

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Інженерії енергосистем

(назва кафедри)

К.Т.Н., доц. \_\_\_\_\_ Євген АНТИПОВ

(підпис)

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2026 р.

**БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: **«Предпроектні рішення реконструкції системи електропостачання гуртожитків під житловий комплекс»**

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг електроенергетичних систем з відновлюваними джерелами»

02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_  
(Підпис)

Світлана МАКАРЕВИЧ

(ПІБ)

Керівник бакалаврської  
кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_  
(Підпис)

Світлана МАКАРЕВИЧ

(ПІБ)

Виконав

\_\_\_\_\_  
(Підпис)

Яна ЯКИМЕНКО

(ПІБ студента)

КИЇВ – 2026  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

Інженерії енергосистем  
(назва кафедри)

К.Т.Н., доц. \_\_\_\_\_ Євген АНТИПОВ  
(підпис)

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Якименко Яні Петрівні

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг електроенергетичних систем з відновлюваними джерелами»

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Предпроектні рішення реконструкції системи електропостачання гуртожитків під житловий комплекс»

затверджена наказом ректора НУБіП України від "30" 10. 2025 р. № 2606 "С"

Термін подання завершеного проекту на кафедру "29" травня 2026 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: Архітектурно-будівельні креслення та плани будівлі. Існуюча схема зовнішнього електропостачання. Технічні умови на приєднання до електричних мереж. План прокладання кабельних ліній 10 кВ та 0,4 кВ. Чинні нормативні документи з проектування систем електропостачання.

Перелік питань, які потрібно вирішити: Виконати аналіз існуючого стану системи електропостачання. Провести розрахунок електричних навантажень з урахуванням нових споживачів. Обґрунтувати вибір схеми електропостачання та потужності силових трансформаторів. Здійснити вибір основного електротехнічного обладнання (РУ-10 кВ, РУ-0,4 кВ). Розробити заходи щодо заземлення та електробезпеки

Перелік графічних документів: презентація виконана в Microsoft PowerPoint

Дата видачі завдання: 30 жовтня 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ К.Т.Н., доцент \_\_\_\_\_  
(науковий ступінь та вчене звання)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ (Підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис )

\_\_\_\_\_ Світлана МАКАРЕВИЧ

\_\_\_\_\_ (ПІБ)

\_\_\_\_\_ Яна ЯКИМЕНКО \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали студента)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна бакалаврська робота на тему «Предпроектні рішення реконструкції системи електропостачання гуртожитків під житловий комплекс» присвячена розробці технічних рішень для модернізації системи електропостачання під час реконструкції гуртожитків під житловий комплекс.

Пояснювальна записка складається з 91 сторінки. Робота складається з титульного аркушу, завдання для виконання роботи, реферату, умовних позначень, змісту, вступу, основної частини (4 розділи), висновку, списку використаних джерел (24 найменування) та додатків. У роботі використано розрахункові таблиці, схеми та креслення.

Об'єктом дослідження є система електропостачання будівель гуртожитків, що підлягають реконструкції під формат житлового комплексу.

Предметом дослідження є методи розрахунку електричних навантажень, підбір силового обладнання трансформаторної підстанції та проектування кабельних ліній

У першому розділі проаналізовано поточний стан інженерних мереж об'єкта реконструкції та сформовано вихідні дані для проектування. Розглянуто специфіку реконструкції гуртожитків під житловий комплекс із вбудованими приміщеннями соціально-побутового призначення.

У другому розділі розраховано електричні навантаження об'єкта та обґрунтовано вибір потужності трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ.

У третьому розділі розроблено технічні рішення щодо прокладання кабельних ліній та компонування обладнання всередині ТП.

У четвертому розділі запроектовано заземлювальний пристрій трансформаторної підстанції та заходи з електробезпеки. Виконано розрахунок заземлюючого пристрою (вертикальних електродів та з'єднувальних смуг). Проводиться математична перевірка того, чи відповідає опір заземлюючого пристрою вимогам ПУЕ.

Ключові слова: система електропостачання, реконструкція гуртожитків, житловий комплекс, трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ, електричні навантаження, силовий трансформатор, кабельні лінії 10 кВ та 0,4 кВ, розподільчий пристрій, АСКОЕ, комерційний облік електроенергії, заземлюючий пристрій, електробезпека, релейний захист, автоматичне введення резерву, надійність електропостачання, енергоефективність, якість електроенергії.

## ABSTRACT

Bachelor's Thesis on the topic "Pre-project Solutions for the Reconstruction of the Power Supply System of Dormitories into a Residential Complex" is dedicated to the development of technical solutions for upgrading the power supply system during the reconstruction of dormitories into a residential complex.

The explanatory note consists of 91 pages. The thesis includes a title page, a task assignment sheet, an abstract, a list of abbreviations and symbols, a table of contents, an introduction, the main body (4 chapters), conclusions, a list of references (24 items), and appendices. The work utilizes calculation tables, diagrams, and drawings.

The object of study is the power supply system of dormitory buildings undergoing reconstruction into a residential complex format.

The subject of study includes electrical load calculation methods, selection of power equipment for a transformer substation, and the design of cable lines.

In the first chapter, the current state of the facility's utility networks was analyzed, and the initial design data was compiled. The specifics of reconstructing dormitories into a residential complex with built-in social and commercial facilities were reviewed.

In the second chapter, the electrical loads of the facility were calculated, and the selection of the capacity for the 10/0.4 kV transformer substation was justified.

In the third chapter, technical solutions were developed for routing cable lines and laying out equipment inside the transformer substation.

In the fourth chapter, the grounding arrangement of the transformer substation and electrical safety measures were designed. The calculation of the grounding system (vertical electrodes and connecting strips) was performed. A mathematical verification was carried out to ensure the grounding system resistance complies with the requirements of the Electrical Installation Regulations (PUE).

Keywords: power supply system, dormitory reconstruction, residential complex, 10/0.4 kV transformer substation, electrical loads, power transformer, 10 kV and 0.4 kV cable lines, switchgear, AMR (Automated Meter Reading), commercial electricity

metering, grounding arrangement, electrical safety, relay protection, automatic transfer switch (ATS), power supply reliability, energy efficiency, power quality.

## ЗМІСТ

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....                                                        | 10 |
| ВСТУП .....                                                                            | 11 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА ВИХІДНІ ДАНІ.....                            | 13 |
| 1.1. Характеристика об'єкта електропостачання та вихідні дані проектування .....       | 13 |
| 1.2. Аналіз існуючої системи електропостачання гуртожитків .....                       | 16 |
| 1.3. Нормативні вимоги та технічні умови реконструкції системи електропостачання ..... | 18 |
| Висновок до розділу 1 .....                                                            | 20 |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ТП 10/0,4 кВ.....     | 22 |
| 2.1. Розрахунок електричних навантажень трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ .....    | 22 |
| 2.1.1. Розрахунок навантаження трансформатора Т1 в нормальному режимі.....             | 24 |
| 2.1.2. Розрахунок навантаження трансформатора Т2 в нормальному режимі.....             | 29 |
| 2.1.3. Розрахунок навантаження трансформатора Т1 та Т2 в аварійному режимі .....       | 34 |
| 2.2. Вибір трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ та основного обладнання.....          | 41 |
| 2.3. Розробка функціональної та електричної схеми з'єднань ТП.....                     | 48 |
| Висновок до розділу 2 .....                                                            | 51 |
| РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ .....                    | 52 |

|           |      |                |        |      |                                                                                                                 |            |      |
|-----------|------|----------------|--------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|
|           |      |                |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ                                                                          |            |      |
| Змн.      | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |                                                                                                                 |            |      |
| Розроб.   |      | Якименко Я.П.. |        |      | ТЕМА<br>Предпроектні рішення<br>реконструкції системи<br>електропостачання гуртожитків<br>під житловий комплекс | Літ.       | Арк. |
| Перевір.  |      | Макаревич С.С. |        |      |                                                                                                                 |            | 8    |
|           |      |                |        |      |                                                                                                                 | IEC-220016 |      |
| Н. Контр. |      | Петренко А.В.  |        |      |                                                                                                                 |            |      |
| Затверд.  |      | Антипов Є.О.   |        |      |                                                                                                                 |            |      |
|           |      |                |        |      |                                                                                                                 | Акрушів    | 91   |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Організація системи дистанційного обліку електроенергії. Система АСКОЕ. .... | 52 |
| 3.2. Проектування кабельних ліній 10 кВ та 0,4 кВ .....                           | 55 |
| 3.3. Конструктивні рішення розміщення обладнання ТП-10/0,4 кВ .....               | 63 |
| Висновок до розділу 3 .....                                                       | 66 |
| РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЗАЗЕМЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ ТА ЗАХИСТ                              | 68 |
| 4.1. Вимоги до системи заземлення електроустановок.....                           | 68 |
| 4.2. Розрахунок заземлюючого пристрою ТП.....                                     | 70 |
| 4.3. Перевірка опору заземлення .....                                             | 76 |
| Висновок до розділу 4 .....                                                       | 78 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                     | 80 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                   | 83 |
| ДОДАТКИ.....                                                                      | 86 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

РП – Розподільний пункт;  
 ТП – Трансформаторна підстанція;  
 РУ – Розподільний пристрій;  
 ОСР – Оператор систем розподілу;  
 ТУ – Технічні умови;  
 ТШ – Трансформтаор струму;  
 ЩВП – Щит власних потреб;  
 КСО – Камера збірна одностороннього обслуговування;  
 АСКОЕ – автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії;  
 СГ – Силовий кабель;  
 ЛУЗОД – Локальне устаткування збору і обробки даних;  
 ЩО – Щит одностроннього обслуговування;  
 МШ, ШМР – Шинний міст;  
 РЗА – Релейний захист і автоматика;  
 АВР – Автоматичне введення резерву;  
 ВРП – Ввідно-розподільчий пристрій;  
 ГРЩ – Головний розподільчий щит;  
 КЛ – Кабельна лінія;  
 ЯУР – Ящик обліку і розподілу;  
 ЯО – Ящик обліку;  
 ЩЗПН – Щит щзахисту від підвищеної напруги;  
 ЩТЗ – щит термозахисту;  
 ЯТП – Ящик технологічного живлення;  
 Т1,Т2 – Трасформатор;  
 Ж/б – Житловий будинок;  
 ПС – Підстанція ;  
 ПЗВ – пристрої захисного відключення;

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 10   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

## ВСТУП

Актуальність теми зумовлена тим, що діючі системи електропостачання старих споруд проектувалися під зовсім інші вимоги. Питомі електричні навантаження сучасних квартир та вбудованих комерційних приміщень є значно вищими, за норми які були коли проектувалися радянські гуртожитки, через використання великої кількості побутових електроприймачів, а саме електроплит, бойлерів, систем кондиціонування та вентиляції. Реконструкція гуртожитків під сучасний житловий комплекс з вбудовано-прибудованими приміщеннями соціально-побутового та спортивного призначення допомагає ефективно вирішувати житлові та соціальні проблеми міського населення. Найважче доводиться проектувати в щільній міській забудові, де для підключення нових потужностей до існуючих мереж необхідно шукати нестандартні технічні рішення. Тому на етапі предпроектних рішень важливо правильно запроектувати зовнішнє електропостачання. Від цього залежить надійність, безпека та енергоефективність мережі.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування, розробка та аналіз предпроектних та проектних рішень щодо реконструкції системи зовнішнього та внутрішнього електропостачання об'єкта під час реконструкції гуртожитків під житловий комплекс із забезпеченням високого рівня енергоефективності та надійності живлення.

### Завдання роботи:

1. Виконати аналіз існуючого стану системи електропостачання та виявити її основні технічні недоліки.
2. Провести розрахунок перспективних електричних навантажень з урахуванням нових споживачів. Обґрунтувати вибір раціональної схеми електропостачання та потужності силових трансформаторів.
3. Здійснити вибір основного електротехнічного обладнання (РУ-10 кВ, РУ-0,4 кВ).

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 11   |

#### 4. Розробити заходи щодо заземлення та електробезпеки.

Об'єкт дослідження: система електропостачання будівель гуртожитків, що підлягають реконструкції під формат житлового комплексу.

Предмет дослідження: предпроектні рішення, схеми електропостачання, технічні параметри трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ, розрахунки електричних навантажень та захисно-комутаційної апаратури для забезпечення надійного розподілу енергії житлового комплексу

Практичне значення: Сформовані у роботі предпроектні рішення та розрахунки підтверджують технічну можливість надійного електропостачання житлового комплексу. Матеріали кваліфікаційної роботи можуть бути використані як методична та інженерна основа для проектування аналогічних об'єктів нестандартного приєднання до міських електричних мереж системи розподілу. Прийняті предпроектні рішення відповідають діючим нормативним документам (ПУЕ, ДБН) та дозволяють підвищити комфорт проживання мешканців.

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 12   |

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА ВИХІДНІ ДАНІ

### 1.1. Характеристика об'єкта електропостачання та вихідні дані проектування

Об'єктом дослідження є система електропостачання гуртожитків, яка підлягає реконструкції під житловий комплекс з вбудовано-прибудованими приміщеннями соціально-побутового і спортивного призначення. Необхідність реконструкції обумовлена зміною функціонального призначення будівель, збільшенням питомих електричних навантажень, підвищенням вимог до надійності електропостачання та необхідністю приведення існуючих електротехнічних рішень до сучасних норм і правил [1; 6; 7].

Будівлі гуртожитків були запроектовані та введені в експлуатацію в період, коли рівень електроспоживання на одного мешканця був значно нижчим, ніж у теперішніх сучасних умовах. Сьогодні в житлових комплексах використовується значно більша кількість побутових електроприймачів: електроплити, бойлери, кондиціонери, пральні машини, системи вентиляції, електротехніка, зарядні пристрої та сучасні системи освітлення та безпеки. Це призводить до суттєвого зростання навантаження внутрішньо будинкових мереж та зовнішнього електропостачання [13; 19; 22].

Об'єкт реконструкції розташований у міській забудові та має існуюче підключення до мережі 10 кВ через трансформаторну підстанцію 10/0,4 кВ. За наявною проєктною документацією передбачено живлення від розподільчого пункту РП-82 із прокладанням кабельних ліній 10 кВ до трансформаторної підстанції та подальшим розподілом електроенергії мережею 0,4 кВ до споживачів.

Система електропостачання, згідно з технічними вимогами та нормативними документами [2; 17], включає:

- кабельні лінії напругою 10 кВ;

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 13   |

- комплектну трансформаторну підстанцію 10/0,4 кВ ;
- розподільчі пристрої 10 кВ та 0,4 кВ [2; 17];
- кабельні мережі 0,4 кВ [12];
- вузол обліку електричної енергії ;
- системи захисту, автоматики та комерційного обліку [3; 5].

Основною метою реконструкції є забезпечення надійного та безпечного електропостачання житлового комплексу з урахуванням перспективного зростання навантаження та сучасних вимог до якості електроенергії [11, 19].

Житловий комплекс належить до об'єктів, де особливе значення має безперервне електропостачання. До споживачів II категорії можуть бути віднесені системи аварійного освітлення, протипожежного захисту, насосне обладнання, системи димовидалення та ліфти [7, 9]. Для таких електроприймачів необхідно передбачити резервування живлення відповідно до вимог ПУЕ [4,17].

Вихідними даними для проєктування є:

- Архітектурно-будівельні плани та креслення будівлі.
- Існуюча схема зовнішнього електропостачання.
- Технічні умови(ТУ) на приєднання до електричних мереж.
- План траси прокладання кабельних ліній 10 кВ та 0,4 кВ.
- Інформація про технічний стан трансформаторної підстанції
- Чинні нормативні документи з проєктування систем електропостачання (ПУЕ,ДБН).

Під час реконструкції гуртожитків під житловий комплекс важливо правильно обрати потужність силових трансформаторів. Бо недостатня потужність призведе до перевантаження та перегріву обладнання, а надмірне завищення до економічно необґрунтованих витрат [21, 23]. Тому вибір трансформаторів повинен виконуватись на точному розрахунку електричних навантажень з урахуванням коефіцієнтів попиту, одночасності та перспективного розвитку об'єкта [22, 24].

Також проєкт передбачає модернізацію вузлів обліку електроенергії. Замість застарілих лічильників будуть встановлюватись сучасні багатотарифні лічильники

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

з функцією дистанційної передачі даних. Що в майбутньому дозволить швидко інтегрувати їх в систему АСКОЕ

Реконструкція системи електропостачання гуртожитків під житловий комплекс є актуальним технічним завданням, яке потребує комплексного підходу до аналізу існуючого стану мереж, правильного визначення навантажень та вибору оптимальних технічних рішень. Правильно виконані передпроектні рішення дозволяють забезпечити надійну роботу системи електропостачання, зменшити експлуатаційні витрати та підвищити комфорт проживання мешканців. Основні технічні показники проєктуємого об'єкту наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1

### Основні технічні показники проєктуємого об'єкту

| № пункту | Найменування                                      | Од. виміру | Значення                                              |
|----------|---------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------|
| 1.       | Джерело живлення                                  |            | ПС<br>Протасівська<br>110/35/10<br>РП-82<br>ТП-10/0,4 |
| 2.       | Напруга мережі:                                   |            |                                                       |
|          | Первинна -                                        | кВ         | 10                                                    |
|          | Вторинна -                                        | кВ         | 0,4                                                   |
| 3.       | Загальна розрахункова потужність електропримачів: |            |                                                       |
|          | З них I-а категорія                               | кВт        | 192,3*/125,5                                          |
|          | З них II-а категорія                              | кВт        | 1099,5                                                |
| 4.       | Коефіцієнт потужності                             |            | 0,87                                                  |
| 5.       | Кількість та потужність силових трансформаторів   | шт.ккВА    | 2х1000                                                |

Продовження таблиці 1.1

|    |                                                                                       |  |                    |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------|
| 6. | Коефіцієнт завантаження силових трансформаторів T1 та T2 в нормальному режимах роботи |  | T1-0,69<br>T2-0,64 |
| 7. | Коефіцієнт завантаження силових трансформаторів в аварійному режимах роботи           |  | T1,T2 – 1,4        |

\* - споживачі I категорії, які не враховані в загальнорозрахунковому навантаженні.

## 1.2. Аналіз існуючої системи електропостачання гуртожитків

Аналіз існуючої системи електропостачання гуртожитків виконано на основі проектної документації, що передбачає живлення об'єкта від мережі 10 кВ із пониженням напруги до 0,4 кВ у трансформаторній підстанції [6].

Згідно з наданими матеріалами, електропостачання здійснюється через трансформаторну підстанцію 10/0,4 кВ(проект), яка має два силові трансформатори (Т1, Т2) та дві секції шин 0,4 кВ. Така схема в нормальному режимі забезпечує розподіл навантаження між трансформаторами, фактичний рівень резервування залежить від стану секційних перемикачів і режиму роботи підстанції, що має відповідати вимогам надійності для об'єктів цивільного призначення [2, 7, 17].

Живлення підстанції здійснюється кабельними лініями 10 кВ від існуючого розподільчого пристрою (РП-82, та ТП-3103 і ТП-4241). Це свідчить про наявність розгалуженої мережі середньої напруги, однак схема носить переважно радіальний характер, що знижує надійність електропостачання при аварійних ситуаціях [19, 22].

Кабельні лінії 10 кВ прокладені в кабельних колодязях і трубах, що відповідає вимогам нормативних документів, щодо механічного захисту та способу монтажу [4,16], проте з часом такі мережі можуть зазнавати механічних

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 16   |

пошкоджень та старіння ізоляції, що потребує періодичного контролю параметрів згідно з правилами технічної експлуатації [5, 13]. Захисні заходи від ураження струмом та загальна безпека електроустановок реалізовані відповідно до чинних стандартів електробезпеки [8, 10, 20].

Розподіл електроенергії на напрузі 0,4 кВ здійснюється через розподільчі пристрої РУ-0,4 кВ із поділом на I та II секції шин. Від цих шин живляться внутрішні електромережі будівель (секції гуртожитків). Кабельні лінії 0,4 кВ прокладені до електрощитових приміщень кожної секції (Ж/б №1, Ж/б №2), де здійснюється подальший розподіл.

Внутрішні мережі виконані кабельними лініями, прокладеними в кабельних коробах (К1–К8) та електрощитових. Такий спосіб прокладання є технічно правильним [16], однак з урахуванням тривалого терміну експлуатації може бути часткове зниження ізоляційних характеристик кабелів, а також невідповідність їх перерізів сучасним навантаженням [7, 15].

Система проектувалась під типові потреби гуртожитків відповідно до чинних на той час нормативів [7]. Проте на даний час фактичне електроспоживання значно зросло через широке використання побутової техніки (електроплити, бойлери, кондиціонери тощо). Це призводить до перевантаження кабельних ліній; нерівномірного розподілу навантаження по фазах; підвищених втрат електроенергії [23].

Система обліку електроенергії у типовому виконанні для таких об'єктів не передбачає сучасних автоматизованих систем контролю, що ускладнює моніторинг споживання та оптимізацію режимів роботи.

Система заземлення трансформаторної підстанції виконана відповідно до вимог ПУЕ [17] та включає контур заземлення, розрахунок якого наведено в розділі 4. Однак необхідно враховувати, що з часом параметри заземлювального пристрою можуть погіршуватись (зростання опору розтікання), що потребує регулярної перевірки та модернізації задля забезпечення належного рівня електробезпеки [8, 10, 18].

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 17   |

Аналіз існуючої системи електропостачання показав, що використовується класична схема електропостачання з ТП 10/0,4 кВ та радіальними лініями [2, 19]; наявні елементи резервування (два трансформатори, дві секції шин), але вони не забезпечують повної надійності; система не розрахована на сучасні рівні електроспоживання; відсутня достатня автоматизація обліку та контролю електроенергії.

Через, що існуюча система не може повною мірою забезпечити потреби майбутнього житлового комплексу. Це обґрунтовує необхідність її реконструкції з переходом до більш надійної, енергоефективної та автоматизованої системи електропостачання[19, 21].

### **1.3. Нормативні вимоги та технічні умови реконструкції системи електропостачання**

Реконструкція системи електропостачання гуртожитків під житловий комплекс з вбудовано-прибудованими приміщеннями соціально-побутового і спортивного призначення повинна виконуватися з урахуванням чинної нормативно-правової бази України [1], а також технічних умов, які видаються оператором системи розподілу. Дотримання цих вимог є обов'язковим для забезпечення надійної, безпечної та економічно ефективної роботи електроустановок [3, 5].

В основі будь-яких передпроектних рішень лежать державні будівельні норми (ДБН), ПУЕ та стандарти ДСТУ [6, 16]. Зокрема, для проєктування та модернізації систем електропостачання в житловому секторі ключовими є три документи: ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення» [7], ДБН В.2.5-27:2006 «Інженерне обладнання будівель і споруд» [8], а також ПУЕ (7-ме видання) [4, 17].

Однією з головних вимог є забезпечення надійності електропостачання. Відповідно до чинних нормативних документів [7, 17], житлові комплекси

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 18   |

належать переважно до II категорії електроприймачів за надійністю, що передбачає живлення від двох незалежних джерел або можливість швидкого відновлення живлення при аварії. Для окремих споживачів (наприклад, систем протипожежного захисту, аварійного освітлення) встановлюється I категорія надійності [4, 7].

Також важливо враховувати вимоги щодо якості електроенергії. Напруга в мережі має відповідати встановленим стандартам, а відхилення не мають перевищувати допустимих значень. [11]. Це досягається шляхом правильного вибору перерізів кабелів, трансформаторного обладнання та застосування пристроїв компенсації реактивної потужності [13, 16, 21].

Під час реконструкції гуртожитків необхідно оцінити існуючі електричні мережі гуртожитків, які, зазвичай, не розраховані на сучасне навантаження житлового комплексу. Однією з технічних умов є збільшення встановленої потужності та модернізація внутрішніх мереж [7, 19]. А саме заміну старих кабельних ліній, розподільчих щитів та впровадження сучасних систем обліку електроенергії [24].

Особлива увага приділяється питанням пов'язаним з електробезпекою. Всі електроустановки мають відповідати вимогам щодо захисту від ураження електричним струмом, зокрема передбачати системи заземлення, використання автоматичних вимикачів і пристроїв захисного відключення (ПЗВ) [8, 10, 14, 18]. Також необхідно враховувати вимоги пожежної безпеки, що регламентуються відповідними ДБН та стандартами для кабельної продукції [7, 12].

Технічні умови на реконструкцію системи електропостачання видаються оператором системи розподілу (ОСР) і визначають точки приєднання, дозволена потужність, вимоги до обліку електроенергії та інші параметри [1, 5]. У цих умовах можуть бути передбачені додаткові заходи, такі як будівництво або реконструкція трансформаторних підстанцій, прокладання нових кабельних ліній тощо [2].

Таким чином, дотримання нормативних вимог і технічних умов є основою для розробки ефективних передпроектних рішень реконструкції системи електропостачання гуртожитків під житловий комплекс [6]. Що дозволяє

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 19   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

забезпечити необхідний рівень надійності, безпеки та відповідність сучасним стандартам [7, 17, 20].

## Висновок до розділу 1

У першому розділі кваліікаційної роботи проведено комплексний аналіз об'єкта реконструкції, визначено його вихідні характеристики, оцінено стан існуючої системи електропостачання.

Проектом передбачена реконструкція гуртожитків під житловий комплекс із вбудованими соціально-побутовими та спортивними приміщеннями. Зміна функціоналу будівель неминуче призведе до значного зростання електричних навантажень через масове використання більш потужної побутової техніки, нових інженерних систем та обладнання підвищеного комфорту. Чинна система електропостачання вже не здатна забезпечити такі потреби, тому виникла необхідність її повної модернізації з урахуванням перспективного розвитку об'єкта.

Аналіз вихідних даних показав, що електропостачання об'єкта здійснюється від мережі 10 кВ через трансформаторну підстанцію 10/0,4 кВ з двома силовими трансформаторами, що забезпечує певний рівень резервування та розподілу навантаження. Разом з тим розрахункові навантаження свідчать про значне використання потужності, особливо для споживачів II категорії, що підтверджує необхідність ретельного підходу до вибору потужності трансформаторного обладнання та перевірки режимів його роботи як у нормальних, так і в аварійних умовах.

Детальний аналіз існуючої системи електропостачання дозволив встановити, що вона побудована за класичною радіальною схемою з частковим резервуванням, яка була достатньою для початкового призначення гуртожитків, але сьогодні не відповідає сучасним вимогам за рівнем надійності, енергоефективності та якості електропостачання. Виявлено також, що існуючі кабельні мережі та розподільчі

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

пристрої можуть мати обмежений залишковий ресурс експлуатації та не розраховані на сучасні рівні навантажень, що створює ризики перевантажень, підвищених втрат електроенергії та зниження надійності електропостачання.

Окремо встановлено, що система обліку електроенергії не повною мірою відповідає сучасним вимогам щодо автоматизації, дистанційного моніторингу та багатотарифного обліку, що ускладнює ефективне управління енергоспоживанням об'єкта. Також зазначено, що питання стану заземлювальних пристроїв та систем електробезпеки потребують періодичного контролю та можливого оновлення відповідно до чинних нормативних вимог.

У розділі також проаналізовано нормативно-технічну базу, що регламентує проектування та реконструкцію систем електропостачання житлових будівель. Встановлено, що ключовими вимогами є забезпечення необхідного рівня надійності електропостачання, дотримання показників якості електроенергії, підвищення рівня електробезпеки та впровадження сучасних систем комерційного обліку. Особливу увагу приділено вимогам ПУЕ, ДБН та технічним умовам оператора системи розподілу, які визначають основні параметри приєднання та умови експлуатації електроустановок.

Таким чином, результати виконаного аналізу підтверджують, що існуюча система електропостачання гуртожитків не в повній мірі відповідає сучасним вимогам житлового комплексу та потребує комплексної реконструкції. Отримані вихідні дані та виявлені недоліки є основою для подальших розрахунків, вибору технічних рішень та проектування оновленої системи електропостачання, яка повинна забезпечити підвищену надійність, енергоефективність, безпеку та відповідність сучасним нормативним вимогам.

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 21   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

РОЗДІЛ 2  
РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВИБІР  
ОБЛАДНАННЯ ТП 10/0,4 кВ

**2.1. Розрахунок електричних навантажень трансформаторної підстанції**

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

10/0,4 кВ

Одним із найважливіших етапів проєктування системи електропостачання житлового комплексу є визначення розрахункових електричних навантажень. Від результатів цього розрахунку залежить вибір потужності силових трансформаторів, комутаційного обладнання, кабельних ліній, пристроїв релейного захисту та автоматики.

В даній бакалаврській кваліфікаційній роботі розрахунок електричних навантажень виконується для трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ, яка призначена для електропостачання реконструйованих гуртожитків, які переводяться у формат сучасного житлового комплексу з вбудовано-прибудованими приміщеннями громадського, соціально-побутового та спортивного призначення.

Необхідність точного визначення електричних навантажень пояснюється тим, що після реконструкції характер електроспоживання суттєво змінюється. У порівнянні з традиційним електроспоживанням гуртожитку, житловий комплекс характеризується значно більшим рівнем електроспоживанням

- бойлерів;
- електричних плит;
- кондиціонерів;
- систем вентиляції;
- насосних станцій;
- ліфтів;
- підземного паркінгу;
- систем освітлення;
- систем пожежної сигналізації та димовидалення;
- нежитлових комерційних приміщень.

Усі зазначені електроприймачі мають різний режим роботи та різні коефіцієнти попиту, що враховуються при визначенні максимальної розрахункової

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 23   |

потужності. Розрахунки навантажень трансформаторів для нормального та аварійного режиму наведено в таблицях 2.1, 2.2, 2.3

### 2.1.1. Розрахунок навантаження трансформатора Т1 в нормальному режимі

Таблиця 2.1

#### Розрахунок навантаження трансформатора Т1 в нормальному режимі

| Найменування             |                                                                                                                | $P_{вст}$<br>кВт | $K_{п}$ | $K$<br>одн.уч<br>у max | $\cos \varphi$ | $tg\varphi$ | $P_{розр. на}$<br>шинах<br>ТП<br>кВт | $Q_{розр.}$<br>кВА<br>р | $S_{розр.}$<br>кВА |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------|------------------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| 1                        | 2                                                                                                              | 3                | 4       | 5                      | 6              | 7           | 8                                    | 9                       | 10                 |
| Нормальний режим ТП (Т1) |                                                                                                                |                  |         |                        |                |             |                                      |                         |                    |
| 1                        | Квартири:<br>N1=209шт (10 кВт)<br>N2=63шт (16кВт)<br>$P_{пит.кв} =$<br>$=209*10+63*16=$<br>$=3098 \text{ кВт}$ | 3098,0           | 0,1264  | 1,0                    | 0,93           | 0,4         | 391,59                               | 156,63                  | 421,06             |

Продовження таблиці 2.1

|   |                                         |      |     |     |      |      |       |       |       |
|---|-----------------------------------------|------|-----|-----|------|------|-------|-------|-------|
| 2 | Ліфти:<br>2шт х 12,5 кВт<br>2шт х 8 кВт | 41,0 | 0,8 | 0,9 | 0,65 | 1,17 | 29,52 | 34,54 | 45,42 |
|---|-----------------------------------------|------|-----|-----|------|------|-------|-------|-------|

|    |                                                                     |       |      |     |      |      |       |       |        |
|----|---------------------------------------------------------------------|-------|------|-----|------|------|-------|-------|--------|
|    | $P_{\text{пит.л}} =$<br>$= 2 \cdot 12,5 + 2 \cdot 8 = 41,$<br>0 кВт |       |      |     |      |      |       |       |        |
| 3  | Вентиляція                                                          | 0,65  | 1,0  | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 0,59  | 0,36  | 0,69   |
| 4  | Дахова котельня                                                     | 40,24 | 0,72 | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 26,08 | 16,2  | 30,7   |
| 5  | Світлозагороджувальні вогні                                         | 0,07  | 1,0  | 1,0 | 0,92 | 0,42 | 0,07  | 0,03  | 0,07   |
| 6  | Водостічні воронки                                                  | 2,0   | 1,0  | 1,0 | 0,92 | 0,42 | 2,0   | 0,84  | 2,17   |
| 7  | Розетки                                                             | 12,0  | 0,2  | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 2,16  | 1,34  | 2,54   |
| 8  | Електроконвектори                                                   | 2,0   | 1,0  | 0,9 | 0,92 | 0,42 | 1,8   | 0,76  | 1,96   |
| 9  | Ел.обігрів трубопроводів водопостачання та каналізації              | 42,5  | 1,0  | 0,9 | 0,92 | 0,42 | 38,25 | 16,07 | 41,58  |
| 10 | ЩСТ                                                                 | 11,0  | 0,8  | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 7,92  | 4,91  | 9,32   |
| 11 | Гуртожиток                                                          | 18,0  | 1,0  | 0,6 | 0,85 | 0,62 | 10,8  | 6,7   | 12,71  |
| 12 | Приміщення для короткочасного перебування дітей                     | 47,0  | 1,0  | 0,4 | 0,85 | 0,62 | 18,8  | 11,66 | 22,12  |
| 13 | Паркінг                                                             | 136,9 | 1,0  | 0,7 | 0,85 | 0,62 | 95,8  | 59,40 | 112,71 |

Продовження таблиці 2.1

|    |                      |       |     |     |      |      |      |       |       |
|----|----------------------|-------|-----|-----|------|------|------|-------|-------|
| 14 | Нежитлові приміщення | 101,0 | 1,0 | 0,6 | 0,85 | 0,62 | 60,6 | 35,57 | 71,29 |
|----|----------------------|-------|-----|-----|------|------|------|-------|-------|

|      |      |          |        |      |                                        |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |  |  |  | 25   |

|  |                |  |  |  |      |      |       |        |        |
|--|----------------|--|--|--|------|------|-------|--------|--------|
|  | Всього по (Т1) |  |  |  | 0,86 | 0,51 | 685,8 | 346,87 | 774,13 |
|--|----------------|--|--|--|------|------|-------|--------|--------|

1) Квартири:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.93) = 0.4$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{п} * K_{одн.уч}) = 3098 * (0,1264 * 1,0) = 391,59 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 0,4 * 391,59 = 156,63 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{391.59}{0.93} = 421.06 \text{ кВА}$$

2) Ліфти:

$$tg\varphi = 1,17$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{п} * K_{одн.уч}) = 41 * (0,8 * 0,9) = 29,52 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 1,17 * 29,52 = 34,54 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{29,52}{0,65} = 45,52 \text{ кВА}$$

3) Вентиляція:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{п} * K_{одн.уч}) = 0,65 * (0,9 * 1,0) = 0,59 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 0,62 * 0,59 = 0,36 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{0,59}{0,85} = 0,69 \text{ кВА}$$

4) Дахова котельня:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{п} * K_{одн.уч}) = 40,24 * (0,9 * 0,72)$$

$$= 25,93 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 0,62 * 25,93 = 16,08 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{25,93}{0,85} = 30,51 \text{ кВА}$$

5) Світлозагороджувальні вогні:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.92) = 0,42$$

|      |      |          |        |      |                                        |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |  |  |  | 26   |

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 0,07 * (1,0 * 1,0) = 0,07 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,42 * 0,07 = 0,03 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{0,07}{0,92} = 0,07 \text{ кВА}$$

6) Водостічні воронки:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0,92) = 0,42$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 2 * (1,0 * 1,0) = 2,0 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,42 * 2,0 = 0,84 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{2,0}{0,92} = 2,17 \text{ кВА}$$

7) Розетки:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0,85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 12 * (0,2 * 0,9) = 2,16 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 2,16 = 1,34 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{2,16}{0,85} = 2,54 \text{ кВА}$$

8) Электроконвекторы:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0,92) = 0,42$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 2,0 * (1,0 * 0,9) = 1,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,42 * 1,8 = 0,76 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{1,8}{0,92} = 1,96 \text{ кВА}$$

9) Электрообігрів трубопроводів водопостачання та каналізації:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0,92) = 0,42$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 42,5 * (0,9 * 1,0) = 38,25 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,42 * 38,25 = 16,07 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{38,25}{0,92} = 41,58 \text{ кВА}$$

10) ЩСТ (тепловий пункт):

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 27   |

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 11,0 * (0,9 * 0,8) = 7,92 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 7,92 = 4,91 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{7,92}{0,85} = 9,32 \text{ кВА}$$

11) Гуртожиток:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 18 * (1,0 * 0,6) = 10,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 10,8 = 6,7 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{10,8}{0,85} = 12,71 \text{ кВА}$$

12) Приміщення для короткочасного перебування дітей:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 47 * (1,0 * 0,4) = 18,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 18,8 = 11,66 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{18,8}{0,85} = 22,12 \text{ кВА}$$

13) Паркінг:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 136,9 * (1,0 * 0,7) = 95,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 95,8 = 59,4 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{95,8}{0,85} = 112,71 \text{ кВА}$$

14) Нежитлові приміщення:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 101 * (1,0 * 0,6) = 60,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 60,6 = 37,57 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{60,6}{0,85} = 71,29 \text{ кВА}$$

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 28   |

Струм:

$$I_{\text{роз}} = 1175.5 \text{ A}$$

Коефіцієнт завантаження трансформатора Т1 в нормальному режимі роботи становить:

$$K_3 = \frac{685,8}{1000} = 0,69$$

### 2.1.2. Розрахунок навантаження трансформатора Т2 в нормальному режимі

Таблиця 2.2

#### Розрахунок навантаження трансформатора Т в нормальному режимі

| Найменування             |                                                                                                                       | $P_{\text{вст}}$ кВт | $K_{\text{п}}$ | $K$<br>одн.у<br>ч.у<br>max | $\cos \varphi$ | $\text{tg} \varphi$ | $P_{\text{розр. на}}$<br>шинах<br>ТП<br>кВт | $Q_{\text{розр.}}$<br>кВАр | $S_{\text{розр.}}$<br>кВ<br>А |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|----------------------------|----------------|---------------------|---------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 1                        | 2                                                                                                                     | 3                    | 4              | 5                          | 6              | 7                   | 8                                           | 9                          | 10                            |
| Нормальний режим ТП (Т2) |                                                                                                                       |                      |                |                            |                |                     |                                             |                            |                               |
| 1                        | Квартири:<br>N1=139шт (10 кВт)<br>N2=59шт (16кВт)<br>$P_{\text{пит.кв}} =$<br>$=139*10+59*16=$<br>$=2334 \text{ кВт}$ | 2334,0               | 0,1304         | 1,0                        | 0,93           | 0,4                 | 304,35                                      | 121,74                     | 327,26                        |

Продовження таблиці 2.2

|   |                                         |      |      |     |      |      |       |       |       |
|---|-----------------------------------------|------|------|-----|------|------|-------|-------|-------|
| 2 | Ліфти:<br>4шт х 12,5 кВт<br>2шт х 8 кВт | 66,0 | 0,75 | 0,9 | 0,65 | 1,17 | 44,55 | 52,12 | 68,54 |
|---|-----------------------------------------|------|------|-----|------|------|-------|-------|-------|

|    |                                                    |        |     |     |      |      |        |       |        |
|----|----------------------------------------------------|--------|-----|-----|------|------|--------|-------|--------|
|    | $P_{\text{пит.л}} =$<br>$=4*12,5+2*8=6$<br>6,0 кВт |        |     |     |      |      |        |       |        |
| 3  | Насос дренажний                                    | 3,0    | 0,8 | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 2,16   | 1,34  | 2,54   |
| 4  | Розетки                                            | 8,0    | 0,2 | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 1,44   | 0,89  | 1,69   |
| 5  | Електрокалорифери, електроводонагрівач             | 11,0   | 1,0 | 1,0 | 0,92 | 0,42 | 11,0   | 4,62  | 11,96  |
| 6  | Зовнішнє освітлення                                | 2,0    | 1,0 | 1,0 | 0,92 | 0,42 | 2,0    | 0,84  | 2,17   |
| 7  | ІТП                                                | 8,92   | 0,8 | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 6,42   | 3,98  | 7,56   |
| 8  | ЩСТ (теплопункт)                                   | 14,24  | 0,8 | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 10,25  | 6,36  | 12,06  |
| 9  | ЩСН (насосна станція)                              | 13,8   | 0,8 | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 9,94   | 6,16  | 11,69  |
| 10 | Світлозагороджувальні вогні                        | 0,07   | 1,0 | 1,0 | 0,92 | 0,42 | 0,07   | 0,03  | 0,07   |
| 11 | Водостічні воронки                                 | 2,0    | 1,0 | 1,0 | 0,92 | 0,42 | 2,0    | 0,84  | 2,17   |
| 12 | Розетки                                            | 8,0    | 0,2 | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 1,44   | 0,89  | 1,69   |
| 13 | Вентиляція                                         | 0,12   | 1,0 | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 0,11   | 0,07  | 0,13   |
| 14 | Паркінг                                            | 149,25 | 1,0 | 0,7 | 0,85 | 0,62 | 104,48 | 64,77 | 122,91 |

Продовження таблиці 2.2

|    |                      |       |     |     |      |      |       |        |        |
|----|----------------------|-------|-----|-----|------|------|-------|--------|--------|
| 15 | Нежитлові приміщення | 196,0 | 1,0 | 0,7 | 0,85 | 0,62 | 137,2 | 85,06  | 161,41 |
|    | Всього по (Т2)       |       |     |     | 0,87 | 0,55 | 637,4 | 349,72 | 733,87 |

|      |      |          |        |      |                                        |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |  |  |  | 30   |

1) Квартири:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.93) = 0.4$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 2334 * (0.1304 * 1.0) \\ = 304,35 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0.4 * 304,35 = 121,74 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{304,35}{0.93} = 327,3 \text{ кВА}$$

2) Ліфти:

$$tg\varphi = 1,17$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 66 * (0.75 * 0.9) = 44,55 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 1,17 * 44,55 = 52,12 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{44,55}{0.65} = 68,54 \text{ кВА}$$

3) Насос дренажний:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 3,0 * (0.9 * 0.8) = 2,16 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 2,16 = 1,34 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{2,16}{0.85} = 2,54 \text{ кВА}$$

4) Розетки:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 8 * (0.2 * 0.9) = 1,44 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 1,44 = 0,89 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{1,44}{0.85} = 1,69 \text{ кВА}$$

5) Электрокалориферы, электроводонагреватель:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.92) = 0,42$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 11,0 * (1.0 * 1.0) = 11,0 \text{ кВт}$$

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 31   |

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 0,42 * 11,0 = 4,62 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{11,0}{0,92} = 11,96 \text{ кВА}$$

6) Зовнішнє освітлення:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.92) = 0,42$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{\Pi} * K_{одн.уч}) = 2 * (1,0 * 1,0) = 2,0 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 0,42 * 2,0 = 0,84 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{2,0}{0,92} = 2,17 \text{ кВА}$$

7) ІТП:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{\Pi} * K_{одн.уч}) = 8,92 * (0,8 * 0,9) = 6,42 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 0,62 * 6,42 = 3,98 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{6,42}{0,85} = 7,56 \text{ кВА}$$

8) ЩСТ:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{\Pi} * K_{одн.уч}) = 14,24 * (0,8 * 0,9) = 10,25 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 0,62 * 10,25 = 6,36 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{10,25}{0,85} = 12,06 \text{ кВА}$$

9) ЩСН (насосна станція):

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{\Pi} * K_{одн.уч}) = 13,81 * (0,9 * 0,8) = 9,94 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 0,62 * 9,94 = 6,16 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{9,94}{0,85} = 11,69 \text{ кВА}$$

10) Світлозагороджувальні вогні:

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 32   |

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.92) = 0,42$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 0,07 * (1,0 * 1,0) = 0,07 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,42 * 0,07 = 0,03 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{0,07}{0,92} = 0,07 \text{ кВА}$$

11) Водостічні воронки:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.92) = 0,42$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 2,0 * (1,0 * 1,0) = 2,0 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,42 * 2,0 = 0,84 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{2,0}{0,92} = 2,17 \text{ кВА}$$

12) Розетки:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 8 * (0,2 * 0,9) = 1,44 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 1,44 = 0,89 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{1,44}{0,85} = 1,69 \text{ кВА}$$

13) Вентиляція:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 0,12 * (1,0 * 0,9) = 0,11 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 0,11 = 0,07 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{0,11}{0,85} = 0,13 \text{ кВА}$$

14) Паркінг:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 149,25 * (1,0 * 0,7)$$

$$= 104,48 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 104,48 = 64,77 \text{ кВАр}$$

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 33   |

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{104,48}{0,85} = 122,91 \text{ кВА}$$

15) Нежитлові приміщення:

$$\operatorname{tg}\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{п} * K_{одн.уч}) = 196 * (1,0 * 0,7) = 137,2 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = \operatorname{tg}\varphi * P_{розр.} = 0,62 * 137,2 = 85,06 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{85,06}{0,85} = 161,41 \text{ кВА}$$

Струм:

$$I_{роз} = 1113.83 \text{ А}$$

Коефіцієнт завантаження трансформатора Т2 в нормальному режимі роботи становить:

$$K_3 = \frac{637,4}{1000} = 0,64$$

### 2.1.3. Розрахунок навантаження трансформатора Т1 та Т2 в аварійному режимі

Таблиця 2.3

| Найменування                |   | $P_{вст}$ кВт | $K_{п}$ | $K$<br>одн.уч.<br>у тах | $\cos\varphi$ | $\operatorname{tg}\varphi$ | $P_{розр. \text{ на шинах ТП}}$<br>кВт | $Q_{розр.}$<br>кВАр | $S_{розр.}$<br>кВА |
|-----------------------------|---|---------------|---------|-------------------------|---------------|----------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------|
| 1                           | 2 | 3             | 4       | 5                       | 6             | 7                          | 8                                      | 9                   | 10                 |
| Аварійний режим ТП (Т1, Т2) |   |               |         |                         |               |                            |                                        |                     |                    |

Продовження таблиці 2.3

|   |                                                                                                                                           |        |      |     |      |      |        |        |       |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|-----|------|------|--------|--------|-------|
| 1 | Квартири:<br>N1=348шт (10 кВт)<br>N2=122шт<br>(16кВт)<br>$P_{\text{пит.кв}} =$<br>$=348 \cdot 10 + 122 \cdot 16 =$<br>$=5432 \text{ кВт}$ | 5432,0 | 0,12 | 1,0 | 0,93 | 0,4  | 651,84 | 260,74 | 700,9 |
| 2 | Ліфти:<br>6шт x 12,5 кВт<br>4шт x 8 кВт<br>$P_{\text{пит.л}} =$<br>$=6 \cdot 12,5 + 4 \cdot 8 =$<br>107,0 кВт                             | 107,0  | 0,6  | 0,9 | 0,65 | 1,17 | 57,78  | 67,60  | 88,89 |
| 3 | Вентиляція                                                                                                                                | 0,77   | 1,0  | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 0,69   | 0,73   | 0,82  |
| 4 | Дахова котельня                                                                                                                           | 40,24  | 0,72 | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 25,93  | 16,08  | 30,51 |
| 5 | Світлозагороджувальні вогні                                                                                                               | 0,13   | 1,0  | 1,0 | 0,92 | 0,42 | 0,13   | 0,06   | 0,14  |
| 6 | Водостічні воронки                                                                                                                        | 4,0    | 1,0  | 1,0 | 0,92 | 0,42 | 4,0    | 1,68   | 4,35  |
| 7 | Розетки                                                                                                                                   | 28,0   | 0,2  | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 5,04   | 3,12   | 5,93  |
| 8 | Електрокон-вектори                                                                                                                        | 2,0    | 1,0  | 0,9 | 0,92 | 0,42 | 1,80   | 0,76   | 1,96  |

Продовження таблиці 2.3

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 35   |

|    |                                                                       |       |     |     |      |      |       |       |       |
|----|-----------------------------------------------------------------------|-------|-----|-----|------|------|-------|-------|-------|
| 9  | Ел.обігрів<br>трубопроводі<br>в водопоста-<br>чання та<br>каналізації | 42,5  | 1,0 | 0,9 | 0,92 | 0,42 | 38,25 | 16,07 | 41,58 |
| 10 | ЩСТ<br>(теплопункт)                                                   | 25,24 | 0,8 | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 18,17 | 11,27 | 21,38 |
| 12 | ЩСН<br>(насосна<br>станція)                                           | 13,81 | 0,8 | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 9,94  | 6,16  | 11,69 |
| 13 | Насос<br>дренажний                                                    | 3,0   | 0,8 | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 2,16  | 1,34  | 2,54  |
| 14 | Електрокало-<br>рифери,еле-<br>ктроводонаг-<br>рівач                  | 11,0  | 1,0 | 1,0 | 0,92 | 0,42 | 11,0  | 4,62  | 11,96 |
| 15 | Зовнішнє<br>освітлення                                                | 2,0   | 1,0 | 1,0 | 0,92 | 0,42 | 2,0   | 0,84  | 2,17  |
| 16 | ІТП                                                                   | 8,92  | 0,8 | 0,9 | 0,85 | 0,62 | 6,42  | 3,98  | 7,56  |
| 17 | Гуртожиток                                                            | 18,0  | 1,0 | 0,6 | 0,85 | 0,62 | 10,8  | 6,70  | 12,71 |
| 18 | Приміщення<br>для<br>короткочас-<br>ного<br>перебування<br>дітей      | 47,0  | 1,0 | 0,4 | 0,85 | 0,62 | 18,80 | 11,66 | 22,12 |

Продовження таблиці 2.3

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

|    |                      |       |     |     |      |      |        |        |        |
|----|----------------------|-------|-----|-----|------|------|--------|--------|--------|
| 19 | Паркінг              | 286,1 | 1,0 | 0,7 | 0,85 | 0,62 | 200,28 | 124,17 | 235,62 |
| 20 | Нежитлові приміщення | 297,0 | 1,0 | 0,6 | 0,85 | 0,62 | 178,2  | 110,48 | 209,65 |
|    | Всього по (Т1,Т2)    |       |     |     | 0,87 | 0,57 | 1225,0 | 647,75 | 1412,5 |

1) Квартири:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.93) = 0.4$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 5432 * (0,12 * 1,0) = 651,84 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,4 * 651,84 = 260,74 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{651,84}{0.93} = 700,9 \text{ кВА}$$

2) Ліфти:

$$tg\varphi = 1,17$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 107 * (0,6 * 0,9) = 57,78 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 1,17 * 57,78 = 67,6 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{57,78}{0,65} = 88,89 \text{ кВА}$$

3) Вентиляція:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 0,77 * (0,9 * 1,0) = 0,69 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 0,69 = 0,43 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{0,69}{0,85} = 0,82 \text{ кВА}$$

4) Дахова котельня:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 37   |

$$\begin{aligned} P_{\text{розр. на шинах ТП}} &= P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 40,24 * (0,9 * 0,72) \\ &= 25,93 \text{ кВт} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 25,93 = 16,08 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{25,93}{0,85} = 30,51 \text{ кВА}$$

5) Світлозагороджувальні вогні:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0,92) = 0,42$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 0,13 * (1,0 * 1,0) = 0,13 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,42 * 0,13 = 0,06 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{0,13}{0,92} = 0,14 \text{ кВА}$$

6) Водостічні воронки:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0,92) = 0,42$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 4 * (1,0 * 1,0) = 4,0 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,42 * 4,0 = 1,68 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{4,0}{0,92} = 4,35 \text{ кВА}$$

7) Розетки:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0,85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 28 * (0,2 * 0,9) = 5,04 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 5,04 = 3,12 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{5,04}{0,85} = 5,93 \text{ кВА}$$

8) Електроконвектори:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0,92) = 0,42$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 2,0 * (1,0 * 0,9) = 1,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,42 * 1,8 = 0,76 \text{ кВАр}$$

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 38   |

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{1,8}{0,92} = 1,96 \text{ кВА}$$

9) Електрообігрів трубопроводів водопостачання та каналізації:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.92) = 0,42$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{п} * K_{одн.уч}) = 42,5 * (0,9 * 1,0) = 38,25 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 0,42 * 38,25 = 16,07 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{38,25}{0,92} = 41,58 \text{ кВА}$$

10) ЩСТ (тепловий пункт):

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{п} * K_{одн.уч}) = 25,24 * (0,9 * 0,8)$$

$$= 18,17 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 0,62 * 18,17 = 11,27 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{11,27}{0,85} = 21,38 \text{ кВА}$$

11) ЩСН (насосна станція):

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{п} * K_{одн.уч}) = 13,81 * (0,9 * 0,8) = 9,94 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 0,62 * 9,94 = 6,16 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{9,94}{0,85} = 11,69 \text{ кВА}$$

12) Насос дренажний:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{п} * K_{одн.уч}) = 3,0 * (0,9 * 0,8) = 2,16 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 0,62 * 2,16 = 1,34 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{2,16}{0,85} = 2,54 \text{ кВА}$$

13) Електрокалорифери, електроводонагрівач:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.92) = 0,42$$

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 39   |

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 11,0 * (1,0 * 1,0) = 11,0 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,42 * 11,0 = 4,62 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{11,0}{0,92} = 11,96 \text{ кВА}$$

14) Зовнішнє освітлення:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0,92) = 0,42$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 2 * (1,0 * 1,0) = 2,0 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,42 * 2,0 = 0,84 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{2,0}{0,92} = 2,17 \text{ кВА}$$

15) ІТП:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0,85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 8,92 * (0,8 * 0,9) = 6,42 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 6,42 = 3,98 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{6,42}{0,85} = 7,56 \text{ кВА}$$

16) Гуртожиток:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0,85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 18 * (1,0 * 0,6) = 10,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 10,8 = 6,7 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{10,8}{0,85} = 12,71 \text{ кВА}$$

17) Приміщення для короткочасного перебування дітей:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0,85) = 0,62$$

$$P_{\text{розр. на шинах ТП}} = P_{\text{вст.}} * (K_{\text{п}} * K_{\text{одн.уч}}) = 47 * (1,0 * 0,4) = 18,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{розр}} = tg\varphi * P_{\text{розр.}} = 0,62 * 18,8 = 11,66 \text{ кВАр}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\cos\varphi} = \frac{18,8}{0,85} = 22,12 \text{ кВА}$$

18) Паркінг:

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 40   |

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{п} * K_{одн.уч}) = 286,1 * (1,0 * 0,7) \\ = 200,28 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 0,62 * 200,28 = 124,17 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{200,28}{0,85} = 235,62 \text{ кВА}$$

19) Нежитлові приміщення:

$$tg\varphi = \arccos(\cos\varphi) = \arccos(0.85) = 0,62$$

$$P_{розр. \text{ на шинах ТП}} = P_{вст.} * (K_{п} * K_{одн.уч}) = 297 * (1,0 * 0,6) = 178,2 \text{ кВт}$$

$$Q_{розр} = tg\varphi * P_{розр.} = 0,62 * 178,2 = 110,48 \text{ кВАр}$$

$$S_{розр} = \frac{P_{розр.}}{\cos\varphi} = \frac{178,2}{0,85} = 209,65 \text{ кВА}$$

Струм:

$$I_{роз} = 2140,7 \text{ А}$$

Навантаження по об'єкту

- $P_p = 1225,0 \text{ кВт}$ , з них:
- I категорія –  $P = 125,5 \text{ кВт}$
- I категорія, пожежний режим \* -  $P^* = 192,3^* \text{ кВт}$
- II категорія –  $P = 1099,5 \text{ кВт}$

Коефіцієнт завантаження трансформатора Т1 та Т2 в аварійному режимі роботи становить:

$$K_3 = \frac{1412,46}{1000} = 1,4$$

## 2.2. Вибір трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ та основного обладнання

Проектом передбачається будівництво ТП-10/0,4кВ (згідно з генпланом №8).  
ТП-10/0,4кВ - це будівля, вбудована в паркінг житлового комплексу з вбудовано-

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 41   |

прибудованими приміщеннями соціально-побутового та спортивного призначення. Таке рішення є доцільним з огляду на обмеженість території забудови та необхідність скорочення довжини кабельних ліній 0,4 кВ до споживачів[7, 19]. Крім того, вбудоване розміщення ТП дозволяє зменшити втрати напруги та підвищити надійність електропостачання [21, 23].

Згідно з вихідними даними проекту , ТП виконана двотрансформаторною із встановленням двох силових трансформаторів потужністю по 1000 кВА кожний, що працюють за схемою взаємного резервування.

Це забезпечує живлення споживачів I та II категорій надійності відповідно до вимог ПУЕ [17]. Оскільки проектувана трансформаторна підстанція є вбудованою, вона має індивідуальне планування приміщень [додаток А] та складається з:

- приміщення РУ-10кВ (на відм. 0.000);
- приміщення РУ-0,4кВ (на відм. 0.000);
- входу в кабельний поверх (на відм. 0.000);
- двох камер силових трансформаторів (на відм. +0.000);
- двохрівневого кабельного поверху (на відм. -2.550 та -5.150).

Технічні вимоги до приміщень: двері із усіх приміщень відкриваються у напрямку евакуації [2,17]. Будівля ТП-10/0,4 кВ за вогнетривкістю відноситься до I-ступені та за вибухо-пожежною класифікацією відносяться до категорії В [4,7]. Підлога приміщень ТП виконується вище за рівень землі не менше ніж на 300 мм зі сторони входу та не менше ніж на 100 мм від рівня прилеглих приміщень в які ведуть виходи з ТП та, що не відносяться до даної ТП [2].

### **Організація обліку електроенергії.**

Облік передбачено в узгодженні з вимогами глав ПУЕ 1.5 [17] та ДБН В.2.5-23-2010 [7], що передбачають встановлення лічильників комерційного обліку на межі поділу мережі (за балансовою приналежністю) СВП "КЕМ" ПрАТ "ДТЕК Київські електромережі", та споживача згідно Договору про приєднання до електричних мереж.

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

Комерційний облік електроенергії, виконується багатофункціональними електронними лічильниками GAMA 300 G3Y 147.230.F38.B2.P4.C100.H6, 3x230/400В, 5(10)А, кл.т.1,0, GAMA 300 G3Y 144.230.F38.B2.P4.C100.R1H6 3x230/400В, 5(100)А, кл.т.1,0 та GAMA 100 G1Y 163.220.F18.B2.P4.C100.V1.R1.H6, 230, 5(80)А, кл.т.1,0, які встановлені у ввідно-розподільчих пристроях в електрощитових 1, 2 секцій проектуємих житлових будинків №1 та №2 та в поверхових щитах проектуємих житлових будинків №1 та №2. Передбачені проектом лічильники з'єднуються з локальним устаткуванням збору і обробки даних (ЛУЗОД) [додаток Е] для дистанційного зняття показників лічильників і передачі інформації в ПрАТ "Київські електромережі", та задовільняють вимоги п. 5.7.1 "Методичні рекомендації щодо організації комерційного обліку електричної енергії в мережах АК "КИЇВЕНЕРГО", щодо каналів зв'язку:

- Забезпечити прямий доступ до первинної БД лічильників.
- Для організації каналу зв'язку застосувати GPRS-термінал з підтримкою стеку протоколів TCP/IP сумісний з Java-середовищем для концентратора даних ELGAMA DC-12.

Проектом передбачити встановлення комунікаційного обладнання на кожній з територіально-відокремлених площадок вимірювання електричної енергії.

Технічний облік передбачено проектом (згідно ТУ у ТП(проект), на вводах (РУ-0,4кВ) I-ї та II-ї секцій шин (Т1, Т2) трифазними багатофункціональними електронними лічильниками електричної енергії GAMA 300 G3B 147.240.F67.B2.P4.C330.A3.L1.M1, 3x57,7/100...230/400В, 5(10)А, кл.т.1,0, (що встановлені у щитах обліку в РУ-0,4 кВ), включеними через трансформатори струму ТШ-0,66 2500/5 кл.т.0,5S, та у щиті власних потреб (ЩВП) ТП-10/0,4кВ (проект) трифазним багатофункціональним електронним лічильником електричної енергії GAMA 100 G1B.154.220.F3.B2.P4.C310.V1(5-100)А, 50Гц кл.т.1,0, прямого включення [2].

### Архітектурно-планувальні рішення:

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 43   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

Архітектурні рішення по проєктуємії вбудованій трансформаторній підстанції 10/0,4 кВ виконані згідно завдання розділу ЕП [6].

Для зниження акустичного впливу трансформаторів на приміщення комплексу та прилеглу територію передбачено наступні заходи [2,7]:

- Влаштування звукопоглинаючого облицювання в камерах трансформаторів;
- Встановленн віброізолюючих опор під трансформатори;
- Встановлення шумопоглинаючих екранів на вентиляційні решітки та отвори;
- Встановлення віброкомпенсаційних вставок для приєднання шин до трансформаторів

#### **Прийняті технічні рішення:**

Електрообладнання приміщення РУ-10кВ:

Проектом передбачено встановлення в приміщенні розподільчої установки 10кВ (далі РУ-10кВ) комірок типу КСО 394 (виробництва ТОВ "ЗМКО") розташованих в два ряди, з двосекційною системою збірних шин (план розташування електрообладнання РУ-10 кВ[Додаток А];, які отримують живлення по двопроменевій схемі [2, 17]. Комірки виконані на базі вимикачів навантаження ВНА-10/630 та ВНА-ЗД-10/630.

Секціонування забезпечується за допомогою роз'єднувачів РВНЗ-2-10/630 . У нормальному режимі роботи живлення силових трансформаторів здійснюється від двох незалежних джерел живлення кабельними лініями 10кВ (роз'єднувачі знаходяться у розімкненому стані), у разі виходу з ладу однієї з ліній 10 кВ, перемикання живлення здійснюється шляхом замикання двох роз'єднувачів шинного моста (схему електричну принципову РУ-10 кВ див.Додаток Б) [2, 17].

#### **Силові трансформатори:**

У трансформаторній підстанції передбачено встановлення двох сухих силових трансформаторів 10/0,4кВ типу TRP (Т1 та Т2), потужністю 1000кВА, схема з'єднання обмоток Δ/Уп-11. Трансформатори встановлюються в окремих

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 44   |

камерах. Камери трансформаторів обладнуються захисним бар'єром з боку дверей, анкерним пристроєм для переміщення трансформатору [5, 17]. Трансформатори працюють в режимі повного взаємного резервування у випадку аварії одного з трансформаторів [19, 23].

Підключення трансформатора з сторони високої напруги 10 кВ виконується кабельними лініями марки АПвЗгаПнг-20 3(1х120(г)/50, від комірок КСО 394 №1,6 розташованих у приміщенні РУ-10 кВ, прокладеною по металевих конструкціях [12, 13]. Приєднання від виводів низької напруги трансформатора до комірок ЩО-04 №13,4, розташованих у приміщенні РУ-0,4 кВ, здійснено за допомогою шинних мостів МШ-12-1000 з алюмінієвою шиною 3х(2х10х100) [7, 16].

#### **Електрообладнання приміщення РУ-0,4 кВ:**

У приміщенні РУ-0,4 кВ встановлені панелі ЩО-04 (ЩО-90) виробник ТОВ "ЗМКО", схема встановлення однорядна (план розташування електрообладнання РУ-0,4 кВ див. Додаток А) . Схема електричних з'єднань РУ-0,4 кВ двосекційна (І с.ш., ІІ с.ш.), з секціонуванням, з двома робочими вводами від Т1, Т2 [17, 24]. Для захисту силових трансформаторів у ввідних панелях запроектовано автоматичні вимикачі з номіналом 2500А, марки ВА79-МЕ. На вводах силових трансформаторів встановлені трансформатори струму типу ТШ-0,66 на струм 2500/5 А [21, 23]. Секційних панелях передбачено автоматичні вимикачі з номіналом 2000А, з регульованим струмом відсічки встановленим на номінал 2000А. В лінійних панелях на фідерах що живлять споживачів встановлено рубильники з запобіжниками номіналом 400А та 250А типу РПС-4 та РПС-2 [7]. Електричну принципову схему РУ-0,4 кВ (див. Додаток В).

Переріз збірних шин 0,4 кВ 2х(10х100) виходячи з умов можливості перевантаження силового трансформатора згідно ДБН В.2.5-23-2010 та ДСТУ 3463-96 [2, 7]. Вибір перерізу та перевірка шин на відповідність вимогам нагріву та динамічної стійкості виконані згідно з положеннями ПУЕ [17] та методиками, викладеними у фаховій літературі [21, 23].

#### **Вимірювальні пристрої:**

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 45   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

У ввідних панелях РУ-0,4кВ проектом передбачено вимірювання напруги на збірних шинах 0,4кВ та струму на вводах трансформатора. Контрольно-вимірювальні пристрої розміщені на фасадах панелей відповідно до вимог [5, 17]. Розрахункові уставки релейного захисту відповідають умовам надійного, селективного та чутливого спрацювання пристроїв релейного захисту автоматики.

#### **Електроосвітлення та власні потреби трансформаторної підстанції:**

Для забезпечення потреб ТПпроект. проектом передбачається встановлення щита власних потреб (ЩВП) індивідуального виробництва, який отримує живлення кабелем марки ВВГнг 3х4, що відповідає вимогам пожежної безпеки [12], що прокладається відкрито по стінах, та будівельних конструкціях, від двох різних секцій шин панелей ЩО-04 №4 та №13 розташованих в приміщенні РУ-0,4кВ, що гарантує надійність згідно з [4, 16]

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-28:2018 [9] в ТП передбачається штучне освітлення. Напруга мережі живлення робочого електроосвітлення прийнята 220В, ремонтного електроосвітлення 36В. Робоче електроосвітлення виконується світильниками з світлодіодними лампами потужністю 10Вт у камерах трансформаторів Т1, Т2, в приміщеннях РУ-0,4кВ, РУ-10кВі, та приміщенні для прокладання кабельних ліній. Керування електроосвітленням децентралізоване (по місцю).

Мережу живлення електроосвітлення виконується кабелем ВВГнг, який прокладається відкрито по стінах і будівельних конструкціях, відповідно до ДСТУ HD 60364-5-52:2021 [16]

#### **Опалення та вентиляція трансформаторної підстанції.**

Опалення технічних приміщень трансформаторної підстанції в зимовий період передбачається за рахунок теплових надходжень від технологічного обладнання [2].

Вентиляція в приміщеннях трансформаторної підстанції, передбачена припливно-витяжна з природнім спонуканням [2].

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 46   |

Повітрообмін визначено з розрахунку подачі зовнішнього повітря в об'ємі потрібному для асиміляції теплових надлишків в теплий період.

Приплив повітря до приміщення передбачається крізь ґрати, які розташовані в нижній частині воріт, видалення повітря — крізь вентиляційну шахту на зовні. Всі отвори для повітрозабору та викиду повітря, закриті жалюзійними ґратами або армовані металевою сіткою.

### **Захисні заходи.**

Для запобігання невірним операціям при обслуговуванні та ремонті комірок КСО-394 на ТП передбачені наступні заходи:

- механічне блокування в межах кожної комірки (виконує завод-виробник);
- запирання всіх приводів роз'єднувачів заземлюючих ножів і замків (виконує завод виробник);
- фарбування в червоний колір приводів заземлюючих ножів і замків (виконує завод виробник) [14, 20].

Відповідно до вимог ДНАОП 0.00-1.21-98 (НПАОП 40.1-1.21-98) ТП-10/0,4 кВ має бути укомплектована основними та допоміжними захисними засобами, а також первинними засобами пожежогасіння [3, 20], а саме:

- штанга оперативна 10кВ - ШО-10УІ;
- заземлення переносні 10кВ;
- килимки резинові діелектричні ;
- вогнегасники порошкові - ОП-10;
- вогнегасники вуглекислотні - ОУ-8;
- боти гумові;
- захисні окуляри;
- рукавиці гумові;
- вказівники високої напруги, 10кВ;
- клещата струмовимірювальні високовольтні, 10кВ, 750А;
- сигнальні таблички.

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 47   |

Обсяг захисних засобів може збільшуватись в залежності від системи організації експлуатації та місцевих умов [5]. На обслуговування спеціальних електроустановок варто укласти договір із спеціалізованими організаціями [4].

Рівень шуму від роботи силових трансформаторів відповідає СНиП П-12-77 [2].

Рівень електричних і магнітних випромінювань від електрообладнання не викликають погіршення існуючого стану навколишнього середовища [18].

Конструкція виконання і клас ізоляції застосованого електрообладнання обрані з урахуванням умов навколишнього середовища та пожежної безпеки приміщень [4, 17].

Види електропроводок електрокабелів прийняті з урахуванням вимог електро та пож. Безпеки [7, 12]. Оболонки та ізоляція кабелів відповідає умовам прокладання та навколишньому середовищу [16].

### 2.3. Розробка функціональної та електричної схеми з'єднань ТП

Для забезпечення надійного електропостачання житлового комплексу з вбудовано-прибудованими приміщеннями соціально-побутового і спортивного призначення передбачається облаштування вбудованої в паркінг трансформаторної підстанції (ТП) 10/0,4 кВ. Необхідність такого рішення пояснюється значним збільшенням електричних навантажень після зміни функціонального призначення будівель, а також вимогами до забезпечення I та II категорій надійності електропостачання [2, 7].

Згідно з технічними умовами та проєктними рішеннями, джерелом живлення об'єкта є ПС «Протасівська» 110/35/10 кВ через РП-82. Живлення ТП здійснюється по мережі 10 кВ з подальшим пониженням напруги до рівня 0,4 кВ для живлення внутрішніх електромереж житлового комплексу.

Функціональна схема ТП передбачає встановлення двох силових трансформаторів потужністю по 1000 кВА кожний. Прийнята схема 2×1000 кВА

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 48   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

забезпечує взаємне резервування трансформаторів та дозволяє підтримувати живлення споживачів навіть якщо один трансформатор вийде з роботи [19, 23]. Такий підхід важливий для житлових будинків, де до споживачів I категорії належать ліфти, аварійне освітлення, системи протипожежного захисту, димовидалення, насосні установки та інші електроприймачі [4, 7].

На стороні 10 кВ передбачено двосекційне розподільче устаткування з окремим живленням кожної секції шин [Додаток Б]. Перша секція шин живиться від РП-82 (комірка №13) та додатково резервується від ТП-3103. Друга секція шин живиться від РП-82 (комірка №16) та резервується від ТП-4241. Така схема значно підвищує надійність електропостачання та дозволяє виконувати ремонтні роботи без повного знеструмлення об'єкта [2].

Для підключення застосовуються кабельні лінії 10 кВ марки АПвЕгаПу-20-3(1х120)/50 з ізоляцією із зшитого поліетилену [12]. Кабелі прокладаються в землі та трубній каналізації, що забезпечує їх механічний захист і довговічність експлуатації. Вибір даного типу кабелю виконаний з урахуванням допустимого струмового навантаження, термічної стійкості до струмів короткого замикання та допустимих втрат напруги [13, 16, 22].

На стороні 0,4 кВ застосовується система шин із двома секціями, кожна з яких працює від окремого трансформатора. Між секціями передбачено секційний вимикач з автоматичним введенням резерву (АВР). У нормальному режимі обидва трансформатори працюють паралельно на своїх секціях шин, а при аварійному режимі один трансформатор може забезпечити живлення найбільш важливих навантажень [19].

Режим роботи нейтралі на стороні 10 кВ прийнято IT, а на стороні 0,4 кВ прийнято TN-C-S, що відповідає вимогам ПУЕ та забезпечує необхідний рівень електробезпеки [8, 17]. Для захисту людей від ураження електричним струмом усі металеві неструмоведучі частини обладнання приєднуються до системи захисного заземлення [10, 14, 18].

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

Від РУ-0,4 кВ [Додаток В,Г] живлення подається до ввідно-розподільчих пристроїв (ВРП), головних розподільчих щитів (ГРЩ), щитів освітлення, насосних станцій, ліфтового обладнання, систем вентиляції, пожежогасіння та інших споживачів [7]. Кожен ВРП житлового будинку отримує живлення двома незалежними кабельними лініями від різних секцій шин, що також підвищує надійність системи.

Для кабельних мереж 0,4 кВ використовуються кабелі марки АВВГ перерізом  $4 \times 120$ ,  $4 \times 185$  та  $4 \times 240$  мм<sup>2</sup> залежно від величини навантаження [12]. Вибір перерізу виконувався за умовами допустимого нагріву, втрати напруги та перевірки на струми короткого замикання [13, 16, 24].

Електрична принципова схема ТП також включає [17]:

- ввідні комірки 10 кВ;
- силові трансформатори Т1 і Т2;
- РУ-0,4 кВ з двома секціями шин;
- секційний автоматичний вимикач;
- систему АВР;
- вузли обліку електроенергії;
- пристрої релейного захисту та автоматики;
- систему оперативного струму;
- систему заземлення та блискавкозахисту [15, 18].

Особлива увага приділяється релейному захисту. Для трансформаторів передбачено захист від перевантаження, коротких замикань, струмів замикання на землю та аварійних режимів роботи [17, 21]. Реалізується контроль напруги, струму та стану обладнання для підвищення експлуатаційної надійності.

Прийнята функціональна електрична схема з'єднань ТП 10/0,4 кВ забезпечує необхідний рівень надійності, безпеки та економічності електропостачання [7, 17] у зв'язку з реконструкцією гуртожитків під житловий комплекс з вбудовано-прибудованими приміщеннями соціально-побутового і спортивного призначення [1, 6]. Використання двотрансформаторної підстанції з секціонуванням шин, АВР

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 50   |

та резервуванням живлення повністю відповідає сучасним вимогам до систем електропостачання житлових об'єктів підвищеної відповідальності [2, 7, 23]. Захисні заходи та умови експлуатації проектного обладнання розроблені з урахуванням діючих норм електробезпеки та технічних регламентів [3, 8, 14].

## Висновок до розділу 2

У другому розділі було виконано розрахунок електричних навантажень та обґрунтовано вибір основного обладнання трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ для електропостачання житлового комплексу з вбудовано-прибудованими приміщеннями соціально-побутового та спортивного призначення. Розрахунок навантажень у нормальному та аварійному режимах дозволив визначити активні, реактивні та повні потужності споживачів, а також перевірити режими роботи силових трансформаторів відповідно до вимог ПУЕ та методик проектування систем електропостачання.

У результаті проведених розрахунків встановлено, що застосування двотрансформаторної підстанції з двома сухими трансформаторами потужністю по 1000 кВА забезпечує необхідний рівень надійності електропостачання споживачів I та II категорій згідно з вимогами нормативної документації. Прийнята схема взаємного резервування дозволяє забезпечити безперервність електропостачання відповідальних електроприймачів та виконання ремонтних робіт без повного знеструмлення об'єкта.

У розділі також було обґрунтовано вибір конструктивного виконання вбудованої трансформаторної підстанції, компоновку приміщень РУ-10 кВ та РУ-0,4 кВ, вибір комутаційного обладнання, кабельних ліній і систем обліку електроенергії. Вибір обладнання та кабельної продукції виконано відповідно до вимог ДБН, ДСТУ та правил електробезпеки. При цьому враховано допустимі струмові навантаження, втрати напруги, пожежну безпеку та умови експлуатації електроустановок.

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 51   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

Під час розробки функціональної та електричної схеми з'єднань ТП передбачено секціонування шин, систему автоматичного введення резерву, релейний захист, заземлення та блискавкозахист відповідно до чинних нормативних вимог. Запропоновані технічні рішення забезпечують ефективну, безпечну та економічно доцільну роботу системи електропостачання в нормальних і аварійних режимах.

Таким чином, результати другого розділу підтверджують, що прийняті технічні рішення відповідають вимогам чинних нормативно-правових документів у сфері проектування електроустановок та містобудівної діяльності, забезпечують необхідний рівень надійності, електробезпеки та експлуатаційної ефективності системи електропостачання житлового комплексу.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

#### 3.1. Організація системи дистанційного обліку електроенергії. Система

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 52   |

## АСКОЕ.

В сучасних системах електропостачання житлових комплексів важливе значення має організація автоматизованого обліку електричної енергії [19, 21]. Це пов'язано з необхідністю підвищення точності обліку, контролю режимів електроспоживання, зменшення втрат електроенергії та забезпечення можливості дистанційного зчитування показників лічильників без безпосереднього доступу до них.

У даній кваліфікаційній роботі для реконструкції гуртожитків під житловий комплекс передбачається впровадження автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) [додаток Б]. Система організовується відповідно до вимог ПУЕ[17], ДБН В.2.5-23:2010 [7] та технічних умов, виданих оператором системи розподілу ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі».

Основним призначенням системи АСКОЕ є:

- автоматичний збір даних про споживання електричної енергії;
- дистанційне передавання інформації оператору системи розподілу;
- контроль навантаження та режимів роботи електромережі [23];
- зменшення комерційних втрат електроенергії;
- можливість формування звітів та архівування даних;
- забезпечення багатотарифного обліку електроенергії.

У проєкті передбачено встановлення комерційних та технічних електролічильників у ввідно-розподільчих пристроях житлових секцій, а також у трансформаторній підстанції 10/0,4 кВ [2]. Для комерційного обліку застосовуються багатофункціональні електронні лічильники типу GAMA 300 та GAMA 100, які забезпечують високу точність вимірювання та підтримують дистанційний обмін даними.

Лічильники встановлюються:

- у ввідно-розподільчих щитах житлових будинків[4];
- у поверхових електрощитах;

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 53   |

- на вводах секцій шин РУ-0,4 кВ трансформаторної підстанції;
- у щиті власних потреб ТП.

Передача даних від лічильників здійснюється через локальне устаткування збору та обробки даних (ЛУЗОД) [додаток Б]. У якості засобів зв'язку проектом передбачено використання GSM/GPRS-модемів та концентраторів даних ELGAMA DC-12. Передача інформації виконується через канали мобільного зв'язку із застосуванням TCP/IP-протоколів. Це дозволяє забезпечити постійний контроль за електроспоживанням об'єкта та оперативно отримувати інформацію диспетчерськими службами[5].

Структурно система АСКОЕ складається з таких основних елементів:

- електронних лічильників електроенергії;
- трансформаторів струму;
- локального обладнання збору даних;
- каналів передачі інформації;
- серверного програмного забезпечення оператора системи розподілу.

Обмін інформацією між лічильниками та ЛУЗОД здійснюється по цифрових інтерфейсах зв'язку (див додаток Б). Далі дані передаються на сервер оператора системи розподілу, де виконуються їх обробка, архівація та формування звітів щодо споживання електричної енергії.

Для технічного обліку електроенергії у ТП-10/0,4 кВ передбачено встановлення трифазних багатофункціональних електролічильників, підключених через трансформатори струму класу точності 0,5S [2, 17]. Таке рішення дозволяє забезпечити необхідну точність вимірювання при значних навантаженнях трансформаторної підстанції.

Використання системи АСКОЕ у реконструйованому житловому комплексі дозволяє:

- забезпечити надійний та точний комерційний облік електроенергії [11];
- підвищити енергоефективність об'єкта;
- спростити контроль за споживанням електроенергії;

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 54   |

- оперативно виявляти аварійні режими та перевантаження;
- забезпечити можливість подальшого розвитку системи диспетчеризації будівлі.

Таким чином, впровадження системи АСКОЕ є необхідною складовою сучасної системи електропостачання житлового комплексу та відповідає вимогам нормативних документів [1,7,17] і оператора системи розподілу.

Отже, впровадження системи АСКОЕ у реконструйованому житловому комплексі забезпечує сучасний рівень організації комерційного та технічного обліку електричної енергії [24]. Використання багатофункціональних електронних лічильників, засобів дистанційної передачі даних та локального обладнання збору інформації дозволяє підвищити точність вимірювань, забезпечити оперативний контроль режимів електроспоживання та зменшити комерційні втрати електроенергії. Реалізовані технічні рішення відповідають вимогам нормативних документів і технічним умовам оператора системи розподілу[7,17]. Крім того, система створює умови для подальшого розвитку диспетчеризації та підвищення енергоефективності об'єкта в цілому.

### 3.2. Проектування кабельних ліній 10 кВ та 0,4 кВ

За ступенем надійності електропостачання електроприймачі житлового комплексу відноситься до споживачів I та II категорії надійності електропостачання ДБН В.2.5-23:2010 [7] та ПУЕ [17]. Перерва в електропостачанні допускається лише на час, необхідний для ввімкнення резервного джерела живлення. До споживачів I категорії надійності електропостачання належать об'єкти, перерва в роботі яких загрожує життю людей, безпеці держави або викликає великі збитки (лікарні, аварійні служби, великі підприємства) [17, 19]. До споживачів II категорії надійності електропостачання належать житлові будинки з електроплитами, ліфтами, системами протипожежного

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 55   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

захисту та освітлення місць загального користування об'єкти, перерва живлення яких призводить до масових простоїв, недовипуску продукції [7, 23].

Для забезпечення даних вимог передбачається живлення від двох незалежних джерел електроенергії, які можуть працювати як основне і резервне [2, 24]. У разі аварії на одній лінії живлення автоматично або вручну здійснюється переключення на іншу. Тому необхідно встановити два трансформатори (Т1 та Т2)

### **З огляду на вище зазначене:**

- Потужність ТП-10/0,4 кВ примаються 2х1000 кВА (два взаєморезервуючих трансформатора);
- Режим роботи нейтралі 10 кВ – IT, 0,4 кВ – TN-C-S відповідно до ДБН В.2.5-27:2006 та ДСТУ Б В.2.5-82:2016;
- Живлення кожного ввідно-розподільчого щита (ВРП) житлового будинку виконується двома кабельними лініями різних секцій шин 0,4 кВ;
- Забезпечення першої категорії надійності електропостачання здійснюється за рахунок встановлення пристроїв АВР

Живлення першої секції шин (далі І-ої с.ш.) виконується від РУ-10кВ І-ї секції РП-82(комірка №13) кабельною лінією 10кВ (далі КЛ-10кВ) Н1-"РП82(Іс.ш.,к.13)-ТПпроект.(Іс.ш.)" марки АПвЭгаПу -20-3(1 х120( г)/50 прокладеною в землі та трубній каналізації , та від І-ї секції ТП-3103 від РУ-10кВ КЛ-10кВ Н3-ТП3103(Іс.ш.)-ТПпроект.(Іс.ш.) марки АПвЭгаПу -15-3(1 х120( г)/50 прокладеною в землі та трубній каналізації.

Живлення другої секції шин (далі ІІ-ї с.ш.) виконується від РУ-10кВ РП-82 ІІ-ї секції (комірка №16) КЛ-10кВ Н2-РП-82(Іс.ш.к.16) -ТПпроект .( Іс .ш.) марки АПвЭгаПу -15 3(1 х120( г)/50 прокладеною в землі та трубній каналізації, та від І-ї секції ТП-4241 від РУ-10кВ, КЛ-10кВ Н4-ТП4241(Іс.ш.)-ТПпроект.(Іс.ш.) марки АПвЭгаПу -15 3(1 х120( г)/50 прокладеною в землі та трубній каналізації . Вибір марки кабелю та способів його прокладання відповідає вимогам ДСТУ EN 50575:2018 [12] та ДСТУ HD 60364-5-52:2021 [16].

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 56   |

## Прокладання кабельних ліній - 10кВ.

Вибраний кабель перевірений за допустимою втратою напруги в лінії, виходячи із нормованого відхилення напруги у споживачів і в мережі [8], на тривало допустиме навантаження [13], на термічну стійкість до дії струмів коротких замикань, за умови спрацьовування захисту при одно і двофазних струмах короткого замикань [17, 24].

В траншеях КЛ з одножильних кабелів трьох фаз прокладаються паралельно за схемою "у трикутник" з відстанню не менше 100 мм між кабельними лініями для зменшення впливів продольних струмів виникаючих в екрані кабельних ліній [17]. При прокладці КЛ в кабельних трубопроводах кабелі можуть бути розміщеними по одному фазному кабелю в трубі або по три кабелі, з'єднаних за схемою "у трикутник", у одній трубі. В траншеях, трубах кабелі скріплюються пластиковими кабельними стяжками, при прокладці по конструкціях-скріплюються алюмінієвою половою, крок 1,0-1,5 м по довжині КЛ і на відстані, не більший ніж 0,5 м від кожного місця повороту траси КЛ. При укладанні кабелів на консолі їх треба закріплювати на кожній консолі, при укладанні кабелів вертикально по конструкціям-закріплювати на кожній кабельній конструкції, обробити кабельні лінії вогнезахисною речовиною [12, 16].

Кабелі прокладаються в ґрунті на глибині 0,7 м від планувальних позначок [17]. Прив'язки проєктуємих мереж виконані від зовнішніх стін будинків і базисних ліній відповідного до вимог щодо складу проєктної документації [6]. Прокладання кабельних ліній виконувати після вертикального планування. Для захисту від пошкоджень кабелі по трасі покриваються цеглою [17].

В місцях перетину мереж електропостачання з діючими інженерними мережами, а також при паралельному прокладанні поблизу від них - необхідно в присутності представників експлуатаційних організації шурфуванням визначити точне місце розташування [3, 5]. При виконанні робіт дотримуватися настанов представників експлуатуючих організацій. При прокладанні у землі кабелі повинні прокладатись у траншеях і мати знизу підсипку шаром піщано-гравійної суміші або

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 57   |

мілкого ґрунту, що не містить каменів, будівельного сміття і шлаку, товщиною не менше 100мм, а зверху також засипку товщиною не менше 200мм [17]. Кабелі на всій довжині повинні бути захищеними від механічних пошкоджень шляхом покриття керамічною цеглою.

Перехід під проїжджою частиною (автодорогою) проєктуємою кабельною лінією напругою 0,4 кВ виконується на глибині 1,0 м. від поверхні землі в двостінній електротехнічній ПНД-трубі діаметром 160 мм із закладенням однієї резервної. Перетин запроектованої кабельної лінії з інженерними комунікаціями виконується в двостінній електротехнічній ПНД-трубі діаметром 160 мм.

Прокладання КЛ-10кВ передбачає зняття асфальтного покриття тротуару з послідовним відновленням за рахунок замовника відповідно до чинного законодавства про регулювання містобудівної діяльності [1].

Прокладати КЛ крізь стіни, перегородки, перекриття, вводи кабелів у будівлі, кабельні споруди та інші приміщення треба здійснювати у трубах із немагнітних матеріалів, порожнини у відрізках труб мають бути ущільненими негорючим матеріалом [12, 16]. Кінці труб мають виступати в траншею зі стіни будівлі, фундаменту або за лінію вимощення, не меншу ніж 0,6м, і мати ухил у бік траншеї не менше ніж 0,2° та старанно ущільненими для запобігання проникненню в приміщення вологи і газу [7, 17]. Кабель прокладається з запасом по довжині 1-2%, запас досягається шляхом прокладки кабеля "змійкою" [17]. Ґрунт, видобутий з траншеї, слід розміщувати на відстані 0,5м від бордюра приямка, КЛ-10 кВ виконати одножильними кабелями 10кВ з ізоляцією з шитого поліетелену, з заземленням екранів кабелів з обох кінців [18]. План прокладання КЛ-10кВ показано на рис. 3.1 та 3.2

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 58   |

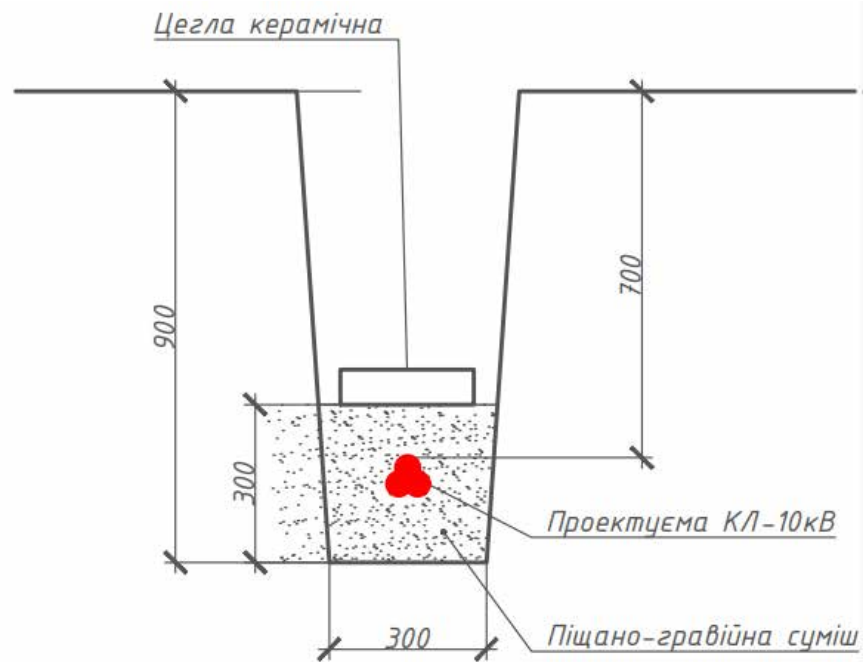


Рис. 3.1 Прокладання КЛ-10кВ в траншеї

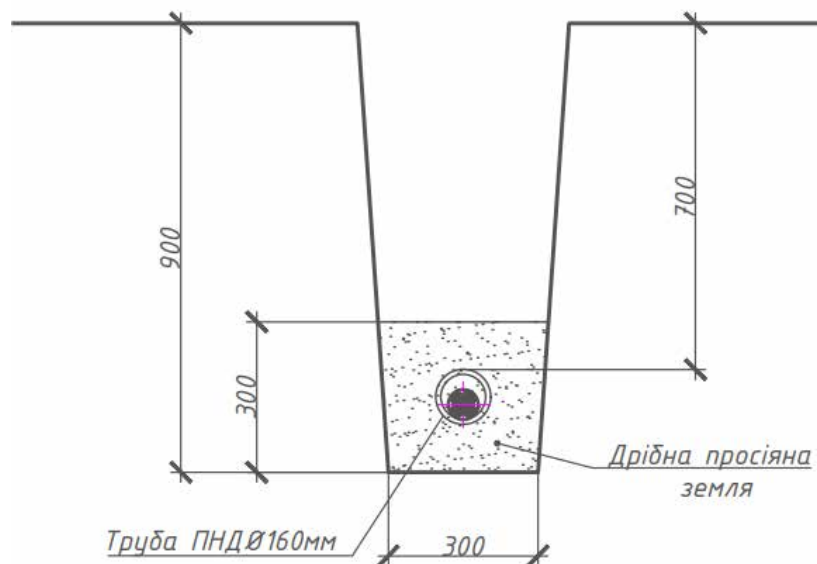


Рис. 3.2 Прокладання КЛ-10кВ в трубі

Допустимі радіуси згину КЛ-10кВ. Згідно "Настанови щодо вибору, монтажу, та випробувань кабелю із зшитого поліетилену при напрузі до 35кВ" та загальними вимогами ПУЕ [17] радіус згину кабелю зі зшитого поліетилену відповідає  $16 \times d$  ( $d$ -зовнішній діаметр кабелю). Ми застосовуємо кабель 10кВ: 1. із зшитого поліетилену АПвЭгаПу-20 1х120(г)/50, що має зовнішній діаметр кабелю

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 59   |

36мм (дані заявлені ЗАТ"Завод"Южкабель"). Тоді радіус згину даного кабелю становить  $16 \times 36 \text{ мм} = 576 \text{ мм}$ .

### **Прокладання кабельних ліній – 0,4кВ**

Вибір марки і перерізу жил кабелю виконаний згідно з навантаженням, та відповідно до методик, викладених у навчальних посібниках [19, 24]. Марка кабелю прийнята з врахуванням корозійної активності ґрунтів та вимог ДСТУ HD 60364-5-52:2021 [16]. Конструкція захисної оболонки не потребує додаткових заходів від корозії. Марки і переріз жил кабелю 0,4 кВ прийняті згідно з нормами ДБН В.2.5-23:2010 [7].

Проектом передбачено прокладання таких кабельних ліній 0,4 кВ від РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ(проект) (проектованої згідно з нормами ГКД 341.004.001-94 [2]) до ГРЩ та ЯУР комплексу:

- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х240 – через рубильник 400А та запобіжник 400/400А, від панелей №8 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №1 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до ЯУР-1(1ГРЩ№1) 1-ї секції житлового будинку №1;
- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х120 – через рубильник 250А та запобіжник 250/200А, від панелей №8 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №1 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до 1ГРЩ№2 1-ї секції житлового будинку №1;
- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х185 – через рубильник 250А та запобіжник 250/250А, від панелей №8 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №1 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до ЯУР-3 (1ГРЩ№4) 1-ї секції житлового будинку №1;
- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х240 – через рубильник 400А та запобіжник 400/400А, від панелей №8 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №2 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до ГРЩп;
- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х240 – через рубильник 400А та запобіжник 400/400А, від панелей №9 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №1 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до ЯУР-2 (2ГРЩ№1) 2-ї секції житлового будинку №1;
- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х240 – через рубильник 400А та запобіжник 400/400А, від панелей №9 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №2 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до 2ГРЩ№2 2-ї секції житлового будинку №1;

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 60   |

- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х120 – через рубильник 250А та запобіжник 250/160А, від панелей №9 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №2 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до 2ГРЩ№3 2-ї секції житлового будинку №1;
- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х185 – через рубильник 250А та запобіжник 250/250А, від панелей №9 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №2 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до 2ГРЩ№5 2-ї секції житлового будинку №1;
- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х185 – через рубильник 400А та запобіжник 400/250А, від панелей №11 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №5 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до 1ГРЩ№1 1-ї секції житлового будинку №2;
- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х185 – через рубильник 250А та запобіжник 250/250А, від панелей №11 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №5 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до 1ГРЩ№2 1-ї секції житлового будинку №2;
- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х185 – через рубильник 250А та запобіжник 250/200А, від панелей №11 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №5 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до 1ГРЩ№3 1-ї секції житлового будинку №2;
- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х185 – через рубильник 400А та запобіжник 400/250А, від панелей №12 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №3 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до 2ГРЩ№1, 2-ї секції житлового будинку №2;
- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х185 – через рубильник 250А та запобіжник 250/250А, від панелей №12 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №3 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до 2ГРЩ№2, 2-ї секції житлового будинку №2;
- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х120 – через рубильник 250А та запобіжник 250/200А, від панелей №12 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №3 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до 2ГРЩ№3, 2-ї секції житлового будинку №2;
- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х185 – через рубильник 250А та запобіжник 250/250А, від панелей №12 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №3 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до 2ГРЩ№5, 2-ї секції житлового будинку №2;

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 61   |

- 2КЛ-0,4кВ марки АВВГ-4х240 – через рубильник 400А та запобіжник 400/400А, від панелей №10 РУ-0,4 кВ (Іс.ш.) та №6 РУ-0,4кВ (Іс.ш.) до ЩОп (ГРЩп).

Вибраний кабель перевірений за допустимою втратою напруги в лінії (згідно з ДСТУ EN 50160:2014 [11]), виходячи із нормованого відхилення напруги у споживачів і в мережі, на тривало допустиме навантаження (відповідно до ДСТУ EN 60287-1-1:2015 [13]), на термічну стійкість до дії струмів коротких замикань, за умови спрацьовування захисту при одно і двофазних струмах короткого замикань згідно з вимогами захисних заходів електробезпеки [8, 10].

Прокладати КЛ крізь стіни, перегородки, перекриття, уводи кабелів у будівлі, кабельні споруди та інші приміщення треба здійснювати у трубах із немагнітних матеріалів ПУЕ [17] та правилами технічної експлуатації [5], порожнини у відрізках труб мають бути ущільненими негорючим матеріалом відповідно до вимог пожежної безпеки ДСТУ EN 50575:2018 [12]. Кінці труб мають виступати в траншею зі стіни будівлі, фундаменту або за лінію вимощення, не меншу ніж 0,6м, і мати ухил у бік траншеї не менше ніж 0,2° та старанно ущільненими для запобігання проникненню в приміщення вологи і газу.

Допустимі радіуси згину КЛ-0,4кВ.

Радіус згину кабелю з пластмасовою ізоляцією відповідає  $10 \times d$  ( $d$ -зовнішній діаметр кабелю). Застосовуємо кабель:

- з пластмасовою ізоляцією АВВГ 4х240, що має зовнішній діаметр кабелю 51,0мм (дані заявлені ЗАТ "Завод "Южкабель"). Тоді радіус згину даного кабелю становить  $10 \times 51,0\text{мм} = 510\text{мм}$  [12, 16, 17].
- з пластмасовою ізоляцією АВВГ 4х185, що має зовнішній діаметр кабелю 45,0мм (дані заявлені ЗАТ "Завод "Южкабель"). Тоді радіус згину даного кабелю становить  $10 \times 45,0\text{мм} = 450\text{мм}$  [12, 16, 17].
- з пластмасовою ізоляцією АВВГ 4х120, що має зовнішній діаметр кабелю 36,0мм (дані заявлені ЗАТ "Завод "Южкабель") [12, 16, 17].

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 62   |

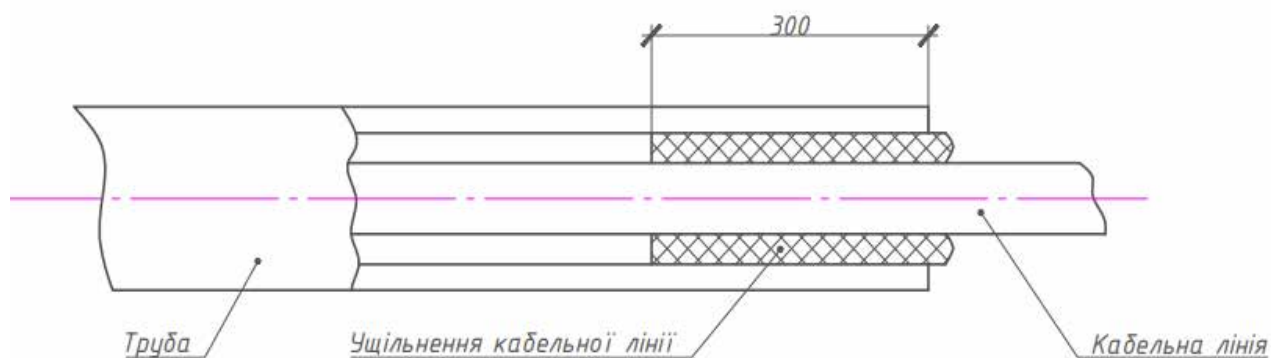


Рис. 3.3 Ущільнення кабельної лінії в трубі

Ущільнення труби виконують з водонепроникних матеріалів джутових плетених шнурів покритих водонепроникною глиною на глибину не менше 300мм

Запроєктовані кабельні мережі забезпечують необхідний рівень надійності, безпечну експлуатацію та ефективне функціонування системи електропостачання житлового комплексу в нормальних та аварійних режимах роботи.

### 3.3. Конструктивні рішення розміщення обладнання ТП-10/0,4 кВ

Конструктивні рішення щодо розміщення обладнання трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ прийняті з урахуванням технічних характеристик обраного обладнання, вимог нормативних документів [2, 7, 17], умов експлуатації та необхідності забезпечення надійного електропостачання відповідно до ДБН А.2.2-3:2014 [6].

У проєкті передбачено встановлення двотрансформаторної трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ із двома сухими силовими трансформаторами типу TRP 1000 потужністю 1000 кВА кожний, з литою ізоляцією обмоток та класом напруги до 12 кВ схема з'єднання обмоток  $\Delta/Yn-11$ . Застосування двох трансформаторів забезпечує необхідний рівень надійності електропостачання споживачів та можливість резервування живлення при аварійному або ремонтному відключенні одного з трансформаторів [19].

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 63   |

Компонування обладнання трансформаторної підстанції виконано за блочною схемою [2] та включає такі функціональні зони:

- розподільчий пристрій 10 кВ на базі камер КСО-394;
- два трансформаторні відсіки із силовими трансформаторами TRP 1000/10/0,4 кВ;
- розподільчий пристрій 0,4 кВ на базі панелей ЩО-04;
- щити власних потреб, обліку електроенергії та допоміжного обладнання.

Розподільчий пристрій високої напруги 10 кВ виконаний на базі комплекту камер одностороннього обслуговування КСО-394 та включає:

- чотири лінійні комірки КСО 394-03-10 (2Л, 3Л, 4Л, 5Л);
- дві трансформаторні комірки КСО 394-04-10 (1Т, 6Т);
- панелі торцеві;
- пристрої трансформаторного та лінійного захисту.
- міст шинний ШМР-1

Камери РУ-10 кВ розташовуються в окремому відсіку підстанції вздовж однієї стіни з фронтальним обслуговуванням, що забезпечує зручність доступу до апаратів комутації, релейного захисту та кабельних приєднань згідно з вимогами ПУЕ [17].

У центральній частині підстанції розміщуються два силові трансформатори TRP 1000, встановлені в окремих трансформаторних камерах. Між трансформаторними камерами передбачені протипожежні перегородки, що забезпечують локалізацію можливих аварійних режимів та відповідають вимогам пожежної безпеки [4, 7].

Підключення трансформаторів до РУ-10 кВ виконується через шинний міст ШМР-1, а з боку низької напруги – до РУ-0,4 кВ через шинні мости та гнучкі струмопровідні зв'язки [23].

Розподільчий пристрій 0,4 кВ виконаний на базі панелей серії ЩО-04 та включає:

- дві ввідні панелі трансформатора ЩО-04-138Э (1В, 13В);

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 64   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

- десять лінійних панелей ЩО-04-105 (2Л, 3Л, 4Л, 5Л, 6Л, 8Л, 9Л, 10Л, 11Л, 12Л);
- одну секційну панель ЩО-04-155 (7С);
- дві торцеві панелі ЩО-04-195.

Таке компонування забезпечує секціонування шин 0,4 кВ, резервування живлення та можливість перерозподілу навантажень [21], між секціями при аварійних режимах.

Для забезпечення функціонування допоміжних систем у складі ТП передбачено встановлення:

- щита власних потреб (ЩВП);
- щитів обліку електроенергії (ЯО-1...ЯО-2);
- шафи захисту від підвищеної напруги (ЩЗПН);
- шаф термозахисту трансформаторів (ЩТЗ-1...ЩТЗ-2);
- шафи охоронної сигналізації (ЩОС);
- ящика технологічного живлення (ЯТП).

Розміщення допоміжного обладнання виконано в окремій зоні РУ-0,4 кВ із забезпеченням зручного доступу для обслуговування.

При плануванні ТП забезпечено нормативні проходи для обслуговування обладнання відповідно до ПУЕ [17] та ГКД 341.004.001-94 [2], а саме фронтальні проходи перед камерами РУ-10 кВ та РУ-0,4 кВ; проходи для доступу до трансформаторів; монтажні зони для демонтажу силового обладнання.

Для забезпечення допустимого температурного режиму роботи трансформаторів у підстанції передбачено природну вентиляцію трансформаторних камер через вентиляційні решітки та канали повітрообміну [2, 17].

Прокладання кабельних ліній виконується в кабельних каналах та по металевих конструкціях з подальшим введенням у відповідні відсіки РУ-10 кВ та РУ-0,4 кВ [16]. Усі металеві конструкції, корпуси обладнання та кабельні лотки приєднуються до загального контуру заземлення підстанції [8, 10, 18].

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 65   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

Таким чином, прийняті конструктивні рішення щодо розміщення обладнання ТП-10/0,4 кВ забезпечують компактне, технологічно доцільне та безпечне компонування електротехнічного обладнання, відповідають вимогам нормативної документації [2, 4, 7] та гарантують надійну роботу системи електропостачання житлового комплексу [1, 19, 21].

Розміщення розподільчих пристроїв, трансформаторів та допоміжного обладнання виконано відповідно до вимог нормативної документації та правил улаштування електроустановок. Передбачені заходи щодо вентиляції, пожежної безпеки, заземлення та організації кабельного господарства забезпечують безпечну та стабільну роботу підстанції.

### **Висновок до розділу 3**

У розділі 3 було розроблено технічні рішення системи електропостачання реконструйованого житлового комплексу з урахуванням вимог надійності, енергоефективності, електробезпеки та чинної нормативної документації. Під час розроблення проєктних рішень враховано вимоги законодавства у сфері містобудування, правила улаштування та технічної експлуатації електроустановок, а також норми щодо складу та змісту проєктної документації.

У підрозділі 3.1 виконано організацію автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), яка забезпечує дистанційний збір і передачу даних про електроспоживання, підвищення точності обліку та контроль режимів роботи мережі. Запропоновані технічні рішення відповідають вимогам ДБН В.2.5-23:2010, ПУЕ та правилам технічної експлуатації електроустановок. Використання багатофункціональних електронних лічильників і сучасних засобів зв'язку дозволяє забезпечити ефективний моніторинг електроспоживання та зменшення комерційних втрат електроенергії.

У підрозділі 3.2 було виконано проєктування кабельних ліній напругою 10 кВ та 0,4 кВ. Для забезпечення необхідного рівня надійності прийнято

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 66   |

двотрансформаторну схему електропостачання з двома незалежними джерелами живлення відповідно до вимог ПУЕ, ДБН В.2.5-23:2010 та ГКД 341.004.001-94. Вибір марок і перерізів кабелів здійснено з урахуванням допустимого струмового навантаження, показників якості електричної енергії, вимог до пожежної безпеки кабельної продукції та правил монтажу електропроводок. Передбачені заходи щодо механічного захисту кабельних ліній, організації прокладання в траншеях і трубній каналізації, а також виконання робіт у місцях перетину з інженерними мережами відповідають вимогам нормативних документів.

У підрозділі 3.3 розглянуто конструктивні рішення щодо розміщення обладнання трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ. Компонування РУ-10 кВ, трансформаторних камер та РУ-0,4 кВ виконано відповідно до вимог ПУЕ, ДБН В.2.5-23:2010 та норм технологічного проєктування підстанцій. Передбачені заходи щодо заземлення, захисту від ураження електричним струмом, організації вентиляції та пожежної безпеки забезпечують безпечну та надійну експлуатацію обладнання. Використання двох трансформаторів потужністю 1000 кВА дозволяє забезпечити резервування живлення та стабільну роботу системи електропостачання у нормальних і аварійних режимах.

Таким чином, розроблені у розділі технічні рішення забезпечують надійне, безпечне та ефективне функціонування системи електропостачання житлового комплексу, відповідають сучасним вимогам нормативної документації та створюють умови для подальшої експлуатації й розвитку об'єкта.

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 67   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

## РОЗДІЛ 4

### РОЗРАХУНОК ЗАЗЕМЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ ТА ЗАХИСТУ

#### 4.1. Вимоги до системи заземлення електроустановок

Проектом передбачено влаштування заземлюючого пристрою. Заземлюючий пристрій прийнято загальним для електромережі 10 і 0,4кВ [17]. Внутрішній контур виконується сталеною смугою 4х40 по периметру приміщень, та фарбується у чорний колір для захисту від корозії. Смуга прокладається на відмітці +0,400 від відмітки чистої підлоги приміщень і прикріплюється до стін на дюбелями 6х40 [1]. До внутрішнього контуру заземлення приєднуються всі закладні металеві елементи, електроконструкції, електроустаткування і металеві двері за допомогою сталеної смуги перерізом 4х40 та гнучких зв'язків. Силовий трансформатор і вивід "N" заземлюються за допомогою мідних гнучких зв'язків СГ-1 та СГ-2 [17].

В якості зовнішнього контуру заземлення використовується контур з горизонтального заземлювача що складається з сталеної полоси перерізом 4х40 мм, та вертикального заземлювача що складається з електродів-сталених прутків Ø20 [2, 18]. Полоса з'єднується з внутрішнім контуром заземлення трансформаторної підстанції. Всі з'єднання заземлюючих провідників між собою забезпечують надійний контакт [8, 17].

Зовнішній контур заземлення ТПпроект. житлового комплексу з вбудовано-прибудованими приміщеннями соціально-побутового і спортивного призначення ( $R_n=2,0$  Ом) виконаний глибинними вертикальними електродами ,які складаються із сталених стержнів довжиною по 1,5 м, та горизонтального заземлювача який виконано з полоси 40х4 [додаток Д].

Заземлюючий пристрій повинен відповідати вимогам ПУЕ (2,0 Ом). У випадку невиконання даної умови ( $R_n = 2,0$  Ом) додати вертикальні електроди [18].

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 68   |

Під час монтажу контуру заземлення всі з'єднання виконуються зварюванням [10, 17].

Для захисту від ураження електричним струмом всі металеві неструмопровідні частини обладнання, які можуть опинитись під напругою внаслідок ушкодження ізоляції, підлягають заземленню шляхом з'єднання з глухозаземленою нейтраллю електроустановки [4, 14, 20].

- Заземлюючі провідники, які використовуються для приєднання обладнання чи конструкцій до заземлювача, необхідно прокладати на глибині не менше 0,7 м [17, 18];
- Для штучних заземлювачів необхідно використовувати сталь [17, 18];
- Штучні заземлювачі не повинні мати фарбування [10, 17];
- З'єднання заземлюючих провідників між собою повинні забезпечувати надійний контакт і повинні бути виконані за допомогою зварювання чи болтового з'єднання, за виключенням місць приєднання заземлюючих провідників до корпусу електроустановки [16, 17];
- Приєднання заземлюючих провідників до обладнання, яке підлягає заземленню, повинно бути виконане за допомогою зварювання чи болтового з'єднання. Приєднання повинно бути доступним для огляду [3, 10].
- Для болтового з'єднання повинні бути передбачені міри проти послаблення та корозії контактного з'єднання [16];
- Корпуса електроустановок повинні приєднуватись до магістрального заземлювача тільки паралельно [17, 20];
- Біля місць вводу заземлюючих провідників в будівлю повинні бути передбачені розпізнавальні знаки [5, 17];

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 69   |

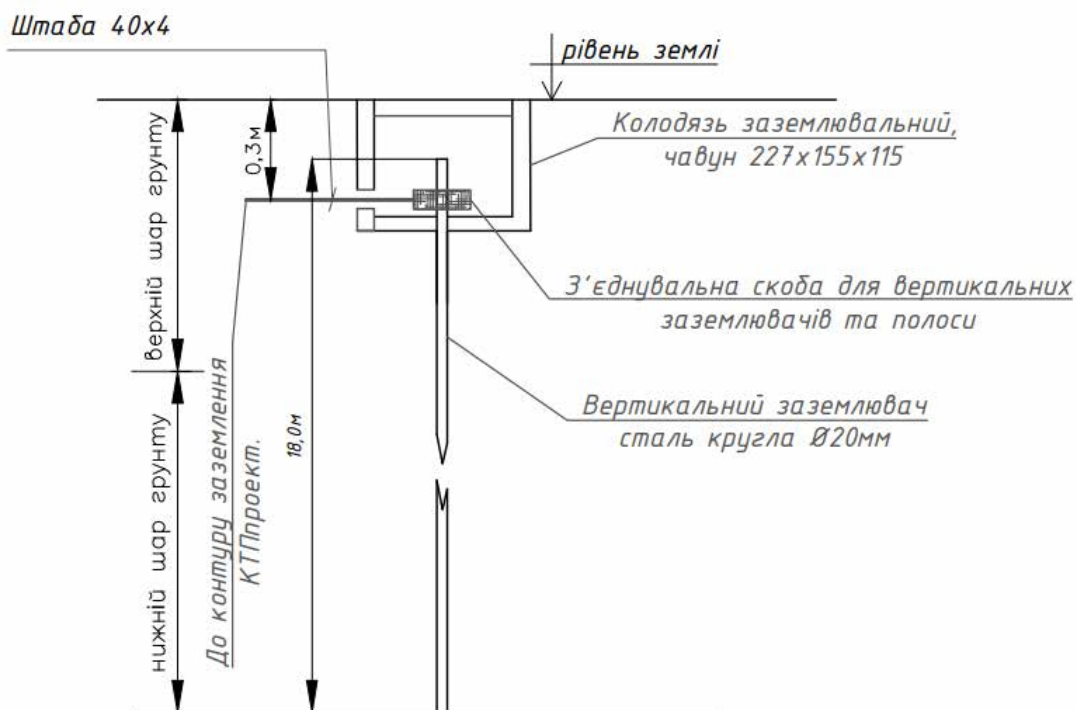


Рис. 4.1 Заземлювач вертикальний стрижневий

## 4.2. Розрахунок заземлюючого пристрою ТП

Розрахунок заземлюючого пристрою виконується з метою визначення його параметрів, які забезпечують допустиме значення опору розтікання струму та відповідність вимогам електробезпеки [8, 17, 18].

Вихідні дані для розрахунку прийняті на основі геологічних умов майданчика та технічних характеристик проєктованої трансформаторної підстанції [2]. Вихідні та розрахункові дані наведені в таблицях 4.1 та 4.2

Таблиця 4.1

### Розрахунок заземлюючого пристрою ТП

| Поз.         | Найменування | Один. Виміру | Значення |
|--------------|--------------|--------------|----------|
| Вихідні дані |              |              |          |

|       |                                                         |     |     |
|-------|---------------------------------------------------------|-----|-----|
| $R_H$ | Нормований опір розтікання струму заземлюючого пристрою | Ом. | 2,0 |
|-------|---------------------------------------------------------|-----|-----|

Продовження таблиці 4.1

|                 |                                                                 |      |       |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------|------|-------|
| $L_3$           | Довжина з'єднувальної штаби                                     | м.   | 22,0  |
| $L_B$           | Довжина вертикального заземлювача                               | м.   | 18,0  |
| $D$             | Зовнішній діаметр вертикального заземлювача                     | м.   | 0,02  |
| $H$             | Товщина верхнього шару ґрунта                                   | м.   | 6,0   |
| $b$             | Ширина горизонтального заземлювача (полоси)                     | м.   | 0,004 |
| $\rho_1$        | Питомий опір верхнього шару ґрунта                              | Ом*м | 400   |
| $\rho_2$        | Питомий опір нижнього шару ґрунта                               | Ом*м | 40    |
| $K_1$           | Сезонний кліматичний коефіцієнт для вертикального заземлювача   |      | 1,70  |
| $K_2$           | Сезонний кліматичний коефіцієнт для горизонтального заземлювача |      | 4,00  |
| $t_{II}$        | Глибина закладання заземлювача                                  | м.   | 0,7   |
| $\eta_{\Gamma}$ | Коефіцієнт використання для горизонтальних заземлювачів         |      | 0,51  |
| $\eta_B$        | Коефіцієнт використання для вертикальних заземлювачів           |      | 0,60  |

Таблиця 4.2

### Розрахункові дані заземлюючого пристрою ТП

| Розрахункові дані   |                                                            |      |      |
|---------------------|------------------------------------------------------------|------|------|
| $\rho_{\text{екв}}$ | Питомий розрахунковий опір ґрунту                          | Ом*м | 92,5 |
| $R_0$               | Опір одиничного вертикального заземлювача із круглої сталі | Ом   | 8,09 |

|       |                                                |     |      |
|-------|------------------------------------------------|-----|------|
| $n_0$ | Орієнтовна кількість вертикальних заземлювачів | шт. | 7,00 |
| T     | Заглиблення електрода в землю                  | м.  | 9,7  |

Продовження таблиці 4.2

|                   |                                                                                                                         |     |      |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|
|                   | Вибір коефіцієнтів використання $\eta_{\Gamma}$ , $\eta_{\text{в}}$ , по предв. Кол-ті верт. Заземл. $N_{\text{попер}}$ |     |      |
| $\eta_{\Gamma}$   | Коефіцієнт використання для горизонтальних заземлювачів                                                                 |     | 0,51 |
| $\eta_{\text{в}}$ | Коефіцієнт використання для вертикальних заземлювачів                                                                   |     | 0,6  |
| $R_{\text{п}}$    | Опір горизонтального заземлювача                                                                                        |     | 66,8 |
| $R_z$             | Повний опір заземлювачів з урахуванням горизонт. Заземлювачів                                                           | Ом. | 2,0  |
| $n'$              | Уточнена кількість вертикальних заземлювачів                                                                            | шт. | 6,00 |

#### Розрахункова частина

1) Еквівалентний питомий опір ґрунта,  $\rho_{\text{екв}}$ , Ом\*м:

$$\rho_{\text{екв}} = \frac{K_1 * \rho_1 * \rho_2 * L_{\text{в}}}{\rho_1 * (L_{\text{в}} - H + t) + \rho_2 * (H - t)} \quad (4.1)$$

де  $K_1$  – сезонний кліматичний коефіцієнт для вертикального заземлювача,  $K_1=1,7$ ;

$K_2$  – сезонний кліматичний коефіцієнт для горизонтального заземлювача,  $K_2 = 4,0$

$t$  – глибина закладання заземлювача,  $t = 0,7$  Ом;

$H$  – товщина верхнього шару ґрунта,  $H=6,0$  м;

$L_{\text{в}}$  – довжина вертикального заземлювача,  $L_{\text{в}} = 18,0$  м

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 72   |

$\rho_1$  – питомий опір верхнього шару ґрунта,  $\rho_1=400 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

$\rho_2$  – питомий опір нижнього шару ґрунта,  $\rho_2 = 40 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

$$\rho_{\text{екв}} = \frac{1,7 * 400,0 * 40,0 * 18,0}{400,0 * (18,0 - 6 + 0,7) + 40,0 * (6,0 - 0,7)} = 92,5 \text{ Ом} * \text{м}$$

2) Заглиблення електрода в землю (відстань до середини електрода),  $T, \text{м}$ :

$$T = 0.5 * L_B + t; \quad (4.2)$$

де  $t$  – глибина закладання заземлювача,  $t = 0,7 \text{ м}$ ;

$L_B$  – довжина вертикального заземлювача,  $L_B = 18,0 \text{ м}$

$$T = 0.5 * 18 + 0,7 = 9,7 \text{ м}$$

3) Опір одиничного вертикального електрода заземлення,  $R_0, \text{Ом}$ :

$$R_0 = \frac{\rho_{\text{екв}}}{2 * \pi * L_B} * \left[ \ln \left( \frac{2 * L_B}{D} \right) + 0.5 \ln \left( \frac{4 * T + L_B}{4 * T - L_B} \right) \right] \quad (4.3)$$

де  $\rho_{\text{екв}}$  – еквівалентний питомий опір ґрунта,  $\rho_{\text{екв}} = 92,5 \text{ Ом} * \text{м}$

$D$  – зовнішній діаметр вертикального заземлювача,  $D = 0,02 \text{ м}$

$T$  – заглиблення електрода в землю (відстань до середини електрода),  $T = 9,7 \text{ м}$

$L_B$  – довжина вертикального заземлювача,  $L_B = 18,0 \text{ м}$

$$R_0 = \frac{92,5}{2 * 3,14 * 18} * \left[ \ln \left( \frac{2 * 18}{0,02} \right) + 0.5 \ln \left( \frac{4 * 9,7 + 18}{4 * 9,7 - 18} \right) \right] = 8,09 \text{ Ом}$$

4) Орієнтовна кількість вертикальних електродів без урахування з'єднувальної шайби,  $n_0$ , шт:

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 73   |

$$n_0 = \frac{R_0 * K_1}{R_H}; (4.4)$$

де  $K_1$  - сезонний кліматичний коефіцієнт для вертикального заземлювача,

$$K_1 = 1,7;$$

$R_0$  – опір одиничного вертикального електрода заземлення,  $R_0 = 8,09 \text{ Ом}$

$R_H$  – нормований опір розтікання струму заземлюючого пристрою,  $R_H = 2,0 \text{ Ом}$

$$n_0 = \frac{8,09 * 1,7}{2,0} = 6,88 \text{ шт.}$$

5) Довжина з'єднувальної штаби,  $L_n$ , м:

Довжину з'єднувальної полоси приймаємо  $L_n = 22,0 \text{ м}$

6) Опір розтікання струму з'єднувальної штаби, Ом:

$$R_n = 0,366 * \frac{\rho_{\text{екв}} * K_2}{L_n * \eta_{\Gamma}} * \log\left(\frac{2 * L_n^2}{b * t}\right); (4.5)$$

де  $\rho_{\text{екв}}$  – еквівалентний питомий опір ґрунта,  $\rho_{\text{екв}} = 92,5 \text{ Ом} * \text{м}$

$K_2$  – сезонний кліматичний коефіцієнт для горизонтального заземлювача,  $K_2 = 4,0$

$t$  – глибина закладання заземлювача,  $t = 0,7 \text{ м}$

$L_n$  – довжина горизонтального заземлювача,  $L_n = 22,0$

$\eta_{\Gamma}$  – коефіцієнт використання для горизонтальних заземлювачів,  $\eta_{\Gamma} = 0,51$

$b$  – ширина горизонтального заземлювача (полоси),  $b = 0,004 \text{ м}$ .

$$R_n = 0,366 * \frac{92,5 * 4,0}{22 * 0,51} * \log\left(\frac{2 * 22^2}{0,004 * 0,7}\right) = 66,8 \text{ Ом}$$

7) Необхідний опір вертикальних заземлювачів з урахуванням опору розтіканню струму з'єднувальної штаби  $R_b$ , Ом:

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 74   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

$$R_b = \frac{R_n * R_H}{R_n - R_H}; (4.6)$$

де  $R_n$ - опір горизонтального заземлювача,  $R_n = 66,8 \text{ Ом}$

$R_H$ - нормований опір розтікання струму заземлюючого пристрою,  $R_H = 2 \text{ Ом}$

$$R_b = \frac{66,8 * 2,0}{66,8 - 2,0} = 2,10 \text{ Ом}$$

8) Кінцева кількість вертикальних електродів  $n'$ , шт:

$$n' = \frac{R_0}{R_b * \eta_B} (4.7)$$

де  $R_b$  – Необхідний опір вертикальних заземлювачів з урахуванням опору розтіканню струму з'єднувальної штаби,  $R_b = 2,1 \text{ Ом}$

$R_0$ - опір одиничного вертикального електрода заземлення,

$$R_0 = 8,09 \text{ Ом}$$

$\eta_B$ - коефіцієнт використання для вертикальних заземлювачів,

$$\eta_B = 0,6$$

$$n' = \frac{8,09}{2,1 * 0,6} = 6,42 \text{ шт}$$

приймаємо  $n' = 6,0 \text{ шт}$

9) Кінцевий опір розтіканню струму з'єднувальної штаби, Ом:

$$R_n = 0,366 * \frac{\rho_{\text{екв}} * K_2}{L_n * \eta_r} * \log\left(\frac{2 * L_n^2}{b * t}\right); (4.8)$$

де  $\rho_{\text{екв}}$  – еквівалентний питомий опір ґрунта,  $\rho_{\text{екв}} = 92,5 \text{ Ом} * \text{м}$

$K_2$  – сезонний кліматичний коефіцієнт для горизонтального заземлювача,  $K_2 = 4,0$

$t$  – глибина закладання заземлювача,  $t = 0,7 \text{ м}$

$L_n$  – довжина горизонтального заземлювача,  $L_n = 22,0$

$\eta_r$  – коефіцієнт використання для горизонтальних заземлювачів,  $\eta_r = 0,51$

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 75   |

$b$  – ширина горизонтального заземлювача (полоси),  $b = 0,004$  м.

$$R_n = 0,366 * \frac{92,5 * 4,0}{22 * 0,51} * \log\left(\frac{2 * 22^2}{0,004 * 0,7}\right) = 66,8 \text{ Ом}$$

10) Повний опір заземлювача  $R_z$ , Ом:

$$R_B = \frac{R_0}{\eta_B * n'} \quad (4.9)$$

де  $n'$  – кінцева кількість вертикальних електродів  $n' = 6,0$  шт

$R_0$  – опір одиничного вертикального електрода заземлення,

$$R_0 = 8,09 \text{ Ом}$$

$\eta_B$  – коефіцієнт використання для вертикальних заземлювачів,

$$\eta_B = 0,6$$

$$R_B = \frac{8,09}{0,6 * 6} = 2,25 \text{ Ом}$$

$$R_{n'} = 66,8 \text{ Ом}$$

$$R_z = 2,25 \text{ Ом}$$

### 4.3. Перевірка опору заземлення

Після виконання розрахунку параметрів заземлюючого пристрою необхідно здійснити перевірку відповідності отриманого значення опору розтікання струму вимогам нормативної документації [8, 17, 18]. Дана перевірка є завершальним етапом розрахунку і дозволяє оцінити ефективність запроектованого заземлення.

Повний опір заземлюючого пристрою визначається з урахуванням спільної роботи вертикальних та горизонтальних заземлювачів [19, 24] і розраховується за формулою:

$$R_z = \frac{R_B * R_{n'}}{R_B + R_{n'}}; \quad (4.10)$$

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 76   |

де:  $R_v$  — опір вертикальних заземлювачів;

$R_p$  — опір горизонтального заземлювача.

$$R_z = \frac{2,25 * 66,8}{2,25 + 66,8} = 2 \text{ Ом}$$

За результатами розрахунків, які були проведені у попередньому підрозділі, отримала такі значення для:

- опір вертикальних заземлювачів:  $R_v = 2,25 \text{ Ом}$ ;
- опір горизонтального заземлювача:  $R_p = 66,8 \text{ Ом}$ ;
- повний опір заземлюючого пристрою:  $R_z = 2,0 \text{ Ом}$ .

Відповідно до вимог нормативних документів для електроустановок напругою до 1 кВ із глухозаземленою нейтраллю встановлюється допустиме значення опору заземлюючого пристрою  $R_n = 2,0 \text{ Ом}$  [7, 10, 17].

Перевірка правильності розрахунку виконується за умовою [20]:

$$R_n > R_z \text{ (4.11)}$$

Підставляючи отримані значення, маємо:

$$2,0 > 2,0$$

Отже, умова виконується, що означає, що відповідність запроєктованого заземлюючого пристрою відповідає вимогам електробезпеки [3, 14].

Виконання цієї умови означає, що у випадку пошкодження ізоляції або виникнення аварійного режиму струм замикання на землю буде достатнім для того, щоб відбулось спрацювання захисних апаратів (автоматичних вимикачів, запобіжників), а також буде забезпечено зниження напруги дотику до безпечного рівня [8, 20].

Отримані результати мають розрахунковий характер. Тому фактичне значення опору заземлюючого пристрою може відрізнятися від розрахункового через ряд факторів: неоднорідність ґрунтів та відхилення їх параметрів від прийнятих у розрахунку; сезонні зміни вологості та температури ґрунту; можливі похибки при визначенні питомого опору ґрунту; якість виконання монтажних робіт

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 77   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

(зварні з'єднання, контактні з'єднання) [18, 23]; корозійні процеси, що можуть виникати з часом.

Через це після завершення монтажу заземлюючого пристрою обов'язково проводяться експериментальні вимірювання його опору за допомогою спеціалізованих приладів (мегомметрів або вимірювачів опору заземлення) [3, 5].

Якщо за результатами вимірювань фактичний опір заземлення перевищує допустиме значення 2 Ом, необхідно передбачити заходи щодо його зменшення [18, 24], а саме:

- збільшення кількості вертикальних заземлювачів;
- збільшення довжини або зміна конфігурації горизонтального заземлювача;
- зменшення відстані між електродами;
- покращення провідності ґрунту (застосування сольових або спеціальних електропровідних сумішей);
- використання глибших або більш ефективних заземлювачів.

Заземлюючий пристрій склав нормований опір розтікання струму заземлюючого пристрою  $R_H = 2$  Ом, розрахунковий опір розтікання струму  $R_Z = 2$  Ом, вхідна умова щодо опору заземлюючого пристрою виконана  $R_H > R_Z$ .

Запроектована система заземлення трансформаторної підстанції забезпечує необхідний рівень електробезпеки, надійну роботу електрообладнання та може бути прийнята до реалізації у проекті реконструкції системи електропостачання.

#### Висновок до розділу 4

У четвертому розділі бакалаврської роботи було виконано розрахунок заземлюючого пристрою трансформаторної підстанції та проаналізовано заходи забезпечення електробезпеки системи електропостачання. У процесі проектування враховано вимоги чинних нормативно-технічних документів щодо улаштування заземлення, вибору конструкції заземлювачів, допустимих значень опору розтікання струму та безпечної експлуатації електроустановок.

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 78   |

У роботі обґрунтовано застосування спільного заземлюючого пристрою для мереж 10 кВ та 0,4 кВ, що відповідає вимогам Правил улаштування електроустановок та нормативів з електробезпеки. Розглянуто конструктивне виконання внутрішнього та зовнішнього контурів заземлення, визначено параметри вертикальних і горизонтальних заземлювачів, а також наведено основні вимоги до монтажу та приєднання електрообладнання до системи заземлення.

На основі вихідних даних було виконано розрахунок еквівалентного питомого опору ґрунту, опору одиничного вертикального електрода, кількості вертикальних заземлювачів та повного опору заземлюючого пристрою. У результаті розрахунків отримано значення опору заземлення  $R_z = 2,0$  Ом, що відповідає нормативному допустимому значенню для електроустановок із глухозаземленою нейтраллю. Це підтверджує ефективність запроєктованої системи заземлення та її здатність забезпечувати необхідний рівень захисту персоналу й електрообладнання від ураження електричним струмом.

Також у розділі визначено, що у випадку аварійних режимів або пошкодження ізоляції система заземлення забезпечує надійне спрацювання захисних апаратів та зниження напруги дотику до безпечного рівня. Окрему увагу приділено необхідності проведення післямонтажних вимірювань опору заземлення та можливим способам зменшення його значення у разі перевищення нормативних вимог.

Отже, виконані розрахунки та прийняті технічні рішення підтверджують відповідність запроєктованого заземлюючого пристрою вимогам нормативної документації України у сфері електропостачання та електробезпеки. Запроєктована система заземлення може бути рекомендована до практичної реалізації в межах реконструкції системи електропостачання житлового комплексу, оскільки забезпечує надійну та безпечну експлуатацію електроустановок.

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 79   |

## ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі на тему «Предпроектні рішення реконструкції системи електропостачання гуртожитків під житловий комплекс» було виконано комплексне дослідження та розроблено технічно обґрунтовані рішення щодо модернізації системи об'єкта електропостачання, що змінює своє функціональне призначення.

### **За результатами виконаної роботи встановлено наступне:**

У **першому розділі** було проведено детальний аналіз об'єкта реконструкції та вихідних даних. Визначено, що існуюча система електропостачання гуртожитків була спроектована відповідно до застарілих норм і не враховує сучасного рівня електроспоживання. Встановлено основні проблеми: недостатня пропускна здатність мереж, моральне та фізичне старіння обладнання, відсутність достатнього рівня автоматизації та контролю. Також проаналізовано нормативну базу, що регламентує реконструкцію, Обґрунтовано необхідність переходу до сучасної, енергоефективної та надійної системи електропостачання.

У **другому розділі** виконано розрахунок електричних навантажень для трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ з урахуванням перспективного розвитку об'єкта. Проведено детальний розрахунок навантажень для двох силових трансформаторів у нормальному та аварійному режимах роботи. Встановлено, що розрахункові навантаження становлять: для Т1: 685,8 кВт; для Т2: 637,4 кВт.

На основі отриманих результатів обґрунтовано вибір двох трансформаторів типу TRP 1000 потужністю 1000 кВА кожен, що забезпечує необхідний запас потужності та відповідність умовам надійності електропостачання. Визначено коефіцієнти завантаження трансформаторів, які в нормальному режимі становлять 0,69 для Т1 та 0,64 для Т2 і не перевищують допустимих значень, а в аварійному — знаходяться в межах допустимого перевантаження 1,4. Також розроблено функціональну та електричну схему трансформаторної підстанції, яка забезпечує резервування живлення та підвищення надійності.

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 80   |

У третьому розділі розроблено технічні рішення системи електропостачання. Виконано проєктування кабельних ліній 10 кВ та 0,4 кВ із урахуванням умов прокладання, навантажень і вимог нормативних документів. Обґрунтовано вибір перерізів кабелів, способів їх прокладання та захисту. Для кабельної мережі напругою 10 кВ від розподільчого пункту РП-82 до ТП прийнято до прокладання кабелі з ізоляцією зі зшитого поліетилену типу АПвПг-10 3х120. Для розподільчих мереж 0,4 кВ (від панелей РУ-0,4 кВ до головних розподільчих щитів об'єкта) обґрунтовано та обрано чотирижильні силові кабелі з пластмасовою ізоляцією марки АВВГ, зокрема взаєморезервовані лінії 2КЛ-0,4кВ АВВГ-4х240, а також лінії перерізом 4х185 та 4х120. Усі кабелі перевірені за тривало допустимим струмом, втратою напруги, термічною стійкістю до дії струмів короткого замикання та умовами спрацьовування захисних апаратів. Також запропоновано конструктивні рішення щодо розміщення обладнання трансформаторної підстанції, що забезпечують зручність експлуатації, безпеку обслуговування та відповідність сучасним технічним вимогам. Передбачено можливість подальшого розвитку системи та підключення додаткових споживачів.

У четвертому розділі виконано розрахунок заземлюючого пристрою трансформаторної підстанції. Визначено параметри контуру заземлення, що складається з вертикальних електродів та горизонтальних з'єднувальних смуг. Проведено перевірку опору заземлення. Під час розрахунків отримано такі результати: опір вертикальних заземлювачів склав 2,25 Ом, опір горизонтальної смуги — 66,8 Ом, а повний опір заземлюючого пристрою підстанції становить  $R_z = 2,0$  Ом, що повністю задовольняє нормативні вимоги ПУЕ для електроустановок до 1 кВ із глухозаземленою нейтраллю ( $R_n \leq 2,0$  Ом). Розроблено рішення щодо забезпечення необхідного рівня електробезпеки та захисту від ураження електричним струмом.

Запропоновані у роботі технічні рішення можуть бути використані при реконструкції аналогічних об'єктів житлово-комунального господарства. Вони дозволяють підвищити надійність електропостачання, зменшити втрати

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 81   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

електроенергії, забезпечити безпечну експлуатацію електроустановок та створити комфортні умови проживання для мешканців згідно з правилами технічної експлуатації.

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 82   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>.
2. ГКД 341.004.001-94. Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6–750 кВ. Київ, 1994. 134 с.
3. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок. Київ, 1997.
4. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Київ : Держнаглядохоронпраці України, 2001.
5. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів : затв. наказом Міністерства палива та енергетики України 25.07.2006 № 258 (у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 13.02.2012 № 91). Київ : Мінпаливенерго України, 2012.
6. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Київ : Мінрегіон України, 2014.
7. ДБН В.2.5-23:2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 169 с.
8. ДБН В.2.5-27:2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. Київ : Мінбуд України, 2006.
9. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018. 133 с.
10. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. Київ : УкрНДНЦ, 2016.

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 83   |

- 11.ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності (EN 50160:2010, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015.
- 12.ДСТУ EN 50575:2018. Кабелі силові, контрольні та зв'язку. Кабелі для загального використання в будівельних спорудах згідно з вимогами щодо реакції на вогонь (EN 50575:2014; EN 50575:2014/A1:2016, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
13. ДСТУ EN 60287-1-1:2015. Кабелі електричні. Розрахунок допустимого струмового навантаження. Частина 1-1. Рівняння допустимого струмового навантаження (100 % коефіцієнт навантаження) та розрахунок втрат. Загальні положення (EN 60287-1-1:2006; A1:2014, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
- 14.ДСТУ EN 61140:2015. Захист від ураження електричним струмом. Загальні положення щодо безпеки установок та обладнання (EN 61140:2002; A1:2006, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015.
- 15.ДСТУ EN 62305-1:2012. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT). Київ : Мінекономрозвитку України, 2012.
- 16.ДСТУ HD 60364-5-52:2021. Низьковольтні електричні установки. Частина 5-52. Вибірання та монтування електроустаткування. Системи електропроводки (HD 60364-5-52:2011, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021.
- 17.Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Харків : Вид-во «Форт», 2017. 617 с.
- 18.СОУ-Н ЕЕ 20.179:2008. Інструкція з улаштування заземлення в електроустановках. Київ : Міненерговугілля України, 2008.
- 19.Бойко В. С. Системи електропостачання : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 256 с.

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        | 84   |

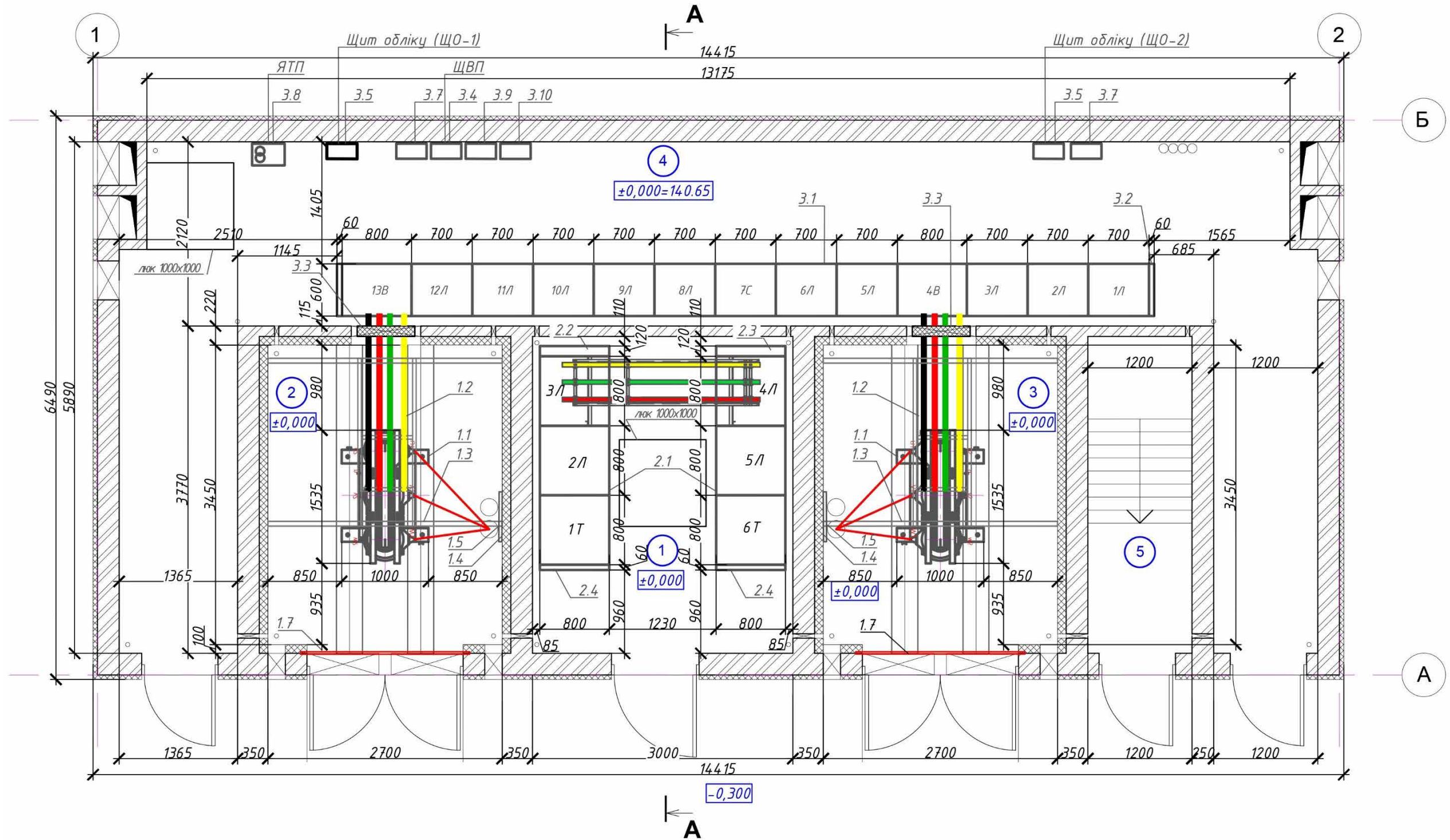
- 20.Болух В. Ф., Кравченко В. В. Електробезпека : навч. посіб. Харків : НТУ «ХП», 2018. 312 с.
- 21.Кацман М. М. Електричні мережі та системи : підручник. Київ : Вища школа, 2015. 480 с.
- 22.Кирик В. В. Електричні мережі та системи. Київ : НТУУ «КП», 2014. 324 с.
- 23.Мілих В. І., Павленко Т. П. Електропостачання промислових підприємств : підручник. Харків : НТУ «ХП», 2016. 272 с.
- 24.Полтавець М. М. Проектування системи електропостачання : метод. вказівки. Кіровоград : КНТУ, 2014. 32 с.

|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 85   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

## ДОДАТКИ

## Додаток А

## План розташування обладнання ТП-10/0,4кВ



|      |      |          |        |      |                                        |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 012 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                        | 86   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                        |      |

Схема електрична принципова РУ-10кВ ТП-10/0,4кВ

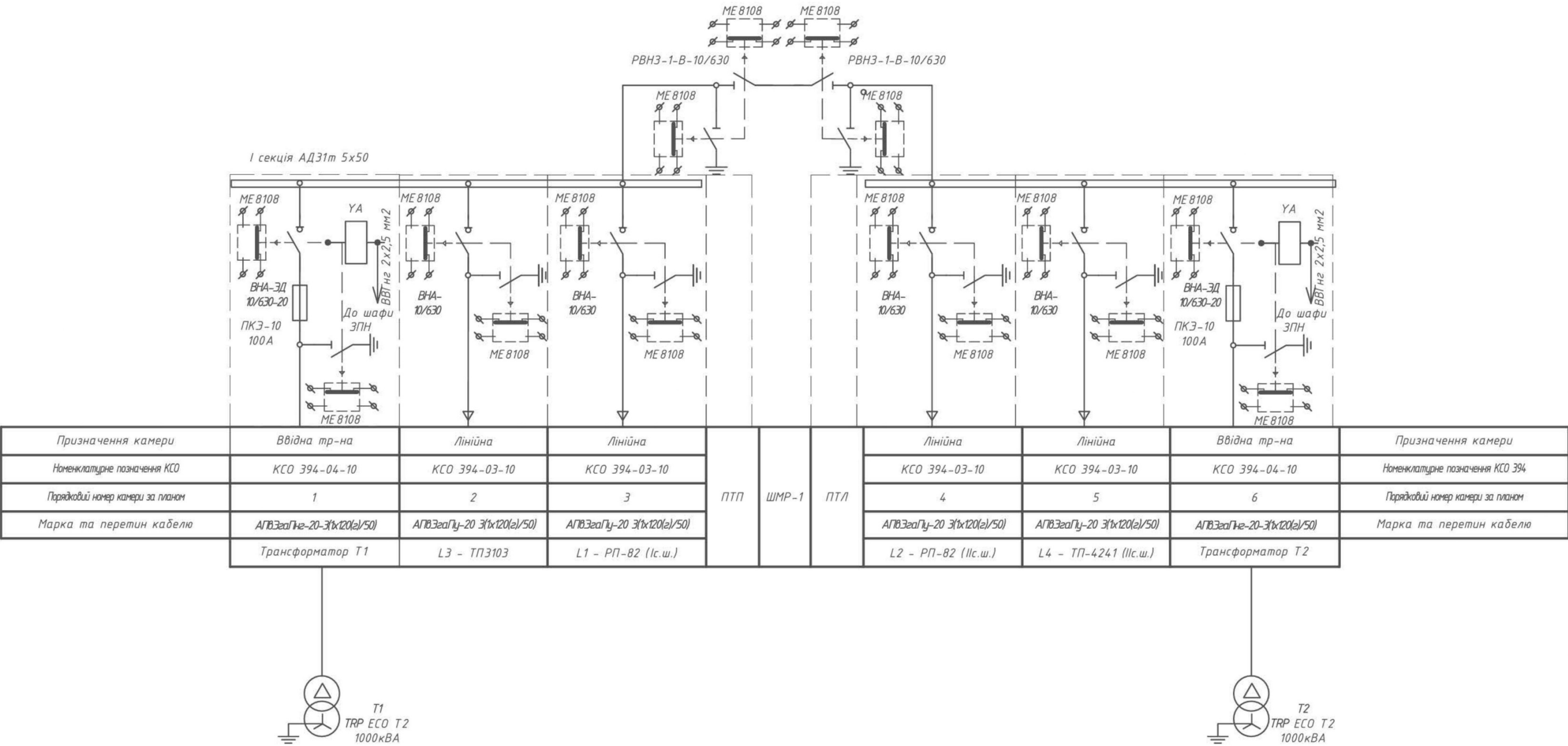


Схема електрична принципова РУ-0,4кВ ТП-10/0,4кВ

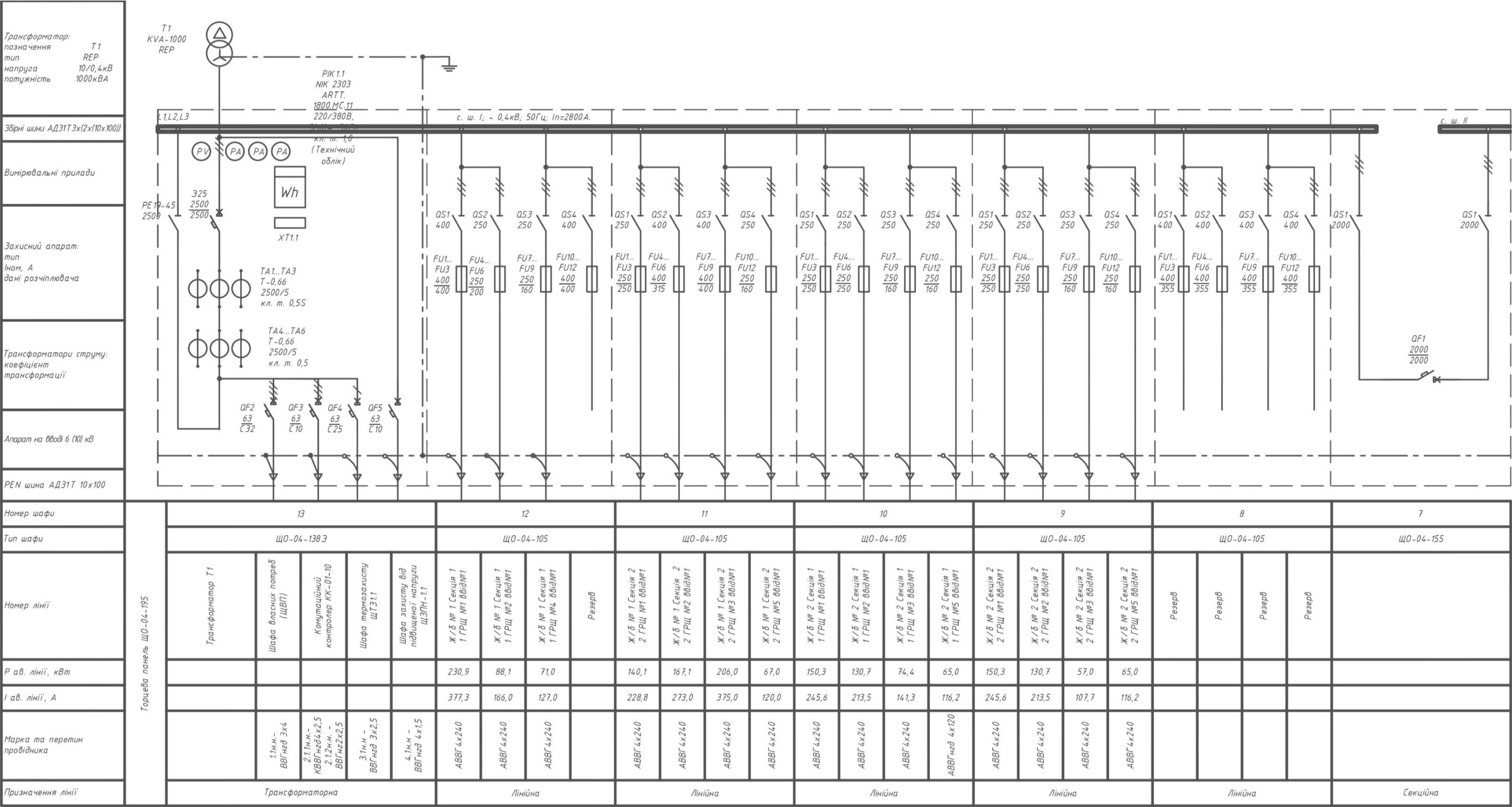
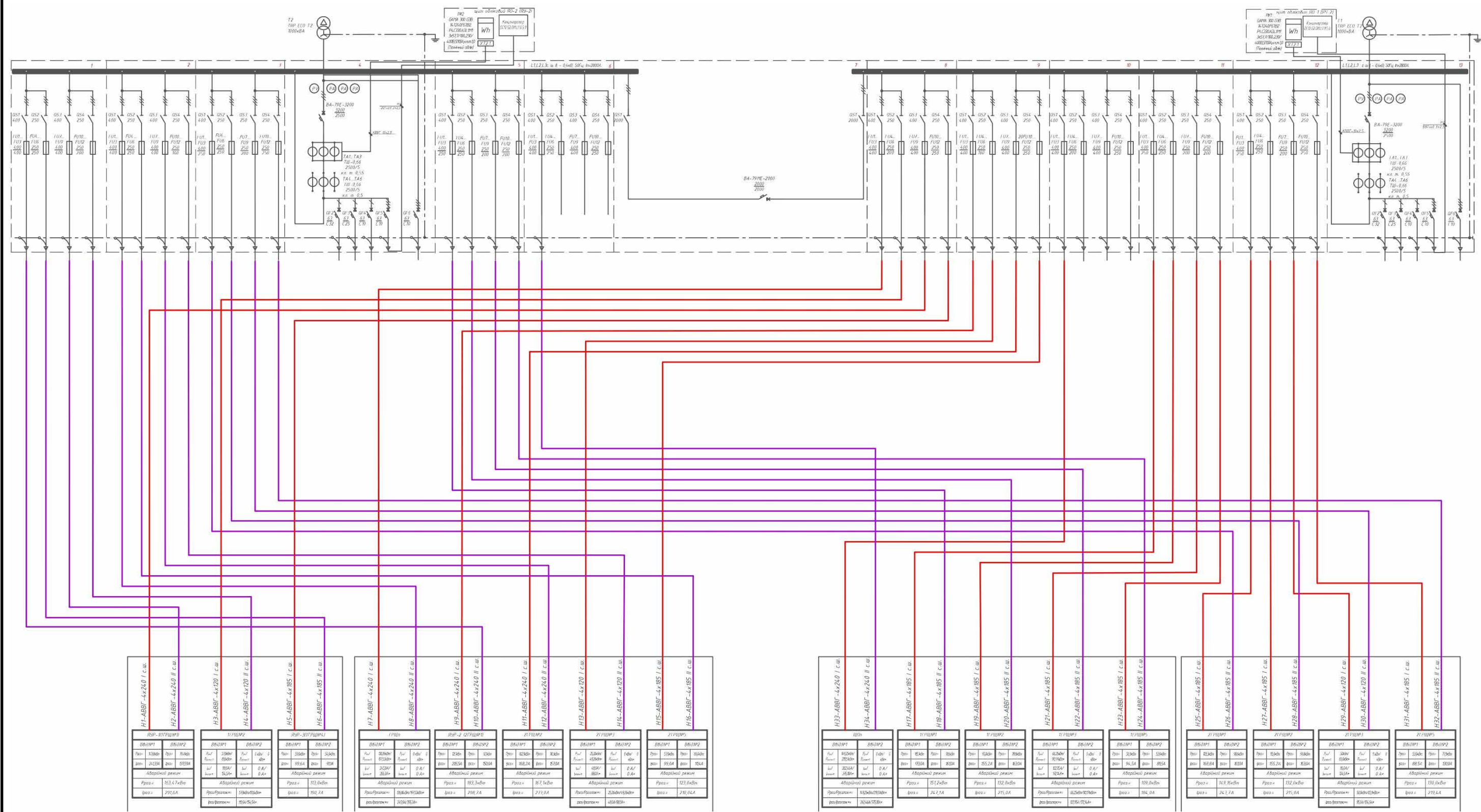
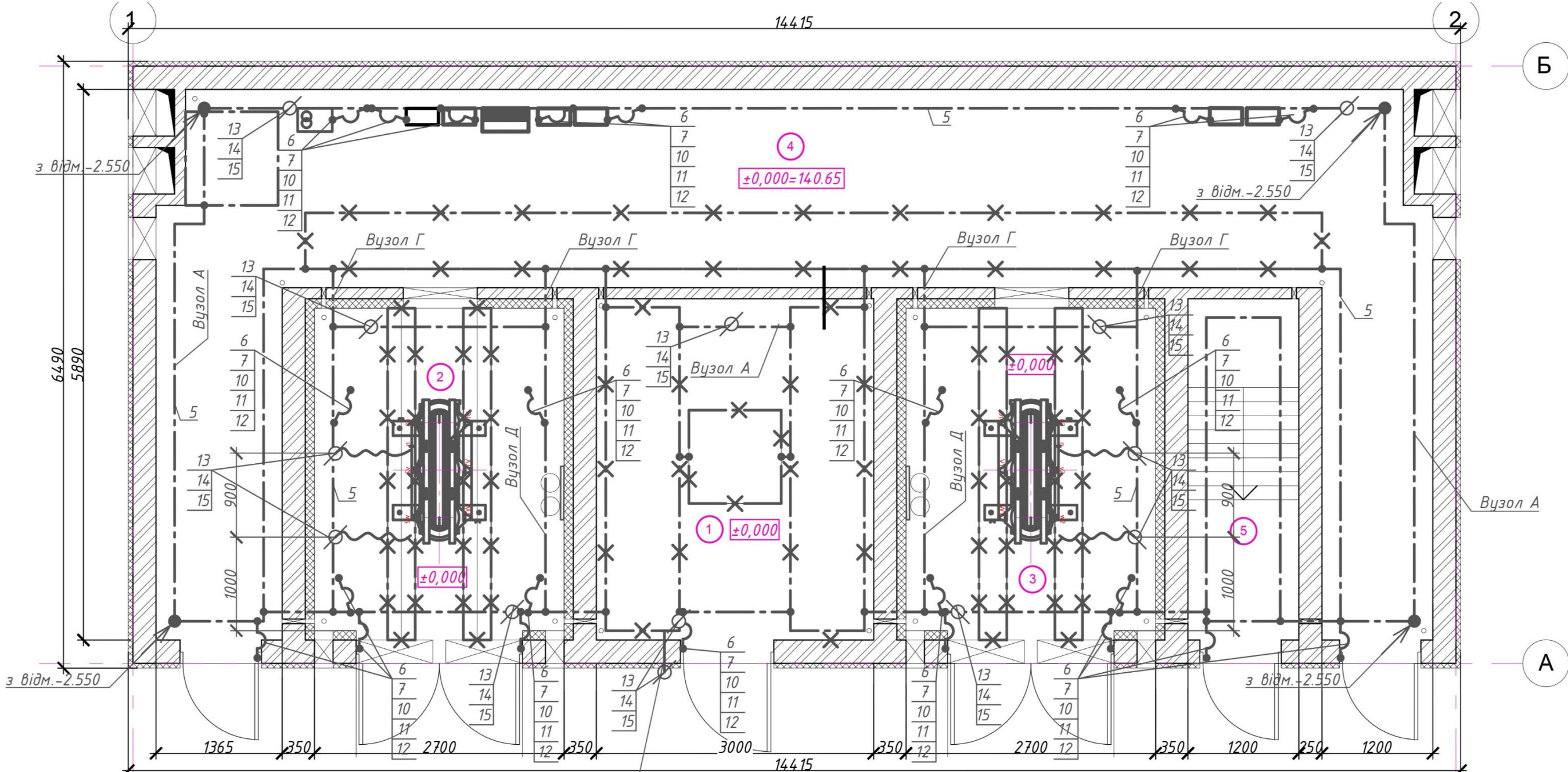


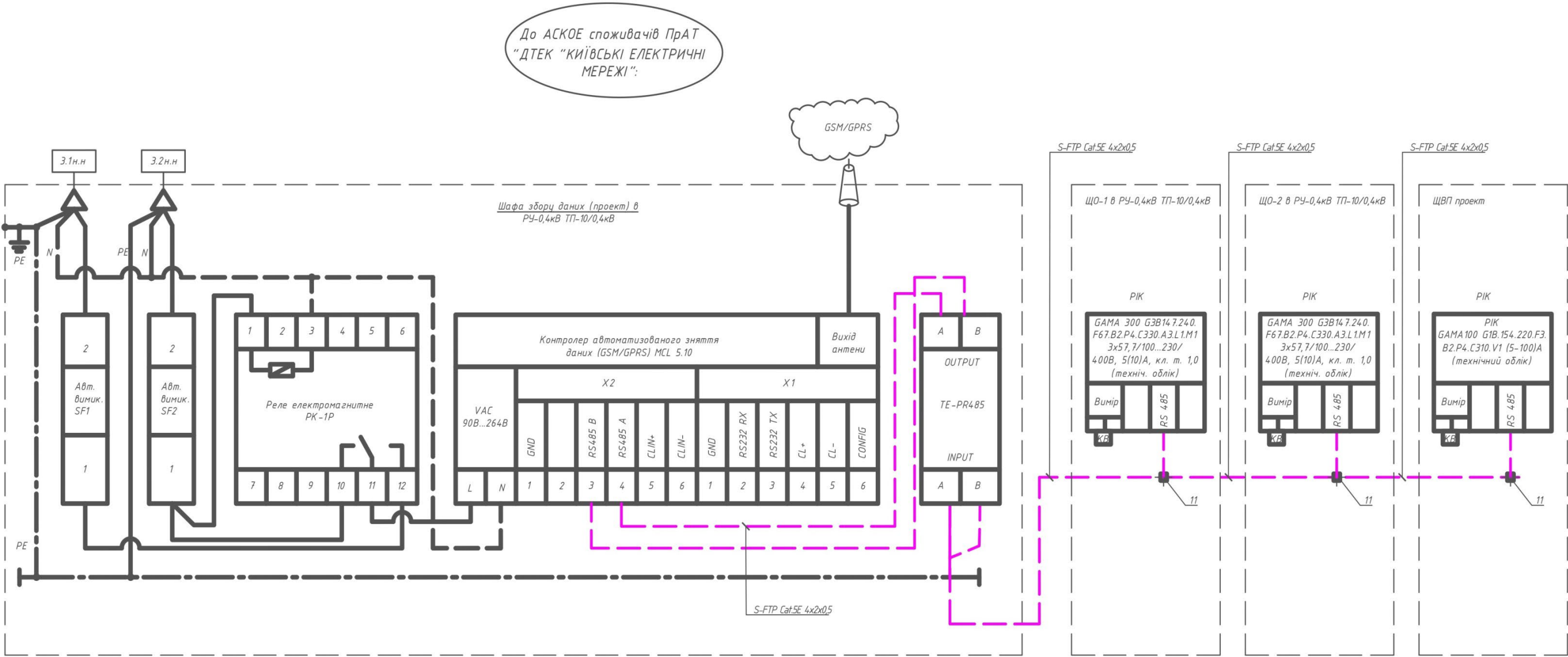
Схема функціональна мережі електропостачання 0,4кВ



План розташування заземлюючого пристрою в ТП-10/0,4кВ



Структурна схема системи дистанційного зчитування даних в ТП-10/0,4кВ



Примітки:

- 1. Організація збору даних між лічильниками та контролером збору даних виконується по каналу з інтерфейсом RS-485;
- 2. Дистанційна передача інформації в ДТЕК виконується через контролер з внутрішнім модемом та зовнішньою GSM/GPRS антеною