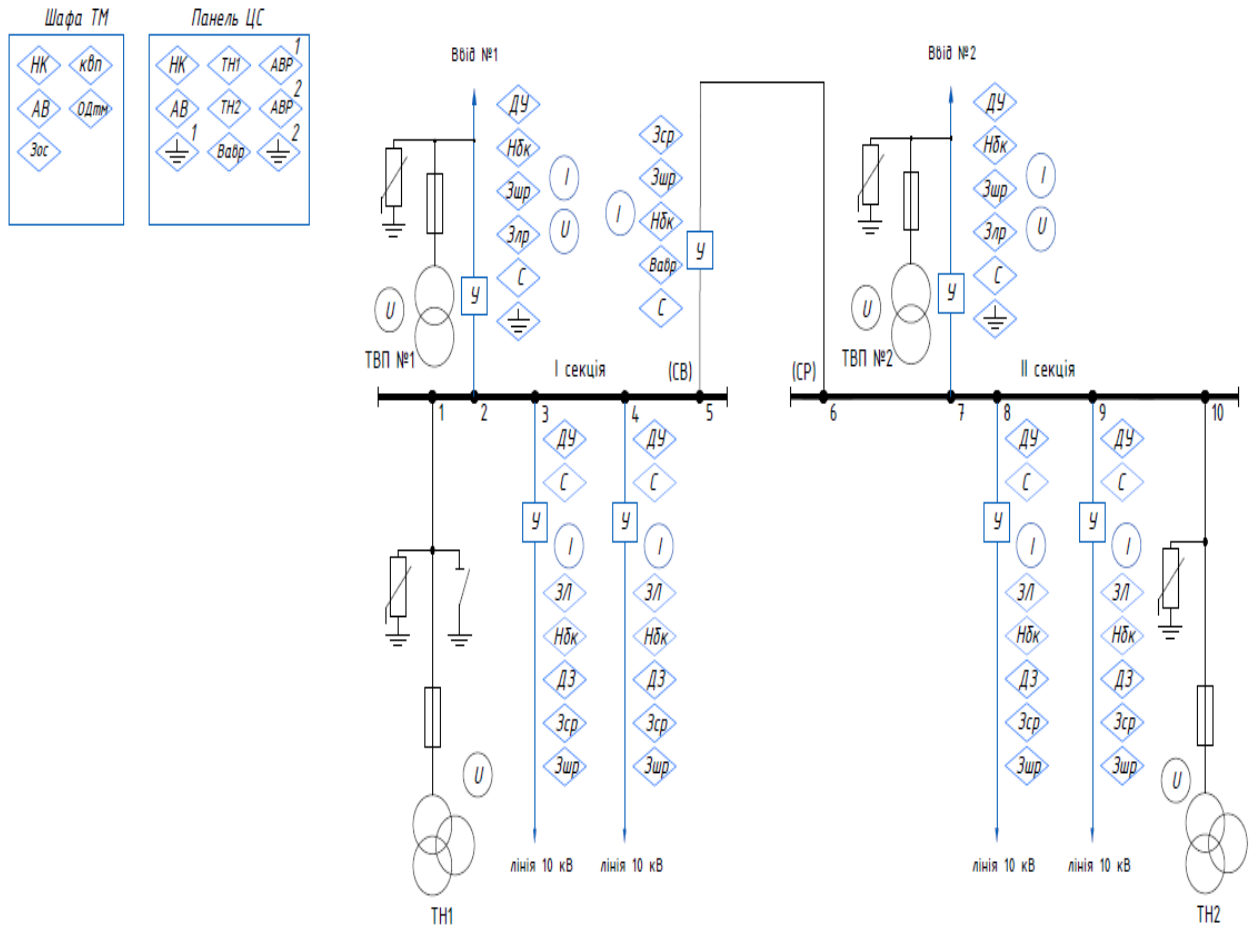
Що стосується недоліків, то найбільш яскраво вираженим недоліком систем телемеханіки є їх вразливість. Система телемеханіки - це складний комплекс техніки, один з елементів якої, може в будь-який момент вийти з ладу. Це призведе до некоректної роботи даної системи, наявності хибних сигналів або зовсім повної її неприцездатності. Подібні порушення роботи зустрічаються досить рідко, але мають місце.

Виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок, що повністю відмовитися від обслуговуючого персоналу на енергетичних об'єктах, обладнаних системами телемеханіки, не можна, так як в разі відмови систем телемеханіки або виникнення помилок в її роботі необхідне втручання персоналу.

Але все ж застосування даних систем в енергетиці дозволяє значно скоротити кількість обслуговуючого персоналу. Наприклад, в групі декількох підстанцій завдяки наявності систем телемеханіки відсутня необхідність наявності постійного обслуговуючого персоналу на кожній з підстанцій, так як контроль над усіма об'єктами ведеться дистанційно з диспетчерського пункту.

Приведемо схему обсягу телемеханізації на рис. 2.5, що буде застосовуватись на проектуваному РП-10 кВ.

									Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат					42



- | | | | |
|--|--|--|-------------------------------------|
| | - земля в мережі I с. | | - положення заземлювача ШР |
| | - земля в мережі II с. | | - положення заземлювача ЛР |
| | - положення автомата ТН (III) с. кіл РЗА | | - положення заземлювача СР-10 кВ |
| | - положення автомата ТН (III) с. обліку | | - АВР I с. |
| | - контроль власних потреб | | - АВР II с. |
| | - замикання на землю в лінії | | - заземлення секції включено |
| | - несправність блоку керування | | - АВР-10 кВ відключений |
| | - дуговий захист | | - дистанційне управління відключене |
| | - земля в мережі оперативного струму | | - відкриття дверцят шафи ТМ |

Рисунок 2.5 – обсяг телемеханізації РП-10 кВ

На рис. 2.6 зображено схему управління, захисту та сигналізації.

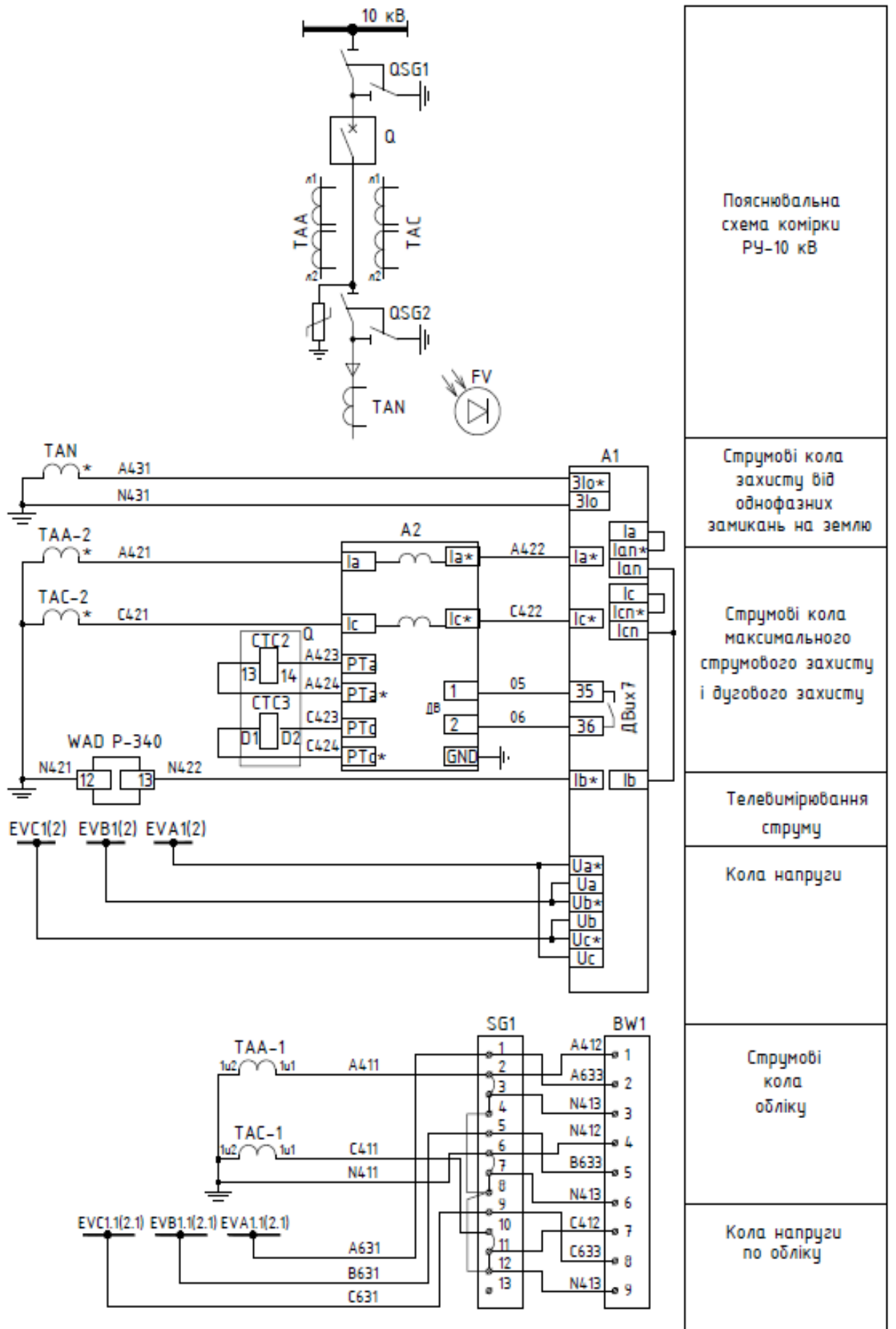


Рисунок 2.6 – Схема управління, захисту та сигналізації

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

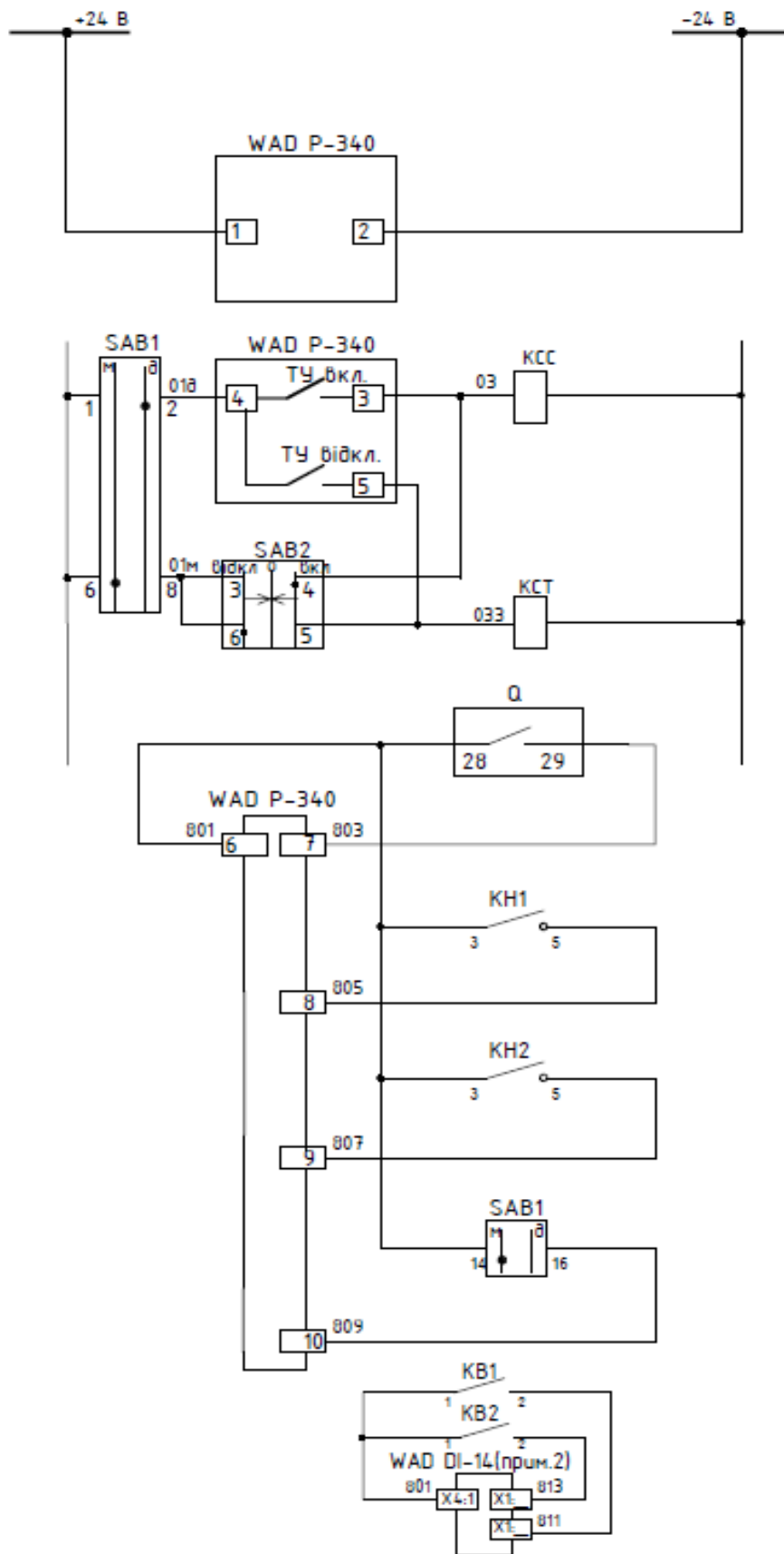
На рисунку 2.7 наведені умовні позначення до схеми управління, захисту та сигналізації

Поз. позначення	Найменування	Кільк	Примітка
A1	Пристрій релейного захисту МРЗС-05Л-12.1(АИАР.466452)	1	прим.4
A2	Пристрій дешунтування МРЗС-ДШ (РСГИ.468243.002)	1	прим.4
Q	Вимикач ВВ/VL-12-25/1000 А	1	див. арк. 15
TAA, TAC	Трансформатор струму ТОЛУ-10-0,5s/10P	2	
TAN	Трансформатор струму ТЗЛМ-125	1	
SF1, SF2 SF3	Вимикач автоматичний С60N+OF, 220 В, 4А	3	
SAB1	Перемикач пакетний Lovato 7GN2069U	1	
SAB2	Перемикач пакетний зповерненням Lovato 4G10-202	1	
SA1	Перемикач пакетний Lovato 7GN2005U	1	
SC1	Вимикач освітлювальний с-1-00-6/250	1	
EL1,EL2	Лампа 15 Вт, 230 В	2	
KOC,KOT KCC,KCT	Реле проміжне RXM4AB1P7 230В	4	Колодка RXZE2M114M4
FV	Фототристор ТФ-132-25-8	1	в кабельному відсіку
KH1,KH2	Реле вказівне РЕУ-21-5 0,05А 3200 Ом	2	
QSG1	Заземлювач шинного роз'єднувача з блок-контактом	1	
QSG2	Заземлювач лінійного роз'єднувача з блок-контактом	1	
SG1	Коробка випробувальна	1	прим. 3
BW1	Лічильник електроенергії	1	прим. 3
HLG	Арматура світлосигнальна зелена 220В	1	
HLR	Арматура світлосигнальна червона 220В	1	
KQ1	Реле проміжне двопозиційне ПЗ-46-1-33 220В	1	
KBS, KS	Реле часу ВЛ-100А 220В, t=0,1-9,9"	2	

Рисунок 2.7 – Специфікація схеми управління, захисту та сигналізації

На рис. 2.8 зображено принципову схему комірок системи ТМ

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		45



Шинки живлення	
Живлення пристрою	
Телеуправління	включення по телемеханіці
	відключення по телемеханіці
	включення оперативно
	відключення оперативно
Телесигналізація	Положення ВВ
	Аварія Автоматичне відключення ВВ
	Несправність
	Дистанційне керування відключене
Телесигналізація	Демонтаж ВВ
	Демонтаж МРЭС

Рисунок 2.8 – Принципова схема комірок системи ТМ

Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

Телемеханізація проектованої РП-10 кВ виконана на базі процесорного модуля МОХА ІА-240-Т-ЛХ, багатофункціональних контролерів WAD P-340 та модулів дискретного вводу WAD DI-14.

Зв'язок з ОІК ЧД Бориспільського РП виконується через радіомодем.

Телемеханізація передбачена в такому обсязі:

- телевимірювання струмів на всіх приєднаннях 10 кВ;
- телевимірювання напруги на обох секціях шин 10 кВ;
- телекерування вакуумними вимикачами 10 кВ (режими включення і відключення);
- телесигналізація положення вакуумних вимикачів;
- телесигналізація загальної несправності на РП;
- телесигналізація аварійної ситуації на РП;
- телесигналізація замикань на землю в мережі 10 кВ;
- телесигналізація можливості дистанційного керування;
- телесигналізація про роботу шафи власних потреб;
- телесигналізація стану АВР-10 кВ на секційному вимикачі.

Живлення пристроїв телемеханізації передбачено безпосередньо від шафи АВР ШУ.

Кабельні зв'язки виконуються силовими і контрольними кабелями, а також кабелем із спареними зв'язками, що не розповсюджують горіння, з мідними жилами. Кабелі прокладаються по стінам та стелі в кабельних коробах, а також по релейним відсікам комірок РУ-10 кВ.

На диспетчерському пункті виконуються такі роботи:

- створення комп'ютеризованої бази даних по РП-10 кВ, що проектується;

									Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат					47

- графічне відтворення однолінійної схеми РП-10 кВ, інтегрування її до електронної диспетчерської схеми електромереж;
- прив'язка елементів однолінійної схеми до бази даних;
- налагодження та перевірка достовірності проходження команд телекерування, сигналізації стану РП-10 кВ та вимірювань електричних параметрів електромережі 10 кВ з КП та з верхнього рівня диспетчерського пункту.

Висновок до розділу 2

Розглянувши у цьому розділі основні системи проектного РП-10 кВ, можна зробити висновок, що все обладнання було обрано правильно. Навантаження власних потреб повністю покривається трансформаторами, що встановлені в ввідних комірках. Розрахунок системи заземлення показав, що загальний опір контуру заземлення, що буде встановлюватися, не перевищує гранично допустимий. Система телемеханіки виконує всі необхідні функції прийому і передачі інформації, сигналізації, дозволяють керувати обладнанням РП-10 кВ.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		48

ВИСНОВОК

В дипломному проекті для підключення до підстанції 2БКТП-10/0.4 кВ елеватора в мережу 10 кВ спроектовано РП-10 кВ і розглянуто його основні системи.

Виконано розрахунок КЛ-10 кВ від РП до живлячої ПС-110/35/10 «Бориспіль», а також від РП до підстанції 2БКТП-10/0.4 кВ елеватора .

Розраховано втрати напруги в мережі.

При аналізі отриманих даних, можна зробити висновок, що втрати напруги в мережі відповідають гранично допустимим. Це свідчить про те, що все обладнання обрано правильно та мережа задовольняє вимогам нормального режиму роботи.

						Арк.
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		49

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок / 5-е вид. переробл. й доповн. – Харків: Форт, 2017. – 760 с.
2. Мілих В.І. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків : ФОП Панов А. М., 2016. – 272 с.
3. Бурбело, М. Й. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.
- 4.Справочник по проектированию электрических сетей /под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. :ЭНАС, 2012. – 376 с. : ил.
5. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу : підруч. / Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К. : Аграрна освіта, 2011. – 448 с.
6. Лук'яненко Ю.В., Остапчук Ж.І., Кулик В.В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 116 с.
7. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования :учеб. пособие для вузов / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. – М.: Энергоатомиздат, 2009. –608 с.
8. Електропостачальні системи та їх проектування [Текст]: Конспект лекцій для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / уклад. Т.І. Коменда., Н.В. Коменда. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – 190 с.
10. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Наказ Мінпаливенерго від 25.07.2006 р. №258 – Київ.: 2006. – 181 с.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

[Введіть текст]

11. Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. ДСТУ НБВ.2.5-80:2015 Київ Мінрегіон 2016. – 83 с.

12. Грибан В. Г., Негодченко О. В. Охорона праці. Навч. посіб. 2_ге вид.– К.: Центр учбової літератури, 2011. – 280 с.

13. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00–1.21–98. – Київ: Державний комітет України по нагляду за охороною праці, 1998. – 91 с.

14. Правила пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України. НАПБ В.01.034-2005/111. – Київ: Затверджені наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 26 вересня 2018 року N 491. – 90 с.

15. О.П. Михайлюк, В.В. Олійник, І.Я. Кріса, П.А. Білим, О.О.Тесленко Пожежна безпека об'єктів підвищеної небезпеки: Навчальний посібник. – Х.: УЦЗУ, 2010. - 343 с.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		