

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ 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: “Технічні рішення реконструкції ПС 10/0,4 кВ”

Спеціальність 141 “Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка”

ОПП “Інжиніринг електроенергетичних систем з відновлюваними
джерелами”

02.03 – КР. 2606 «С» 2025.10.30 011 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)

Віталій ЯВОРСЬКИЙ

(ПІБ студента)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНІ 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

Яворському Віталію Ігоровичу

Спеціальність (напрямок підготовки): 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" ОПП "Інжиніринг електроенергетичних систем з відновлюваними джерелами"

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: "Технічні рішення реконструкції ПС-10/0,4 кВ"

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

Термін подання завершеної роботи на кафедру "29" травня 2026 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: державні стандарти та нормативно-технічна документація щодо електричних мереж; наукові та технічні публікації з тематики реконструкції ПС-10/0,4 кВ; матеріали виробників обладнання комутаційних пристроїв та систем керування; практичні приклади реконструкції ТП, БКТП у розподільчих мережах, навантаження споживачів та поточний стан ПС-10/0,4 кВ.

Перелік питань, які потрібно вирішити: 1. Провести аналіз стану існуючого електрообладнання РП-10 кВ; 2. Розробити технічні рішення щодо реконструкції трансформаторних комірок РУ-10 кВ; 3. Виконати розрахунок електричних навантажень об'єкта – багатоквартирного житлового будинку – відповідно до вимог ДБН В.2.5-23:2025; 4. Провести порівняльний аналіз системи електропостачання до та після реконструкції за технічними та надійнісними показниками; 5. Визначити клас наслідків об'єкта відповідно до ДСТУ 8855:2019 та розглянути питання електробезпеки й охорони праці при експлуатації реконструйованої підстанції.

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)

(Підпис)

Світлана МАКАРЕВИЧ

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

(Підпис)

Віталій ЯВОРСЬКИЙ

(ПІБ студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота Яворського В.І., студента четвертого курсу за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Інжиніринг енергосистем з відновлювальними джерелами» виконана у Національному університеті біоресурсів і природокористування України, Київ, 2026 рік. на тему «Технічні рішення реконструкції ПС-10/0.4 кВ».

Робота містить 81 сторінку, 10 рисунків, 23 таблиці, 27 джерел літератури, 9 додатків.

Об'єкт дослідження – трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ багатоквартирного житлового будинку в м. Київ.

Предмет дослідження – технічні та проектні рішення щодо реконструкції ПС-10/0,4 кВ.

Мета роботи – розробка та обґрунтування технічних рішень реконструкції підстанції 10/0,4 кВ для підвищення її ефективності та функціонування.

Методи дослідження – аналіз нормативної документації, розрахунковий метод визначення електричних навантажень згідно ДБН В.2.5-23:2025 [1], метод порівняльного аналізу технічних рішень, метод перевірки обладнання за умовами струмового навантаження та короткого замикання.

У роботі виконано: розрахунок електричних навантажень споживачів; вибір потужності та типу силових трансформаторів; проектування схем РУ-10 кВ та РУ-0,4 кВ БКТП; розрахунок та вибір кабельних ліній 10 кВ та 0,4 кВ; проектування реконструкції комірок РП-10 кВ; визначення класу наслідків об'єкту; аналіз можливостей впровадження дистанційного управління комутаційними апаратами.

Результати роботи можуть бути використані при проектуванні систем електропостачання житлових будинків, реконструкції розподільчих пунктів 10 кВ, а також при розробці технічних рішень з автоматизації управління розподільчими мережами.

Ключові слова: Силовий трансформатор, вакуумний вимикач, роз'єднувач, трансформаторна підстанція, реконструкція підстанції.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДО РЕКОНСТРУКЦІЇ	10
1.1. Загальна характеристика об'єкта	10
1.2. Аналіз існуючої схеми РУ-10 кВ.....	11
1.3. Характеристика існуючого обладнання.....	13
1.4. Недоліки існуючої системи електропостачання	13
РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПС.....	15
2.1. Реконструкція комірок РУ-10 кВ.....	15
2.2. Реконструкція ТП-10/0,4 кВ.....	25
2.3. Схема РУ-0,4 кВ та вибір обладнання	25
2.4. Кабельні лінії 10 кВ та 0,4 кВ	27
2.5. Облік електричної енергії	30
РОЗДІЛ 3. ОЗНАЙОМЛЕННЯ ІЗ ОСНОВНИМ ОБЛАДНАННЯМ ПС-10/0,4 кВ.....	31
3.1. Силовий масляний трансформатор ТМГ-ЕКО2-1000/10/0,4 кВ	31
3.2. Вакуумний вимикач EasyPact EXE – EXE122512K1B	32
3.3. Роз'єднувач внутрішньої установки РВЗ-І-10/1000, РВЗ-ІІ-10/1000	33
3.4. Трансформатор струму ТОЛУ-10 800/5А	34
3.5. Трансформатор струму нульової послідовності ТЗЛМ1-1	36
3.6. Автоматичний вимикач ВА-79Е на 800 А	37
3.7. Трансформатор струму ТШ-0,66	37
3.8. Лічильник електроенергії ГАМА 300 G3.....	39
3.9. Запобіжник струмообмежувальний ПТ-013-10-80 (ПКТ-10/80А).....	40
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	42
4.1. Визначення розрахункового навантаження щитів ГРЩ-1 та ГРЩ-2	42
4.1.1. Розрахунок навантаження на щиті ГРЩ-1:.....	42
4.1.2. Розрахунок навантаження на щиті ГРЩ-2	42
4.2. Визначення розрахункового навантаження щитів ЩР-1 та ЩР-2	43

					02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Технічні рішення реконструкції ПС 10/0,4 кВ				Літера	Аркуш	Аркушів	
Розробив		Яворський В. І.										
Перевірив		Макаревич С. С.									4	
									ННІ ЕАіЕ			
Н. контр.		Ликтей В. В.										
Затвердив		Антипов Є. О.										

4.2.1. Розрахунок навантаження на щиті ЩР-1	43
4.2.2. Розрахунок навантаження на щиті ЩР-2	43
4.3. Розрахунок навантаження на вводі БКТП	44
4.4. Вибір та перевірка силових трансформаторів.....	44
4.5. Перевірка КЛ-0,4 кВ на пропускну здатність та падіння напруги.....	45
4.5.1. Вихідні дані та методика	45
4.5.2. Ділянка КЛ-0,4 кВ «РУ-0,4 кВ БКТП – ГРЩ-1»	46
4.5.3. Ділянка КЛ-0,4 кВ «РУ-0,4 кВ БКТП – ГРЩ-2»	46
4.5.4. Ділянка КЛ-0,4 кВ «РУ-0,4 кВ БКТП – ЩР-1».....	47
4.5.5. Ділянка КЛ-0,4 кВ «РУ-0,4 кВ БКТП – ЩР-2».....	47
4.6. Перевірка кабельних 10 Кв	48
4.6.1. Вихідні дані	48
4.6.2. Перевірка за допустимим тривалим струмом	49
4.6.3. Перевірка за допустимою втратою напруги.....	49
4.6.4. Перевірка за термічною стійкістю струмів КЗ.....	50
4.6.6. Зведені результати перевірки КЛ-10 кВ	51
4.7. Зведені результати розрахунків всіх КЛ-10 кВ та КЛ-0,4 кВ	51
РОЗДІЛ 5. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ «ДО» ТА «ПІСЛЯ» РЕКОНСТРУКЦІЇ.....	53
5.1. Порівняння технічних характеристик обладнання.....	53
5.2. Оцінка підвищення надійності електропостачання	54
5.3. Переваги впровадження дистанційного управління	54
РОЗДІЛ 6. ДИСТАНЦІЙНЕ УПРАВЛІННЯ КОМУТАЦІЙНИМИ ПРИСТРОЯМИ	56
6.1. Принципи дистанційного управління в розподільчих мережах 10 кВ	56
6.2. Огляд сучасних систем та обладнання.....	56
6.3. Технічні рішення щодо впровадження для даного об'єкта	57
РОЗДІЛ 7. ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	58
7.1. Загальні вимоги до персоналу та організації робіт	58
7.2. Вимоги безпеки при прокладанні кабельних ліній	58
7.2.1. Земляні роботи та допуск у траншею	58
7.2.2. Допустимі відстані при роботі механізмів поблизу ПЛ.....	59
7.2.3. Механізована розкатка кабелю	59
7.2.4. Захист кабелів та маркування траси.....	60

7.3. Вимоги безпеки при монтажі силового трансформатора ТМГ-ЕКО2.....	60
7.3.1. Підйом та встановлення трансформатора	60
7.3.2. Підготовка трансформатора до роботи	61
7.3.3. Вимоги при роботі з електрифікованим інструментом.....	61
7.4. Вимоги безпеки після закінчення робіт та в аварійних ситуаціях.....	62
7.5. Захисні заходи при експлуатації БКТП	62
7.6. Визначення класу наслідків об'єкта.....	63
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67
ДОДАТКИ	70

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

cosφ	—	коефіцієнт потужності;
IED	—	Intelligent Electronic Device (інтелектуальний електронний пристрій);
SCADA	—	Supervisory Control and Data Acquisition (диспетчерське управління та збір даних);
АРМ	—	автоматизоване робоче місце;
БКТП	—	бетонна комплектна трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ;
ВВ	—	вакуумний вимикач;
ГРЩ	—	головний розподільчий щит;
ДБН	—	Державні будівельні норми;
ДСТУ	—	Державний стандарт України;
ЗПЕ	—	зшитий поліетилен;
Кз	—	коефіцієнт завантаження;
КЛ	—	кабельна лінія;
Ко	—	коефіцієнт одночасності
ПС	—	підстанція
Кпоп	—	коефіцієнт попиту
ОПН	—	обмежувач перенапруги
ПУЕ	—	Правила улаштування електроустановок
РП	—	розподільчий пункт
РУ-0,4кВ	—	розподільча установка 0,4 кВ
РУ-10кВ	—	розподільча установка 10 кВ
ТМГ	—	трансформатор масляний герметичний
ТП	—	трансформаторна підстанція
ЩР	—	розподільний щит

ВСТУП

Надійне та якісне електропостачання є одним із ключових чинників комфортного і безпечного проживання мешканців багатоквартирних будинків. В умовах сталого розвитку міської інфраструктури та зростання електроспоживання особливого значення набуває модернізація існуючих розподільчих мереж і підстанцій, які нерідко були збудовані ще в радянський період і суттєво вичерпали свій ресурс. Значна частина такого обладнання характеризується високим ступенем фізичного та морального зносу, недостатнім рівнем автоматизації, підвищеними експлуатаційними витратами та зниженою надійністю роботи, що негативно впливає на якість електропостачання споживачів.

Сучасні тенденції в галузі електроенергетики спрямовані на підвищення надійності електропостачання, зниження технічних втрат та автоматизацію управління мережевою інфраструктурою. Впровадження інтелектуальних комутаційних пристроїв із можливістю дистанційного управління дозволяє суттєво скоротити час ліквідації аварійних ситуацій, зменшити кількість відключень споживачів та оптимізувати режими роботи енергосистеми. Крім того, застосування сучасних комплектних трансформаторних підстанцій, вакуумних вимикачів, мікропроцесорних систем релейного захисту та автоматики сприяє підвищенню енергоефективності, безпеки експлуатації та довговічності електротехнічного обладнання.

Особливо актуальним питання реконструкції підстанцій стало в умовах зростання навантаження на міські електричні мережі, збільшення кількості електро побутових приладів та розвитку сучасних житлових комплексів. Існуючі мережі 10/0,4 кВ часто не відповідають сучасним вимогам щодо пропускну здатності, резервування живлення та рівня автоматизації. У результаті виникає необхідність технічного переоснащення об'єктів електропостачання з урахуванням чинних нормативних вимог, сучасних технологій та перспектив розвитку систем електропостачання.

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи – «Реконструкція ПС-10/0,4 кВ» є актуальною та практично значущою. Її вирішення ґрунтується на матеріалах реального проекту електропостачання багатоквартирного житлового будинку в місті Київ. Практична реалізація запропонованих рішень дозволить підвищити надійність електропостачання споживачів, забезпечити стабільність роботи електричних мереж та створити умови для подальшого розвитку міської енергетичної інфраструктури.

Мета роботи – розробка та обґрунтування технічних рішень реконструкції підстанції 10/0,4 кВ для підвищення ефективності функціонування розподільчих мереж шляхом модернізації комутаційного обладнання та впровадження системи дистанційного управління.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- ❖ розробити схемні рішення РУ-10 кВ та РУ-0,4 кВ, виконати вибір і перевірку обладнання;
- ❖ вибрати кабельні лінії 10 кВ та 0,4 кВ із перевіркою на пропускну здатність і втрату напруги;
- ❖ визначити клас наслідків об'єкта відповідно до ДСТУ 8855:2019 [19];

Об'єктом дослідження є система електропостачання багатоквартирного житлового будинку з трансформаторною підстанцією 10/0,4 кВ. Предметом дослідження є технічні рішення щодо реконструкції розподільчої підстанції, модернізації електрообладнання та впровадження систем дистанційного керування.

У процесі виконання роботи застосовано методи електротехнічних розрахунків, аналізу режимів роботи електричних мереж, порівняльного аналізу технічних характеристик обладнання, а також положення чинних нормативних документів у галузі проектування та експлуатації систем електропостачання.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДО РЕКОНСТРУКЦІЇ

1.1. Загальна характеристика об'єкта

Об'єктом проектування є багатоквартирний житловий будинок, розташований у м. Київ. Відповідно до завдання на проектування, будинок має 11 поверхів і включає житлові квартири, а також вбудовані комерційні та громадські приміщення. Загальна кількість квартир становить 140 одиниць: 60 квартир живляться від щита ГРЩ-1, 80 квартир – від щита ГРЩ-2.

До складу об'єкта входять такі нежитлові приміщення: кафе (25 кВт), офіси (2 × 12 кВт), магазин (20 кВт) та клініка (30 кВт) – що живляться від щита ЩР-1; дошкільний навчальний заклад (25 кВт), офіс (16 кВт), майстерня одягу (20 кВт) та офіс (15 кВт) – від щита ЩР-2.

Відповідно до ДБН В.2.5-23:2025 [1], за ступенем надійності електропостачання електроприймачі об'єкту відносяться до споживачів I-ї та II-ї категорії. Система заземлення – TN-C-S. Електропостачання передбачено здійснювати від проектованої БКТП-10/0,4 кВ.

Електропостачання БКТП-10/0,4 кВ здійснюється по двопроменевій схемі кабельними лініями 10 кВ від двох незалежних джерел живлення: лінії РП31–7158 (від РП-31) та лінії 7158–853 (від шин ТП-7158). Живлення кожного з джерел підводиться до відповідної секції шин РУ-10 кВ РП, звідки кабельними лініями КЛ-10 кВ марки АПвЭгаПу-20-3(1×120(г)/70) підключається проектована БКТП. Наявність двох незалежних джерел живлення забезпечує необхідний ступінь надійності електропостачання споживачів I-ї та II-ї категорії. БКТП-10/0,4 кВ (проект) працює в одотрансформаторному режимі: в нормальних умовах увімкнений один силовий трансформатор ТМ-400/10/0,4 кВ, який несе навантаження всіх споживачів об'єкта; другий трансформатор відключений і знаходиться в резерві. При виникненні необхідності виведення основного трансформатора у плановий, капітальний чи аварійний ремонт вводиться в роботу резервний трансформатор, що забезпечує безперервність електропостачання споживачів.

					02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ	Аркуш
						10
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

На даний момент закладеної потужності БКТП-10/0,4 кВ не вистачає, трансформатори перевантажені.

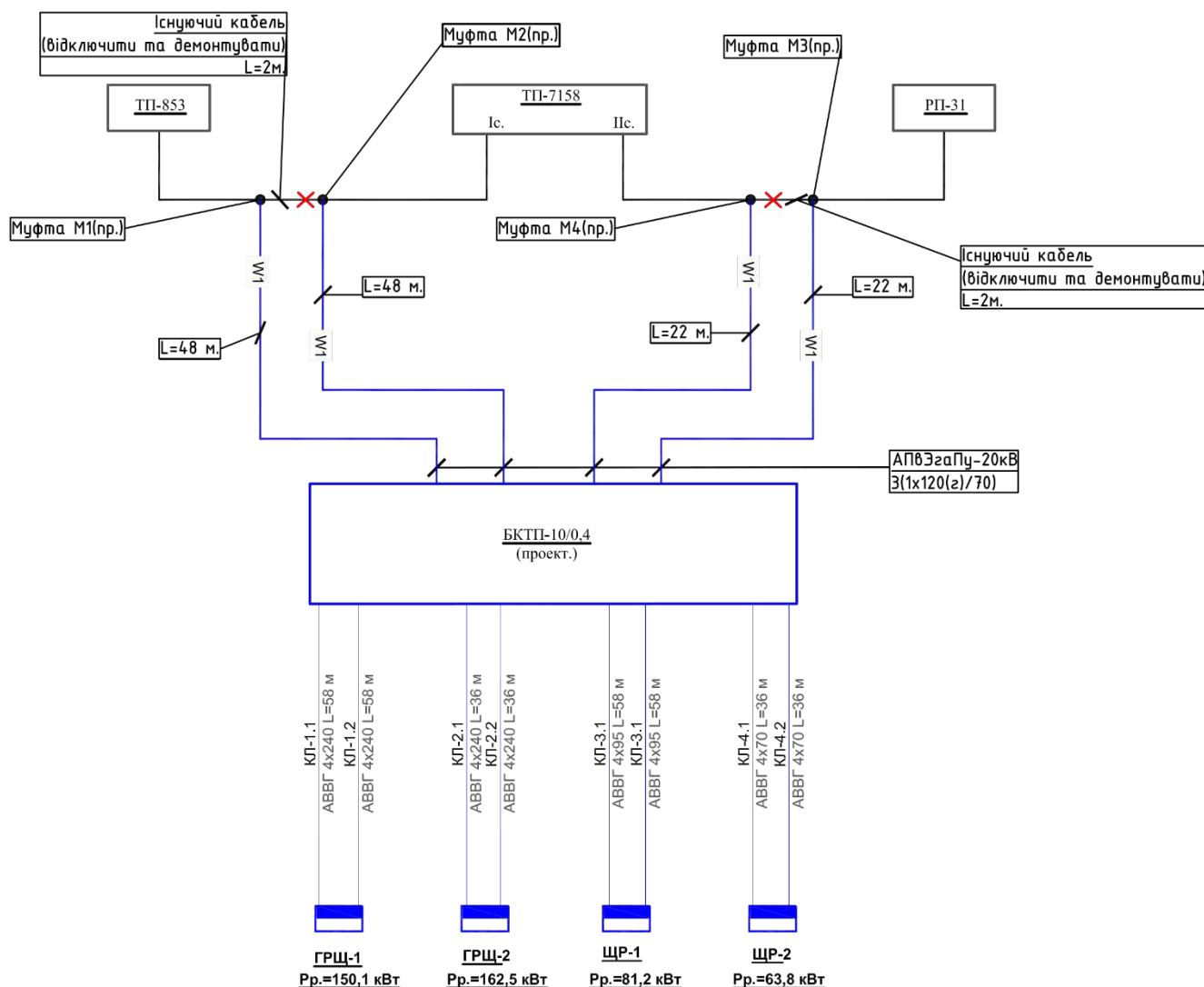


Рис. 1.1. Принципова схема електропостачання об'єкта

1.2. Аналіз існуючої схеми РУ-10 кВ

До реконструкції розподільча установка РП-10 кВ (РП2) обладнаний камерами КСО-393 з повітряною ізоляцією. Розподільча установка складається з двох секцій шин по 10 кВ (1с.ш. та 2с.ш.), з'єднаних шинним мостом із роз'єднувачами. У нормальному режимі секції працюють на одному з трансформаторів або окремо.

Живлення першої та другої секцій шин здійснюється по двопроменевій схемі від різних джерел живлення. Комірки призначені для живлення трансформаторів ТМ-400 кВА, що вже не відповідають зростаючим потребам споживачів.

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
------	------	-------------	--------	------

02.03 - КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ

Аркуш

11

Відсутність трансформаторів нульової послідовності супроводжує неможливість виявити однофазне замикання на землю, високий ризик пошкодження ізоляції, розвиток міжфазних замикань, відсутня селективність, необхідно чекати коли спрацює захист на лінії живлення 7158 від ТП-853 та РП-31, внаслідок чого є ризик, що під час аварії вийдуть з ладу силові трансформатори.

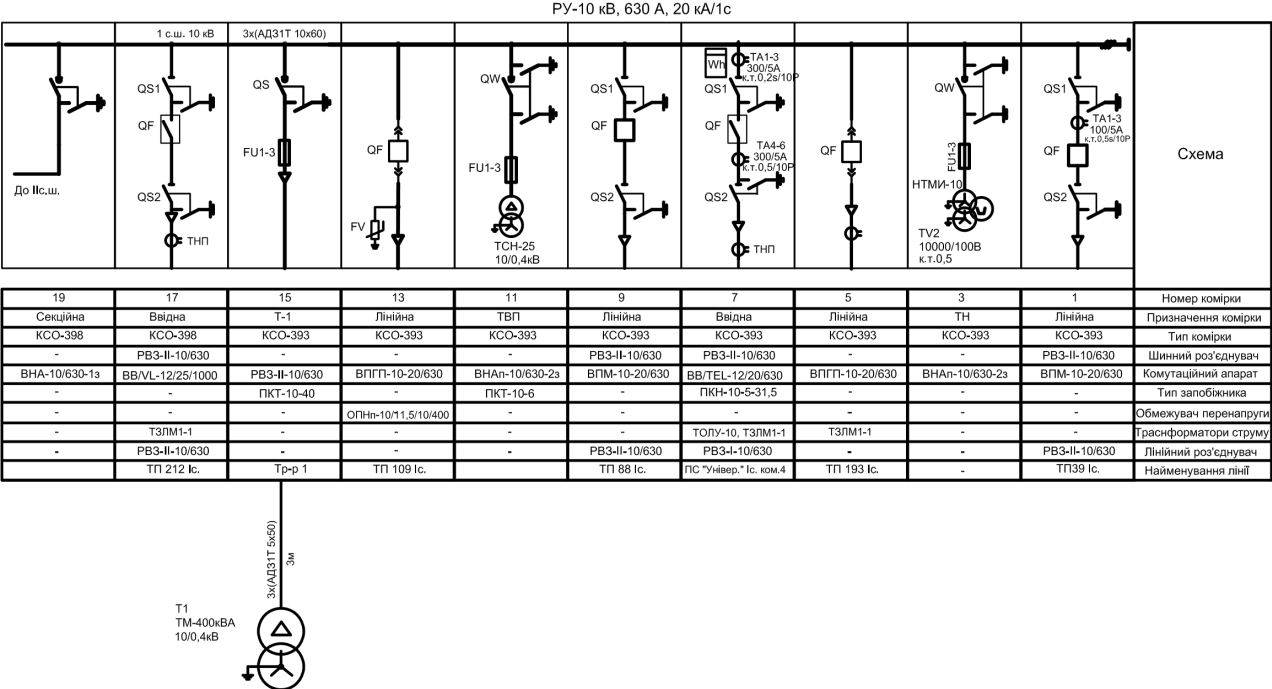


Рис. 1.2. Схема I секції шин РУ-10 кВ до реконструкції

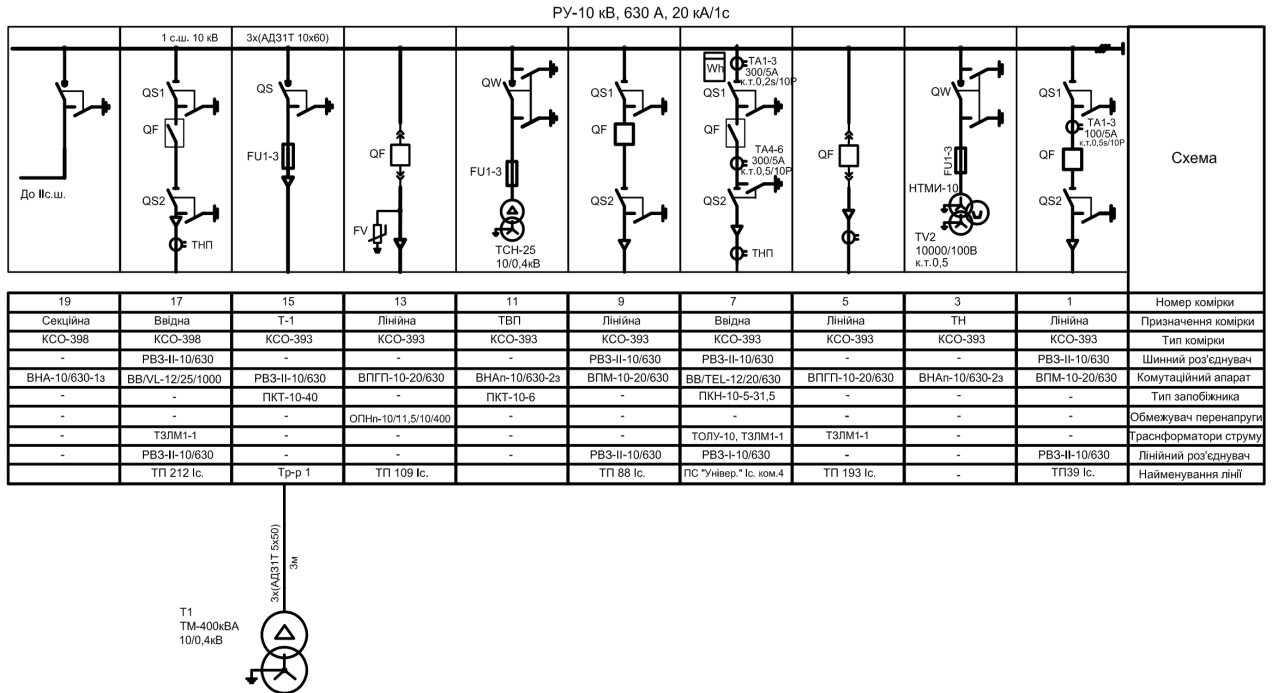


Рис. 1.3. Схема II секції шин РУ-10 кВ до реконструкції

1.3. Характеристика існуючого обладнання

Трансформаторні комірки №4 та №15 оснащені силовими трансформаторами типу ТМ-10/0,4 потужністю 400 кВА. Це застарілі масляні трансформатори серії ТМ, які характеризуються підвищеними втратами холостого ходу та короткого замикання в порівнянні з сучасними аналогами.

Комутаційне обладнання – вимикачі навантаження серій ВНА, ВНАп та ВПГП – є застарілим і не забезпечує необхідного рівня надійності. Відсутність вакуумних вимикачів та засобів дистанційного управління суттєво ускладнює оперативне усунення аварій.

Таблиця 1.3.

Порівняння характеристик обладнання до та після реконструкції

Параметр	До реконструкції	Після реконструкції
Тип трансформатора	ТМ-400 кВА	ТМГ-ЕКО2-1000 кВА
Потужність, кВА	400	1000
Тип вимикача	ВНА-10/630 (вимикач навантаження)	ЕХЕ122512К1В (вакуумний вимикач)
Роз'єднувачі	РВЗ-I-10/630, РВЗ-II-10/630	РВЗ-I-10/1000, РВЗ-II-10/1000
Трансформатори струму	ТА4-6 300/5 А	ТОЛУ-10 800/5 А (кл. 0,5S/10P)
Тип нульовий ТТ	Відсутній	ТЗЛМ1-1
Захист від перенапруги	ОПНп-10	ОПНп-10

1.4. Недоліки існуючої системи електропостачання

Аналіз існуючого стану електрообладнання РП-10 кВ та системи електропостачання в цілому дозволив виявити такі основні недоліки:

❖ недостатня потужність силових трансформаторів ТМ-400 кВА

					02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ	Аркуш 13
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

не забезпечує покриття зростаючих електричних навантажень від житлових квартир та вбудованих комерційних приміщень;

❖ застаріле комутаційне обладнання (вимикачі навантаження типу ВНА) не забезпечує надійного відключення аварійних струмів та має обмежений ресурс;

❖ відсутність вакуумних вимикачів унеможлиблює організацію ефективного релейного захисту та автоматики;

❖ відсутність засобів дистанційного управління та моніторингу збільшує час усунення аварій та підвищує ризики для обслуговуючого персоналу;

❖ підвищені власні втрати електроенергії в трансформаторах застарілих серій;

❖ відсутність трансформаторів нульової послідовності ускладнює захист від однофазних замикань на землю.

Зазначені недоліки обумовлюють необхідність проведення реконструкції з метою підвищення надійності, безпеки та економічності електропостачання об'єкту.

РОЗДІЛ 2
ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПС

2.1. Реконструкція комірок РУ-10 кВ

Відповідно до завдання кваліфікаційної роботи, в розподільчій установці РУ-10 кВ БКТП передбачено реконструкцію та заміну існуючого електрообладнання в трансформаторних комірках №4 та №15.

У зазначених комірках виконується заміна силових трансформаторів типу ТМ-10/0,4 потужністю 400 кВА на сучасні герметичні масляні трансформатори серії ТМГ-ЕКО2-1000/10/0,4 кВ потужністю 1000 кВА. Нові трансформатори відповідають вимогам директиви ЄС щодо енергоефективності («Екодизайн») та забезпечують суттєве зниження втрат електричної енергії.

Для комутації та захисту трансформаторів у відповідних комірках РУ-10 кВ передбачено встановлення вакуумних вимикачів EXE122512K1В виробництва Schneider Electric, що забезпечують:

- ❖ надійне відключення робочих та аварійних струмів;
- ❖ підвищену пожежну та експлуатаційну безпеку в порівнянні з масляними апаратами;
- ❖ можливість дистанційного управління та інтеграції в системи автоматизації;
- ❖ простоту в обслуговуванні, менші витрати при поточному ремонті у порівнянні з масляними вимикачами;
- ❖ великий ресурс кількості відключень.

Для захисту ліній 10 кВ від однофазних замикань на землю та забезпечення роботи релейного захисту передбачено встановлення трансформаторів нульової послідовності типу ТЗЛМ1-1. Трансформатори струму замінюються на ТОЛУ-10 з коефіцієнтом трансформації 800/5 А, класами точності 0,5S для вимірювальних кіл та 10P для кіл захисту.

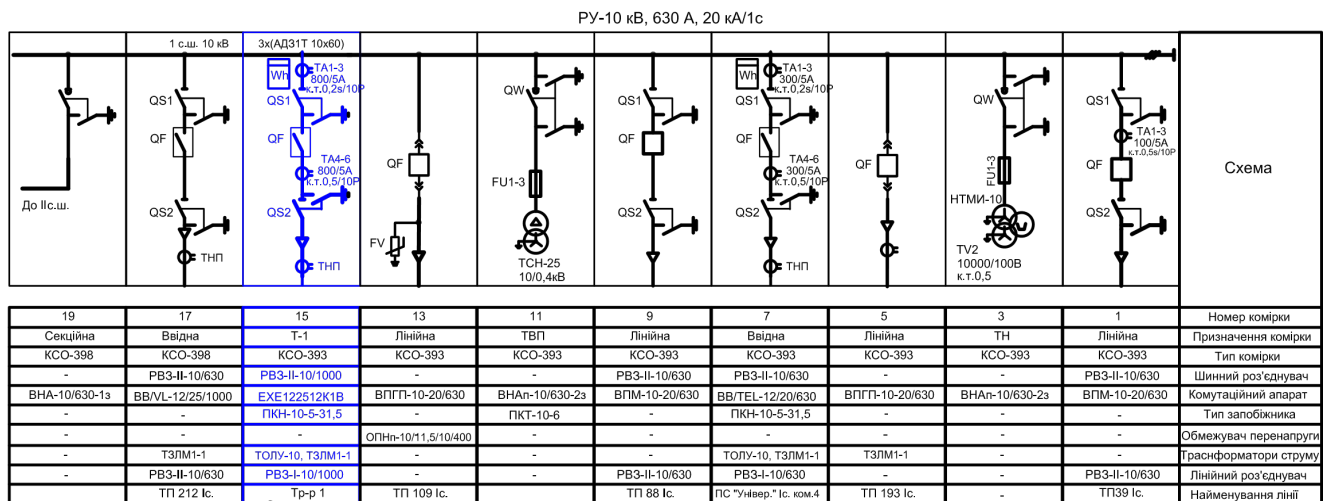


Рисунок 2.1. Схема І секції шин РУ-10 кВ після переобладнання

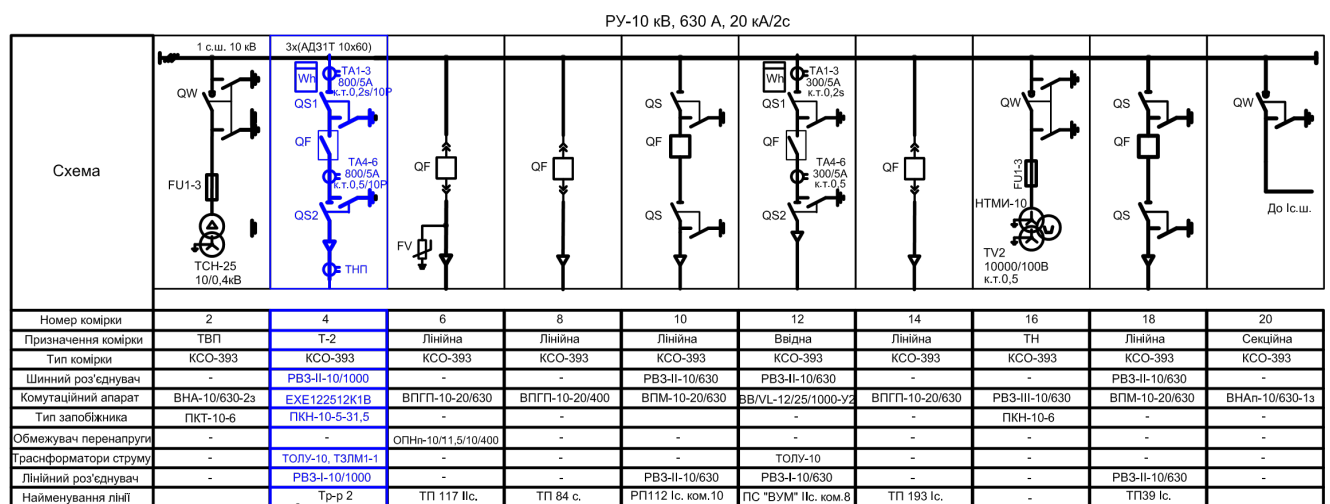


Рисунок 2.2. Схема ІІ секції шин РУ-10 кВ після переобладнання

Специфікація виробів обладнання і матеріалів

Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа	Код обладнання	Завод-виготовлювач	Од. вим.	Кіл.	Маса од., кг	Примітка
1	Трансформаторна підстанція, в комплекті:	БКТП-1000/10/0,4		ЗАТ "Електросвіт"	компл.	1		
	Трансформатор силовий, з литою ізоляцією потужністю 1000кВА	KVA 1000 R EP-ECO-1000/10/0,4кВ		ЗАТ "Електросвіт"	шт	2		
2	Облік електричної енергії							
	Лічильник трифазний трансформаторного включення GAMA 300 230/400 В, 5(10)А, кл.т. 1,0/2,0	GAMA 300 G3B* 147-240-F47-B2-P4-C311-A3-L1		ТОВ "Елґама-Електроніка" (GAMA)	шт	6		
	Трансформатори струму	ТШ-0,66 150/5 кл.т. 0.5S		ТОВ "Інтеренерго"	шт	12		
	Трансформатори струму	ТШ-0,66 800/5 кл.т. 0.5S		ТОВ "Інтеренерго"	шт	12		

Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа	Код обладнання	Завод-виготовлювач	Од. вим.	Кіл.	Маса од., кг	Примітка
2	Облік електричної енергії							
	Клемна колодка	КП-25		ТОВ "НІК-ЕЛЕКТРОНІКА" (НІК УКРАЇНА)	шт	12		
3	Мережі 10кВ							
	Кабель силовий з алюмін. жилами та мідним екраном з ізоляцією із зшитого поліетилену та посиленою оболонкою із поліетилену 20 кВ, 1х120 мм ²	АПвЭгаПу-20кВ 3(1х120(г)/70)		ПАТ "Завод Южкабель"	м	192		

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Позиції	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа	Код обладнання	Завод-виготовлювач	Од. вим.	Кіл.	Маса од., кг	Примітка
3	Мережі 10кВ							
	Муфта кінцева термоусаджувальна для кабелю з ізоляцією із зшитого поліетилену 120 мм², на напругу 12/20кВ	POLT-24D/3XI-H1-L12B		TE Connectivity / Raychem	компл.	4		
	Муфта з'єднувальна термоусаджувальна для кабелю з паперовою та пластмасовою ізол. перерізом 120 мм², на напругу 12/20кВ	POLJ-24/1X70-150		TE Connectivity / Raychem	шт	4		
	Труба гнучка двостінна гофрована Ø160мм			ТОВ "ДКС УКРАЇНА"	м	144		
								Аркуш
								19
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ			

Продовження таблиці 2.1.								
3	Мережі 10 кВ							
	Хомут стійкий до високих температур Троб. - 125°C матеріал поліамід 7,8х365	25327Т		ТОВ "ДКС УКРАЇНА"	шт	576		
	Цегла червона будівельна	М-100		Місцеве виробництво	шт	250		
	Суміш піщано-гравійна			Місцеве виробництво	м³	14		
Продовження таблиці 2.1.								
Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа	Код обладнання	Завод-виготовлювач	Од. вим.	Кіл.	Маса од., кг	Примітка
3	Мережі 10 кВ							
	Хомут стійкий до високих температур Троб. - 125°C матеріал поліамід 7,8х365	25327Т		ТОВ "ДКС УКРАЇНА"	шт	576		
	Цегла червона будівельна	М-100		Місцеве виробництво	шт	250		
02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ								
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Аркуш			
					20			

Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа	Код обладнання	Завод-виготовлювач	Од. вим.	Кіл.	Маса од., кг	Примітка
3	Мережі 10 кВ							
	Суміш піщано-гравійна			Місцеве виробництво	м³	14		
4	Мережі 0,4кВ							
	Кабель силовий з алюмінієвими жилами з ізоляцією та оболонкою із полівінілхлоридного пластику до 1кВ 4х240мм²	АВВГ 4х240		ПАТ "Завод Южкабель"	м	72		
	Кабель силовий з алюмінієвими жилами з ізоляцією та оболонкою із полівінілхлоридного пластику до 1кВ 4х120мм²	АВВГ 4х120		ПАТ "Завод Южкабель"	м	116		
	Кабель силовий з алюмінієвими жилами з ізоляцією та оболонкою із полівінілхлоридного пластику до 1кВ 4х95мм²	АВВГ 4х95		ПАТ "Завод Южкабель"	м	116		

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
------	------	-------------	--------	------

Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа	Код обладнання	Завод-виготовлювач	Од. вим.	Кіл.	Маса од., кг	Примітка
4	Мережі 0,4кВ							
	Кабель силовий з алюмінієвими жилами з ізоляцією та оболонкою із полівінілхлоридного пластику до 1кВ 4х70мм ²	АВВГ 4х70		ПАТ "Завод Южкабель"	м	72		
	Цегла червона будівельна	М-100			шт	1914		
	Пісок				м ³	15,5		
5	Комірка №4							
	Трансформатор силовий, з литою ізоляцією потужністю 1000 кВА	ТМГ-10/0,4-1000 ЕКО-2		ТОВ "Електроград"	шт.	1		
	Високовольтний струмообмежувальний запобіжник на 10 кВ, 80 А	ПТ-013-10-80-31,5 УЗ		ТОВ «Кварц»	шт.	3		
	Вакуумний вимикач 10кВ	EXE122512K 1В		Schneider Electric	шт.	1		
								Аркуш
02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ								22
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				

Продовження таблиці 2.1.

Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа	Код обладнання	Завод-виготовлювач	Од. вим.	Кіл.	Маса од., кг	Примітка
5	Комірка №4							
	Роз'єднувач внутрішньої установки із зазем. 10кВ 1000 А	PВЗ-II-10/1000		Енерго Україна	шт.	1		
	Роз'єднувач внутрішньої установки із зазем. 10кВ 1000 А	PВЗ-I-10/1000		Енерго Україна	шт.	1		
	Трансформатор струму 10кВ 800/5 кл.т. 0,5S/10р	ТОЛУ-10		«УкрЕлектро»	шт.	3		
	Трансформатор струму нульової послідовності кл.т. 10р	ТЗЛМ1-1		«УкрЕлектро»	шт.	1		
2	Комірка №16							
	Трансформатор силовий, з литою ізоляцією потужністю 1000 кВА	ТМГ-10/0,4-1000 ЕКО-2		ТОВ "Електроград "	шт.	1		

					02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ	Аркуш
						23
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2	Комірка №16							
	Трансформатор силовий, з литою ізоляцією потужністю 1000 кВА	ТМГ-10/0,4- 1000 ЕКО-2		ТОВ "Електроград "	шт.	1		
	Високовольтний струмообмежувальн ий запобіжник на 10 кВ, 80 А	ПТ-013-10- 80-31,5 УЗ		ТОВ «Кварц»	шт.	3		
	Вакуумний вимикач 10кВ	EXE122512 K1B		Schneider Electric	шт.	1		
	Роз'єднувач внутрішньої установки із зазем. 10кВ 1000 А	PB3-II- 10/1000		Енерго Україна	шт.	1		
	Роз'єднувач внутрішньої установки із зазем. 10кВ 1000 А	PB3-I- 10/1000		Енерго Україна	шт.	1		
	Трансформатор струму 10кВ 800/5 кл.т. 0,5S/10р	ТОЛУ-10		«УкрЕлектро »	шт.	3		
	Трансформатор струму нульової послідовності кл.т. 10р	ТЗЛМ1-1		«УкрЕлектро »	шт.	1		

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ

Аркуш

24

2.2. Реконструкція ТП-10/0,4 кВ

Для електропостачання споживачів передбачається встановлення бетонної комплектної двотрансформаторної підстанції БКТП-10/0,4 кВ з цокольною частиною для вводу та виводу силових кабельних ліній. БКТП є окремою будівлею.

БКТП за вибухопожежною класифікацією відноситься до категорії В, ступінь вогнестійкості – І. Бетонний корпус складається з надземної частини і фундаментного (кабельного поверху) блоку. Охоронна зона навколо БКТП – не менше 3 м. Кожне приміщення БКТП має прямий вихід назовні.

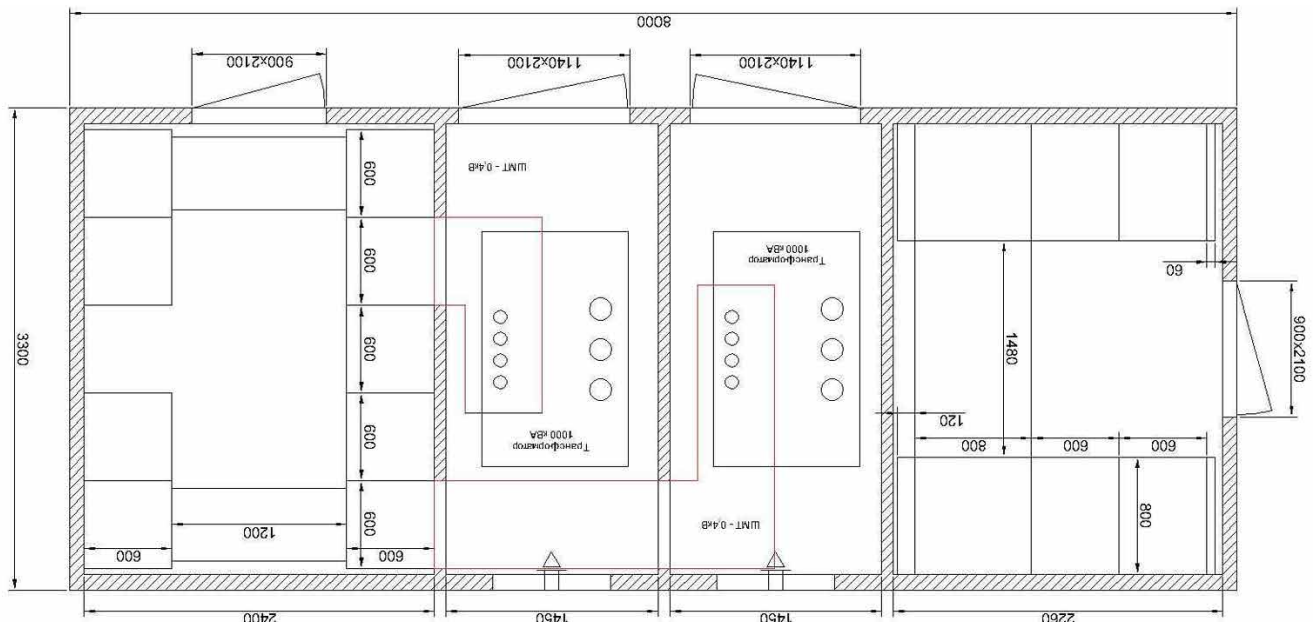


Рис. 2.3. План розміщення обладнання БКТП-10/0,4 кВ

У БКТП встановлюються 2 силові герметичні масляні трансформатори ТМГ-ЕКО2-1000/10/0,4 кВ, 1000 кВА, схема з'єднання обмоток Δ/Y_n-11 . Трансформатори встановлюються в окремих камерах, обладнаних напрямними та анкерними пристроями для переміщення, маслоприймачем на повну масу масла кожного трансформатора.

2.3. Схема РУ-0,4 кВ та вибір обладнання

Розподільча установка 0,4 кВ (РУ-0,4 кВ) запроектована однорядна двосекційна з панелями типу ЩО-90 ($U_n = 0,4$ кВ; $I_n = 2500$ А; 31,5 кА). Секціонування виконується

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

02.03 - КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ

Аркуш

25

в секційній панелі за допомогою роз'єднувачів та автоматичного вимикача, з двома робочими вводами від силових трансформаторів Т1 та Т2.

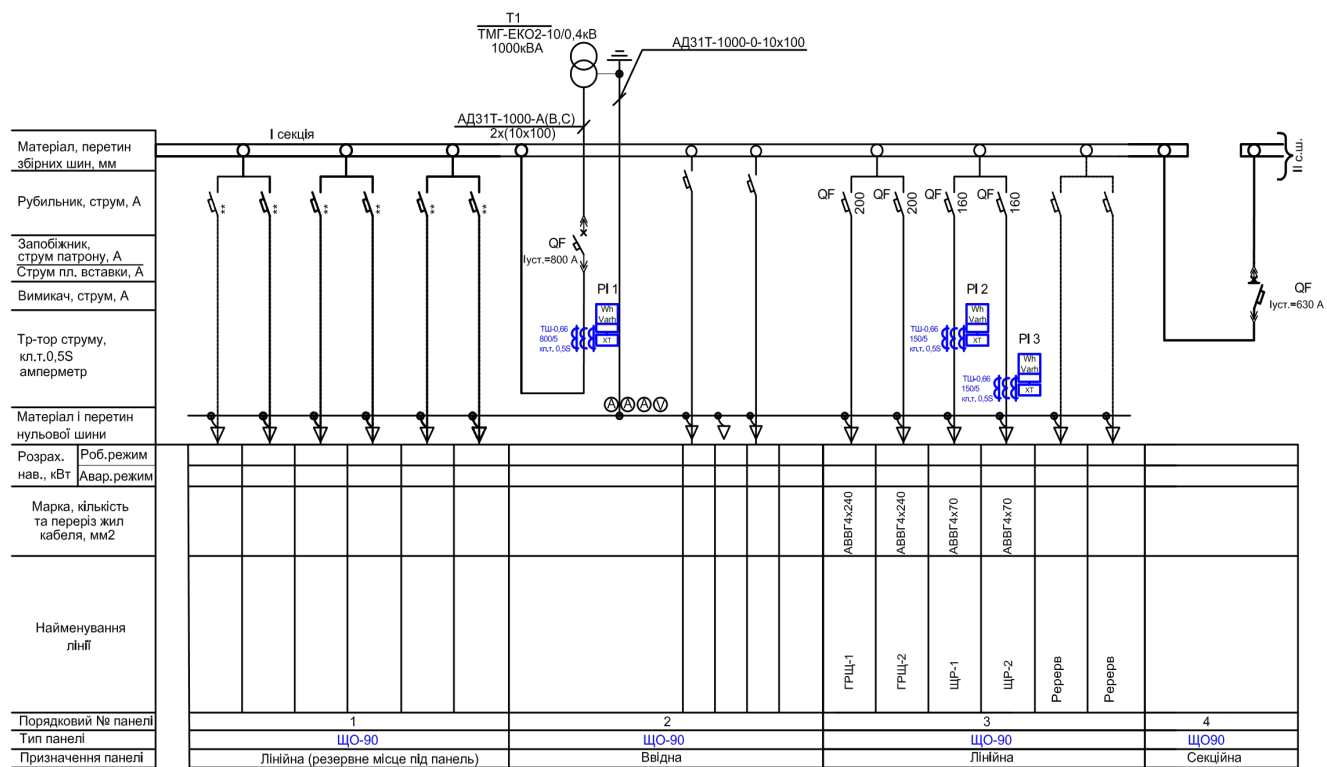
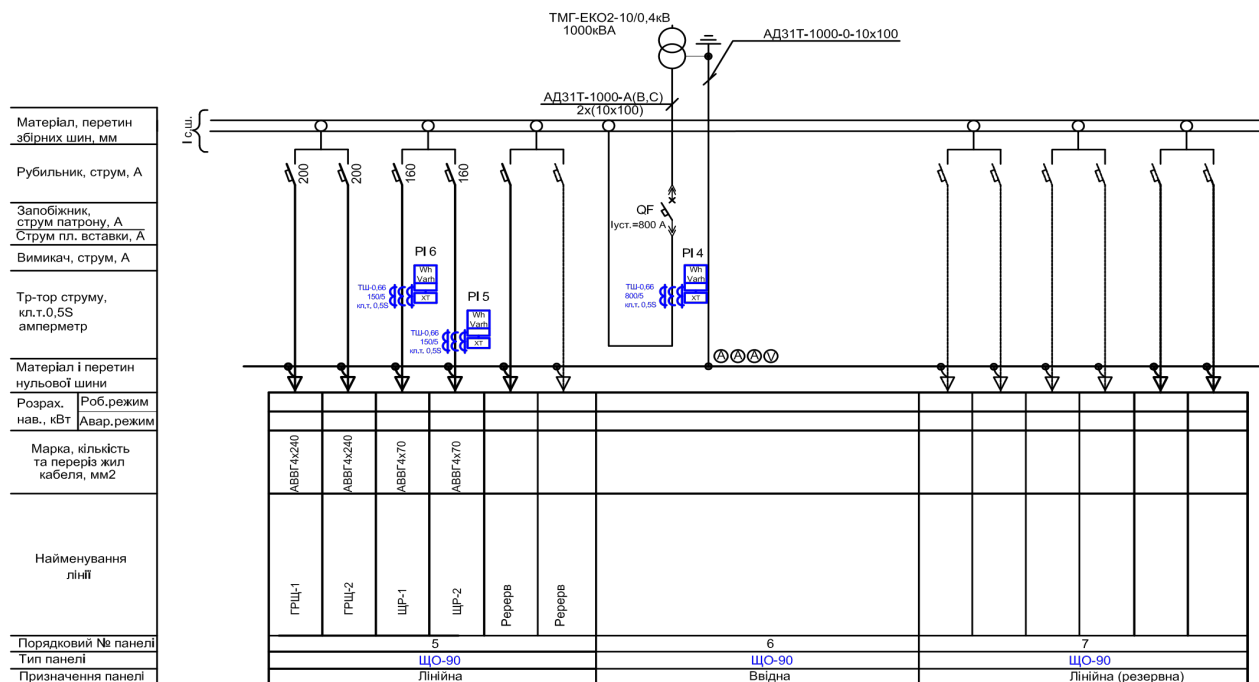


Рис. 2.4. Схема I секції шин РУ-0,4 кВ після переобладнання



PI 4-6 - GAMA 300 G3B* 147.240.F47.B2, P4.C311.A3.L1
230/400 В, 5(10)А, кл.т. 1,0/2,0

Рис. 2.5. Схема II секції шин РУ-0,4 кВ після переобладнання

Для забезпечення надійних та безпечних умов експлуатації мереж 0,4 кВ передбачено встановлення:

- ❖ у ввідних панелях – автоматичні вимикачі викатного виконання типу ВА-79Е на 800 А;
- ❖ у секційній панелі – автоматичний вимикач викатного виконання типу ВА-79Е на 800 А;
- ❖ у лінійних панелях – автоматичні вимикачі на 200 А та 160 А.

Кабельні лінії виконуються по 4-провідній схемі з системою заземлення TN-C-S. Поділ PEN-провідника на захисний і нейтральний провідники виконується в щитах РЩ/ГРЩ.

2.4. Кабельні лінії 10 кВ та 0,4 кВ

Живлення БКТП виконується по двопроменовій схемі кабельними лініями КЛ-10 кВ. Кабельні лінії 10 кВ прийняті з ізоляцією із зшитого поліетилену, марки АПвЭгаПу-20-3(1×120(г)/70). Матеріал жил – алюміній, переріз – 120 мм².

Кабельні лінії 10 кВ прокладаються в ґрунті на глибині не менше 0,7 м. Для захисту від механічних пошкоджень КЛ-10 кВ захищається цеглою. При перетині з існуючими інженерними комунікаціями кабель прокладається в поліетиленових трубах Ø160 мм.

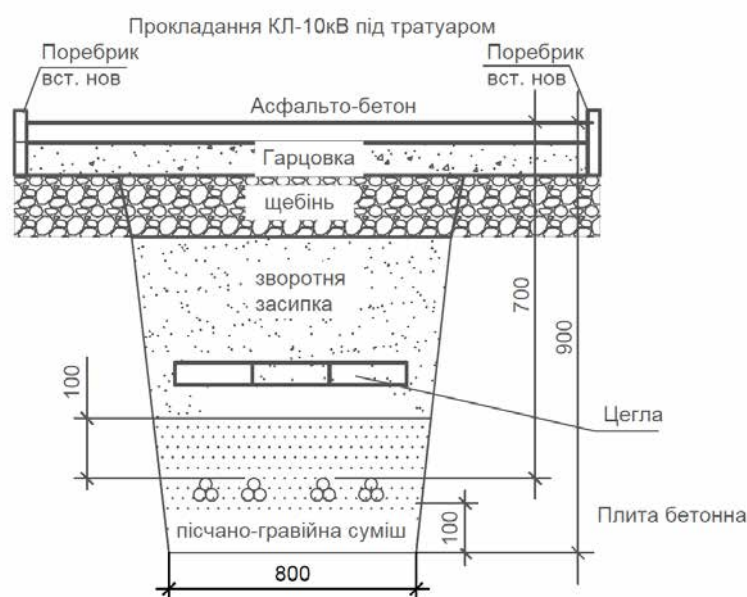


Рис. 2.6 Профіль прокладання під тротуаром КЛ-10 кВ

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

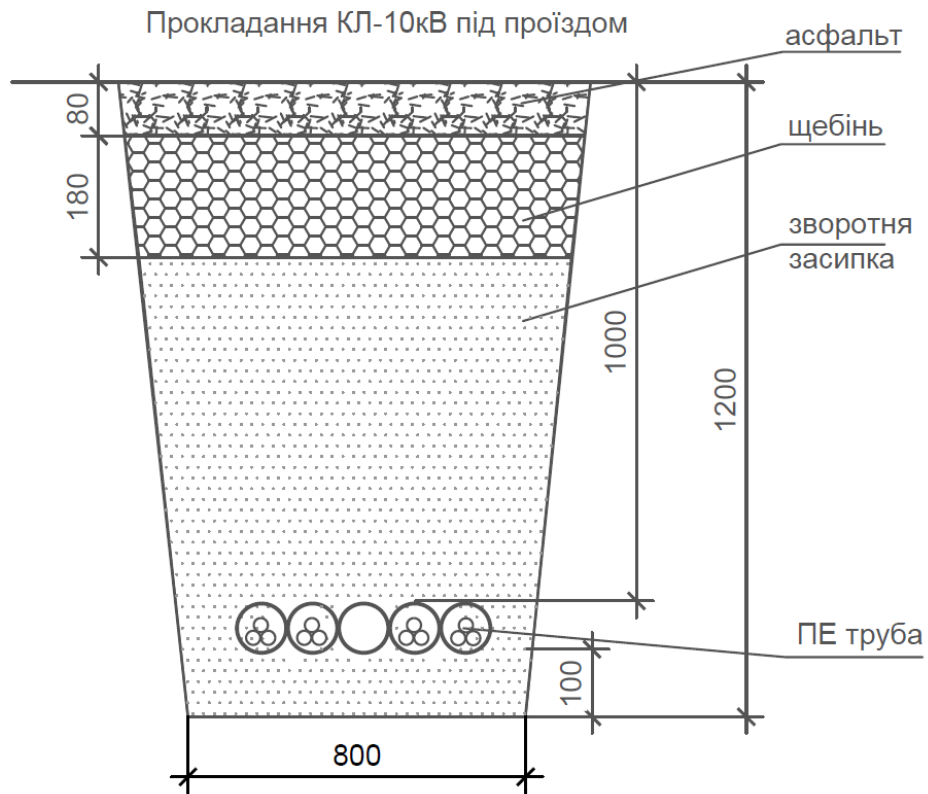


Рис. 2.7 Профіль прокладання під проїздом КЛ-10 кВ

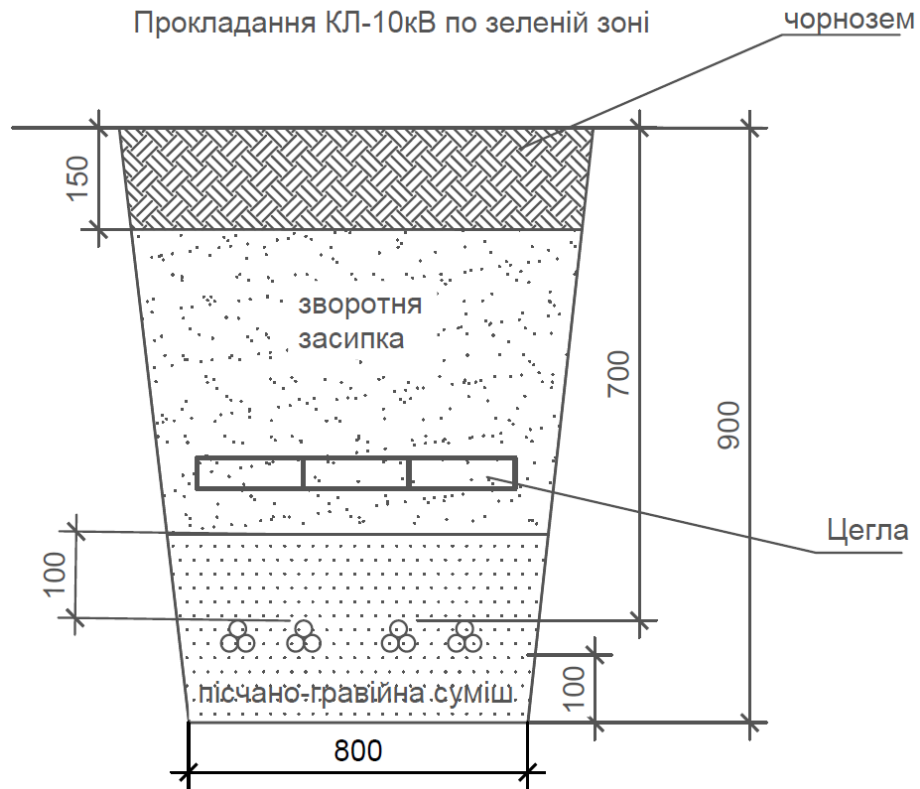


Рис. 2.8 Профіль прокладання по зеленій зоні КЛ-10 кВ

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

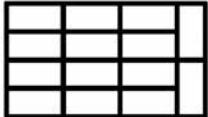
Таблиця 2.2.

Укладання цегли в траншеї К1

Тип траншеї	Ширина траншеї, мм	Кількість цегли на 1м, шт	Схема укладання цегли в траншеї
К1	800	25,02	

Таблиця 2.3.

Укладання цегли в траншеї

Тип траншеї	Ширина траншеї, мм	Кількість цегли на 1м, шт	Схема укладання цегли в траншеї
T-9	1000	29,02	

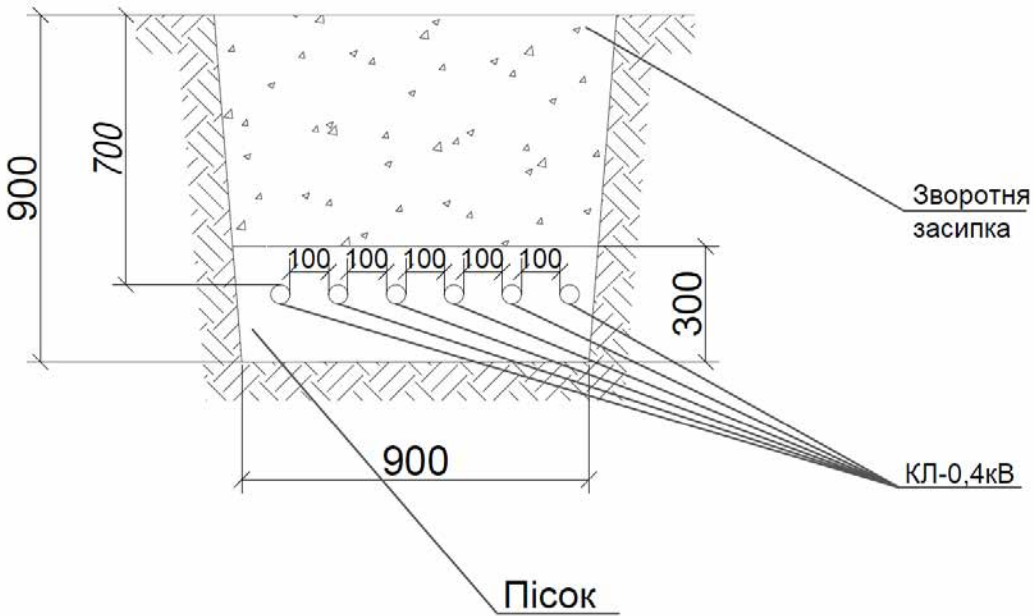


Рис. 2.9 Прокладання 6КЛ-0,4 кВ по зеленій зоні

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Кабельні лінії 0,4 кВ прийняті з полівінілхлоридною ізоляцією марки АВВГ 4×25–240 мм². Матеріал жил та переріз вибрані згідно з струмовими навантаженнями щитів. КЛ-0,4 кВ прокладаються в ґрунті на глибині не менше 0,7 м з захистом цеглою, а при перетині з комунікаціями – в поліетиленових трубах Ø110 мм.

2.5. Облік електричної енергії

Для технічного обліку електричної енергії на вводах БКТП у ввідних панелях РУ-0,4 кВ встановлюються трансформатори струму типу ТШ-0,66 800/5 А та 150/5 А класу точності 0,5S. На фасадах ввідних панелей встановлюються електронні лічильники трансформаторного включення типу GAMA 300 G3Y, клас точності 1,0/2,0.



Рис. 2.10. Лічильник електроенергії GAMA 300 G3Y

Умови вибору коефіцієнтів трансформації трансформаторів струму перевіряються згідно вимог п.1.5.17 ПУЕ. За результатами перевірки умова

$$\frac{I_{p.max}}{K_T} > 40\% I_{ном} \text{ та } \frac{I_{p.min}}{K_T} > 5\% I_{ном} - \text{виконується.} \quad (2.1)$$

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ

Аркуш

30

РОЗДІЛ 3

ОЗНАЙОМЛЕННЯ ІЗ ОСНОВНИМ ОБЛАДНАННЯМ ПС-10/0,4 кВ

3.1. Силовий масляний трансформатор ТМГ-ЕКО2-1000/10/0,4 кВ

Силовий трансформатор є основним елементом БКТП і призначений для перетворення напруги 10 кВ у напругу 0,4 кВ з метою живлення споживачів будинку. У проекті передбачено встановлення двох трансформаторів типу ТМГ-ЕКО2-1000/10/0,4 кВ виробництва ТОВ «УкрЕлектроАпарат».

Трансформатор є герметичним – масло не контактує з повітрям і не окислюється, що усуває необхідність доливання масла протягом усього терміну служби. Бак прямокутної форми з гофрованими стінками (без маслорозширювача) компенсує теплове розширення масла деформацією гофр. Клас за втратами відповідає вимогам директиви ЄС «Екодизайн» (ErP Tier 2), що забезпечує знижені втрати холостого ходу та короткого замикання.

Таблиця 3.1.

Основні характеристики трансформатора ТМГ-ЕКО2-1000/10/0,4 кВ

	Параметр	Значення
	Призначення	Зниження напруги 10 кВ – 0,4 кВ; живлення споживачів житлового будинку
	Тип	ТМГ-ЕКО2-1000/10/0,4 – герметичний масляний, серія «Екодизайн»
	Номінальна потужність	1000 кВА
	Напруга ВН / НН	10 кВ / 0,4 кВ
	Схема з'єднання обмоток	Δ/Yn-11
	Тип охолодження	ONAN (природна циркуляція масла та повітря)
	Клас втрат (ЄС Tier 2)	Знижені втрати х.х. та к.з. (ErP 2021)

	Параметр	Значення
	Температура ок. середовища	від -45°C до $+40^{\circ}\text{C}$ (виконання «У»)
	Вбудований захист	Термометр на кришці баку, поплавковий маслопоказчик
	Нормативний документ	ДСТУ EN 60076-1:2016 [2]
	Виробник	ТОВ «УкрЕлектроАпарат», Хмельницький

3.2. Вакуумний вимикач EasyPact EXE – EXE122512K1B

Вакуумний вимикач призначений для комутації та захисту трансформаторних комірок РУ-10 кВ. На відміну від вимикачів навантаження типу ВНА, що знімаються, вакуумний вимикач забезпечує надійне відключення не лише робочих, а й аварійних струмів короткого замикання.

Гасіння дуги відбувається у вакуумній камері, що повністю виключає пожежну небезпеку та необхідність обслуговування дугогасильної системи. Вимикач обладнаний моторним (або ручним) приводом та допоміжними контактами, що дозволяє інтегрувати його в систему дистанційного управління та SCADA. Виробник – Schneider Electric.

Таблиця 3.2.

Основні характеристики вакуумного вимикача EXE122512K1B

	Параметр	Значення
	Призначення	Комутація та захист трансформаторів у комірках РУ-10 кВ; відключення робочих та аварійних струмів
	Тип / серія	EasyPact EXE – вакуумний вимикач внутрішньої установки
	Номінальна напруга	12 кВ (клас ізоляції 17,5 кВ)
	Номінальний струм	630 А
	Номінальний струм відключення	25 кА

	Параметр	Значення
	Допустимий короткочасний струм	25 кА / 3 с
	Час повного відключення	< 66 мс
	Механічний ресурс	≥ 10 000 операцій
	Електричний ресурс (Іном)	≥ 10 000 комутацій
	Тип приводу	Електромагнітний (МСН), можливий ручний
	Відповідність стандарту	IEC 62271-100:2012 [4]
	Виробник	Schneider Electric, Франція

3.3. Роз'єднувач внутрішньої установки RB3-I-10/1000, RB3-II-10/1000

Роз'єднувачі типу RB3 встановлюються в трансформаторних комірках для забезпечення видимого розриву кола при виведенні обладнання в ремонт. На відміну від вимикачів, роз'єднувачі не призначені для відключення під навантаженням – вони оперуються лише після відключення вимикача.

Заземлювальні ножі, якими оснащені роз'єднувачі серії RB3, дозволяють заземлити відключену ділянку безпосередньо в комірці, що є обов'язковою вимогою безпеки при виконанні ремонтних робіт (НПАОП 40.1-1.21-98 [11]).

Таблиця 3.3.

Основні характеристики роз'єднувача RB3-I-10/1000, RB3-II-10/1000

 RB3 Вимкн.	Параметр	Значення
	Призначення	Забезпечення видимого розриву ланцюга та заземлення відключеної ділянки при ремонтних роботах

 PV3 Ввімк.	Тип	PV3 – роз'єднувач з заземлювальними ножами, внутрішня установка
	Номінальна напруга	10 кВ (найбільша робоча 12 кВ)
	Номінальний струм	1000 А
	Струм термічної стійкості	31,5 кА / 3 с
	Струм електродинамічної стійкості	80 кА (пік)
	Виконання заземлювальних ножів	Тип I – з боку ліній; тип II – з боку шин
	Ступінь захисту	IP00
 ПР - 10	Кліматичне виконання	У2 (помірний клімат, ГОСТ 15150)
	Привід	Ручний ПР-10
	Відповідність стандарту	ДСТУ EN IEC 62271-102:2022 [5]
	Виробник	ТОВ «СЛАВГОР ЕНЕРГО УКРАЇНА»

3.4. Трансформатор струму ТОЛУ-10 800/5А

Трансформатори струму ТОЛУ-10 (серія TCS2-12) встановлюються в трансформаторних комірках РУ-10 кВ і призначені для передачі вимірювальної

інформації приладам релейного захисту та обліку електроенергії, а також для ізолювання вторинних кіл від первинного напруги 10 кВ.

Вимірювальна обмотка виконана на осерді з нанокристалічного сплаву, що забезпечує клас точності 0,5S у широкому діапазоні первинних струмів та довготривалу стабільність характеристик. Усі активні частини залиті епоксидним компаундом – відсутнє технічне обслуговування протягом усього терміну служби. Виробник – ТОВ «УкрЕлектро».

Таблиця 3.4.

Основні характеристики трансформатора струму ТОЛУ-10 800/5А

	Параметр	Значення
	Призначення	Трансформування первинного струму для кіл вимірювання та релейного захисту; гальванічна розв'язка
	Тип	ТОЛУ-10 (TCS2-12) – опорний, лита ізоляція, внутрішня установка
	Найвища напруга обладнання	12 кВ
	Номінальний первинний струм	800 А
	Номінальний вторинний струм	5 А
	Клас точності (вимірювання)	0,5S (нанокристалічний сердечник)
	Клас точності (захист)	10P
	Кількість вторинних обмоток	2 (одна вимірювальна, одна захисна)
	Струм термічної стійкості (1с)	72 кА
	Струм електродинамічної стійкості	180 кА (пік)
	Маса	≤ 27 кг
	Відповідність стандарту	ДСТУ EN 61869-1:2017 [6], ДСТУ EN 61869-2:2017 [7]
	Виробник	ТОВ «УкрЕлектро»

3.5. Трансформатор струму нульової послідовності ТЗЛМ1-1

Трансформатор нульової послідовності ТЗЛМ1-1 використовується для реалізації захисту від однофазних замикань на землю в мережах із ізольованою або компенсованою нейтраллю (10 кВ). На відміну від звичайних трансформаторів струму, ТЗЛМ1-1 охоплює усі три фази одночасно: за відсутності замикань сума миттєвих значень струмів трьох фаз дорівнює нулю, і вторинний сигнал відсутній. При однофазному замиканні з'являється струм нульової послідовності, який фіксується пристроями захисту.

До встановлення ТЗЛМ1-1 захист від однофазних замикань у комірках трансформаторів БКТП був відсутній – це є одним із суттєвих недоліків попередньої схеми, усуненим реконструкцією.

Таблиця 3.5.

Основні характеристики ТЗЛМ1-1

	Параметр	Значення
	Призначення	Виявлення однофазних замикань на землю в мережі 10 кВ; подача сигналу на захисний пристрій
	Тип	ТЗЛМ1-1 – кабельний трансформатор нульової послідовності
	Клас точності	10Р
	Принцип дії	Кабель всіх трьох фаз пропускається через вікно трансформатора; сигнал з'являється при $I_0 \neq 0$
	Найвища напруга обладнання	10 кВ
	Монтаж	На кабель у нижній частині комірки трансформатора
	Виробник	ТОВ «УкрЕлектро»

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ

Аркуш

36

3.6. Автоматичний вимикач ВА-79Е на 800 А

Автоматичні вимикачі серії ВА-79Е встановлюються у ввідних та секційній панелях РУ-0,4 кВ як основні апарати захисту та комутації. Вимикач викатного виконання забезпечує повну електричну ізоляцію кола при висуванні в тестове або ремонтне положення без відключення сусідніх приєднань.

Вимикач оснащений мікропроцесорним блоком захисту з регульованими уставками: максимально-струмовим захистом від однофазних, двофазних та трифазних коротких замикань, а також захистом від тривалих перевантажень.

Таблиця 3.6.

Основні характеристики автоматичного вимикача ВА-79Е 800А

 Вкочене положення  Викочене положення	Параметр	Значення
	Призначення	Захист від струмів КЗ та перевантаження; оперативна комутація ввідних та секційної панелей РУ-0,4 кВ
	Тип	ВА-79Е – автоматичний вимикач, викатне виконання
	Номінальна напруга	0,4 кВ (380/400 В)
	Номінальний струм (Іуст)	800 А
	Номінальний струм відключення	50 кА
	Виконання	Викатне (три положення: робоче / тест / ремонтне)
	Тип розчеплювача	Мікропроцесорний; захист від КЗ та перевантажень
	Схема встановлення	Ввідні панелі (×2) та секційна панель (×1) РУ-0,4 кВ

3.7. Трансформатор струму ТШ-0,66

Трансформатори струму типу ТШ-0,66 встановлюються у ввідних і лінійних панелях РУ-0,4 кВ і призначені для трансформування струму живильних кіл 0,4 кВ у

					02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ	Аркуш 37
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

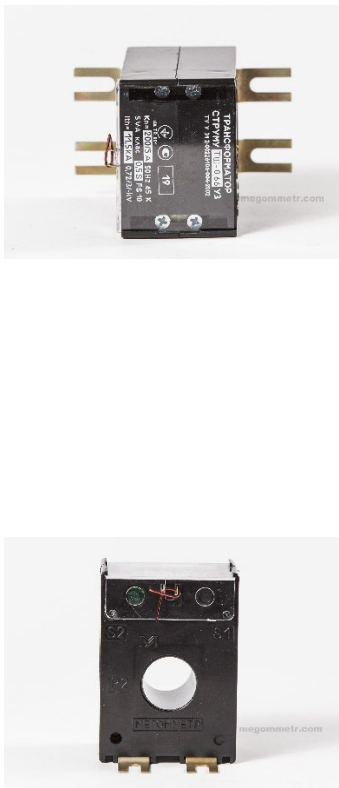
стандартний вторинний струм 5 А, придатний для підключення лічильників електроенергії.

Клас точності 0,5S задовольняє вимогам п.1.5.16 ПУЕ щодо вимірювальних трансформаторів струму в колах комерційного та технічного обліку.

Конструкція – прохідна (кабель проходить через вікно трансформатора), без розбирання кола первинного струму при монтажі.

Таблиця 3.7.

Основні характеристики трансформаторів струму ТШ-0,66

	Параметр	Значення
	Призначення	Трансформування струму в колах обліку електроенергії на стороні 0,4 кВ
	Тип	ТШ-0,66 – прохідний, для установки на кабелях 0,4 кВ
	Виконання 1 (ввідні панелі)	ТШ-0,66 800/5А, кл.т. 0,5S
	Виконання 2 (лінійні панелі)	ТШ-0,66 150/5А, кл.т. 0,5S
	Номінальна напруга	0,66 кВ
	Клас точності	0,5S (відповідає вимогам п.1.5.16 ПУЕ)
	Тип монтажу	Прохідний (без розрізання кабелю)
	Кількість у проекті	6 шт. × 800/5А + 12 шт. × 150/5А = 18 шт. разом
	Виробник	ТОВ «Інтеренерго»

3.8. Лічильник електроенергії GAMA 300 G3

Електронні лічильники серії GAMA 300 G3 виробництва ЗАТ «Elgama-Elektronika» (Литва) встановлюються у ввідних і лінійних панелях РУ-0,4 кВ для технічного обліку спожитої активної та реактивної електроенергії. Лічильник трансформаторного включення – вимірює не безпосередньо первинний струм, а вторинний сигнал від трансформаторів струму ТШ-0,66.

Лічильник підтримує до 4 тарифів, формує профілі навантаження, веде журнали подій (відкриття кришки, відключення напруги, вплив магнітного поля тощо), що унеможливорює несанкціоноване втручання. Пристрій відповідає вимогам п.1.5.15 ПУЕ щодо лічильників у вузлах обліку електроенергії.

Таблиця 3.8.

Основні характеристики лічильника GAMA 300 G3

	Параметр	Значення
	Призначення	Технічний облік активної та реактивної електроенергії трансформаторного включення в РУ-0,4 кВ БКТП
	Серія / тип	GAMA 300 G3Y / G3B – трифазний статичний
	Підключення	Трансформаторне (через ТШ-0,66)
	Номінальна напруга	230/400 В (3-фазна, 4-провідна мережа)
	Номінальний струм	5(10) А (вторинний від ТС)

	Параметр	Значення
	Клас точності (активна енергія)	1,0 (трансформ. ввімкнення) / 2,0
	Кількість тарифів	1–4 (програмується)
	Зберігання даних при знеструмленні	Понад 20 років (EEPROM + Li-ion батарея)
	Захист від несанкціонованого доступу	Журнал відкриття кришки, вплив магнітного поля, пломба
	Інтерфейс зв'язку	Оптичний IEC 62056-21, RS-485, M-Bus, PLC (опційно)
	Клас захисту	IP54
	Термін служби	Понад 20 років
	Відповідність	ДСТУ EN 62053-22 [8], п.1.5.15 ПУЕ [9]
	Виробник	ЗАТ «Elgama-Elektronika», Вільнюс, Литва

3.9. Запобіжник струмообмежувальний ПТ-013-10-80 (ПКТ-10/80А)

Запобіжники типу ПКТ (струмообмежувальні, кварцові) встановлюються в трансформаторних комірках РУ-10 кВ як основний захист силових трансформаторів від аварійних струмів. Принцип дії – плавка вставка в кварцовому піску; при протіканні надструму вставка плавиться і розриває коло.

Завдяки струмообмежувальному ефекту запобіжник ПКТ відключає аварію за час $t_{\text{сф}} \approx 0,05\text{--}0,10$ с при кратності струму $K3 \gg I_{\text{ном}}$, що суттєво обмежує теплову дію на захищене обладнання. Номінальний струм 80 А вибрано виходячи з розрахункового струму трансформатора 1000 кВА ($I_{\text{р.тр}} = 57,74$ А):

$I_{\text{ном.ПКТ}} = 80 \text{ А} > 57,74 \text{ А}$ – умова виконується.

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
------	------	-------------	--------	------

Основні характеристики запобіжника ПТ-013-10-80 (ПКТ-10/80А)

	Параметр	Значення
	Призначення	Захист силових трансформаторів від надструмів короткого замикання в комірках РУ-10 кВ
	Тип	ПТ-013-10-80 (ПКТ-10) – кварцовий струмообмежувальний, 10 кВ
	Номінальна напруга	10 кВ
	Номінальний струм	80 А
	Номінальний струм відключення	31,5 кА
	Ефективний час спрацювання	$\approx 0,05-0,10$ с при $I_{кз} \gg 80$ А
	Кількість у проекті	3 шт. на комірку $\times$ 2 комірки = 6 шт.
	Кліматичне виконання	УЗ
	Виробник	ТОВ «Кварц»

РОЗДІЛ 4
РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

4.1. Визначення розрахункового навантаження щитів ГРЩ-1 та ГРЩ-2

Розрахунок електричних навантажень виконується відповідно до розділу 3 ДБН В.2.5-23:2025 [1]. Квартири об'єкта відносяться до 1-го виду III-рівня електрифікації (квартири з електричними плитами потужністю до 8,5 кВт включно).

Щит ГРЩ-1: 60 квартир 1-го виду III-рівня електрифікації, ліфт 9 кВт, ліфт 12 кВт, загальнобудинкові навантаження 10 кВт.

Щит ГРЩ-2: 80 квартир 1-го виду III-рівня електрифікації, ліфт 9 кВт, ліфт 12 кВт, загальнобудинкові навантаження 10 кВт.

4.1.1. Розрахунок навантаження на щиті ГРЩ-1:

Розрахунок навантаження квартир:

$$P_{p.kv.} = 60 \times 2,10 = 126 \text{ кВт} \quad (4.1)$$

2,10 – питоме навантаження, згідно табл.3.1 розділ 3 ДБН В.2.5-23:2025 [1]

60 - кількість квартир.

Визначимо потужність ліфтів згідно п.3.11 розділ 3 ДБН В.2.5-23:2025 [1]

$$P_{ліфтів} = 9 + 12 \times 0,8 = 16,8 \text{ кВт} \quad (4.2)$$

Згідно п. 3.18 ДБН В.2.5-23:2025 [1]:

$$P_{грщ1} = 126 + 0,9 (16,8 + 10) = 150,12 \text{ кВт} \quad (4.3)$$

4.1.2. Розрахунок навантаження на щиті ГРЩ-2

Розрахунок навантаження квартир:

$$P_{p.kv.} = 80 \times 1,73 = 138,4 \text{ кВт} \quad (4.4)$$

1,73 - питоме навантаження, згідно табл.3.1 розділ 3 ДБН В.2.5-23:2025 [1]

80 - кількість квартир.

Визначимо потужність ліфтів згідно п.3.11 розділ 3 ДБН В.2.5-23:2025 [1]

$$P_{\text{ліфтів}} = 9 + 12 \times 0,8 = 16,8 \text{ кВт} \quad (4.5)$$

Згідно п. 3.18 ДБН В.2.5-23:2025 [1]:

$$P_{\text{грщ2}} = 138,4 + 0,9 \times (16,8 + 10) = 162,52 \text{ кВт} \quad (4.6)$$

4.2. Визначення розрахункового навантаження щитів ЩР-1 та ЩР-2

Щит ЩР-1: кафе – 25 кВт; офіс – 2 шт. $\times$ 12 кВт; магазин (однорічний) – 20 кВт; клініка – 30 кВт.

Щит ЩР-2: дошкільний навчальний заклад – 25 кВт; офіс – 16 кВт; майстерня одягу – 20 кВт; офіс – 15 кВт.

Розрахункове навантаження вбудованих та прибудованих приміщень визначається з урахуванням коефіцієнтів участі в максимальному навантаженні відповідно до таблиць ДБН В.2.5-23:2025 [1].

4.2.1. Розрахунок навантаження на щиті ЩР-1

Згідно п. 3.36 ДБН В.2.5-23:2025 [1]:

$$P_{\text{щр1}} = 30 + 25 \cdot 0,8 + 20 \times 0,6 + 0,8 (12 + 12) = 81,2 \text{ кВт} \quad (4.7)$$

де 0,8; 0,6 – Км розрахунковий коефіцієнт участі в максимумі навантажень, (табл. 3.14 ДБН В.2.5-23:2025 [1])

4.2.2. Розрахунок навантаження на щиті ЩР-2

Згідно п. 3.36 ДБН В.2.5-23:2025 [1]:

$$P_{\text{щр2}} = 25 + 20 \cdot 0,7 + 0,8 \times (16 + 15) = 63,8 \text{ кВт} \quad (4.8)$$

де 0,8; 0,7 - Км розрахунковий коефіцієнт участі в максимумі навантажень, (табл. 3.14 ДБН В.2.5-23:2025 [1])

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

4.3. Розрахунок навантаження на вводі БКТП

Розрахункове навантаження всього будинку визначається за формулою (3.18) ДБН В.2.5-23:2025 [1]:

$$P_{ТП} = P_{ж} + 0,9 \times P_{сил} + \sum P_{рі} \times K_{рі} \quad (4.9)$$

Розрахункова потужність квартир:

$$P_{р.кв.} = 140 \times 2,3 = 322 \text{ кВт} \quad (4.10),$$

де 2,3 кВт – питоме навантаження згідно таблиці 3.1 розділу 3 ДБН В.2.5-23:2025 [1] для 140 квартир з електричними плитами.

Потужність ліфтів:

$$P_{ліфтів} = (9+12) \times 2 \times 0,7 = 29,4 \text{ кВт} \quad (4.11)$$

(коефіцієнт попиту 0,7 згідно п.3.11 ДБН В.2.5-23:2025 [1]).

Загальна розрахункова потужність на вводі БКТП:

$$P_{ТП} = 322 + 0,9 \times (10+10+29,4) + 30 \times 0,8 + 25 \times 0,5 + 20 \times 0,6 + 0,4 \times 24 + 25 \times 0,4 + 20 \times 0,6 + 0,4 \times 31 = 458,9 \text{ кВт} \quad (4.12)$$

4.4. Вибір та перевірка силових трансформаторів

Потужність силового трансформатора вибирається з умови: $S_H < S_{тр}$, де S_H – повна потужність навантаження, кВА; $S_{тр}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА.

Повна потужність навантаження:

$$S_H = \frac{P}{\cos \varphi} = 458,9 / 0,97 = 473,03 \text{ кВА}. \quad (4.13)$$

До встановлення приймається герметичний силовий масляний трансформатор типу ТМГ-ЕКО2-1000/10/0,4 потужністю 1000 кВА.

Перевірка: $473,03 \text{ кВА} < 1000 \text{ кВА}$ – умова виконується.

Коефіцієнт завантаження трансформатора в нормальному режимі:

$$K_3 = 100 \times \frac{S_H}{S_{тр}} = 100 \times \frac{473,03}{1000} = 47,3\% < 100\% \quad (4.14) \text{ – умова виконується.}$$

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

При виході з роботи одного трансформатора в аварійному режимі другий трансформатор потужністю 1000 кВА забезпечує живлення навантаження II категорії надійності з можливістю відключення навантаження I-ї черги.

4.5. Перевірка КЛ-0,4 кВ на пропускну здатність та падіння напруги

4.5.1. Вихідні дані та методика

Розрахункові струми кабельних ліній 0,4 кВ визначають за формулою:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos \varphi}; \quad (4.15)$$

Втрата напруги на ділянці КЛ-0,4 кВ (чотирипровідна трифазна мережа):

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I_p \times \frac{R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi}{U_n} \times 100\%; \quad (4.16)$$

де: $R = r_0 \times L$ – активний опір ділянки, Ом; $X = x_0 \times L$ – індуктивний опір ділянки, Ом; $U_n = 400$ В – номінальна напруга; r_0, x_0 – питомі опори кабелю, $\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$; L – довжина ділянки, км.

Допустимий тривалий струм кабелів марки АВВГ приймається за таблицею 1.3.12 ПУЕ з приміткою 2 [9] (прокладання в землі, температура ґрунту 25°C). Допустима втрата напруги: $\Delta U_{\text{доп}} \leq 5\%$ (п.3.23 ДБН В.2.5-23:2025 [1]).

Таблиця 4.1.

Питомі характеристики та $I_{\text{доп}}$ кабелів АВВГ у ґрунті ($t_{\text{гр}} = 25^\circ\text{C}$)

Марка кабелю	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	$I_{\text{доп}}$, А	Примітка
АВВГ 4×240	0,125	0,073	333	Табл. 1.3.12 ПУЕ, прим. 2
АВВГ 4×95	0,326	0,077	183	-
АВВГ 4×70	0,443	0,079	149	-

4.5.2. Ділянка КЛ-0,4 кВ «РУ-0,4 кВ БКТП – ГРЩ-1»

Вихідні дані: АВВГ 4×240, P_p = 150,1 кВт, cosφ = 0,98, sinφ = 0,1990, L = 58 м.

$$I_p = \frac{150\,100}{1,732 \times 400 \times 0,98} = 232,8 \text{ А}; \quad (4.17)$$

$$R = 0,125 \times 0,058 = 0,00725 \text{ Ом}; \quad (4.18)$$

$$X = 0,073 \times 0,058 = 0,00423 \text{ Ом}; \quad (4.19)$$

$$\Delta U = 1,732 \times 232,8 \times \frac{0,00725 \times 0,98 + 0,00423 \times 0,1990}{400} \times 100\% = 0,80\% \quad (4.20)$$

Таблиця 4.2.

Результати перевірки КЛ-0,4 кВ «БКТП – ГРЩ-1»

Перевірка	Розрахункове	Допустиме
$I_p \leq I_{\text{доп}}$	232,8 А	333 А
$\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}$	0,80%	5%

4.5.3. Ділянка КЛ-0,4 кВ «РУ-0,4 кВ БКТП – ГРЩ-2»

Вихідні дані: АВВГ 4×240, P_p = 162,5 кВт, cosφ = 0,98, sinφ = 0,1990, L = 36 м.

$$I_p = \frac{162\,500}{1,732 \times 400 \times 0,98} = 251,9 \text{ А}; \quad (4.21)$$

$$R = 0,125 \times 0,036 = 0,00450 \text{ Ом}; \quad (4.22)$$

$$X = 0,073 \times 0,036 = 0,00263 \text{ Ом}; \quad (4.23)$$

$$\Delta U = 1,732 \times 251,9 \times \frac{0,00450 \times 0,98 + 0,00263 \times 0,1990}{400} \times 100\% = 0,54\% \quad (4.24)$$

Таблиця 4.3.

Результати перевірки КЛ-0,4 кВ «БКТП – ГРЩ-2»

Перевірка	Розрахункове	Допустиме
$I_p \leq I_{\text{доп}}$	251,9 А	333 А
$\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}$	0,54%	5%

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ

Аркуш

46

4.5.4. Ділянка КЛ-0,4 кВ «РУ-0,4 кВ БКТП – ЩР-1»

Вихідні дані: АВВГ 4×95, P_p = 81,2 кВт, cosφ = 0,97, sinφ = 0,2431, L = 58 м.

$$I_p = \frac{81\,200}{1,732 \times 400 \times 0,98} = 127,2 \text{ А}; \quad (4.25)$$

$$R = 0,326 \times 0,058 = 0,01891 \text{ Ом}; \quad (4.26)$$

$$X = 0,077 \times 0,058 = 0,00447 \text{ Ом}; \quad (4.27)$$

$$\Delta U = 1,732 \times 127,2 \times \frac{0,01891 \times 0,98 + 0,00447 \times 0,2431}{400} \times 100\% = 1,07\% \quad (4.28)$$

Таблиця 4.4.

Результати перевірки КЛ-0,4 кВ «БКТП – ЩР-1»

Перевірка	Розрахункове	Допустиме
$I_p \leq I_{\text{доп}}$	127,2 А	183 А
$\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}$	1,07%	5%

4.5.5. Ділянка КЛ-0,4 кВ «РУ-0,4 кВ БКТП – ЩР-2»

Вихідні дані: АВВГ 4×70, P_p = 63,8 кВт, cosφ = 0,97, sinφ = 0,2431, L = 36 м.

$$I_p = \frac{63\,800}{1,732 \times 400 \times 0,98} = 99,9 \text{ А}; \quad (4.29)$$

$$R = 0,443 \times 0,036 = 0,01595 \text{ Ом}; \quad (4.30)$$

$$X = 0,079 \times 0,036 = 0,00284 \text{ Ом}; \quad (4.31)$$

$$\Delta U = 1,732 \times 99,9 \times \frac{0,01595 \times 0,98 + 0,00284 \times 0,2431}{400} \times 100\% = 0,70\% \quad (4.32)$$

Таблиця 4.5.

Результати перевірки КЛ-0,4 кВ «БКТП – ЩР-2»

Перевірка	Розрахункове	Допустиме
$I_p \leq I_{\text{доп}}$	99,9 А	149 А
$\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}$	0,70%	5%

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ

Аркуш

47

4.6. Перевірка кабельних 10 Кв

4.6.1. Вихідні дані

Живлення БКТП-10/0,4 кВ виконано по двопротиневій схемі двома кабельними лініями КЛ-10 кВ: від РП-31 (лінія 7158-853) та від РП31-7158 (лінія РП31-7158). Кожна лінія виконана кабелем марки АПвЭгаПу-20-3(1×120(г)/70) – три одножилінні кабелі з алюмінієвою жилою перерізом 120 мм², мідним екраном 70 мм² та ізоляцією із зшитого поліетилену на напругу 20 кВ.

Таблиця 4.6.

Вихідні дані для КЛ-10 кВ

Параметр	Значення
Марка кабелю	АПвЭгаПу-20-3(1×120(г)/70)
Номінальна напруга, кВ	10 (клас ізоляції 20 кВ)
Матеріал жили	Алюміній
Переріз жили, мм²	120
Матеріал екрану	Мідь
Переріз екрану, мм²	70
Спосіб прокладання	В ґрунті, одножилінні в трикутнику
Температура ґрунту розрахункова, °С	20
Довжина однієї КЛ-10 кВ, м	96 (за специфікацією: 192 м / 2 лінії)
Питомий активний опір жили r_0 , Ом/км	0,253
Питомий індуктивний опір x_0 , Ом/км	0,090
Захист у комірці трансформатора	ПКТ-10/80А (плавкий запобіжник)

4.6.2. Перевірка за допустимим тривалим струмом

Розрахунковий струм на одній КЛ-10 кВ у нормальному режимі визначається як струм навантаження одного силового трансформатора потужністю 1000 кВА:

$$I_{p.норм} = \frac{S_{тр}}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{1,732 \times 10} = 57,74 \text{ A}; \quad (4.33)$$

В аварійному режимі (відключення однієї КЛ або одного джерела живлення) навантаження підстанції може бути перенесене на одну лінію:

$$I_{p.ав} = \frac{S_{тр}}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{2 \times 1000}{1,732 \times 10} = 115,47 \text{ A}; \quad (4.34)$$

Тривало допустимий струм кабелю АПвЭгаПу-20 1×120 мм² при прокладанні в ґрунті визначається відповідно до СОУ-Н МЕН 40.1-37471933-49:2011:

$$I_{доп} = I_{доп.табл} \times K_1 \times K_2 = 265 \times 1,0 \times 1,0 = 265 \text{ A}; \quad (4.35)$$

де $K_1 = 1,0$ – поправковий коефіцієнт на температуру ґрунту (розрахункова температура 20°C = нормована); $K_2 = 1,0$ – коефіцієнт на кількість кабелів у траншеї (одна трифазна система, три одножильні кабелі в трикутнику).

Умова вибору кабелю за нормальним режимом:

$$I_{p.норм} \leq I_{доп} - 57,74 \text{ A} \leq 265 \text{ A}; \quad (4.36)$$

Умова вибору кабелю за аварійним режимом (допускається перевантаження до $1,25 \times I_{доп}$):

$$I_{p.ав} \leq 1,25 \times I_{доп} - 115,47 \text{ A} \leq 331 \text{ A}; \quad (4.37)$$

4.6.3. Перевірка за допустимою втратою напруги

Активний та індуктивний опори однієї КЛ-10 кВ довжиною $L = 96 \text{ м} = 0,096 \text{ км}$:

$$R = r_o \times L = 0,253 \times 0,096 = 0,02429 \text{ Ом}; \quad (4.38)$$

$$X = x_0 \cdot L = 0,090 \cdot 0,096 = 0,00864 \text{ Ом}; \quad (4.39)$$

Втрата напруги у відсотках від номінальної напруги 10 кВ у нормальному режимі ($\sin\varphi = 0,2431$ при $\cos\varphi = 0,97$):

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I_p \times \frac{R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi}{U_H} \times 100\%; \quad (4.40)$$

$$\Delta U = 1,732 \times 57,74 \times \frac{0,02429 \cdot 0,97 + 0,00864 \cdot 0,2431}{10\,000} \times 100\% = 0,026\%; \quad (4.41)$$

Допустима втрата напруги для кабельних ліній живлення підстанцій $\leq 5\%$.

4.6.4. Перевірка за термічною стійкістю струмів КЗ

Струм короткого замикання на шинах РП-10 кВ: $I_{кз} = 20 \text{ кА}$ (за схемою РУ-10 кВ, стійкість 20 кА/1с). Захист кабелю в комірці трансформатора здійснюється плавким запобіжником ПКТ-10/80А. При $I_{кз} \gg I_{ном.запоб.}$ ($20\,000 \gg 80 \text{ А}$) запобіжник спрацьовує за ефективний час $t_{еф} \approx 0,05 \dots 0,10 \text{ с}$ (за характеристиками ПКТ).

Мінімальний переріз жили за умовою термічної стійкості (для алюмінію з ізоляцією ЗПЕ, $C = 95 \text{ А} \times c_{\text{мм}^2}^{0,5}$):

$$S_{\text{min.жили}} = I_{кз} \times \frac{\sqrt{t_{еф}}}{C} = 20\,000 \times \frac{\sqrt{0,10}}{95} = 66,6 \text{ мм}^2; \quad (4.42)$$

$$120 \text{ мм}^2 > 66,6 \text{ мм}^2;$$

Мінімальний переріз мідного екрану ($C = 141 \text{ А} \times c_{\text{мм}^2}^{0,5}$ для Си з ізоляцією ЗПЕ):

$$S_{\text{min.екрану}} = 20\,000 \times \frac{\sqrt{0,10}}{141} = 44,9 \text{ мм}^2; \quad (4.43)$$

$$70 \text{ мм}^2 > 44,9 \text{ мм}^2;$$

4.6.6. Зведені результати перевірки КЛ-10 кВ

Таблиця 4.7.

Результати перевірки КЛ-10 кВ АПвЭгаПу-20-3(1×120(г)/70)

Умова перевірки	Розрахункове значення	Допустиме значення
$I_p.\text{норм} \leq I_{\text{доп}}$ (нормальний режим)	57,74 А	265 А
$I_p.\text{ав} \leq 1,25 \cdot I_{\text{доп}}$ (аварійний режим)	115,47 А	331 А
$\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}$	0,026%	5%
$S_{\text{жили}} \geq S_{\text{min}}$ (термічна стійкість)	120 мм ²	66,6 мм ²
$S_{\text{скрану}} \geq S_{\text{min}}$ (термічна стійкість)	70 мм ²	44,9 мм ²

4.7. Зведені результати розрахунків всіх КЛ-10 кВ та КЛ-0,4 кВ

Таблиця 4.8.

Зведені результати перевірки КЛ-10 кВ та КЛ-0,4 кВ

* для аварійного режиму: $I_{\text{доп}} = 1,25 \times 265 = 331 \text{ А}$

Ділянка	Марка та переріз	L, м	Pp, кВт	cosφ	$I_p, \text{ А}$ / $I_{\text{доп}}, \text{ А}$	$I_p \leq I_{\text{доп}}$	$\Delta U, \%$	$\Delta U \leq 5\%$
КЛ-10кВ (норм.реж.)	АПвЭгаПу- 20 1×120	96	-	0,97	57,74 / 265	+	0,026	+
КЛ-10кВ (авар.реж.)	АПвЭгаПу- 20 1×120	96	-	0,97	115,47 / 331*	+	-	-

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
------	------	-------------	--------	------

02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ

Аркуш

51

Ділянка	Марка та переріз	L, м	Pp, кВт	cosφ	Ip, А / Iдоп, А	Ip ≤ Iдоп	ΔU, %	ΔU ≤ 5%
БКТП – ГРЩ-1	АВВГ 4×240	58	150,1	0,98	232,8 / 333	+	0,80	+
БКТП – ГРЩ-2	АВВГ 4×240	36	162,5	0,98	251,9 / 333	+	0,54	+
БКТП – ЩР-1	АВВГ 4×95	58	81,2	0,97	127,2 / 183	+	1,07	+
БКТП – ЩР-2	АВВГ 4×70	36	63,8	0,97	99,9 / 149	+	0,70	+

За результатами розрахунків електричних навантажень та перевірки електрообладнання встановлено таке.

Розрахункова потужність на вводі БКТП становить $P_{\text{ТП}} = 458,9$ кВт при $\cos\varphi = 0,97$. Повна потужність навантаження $S_{\text{Н}} = 473,03$ кВА. До встановлення прийнято два трансформатори ТМГ-ЕКО2-1000/10/0,4 кВ потужністю 1000 кВА кожний. Коефіцієнт завантаження в нормальному режимі $K_3 = 47,3\%$, що відповідає вимогам ПУЕ і забезпечує резерв потужності для живлення споживачів в аварійному режимі.

Усі кабельні лінії 0,4 кВ відповідають умовам допустимого тривалого струму ($I_p \leq I_{\text{доп}}$) та допустимої втрати напруги ($\Delta U \leq 5\%$). Максимальна розрахункова втрата напруги спостерігається на ділянці «БКТП – ЩР-1» і становить 1,07%, що значно менше допустимого значення.

Кабельні лінії 10 кВ марки АПвЭгаПу-20-3(1×120(г)/70) відповідають умовам допустимого струму в нормальному режимі ($57,74 \text{ А} \leq 265 \text{ А}$) та аварійному режимі ($115,47 \text{ А} \leq 331 \text{ А}$), умові допустимої втрати напруги ($\Delta U = 0,026\% \leq 5\%$), а також умові термічної стійкості до струмів КЗ при захисті запобіжниками ПКТ-10/80А ($S_{\text{жили}} = 120 \text{ мм}^2 > S_{\text{min}} = 66,6 \text{ мм}^2$; $S_{\text{скрану}} = 70 \text{ мм}^2 > 44,9 \text{ мм}^2$).

РОЗДІЛ 5

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ «ДО» ТА «ПІСЛЯ» РЕКОНСТРУКЦІЇ

5.1. Порівняння технічних характеристик обладнання

Реконструкція системи електропостачання передбачає комплексну заміну застарілого обладнання в комірках РУ-10 кВ та встановлення нової БКТП. Нижче наведено зведений порівняльний аналіз основних технічних рішень.

Таблиця 5.1.

Порівняльний аналіз системи електропостачання до та після реконструкції

Показник	До реконструкції	Після реконструкції
Потужність трансформаторів	2 × 400 кВА	2 × 1000 кВА
Загальна потужність БКТП	800 кВА	2000 кВА
Коефіцієнт завантаження (норм. режим)	118,8% (не відповідає нормальному режиму)	47,3%
Тип комутац. апарату 10 кВ	Вимикач навантаження ВНА	Вакуумний вимикач EXE122512K1B
Струм роз'єднувачів	630 А	1000 А
Дистанційне управління	Відсутнє	Передбачено (вакуумні вимикачі)
Клас точності ТТ (вимірювання)	0,5	0,5S
Клас точності ТТ (захист)	10P	10P
Захист від о/ф замикань на землю	Відсутній	ТЗЛМ1-1

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ

Аркуш

53

Показник	До реконструкції	Після реконструкції
Тип ізоляції КЛ-10 кВ	Паперова ізоляція	Зшитий поліетилен (ЗПЕ)
Категорія надійності	II	II (з можливістю I категорії)

5.2. Оцінка підвищення надійності електропостачання

Встановлення двотрансформаторної підстанції з живленням по двопроточній схемі від двох різних секцій шин РП-10 кВ забезпечує II категорію надійності електропостачання. При відключенні будь-якого з джерел живлення або виході з ладу одного трансформатора, другий трансформатор потужністю 1000 кВА здатний забезпечити живлення споживачів у межах допустимих перевантажень.

Заміна вимикачів навантаження на вакуумні вимикачі EXE122512K1B суттєво підвищує надійність комутаційного апарату завдяки:

- ❖ великому ресурсу кількості відключень при номінальних струмах (десятки тисяч операцій);
- ❖ надійному відключенню аварійних струмів у вакуумній дугогасильній камері;
- ❖ відсутності пожежонебезпечного масла в дугогасильній камері;
- ❖ можливості дистанційного управління та контролю стану апарату.

5.3. Переваги впровадження дистанційного управління

Впровадження вакуумних вимикачів з приводами, придатними для дистанційного управління, є першим кроком до побудови автоматизованої системи управління розподільчою мережею. Серед практичних переваг слід виділити:

- ❖ скорочення часу відновлення електропостачання після аварій (в 3–5 разів порівняно з ручним управлінням);

- ❖ підвищення безпеки персоналу завдяки виключенню необхідності виконання ручних перемикачів в умовах аварії;
- ❖ можливість реалізації автоматичного введення резерву (АВР) між секціями шин;
- ❖ збір та аналіз даних про режими роботи мережі в реальному часі;
- ❖ оптимізація режимів роботи обладнання та зниження технічних втрат.

РОЗДІЛ 6

ДИСТАНЦІЙНЕ УПРАВЛІННЯ КОМУТАЦІЙНИМИ ПРИСТРОЯМИ

6.1. Принципи дистанційного управління в розподільчих мережах 10 кВ

Дистанційне управління комутаційними пристроями є невід'ємною складовою концепції «розумної мережі» (Smart Grid). В основі систем дистанційного управління лежить принцип передачі керуючих команд та телеметричних даних між диспетчерським пунктом і польовими пристроями через комунікаційні канали.

Архітектура системи дистанційного управління, як правило, включає три рівні: польовий рівень (первинне обладнання та інтелектуальні електронні пристрої – IED), рівень управління підстанцією (контролер підстанції, шлюзи даних), та рівень диспетчерського управління (SCADA-система, АРМ диспетчера).

Для передачі даних використовуються такі протоколи зв'язку:

- ❖ ДСТУ ІЕС/TR 61850-1:2018 [12] – стандарт для автоматизації підстанцій, забезпечує сумісність обладнання різних виробників;
- ❖ DNP3 – широко застосовується в розподільчих мережах для телемеханіки;
- ❖ Modbus RTU/TCP – для зв'язку з лічильниками та іншими пристроями.

6.2. Огляд сучасних систем та обладнання

Сучасні вакуумні вимикачі, зокрема EXE122512K1B виробництва Schneider Electric, мають вбудовані електромагнітні приводи та можуть оснащуватися блоками дистанційного управління та моніторингу. Такі рішення дозволяють інтегрувати їх у систему автоматизації підстанції без значних додаткових витрат.

Серед провідних виробників систем дистанційного управління для розподільчих мереж слід відзначити: Schneider Electric (система EcoStruxure Grid), Siemens (система SICAM), ABB (система MicroSCADA). Вказані системи забезпечують повний функціонал: телесигналізацію, телевимірювання, телеуправління та телерегулювання.

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ

Аркуш

56

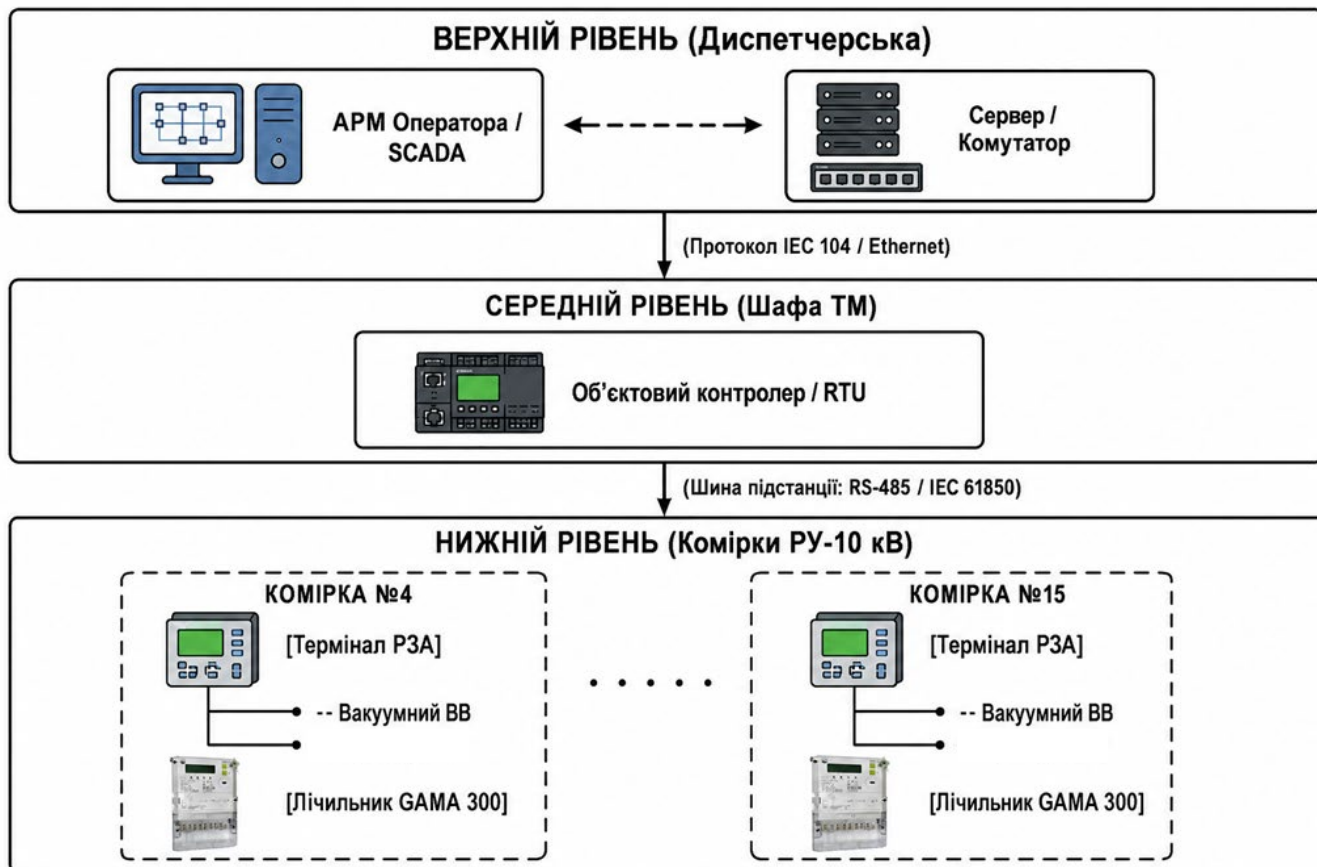


Рис. 6.1. Структурна схема системи дистанційного управління

6.3. Технічні рішення щодо впровадження для даного об'єкта

Для реалізації дистанційного управління на об'єкті, що проектується, пропонується впровадження таких технічних рішень:

- ❖ встановлення мікропроцесорних терміналів релейного захисту та автоматики (МРЗА) з функцією дистанційного управління;
- ❖ монтаж уніфікованих контролерів підстанцій (RTU – Remote Terminal Unit) для збору та передачі даних;
- ❖ організація комунікаційних каналів зв'язку (волоконно-оптичний кабель або GSM/GPRS) між БКТП та диспетчерським пунктом;
- ❖ інтеграція системи в існуючу або нову SCADA-платформу енергопостачальної організації.

РОЗДІЛ 7

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Вимоги охорони праці та виробничої безпеки при монтажі кабельних ліній і силового трансформатора, а також при експлуатації реконструйованої підстанції, викладено у відповідності до технологічних карт «Прокладка кабелів у землі» та «Технологічна карта на заміну силового трансформатора (масляний) ТМГ 10/0,4 кВ» (2021 р.). Нормативна основа: НПАОП 40.1-1.21-98 [11], ДБН В.2.5-23:2025 [1], ДБН А.3.2-2-2009 [10].

7.1. Загальні вимоги до персоналу та організації робіт

Усі роботи з монтажу та введення в експлуатацію БКТП-10/0,4 кВ виконуються електромонтажниками, які пройшли атестацію відповідно до займаної посади та вступний і первинний інструктаж на робочому місці. Роботи виконуються за нарядом-допуском із цільовим інструктажем, виданим відповідальним керівником.

Склад бригади для прокладання кабельних ліній: майстер (ЕБ – V, для роботи з автокраном та видачі наряду-допуску), керівник робіт (група ЕБ – III для КЛ до 1000 В, ЕБ – IV для КЛ вище 1000 В), електромонтажники кабельних ліній (група ЕБ – III), машиністи екскаватора та автокрана (група ЕБ – II), підсобні робітники (група ЕБ – II). До стропування трансформатора (маса ≥ 1000 кг) допускаються стропальники з відповідним посвідченням.

7.2. Вимоги безпеки при прокладанні кабельних ліній

7.2.1. Земляні роботи та допуск у траншею

Глибина прокладання: кабелі 10 кВ та 0,4 кВ – не менше 0,7 м від поверхні ґрунту або планувальної відмітки; допустиме відхилення – ± 10 см. При перетині доріг та під'їздів: глибина $\geq 1,0$ м, кабелі прокладаються в поліетиленових трубах ($\varnothing 160$ мм для КЛ-10 кВ, $\varnothing 110$ мм для КЛ-0,4 кВ).

					02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ	Аркуш
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		58

7.2.2. Допустимі відстані при роботі механізмів поблизу ПЛ

На роботу крана в охоронній зоні ПЛ оформляється окремий наряд-допуск. Мінімальні допустимі відстані до струмовідних частин під напругою – відповідно до таблиці мінімально допустимих відстаней за НПАОП 40.1-1.21-98 [11].

Таблиця 7.1.

Допустимі відстані машин, кранів та механізмів поблизу ПЛ

Напруга ПЛ, кВ	Мін. відстань, м	Макс. відстань, м
До 1	1,5	1,5
Понад 1 до 20	2,0	2,0
Понад 20 до 35	2,0	2,0
Понад 35 до 110	3,0	4,0
Понад 110 до 220	4,0	5,0

Переміщення вантажопідйомних машин під проводами ПЛ – лише в транспортному положенні стріли. При неможливості дотримання відстаней – роботи виконуються лише після зняття напруги.

7.2.3. Механізована розкатка кабелю

При механізованій розкатці кабелю виконуються такі заходи безпеки:

- ❖ кабельний барабан встановлюється на домкрат із гальмівним пристроєм; закладні втулки закріплюються та підтягуються;
- ❖ команду на увімкнення лебідки подає лише керівник робіт; команду «Стоп» – будь-який член бригади;
- ❖ під час розкатки забороняється: піднімати ролики, заправляти двигун, підтягувати кріплення, знімати кабель при працюючому двигуні, ставати на раму приводу;

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ

Аркуш

59

- ❖ забороняється знаходитися перед барабаном лебідки або ближче ніж 1 м від роликів прокладання; на кутах повороту траси – знаходитися із зовнішньої сторони кабелю;
- ❖ правити ролики або кабель руками під час протяжки ;
- ❖ забороняється – використовуються гаки (без гострого кінця);
- ❖ між усіма членами бригади забезпечується радіозв'язок.

7.2.4. Захист кабелів та маркування траси

Кабелі 10 кВ та 0,4 кВ захищаються цеглою (один шар поперек траси) або залізобетонними плитами товщиною ≥ 50 мм. При кількості кабелів ≤ 2 допускається застосування сигнальних пластикових стрічок СЛ-150/СЛ-300, крім зон перетину з комунікаціями (по 2 м у кожен бік) та введів у споруди (радіус 5 м). Розпізнавальні знаки траси встановлюються на поворотах, у місцях муфт, на перетинах та через кожні 100 м на прямих ділянках.

7.3. Вимоги безпеки при монтажі силового трансформатора ТМГ-ЕКО2

7.3.1. Підйом та встановлення трансформатора

До початку монтажу підйомне обладнання (портали, домкрати, стропи) монтується та випробовується. Приміщення БКТП повністю завершується будівництвом, маслоприймачі встановлюються до введення трансформатора.

Маслоприймачі – це бетонне заглиблення (піддон) під камерою силового трансформатора в БКТП. Його призначення – зібрати все трансформаторне масло у разі аварійного розгерметизації бака або пожежі, щоб масло не розтеклося по підлозі підстанції і не спричинило поширення пожежі. Обсяг маслоприймача розраховується на повну масу масла одного трансформатора – для ТМГ-ЕКО2-1000 кВА це близько 700–900 кг масла.

Підйом трансформатора ТМГ-ЕКО2-1000 кВА здійснюється виключно за вушка на баку. Підйом за вушка на кришці – категорично забороняється. Кут відхилення стропів від вертикалі – не більше 30°. Захищають гофровані стінки бака від механічних пошкоджень. На висоті близько 0,6 м над місцем встановлення трансформатор приймають двоє монтажників та суміщають мітки осей.

7.3.2. Підготовка трансформатора до роботи

Перед підключенням до мережі виконується:

- ❖ зовнішній огляд: цілісність вводів та ізоляторів, відсутність витоку масла, стан маслоущільнень;
- ❖ заземлення бака трансформатора – до будь-яких інших підключень;
- ❖ очищення ізоляторів ганчіркою, змоченою бензином, потім сухою;
- ❖ вимірювання опору ізоляції НН–бак, ВН та ВН–бак, НН;
- ❖ перевірка фіксації перемикача в одному з робочих положень;

Підключення вводів ВН та НН виконується без осьових і згинальних навантажень на вводи. Для запобігання провертанню шпильок вводів НН нижня гайка утримується ключем – провертання призводить до замикання вводу НН на бак.

7.3.3. Вимоги при роботі з електрифікованим інструментом

До роботи з електрифікованим інструментом допускаються особи з групою ЕБ не нижче II. Забороняється: передавати інструмент неатестованим особам; виконувати роботи з приставних драбин; залишати інструмент ввімкненим у мережу без нагляду. Роботу негайно припиняють при появі диму, запаху ізоляції, підвищеної вібрації або навіть слабого відчутті дії струму.

7.4. Вимоги безпеки після закінчення робіт та в аварійних ситуаціях

По закінченні робіт: місце виконання робіт прибирається; інструмент очищається та збирається у відведене місце; керівнику повідомляється про виявлені недоліки; знімається спецодяг та виконуються гігієнічні процедури.

При пожежі: негайно припинити роботу; вжити заходи наявними засобами пожежогасіння; за неможливості – викликати пожежну (101, ДСНС) та повідомити керівника.

При нещасному випадку: викликати швидку (103); надати долікарську допомогу; повідомити керівника.

7.5. Захисні заходи при експлуатації БКТП

Для безпечної експлуатації реконструйованої підстанції передбачено (НПАОП 40.1-1.21-98 [11]):

- ❖ система заземлення TN-C-S – заземлення металевих частин обладнання і кабельних конструкцій; поділ PEN-провідника у щитах ГРЩ/ЩР;
- ❖ автоматичні вимикачі ВА-79Е (800 А) у ввідних і секційній панелях РУ-0,4 кВ – захист від КЗ та перевантажень;
- ❖ запобіжники ПКТ-10/80А – захист трансформаторів від аварійних струмів; $t_{\text{эф}} \approx 0,05\text{--}0,10$ с при $I_{\text{кз}} = 20$ кА;
- ❖ роз'єднувачі РВЗ-I-10/1000, РВЗ-II-10/1000 із заземлювальними ножами – видимий розрив та заземлення ділянки при ремонті;
- ❖ ОПНп-10/11,5/10/400 – захист від комутаційних та атмосферних перенапруг;
- ❖ ТЗЛМ1-1 – захист від однофазних замикань на землю в мережі 10 кВ;
- ❖ попереджувальні знаки та плакати безпеки; первинні засоби пожежогасіння.

Обслуговування електрогосподарства здійснює підготовлений штат електротехнічного персоналу. Наказом керівника призначається відповідальна особа за електрогосподарство з відповідною групою ЕБ. На обслуговування спеціальних

					02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ	Аркуш 62
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

електроустановок укладається договір із спеціалізованою організацією.

7.6. Визначення класу наслідків об'єкта

Відповідно до ДСТУ 8855:2019 [19] «Визначення класу наслідків (відповідальності)», клас наслідків відповідальності об'єкту визначено за такими ознаками:

1. Кількість осіб, які постійно перебувають на об'єкті – 120 осіб (менше 400 осіб) – клас СС2 (середні наслідки).
2. Кількість осіб, які періодично перебувають на об'єкті – 60 осіб (менше 1000 осіб) – клас СС2 (середні наслідки).
3. Кількість осіб, які перебувають зовні об'єкта – 180 осіб (менше 50 000 осіб) – клас СС2 (середні наслідки).
4. Обсяги можливого економічного збитку:

$$\frac{\Phi}{\text{МЗП}} = \frac{120\,000}{8647} = 14 \text{ м.р.з.п.} \quad (7.1)$$

клас СС1 (незначні наслідки) за економічним критерієм.

5. Припинення функціонування інженерно-транспортної інфраструктури, клас СС2 (об'єктний рівень, згідно п.А.3 додатку А ДСТУ 8855:2019 [19]).

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблено технічних рішень щодо реконструкції підстанції 10/0,4 кВ, призначеної для електропостачання багатоквартирного житлового будинку з вбудованими комерційними та громадськими приміщеннями. Актуальність роботи обумовлена необхідністю підвищення ефективності систем електропостачання в умовах постійного зростання електричних навантажень, збільшення кількості електроприймачів та впровадження сучасних вимог до безпеки й автоматизації розподільчих мереж.

Проведено аналіз існуючого стану електрообладнання РП-10 кВ та системи електропостачання. Встановлено, що наявне обладнання морально та фізично застаріло, а трансформатори потужністю 400 кВА не забезпечують необхідної пропускної здатності навантаження житлового комплексу. Крім того, наявне захисне обладнання не забезпечує надійного відключення аварійних струмів короткого замикання, а відсутність сучасних пристроїв релейного захисту, трансформаторів нульової послідовності та систем дистанційного керування негативно впливає на надійність електропостачання і збільшує ризик пошкодження обладнання під час аварійних режимів.

Запропоновано комплекс технічних рішень щодо реконструкції підстанції. Здійснено розрахунок та заміну існуючих силових трансформаторів ТМ-400/10/0,4 кВ на сучасні герметичні масляні трансформатори ТМГ-ЕКО2-1000/10/0,4 кВ потужністю 1000 кВА. У трансформаторних комірках РУ-10 кВ передбачено встановлення вакуумних вимикачів EasyPact EXE122512K1В виробництва Schneider Electric. Використання вакуумних вимикачів забезпечує надійне відключення робочих та аварійних струмів, підвищує пожежну безпеку підстанції, зменшує витрати на технічне обслуговування та створює можливість інтеграції обладнання в системи автоматизованого керування. Обґрунтовано встановлення сучасних трансформаторів струму ТОЛУ-10 та трансформаторів нульової послідовності ТЗЛМ1-1, що дозволяє реалізувати ефективний релейний захист і забезпечити виявлення однофазних замикань на землю.

					02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ	Аркуш 64
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Проведено розрахунків електричних навантажень житлового будинку та вбудованих приміщень. На основі отриманих результатів визначено навантаження на щити ГРЩ та ЩР, а також розрахункове навантаження на вводі БКТП. Виконано вибір силових трансформаторів, кабельних ліній 10 кВ та 0,4 кВ із перевіркою за допустимим тривалим струмом, втратою напруги та термічною стійкістю до струмів короткого замикання.

Розроблено схему РУ-0,4 кВ із двосекційною системою шин та секціонуванням, що дозволяє підвищити надійність електропостачання споживачів I та II категорії. Використання автоматичних вимикачів викатного виконання забезпечує безпечне обслуговування обладнання та можливість швидкого виконання ремонтних робіт без відключення суміжних приєднань.

Передбачене резервування живлення, БКТП живиться по двопроменовій схемі від двох незалежних джерел, а наявність двох силових трансформаторів дозволяє забезпечити безперервність електропостачання у разі виходу з ладу однієї з кабельних ліній 10 кВ або при виведенні основного трансформатора у ремонт.

Встановлено, що впровадження сучасних систем дистанційного керування та інтеграція обладнання в SCADA-системи дозволяє значно скоротити час реагування на аварійні ситуації, підвищити оперативність перемикачів, зменшити вплив людського фактору та покращити загальну ефективність експлуатації електричних мереж. Такі рішення відповідають сучасним тенденціям розвитку електроенергетики та концепції цифрових підстанцій.

У розділі електробезпеки та охорони праці розглянуто основні заходи захисту персоналу від ураження електричним струмом, виконано визначення класу наслідків об'єкта та наведено вимоги щодо безпечної експлуатації реконструйованої підстанції. Передбачені рішення щодо системи заземлення TN-C-S, застосування захисних апаратів та організації безпечного обслуговування обладнання забезпечують відповідність об'єкта вимогам чинних нормативних документів та створюють безпечні умови праці для обслуговуючого персоналу.

Таким чином, у результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи досягнуто поставленої мети – розроблено та обґрунтовано технічні рішення реконструкції ПС-10/0,4 кВ для підвищення ефективності функціонування системи

					02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ	Аркуш 65
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

електропостачання. Запропоновані рішення дозволяють підвищити надійність та безпечність електропостачання споживачів, забезпечити резервування живлення, знизити експлуатаційні витрати та створити умови для подальшої автоматизації й модернізації розподільчих мереж.

					02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ	Аркуш
						66
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 8855:2019. Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 16 с. URL: <https://online.budstandart.com> (дата звернення: 22.05.2026).
2. ДБН В.2.5-23:2025. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Київ: Мінрозвитку громад та територій України, 2025. URL: <https://e-construction.gov.ua> (дата звернення: 22.05.2026).
3. ДСТУ EN 60076-1:2016. Трансформатори силові. Частина 1. Загальні відомості (EN 60076-1:2011, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. URL: <https://online.budstandart.com> (дата звернення: 22.05.2026).
4. ДСТУ EN IEC 62271-100:2022. Пристрої контрольні розподільні високовольтні. Частина 100. Вимикачі змінного струму (EN IEC 62271-100:2021, IDT; IEC 62271-100:2021, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. URL: <https://online.budstandart.com> (дата звернення: 22.05.2026).
5. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕс). Київ: Держнаглядохоронпраці, 1998. 112 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 20.05.2026).
6. ДСТУ EN IEC 62271-102:2022. Пристрої контрольні розподільні високовольтні. Частина 102. Роз'єднувачі та уземлювальні перемикачі змінного струму (EN IEC 62271-102:2018, IDT; IEC 62271-102:2018, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. URL: <https://online.budstandart.com> (дата звернення: 22.05.2026).
7. ДСТУ EN 61869-1:2017. Трансформатори вимірювальні. Частина 1. Загальні вимоги (EN 61869-1:2009, IDT; IEC 61869-1:2007, MOD). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. URL: <https://online.budstandart.com> (дата звернення: 22.05.2026).
8. ДСТУ EN 61869-2:2017. Трансформатори вимірювальні. Частина 2. Додаткові вимоги до трансформаторів струму (EN 61869-2:2012, IDT; IEC 61869-2:2012, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. URL: <https://online.budstandart.com> (дата звернення: 22.05.2026).
9. ДСТУ EN IEC 62053-21:2021. Засоби вимірювання електричної енергії змінного струму. Спеціальні вимоги. Частина 21. Лічильники активної енергії статичні

					02.03 - КР. 2606 "С" 2025.10.30 011 ПЗ	Аркуш 67
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

(класів точності 0,5, 1 і 2) (EN IEC 62053-21:2021, IDT; IEC 62053-21:2020, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021. URL: <https://online.budstandart.com> (дата звернення: 22.05.2026).

10. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Вид. 7-ме, перероб. і допов. Київ: Міненерговугілля України, 2017. 760 с. URL: <https://mev.gov.ua> (дата звернення: 20.05.2026).

11. ДСТУ IEC/TR 61850-1:2018. Комунікаційні мережі та системи для автоматизації електроенергетичних підприємств. Частина 1. Вступ та огляд (IEC/TR 61850-1:2013, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. URL: <https://online.budstandart.com> (дата звернення: 22.05.2026).

12. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2012. URL: <https://e-construction.gov.ua> (дата звернення: 22.05.2026).

13. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок (ПБЕЕ). Київ: Держнаглядохоронпраці, 1997. 134 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 20.05.2026).

14. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Київ: Мінрегіон України, 2014. 33 с. URL: <https://online.budstandart.com> (дата звернення: 22.05.2026).

15. Запобіжники струмообмежувальні ПТ виробництва ТОВ «Кварц»: каталог продукції. RES.UA: вебсайт дистриб'ютора електрообладнання. URL: <https://res.ua> (дата звернення: 14.05.2026).

16. Кирик В. В. Електричні мережі та системи: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. 324 с.

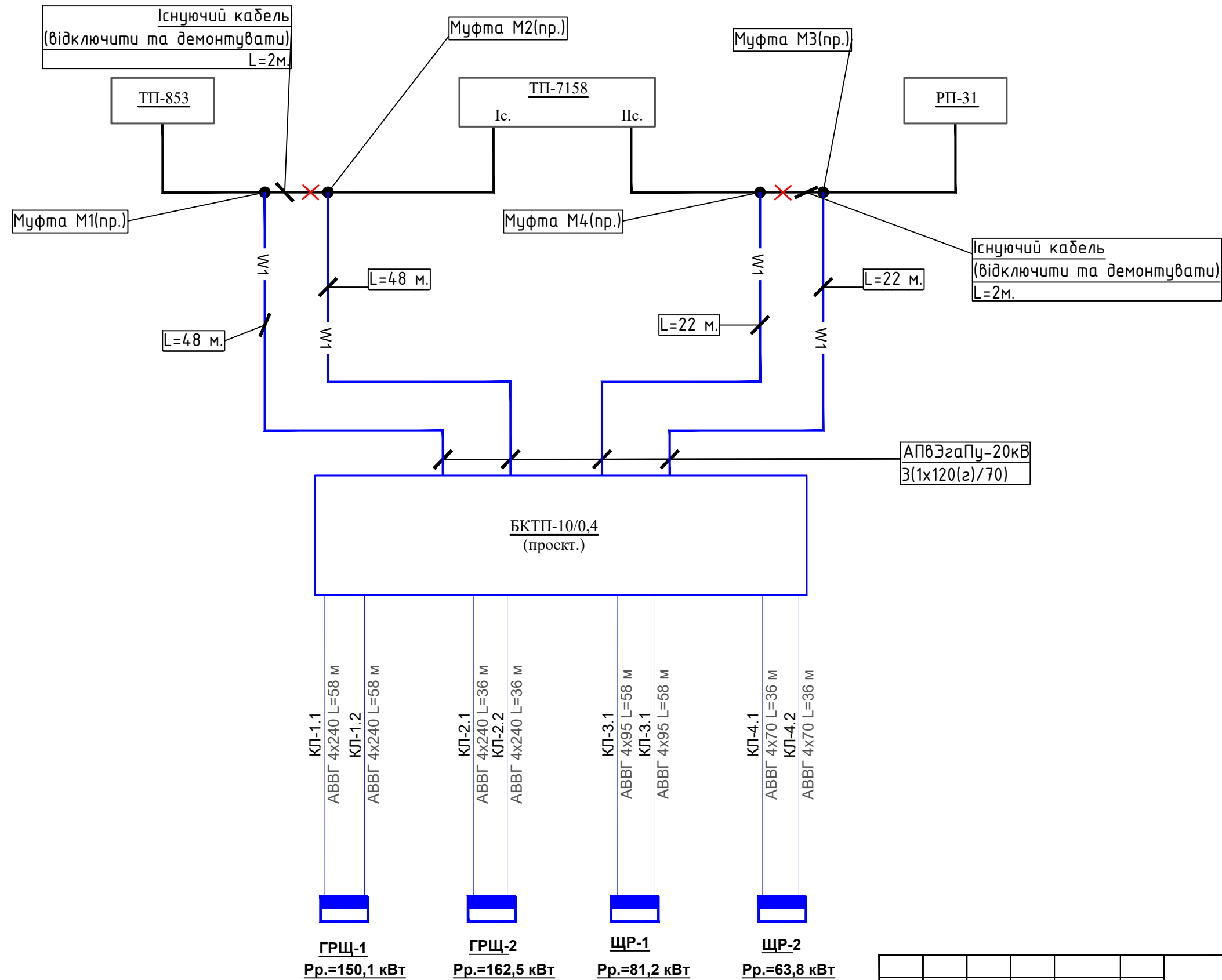
17. Кирик В. В. Електричні мережі: підручник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 248 с.

18. Козлов В. Д., Захарченко В. П., Тачиніна О. М. Електрична частина станцій та підстанцій: підручник / за заг. ред. В. Д. Козлова. Київ: НАУ, 2018. 312 с.

19. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи: підручник. 3-тє вид., допов. і перероб. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2015. 540 с.

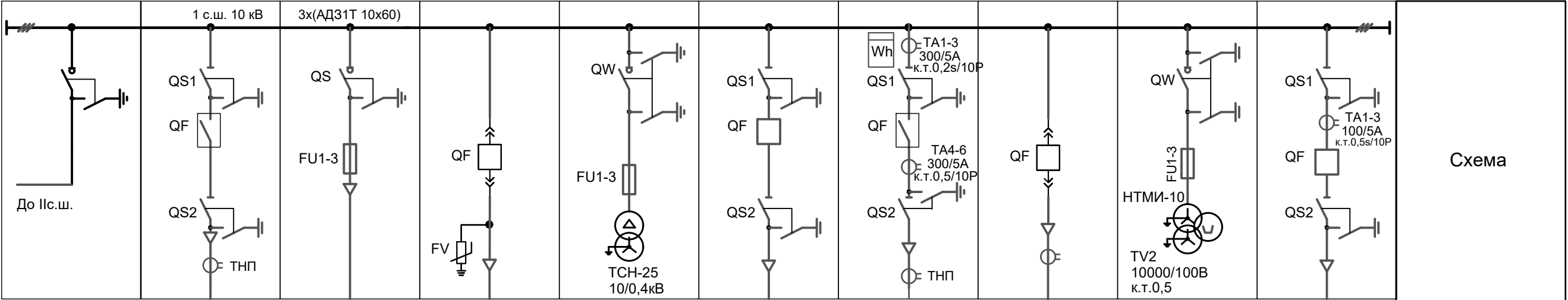
20. Сулейманов В. М., Кацадзе Т. Л. Електричні мережі та системи: підручник. Київ: НТУУ «КПІ», 2008. 456 с.
21. ELGAMA-Electronika. Лічильники електричної енергії GAMA 300: інструкція з експлуатації, схеми підключення, паспорт. URL: <https://www.elgama.com.ua> (дата звернення: 15.05.2026).
22. IEC 61850-1:2013. Communication networks and systems for power utility automation. Part 1: Introduction and overview. Geneva: IEC, 2013. 68 p.
23. IEEE Std 1366-2022. IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices. New York: IEEE, 2022. 47 p. DOI: 10.1109/IEEESTD.2022.9955492.
24. Schneider Electric. EasyPact EXE. Розподіл середньої напруги: каталог 2023. Вакуумний вимикач стаціонарного та викатного виконання на напругу до 17,5 кВ. Schneider Electric, 2023. URL: <https://www.se.com> (дата звернення: 10.05.2026).
25. ТОВ «СЛАВГОР ЕНЕРГО УКРАЇНА». Каталог роз'єднувачів внутрішньої установки із заземлювальними ножами. URL: <https://slavgorenergo.com.ua> (дата звернення: 16.05.2026).
26. ТОВ «УкрЕлектро». Технічний каталог трансформаторів струму ТОЛУ-10. Хмельницький: ТОВ «УкрЕлектро», 2023. URL: <https://ukrelektro.com.ua> (дата звернення: 12.05.2026).
27. ТОВ «УКРЕЛЕКТРОАПАРАТ». Каталог силових трансформаторів типу ТМГ серій ЕСО1, ЕСО2. Хмельницький: ТОВ «УКРЕЛЕКТРОАПАРАТ», 2023. URL: <https://uea.com.ua> (дата звернення: 08.05.2026).

Додаток А

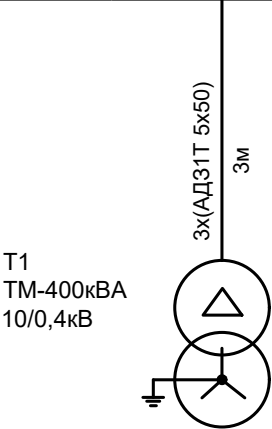


						02.03 – КР. 2606 «С» 2025.10.30 011 ПЗ						
						Багатоквартирний житловий будинок						
Зм	Кільк	Арк	№ док	Підпис	Дата				Стадія	Аркуш	Аркушів	
Розробив		Яворський										
Перевірів		F Z d Z j _ \ b q				Схема принципова електропостачання			ННІ ЕАіЕ			

РУ-10 кВ, 630 А, 20 кА/1с



19	17	15	13	11	9	7	5	3	1	Номер комірки
Секційна	Ввідна	Т-1	Лінійна	ТВП	Лінійна	Ввідна	Лінійна	ТН	Лінійна	Призначення комірки
КСО-398	КСО-398	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	Тип комірки
-	РВ3-II-10/630	-	-	-	РВ3-II-10/630	РВ3-II-10/630	-	-	РВ3-II-10/630	Шинний роз'єднувач
ВНА-10/630-1з	ВВ/VL-12/25/1000	РВ3-II-10/630	ВПГП-10-20/630	ВНАп-10/630-2з	ВПМ-10-20/630	ВВ/TEL-12/20/630	ВПГП-10-20/630	ВНАп-10/630-2з	ВПМ-10-20/630	Комутаційний апарат
-	-	ПКТ-10-40	-	ПКТ-10-6	-	ПKN-10-5-31,5	-	-	-	Тип запобіжника
-	-	-	ОПНп-10/11,5/10/400	-	-	-	-	-	-	Обмежувач перенапруги
-	ТЗЛМ1-1	-	-	-	-	ТОЛУ-10, ТЗЛМ1-1	ТЗЛМ1-1	-	-	Траснформатори струму
-	РВ3-II-10/630	-	-	-	РВ3-II-10/630	РВ3-I-10/630	-	-	РВ3-II-10/630	Лінійний роз'єднувач
-	ТП 212 Іс.	Тр-р 1	ТП 109 Іс.	-	ТП 88 Іс.	ПС "Універ." Іс. ком.4	ТП 193 Іс.	-	ТП39 Іс.	Найменування лінії

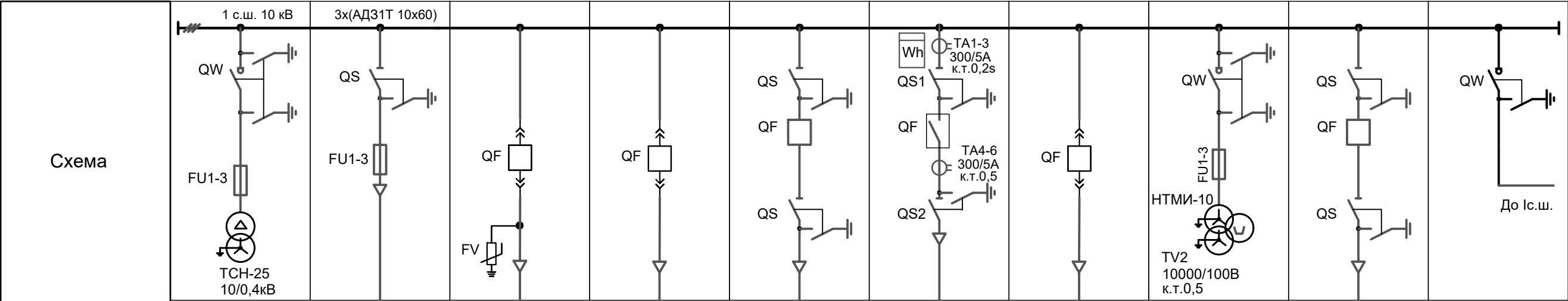


ПОГОДЖЕНО:

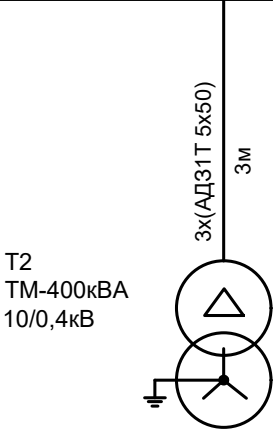
Інв. № ориг.	Підпис і дата:	Зам. інв. №

						02.03 – КР. 2606«С» 2025.10.30 011 ПЗ		
						Багатоквартирний житловий будинок		
Зм	Кільк	Арк	№док	Підпис	Дата		Стадія	Аркуш
								Аркушів
Розробив	Яворський					Схема I-ї та II-ї секції шин РУ-10кВ РП2 (існуюча)	ННІ ЕАіЕ	
Перевірів	F Z d Z j _ \ b q							

РУ-10 кВ, 630 А, 20 кА/2с



Номер комірки	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Призначення комірки	ТВП	Т-2	Лінійна	Лінійна	Лінійна	Ввідна	Лінійна	ТН	Лінійна	Секційна
Тип комірки	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393
Шинний роз'єднувач	-	-	-	-	РВ3-II-10/630	РВ3-II-10/630	-	-	РВ3-II-10/630	-
Комутаційний апарат	ВНА-10/630-2з		ВПГП-10-20/630	ВПГП-10-20/400	ВПМ-10-20/630	ВВ/VL-12/25/1000-У2	ВПГП-10-20/630	РВ3-III-10/630	ВПМ-10-20/630	ВНАп-10/630-1з
Тип запобіжника	ПКТ-10-6	ПКТ-10-40	-	-		-	-	ПKN-10-6	-	-
Обмежувач перенапруги	-	-	ОПНп-10/11,5/10/400	-	-	-	-	-	-	-
Траснформатори струму	-	-	-	-	-	ТОЛУ-10	-	-	-	-
Лінійний роз'єднувач	-	-	-	-	РВ3-II-10/630	РВ3-I-10/630	-	-	РВ3-II-10/630	-
Найменування лінії		Тр-р 2	ТП 117 Іс.	ТП 84 с.	РП112 Іс. ком.10	ПС "БУМ" Іс. ком.8	ТП 193 Іс.	-	ТП39 Іс.	



ПОГОДЖЕНО:

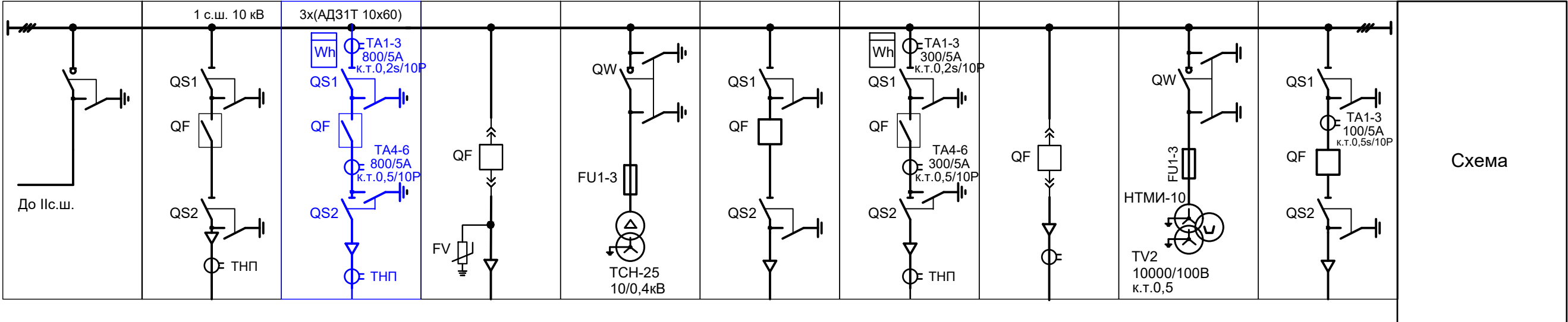
Інв. № ориг. Підпис і дата: Зам. інв. №

Зм	Кільк	Арк	№ док	Підпис	Дата

02.03 – КР. 2606 «С» 2025.10.30 011 ПЗ

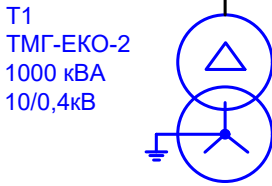
Аркуш

РУ-10 кВ, 630 А, 20 кА/1с



19	17	15	13	11	9	7	5	3	1	Номер комірки
Секційна	Ввідна	Т-1	Лінійна	ТВП	Лінійна	Ввідна	Лінійна	ТН	Лінійна	Призначення комірки
КСО-398	КСО-398	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	Тип комірки
-	PB3-II-10/630	PB3-II-10/1000	-	-	PB3-II-10/630	PB3-II-10/630	-	-	PB3-II-10/630	Шинний роз'єднувач
ВНА-10/630-1з	ВВ/VL-12/25/1000	EXE122512K1B	ВПГП-10-20/630	ВНАп-10/630-2з	ВПМ-10-20/630	ВВ/TEL-12/20/630	ВПГП-10-20/630	ВНАп-10/630-2з	ВПМ-10-20/630	Комутаційний апарат
-	-	ПКН-10-5-31,5	-	ПКТ-10-6	-	ПКН-10-5-31,5	-	-	-	Тип запобіжника
-	-	-	ОПНп-10/11,5/10/400	-	-	-	-	-	-	Обмежувач перенапруги
-	ТЗЛМ1-1	ТОЛУ-10, ТЗЛМ1-1	-	-	-	ТОЛУ-10, ТЗЛМ1-1	ТЗЛМ1-1	-	-	Траснформатори струму
-	PB3-II-10/630	PB3-I-10/1000	-	-	PB3-II-10/630	PB3-I-10/630	-	-	PB3-II-10/630	Лінійний роз'єднувач
-	ТП 212 Іс.	Тр-р 1	ТП 109 Іс.	-	ТП 88 Іс.	ПС "Універ." Іс. ком.4	ТП 193 Іс.	-	ТП39 Іс.	Найменування лінії

Запроектоване обладнання
комірки №15



ПОГОДЖЕНО:

Зам. інв. №

Підпис і дата:

Інв. № ориг.

02.03 – КР. 2606 «С» 2025.10.30 011 ПЗ

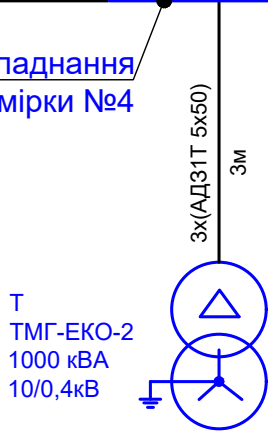
Багатоквартирний житловий будинок

Зм	Кільк	Арк	Недок	Підпис	Дата			Стадія	Аркуш
									Аркушів
Розробив	Яворський								
Перевірів	Макаревич								
						Схема I-ї та II-ї секції шин РУ-10кВ РП2 (після переобладнання)			ННІ ЕАіЕ

РУ-10 кВ, 630 А, 20 кА/2с

Схема										
	1 с.ш. 10 кВ	3х(АД31Т 10х60)								
Номер комірки	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Призначення комірки	ТВП	Т-2	Лінійна	Лінійна	Лінійна	Ввідна	Лінійна	ТН	Лінійна	Секційна
Тип комірки	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393	КСО-393
Шинний роз'єднувач	-	РВ3-II-10/1000	-	-	РВ3-II-10/630	РВ3-II-10/630	-	-	РВ3-II-10/630	-
Комутаційний апарат	ВНА-10/630-2з	ЕХЕ122512К1В	ВПГП-10-20/630	ВПГП-10-20/400	ВПМ-10-20/630	ВВ/VL-12/25/1000-У2	ВПГП-10-20/630	РВ3-III-10/630	ВПМ-10-20/630	ВНАп-10/630-1з
Тип запобіжника	ПКТ-10-6	ПКН-10-5-31,5	-	-	-	-	-	ПКН-10-6	-	-
Обмежувач перенапруги	-	-	ОПНп-10/11,5/10/400	-	-	-	-	-	-	-
Траснформатори струму	-	ТОЛУ-10, ТЗЛМ1-1	-	-	-	ТОЛУ-10	-	-	-	-
Лінійний роз'єднувач	-	РВ3-I-10/1000	-	-	РВ3-II-10/630	РВ3-I-10/630	-	-	РВ3-II-10/630	-
Найменування лінії		Тр-р 2	ТП 117 Іс.	ТП 84 с.	РП112 Іс. ком.10	ПС "ВУМ" Іс. ком.8	ТП 193 Іс.	-	ТП39 Іс.	

Запроектоване обладнання
комірки №4

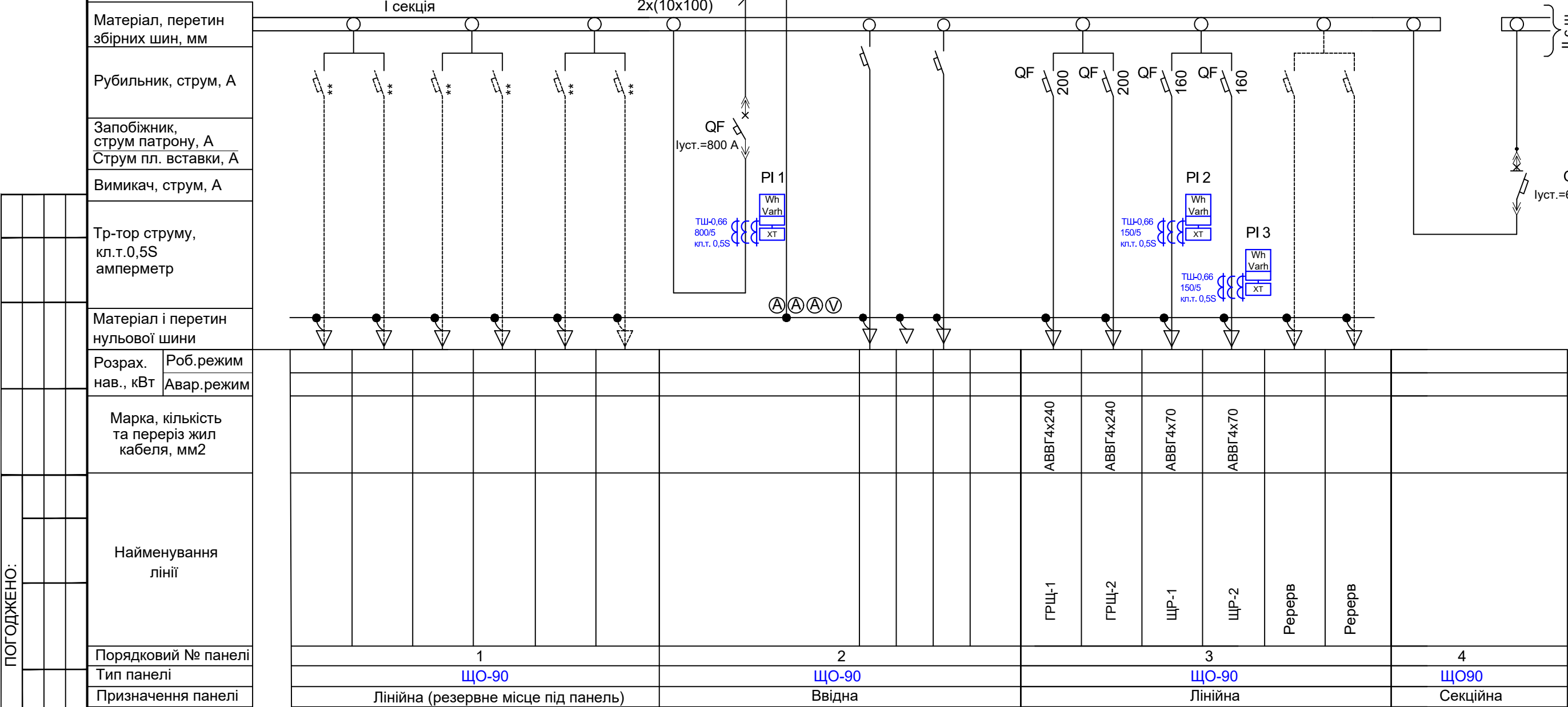


ПОГОДЖЕНО:

Зам. інв. №

Підпис і дата:

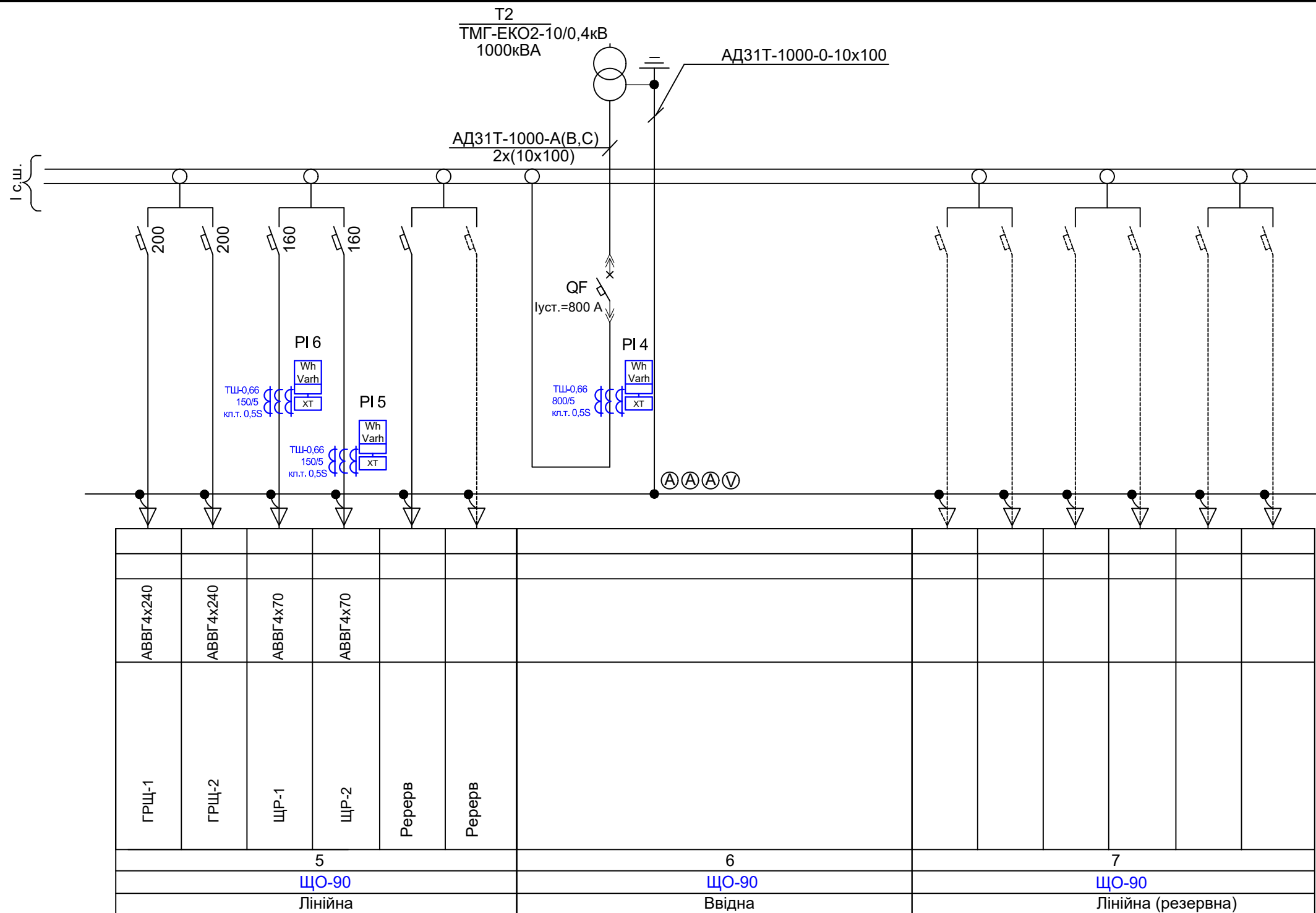
Інв. № ориг.



PI - - GAMA 300 G3B* 147.240.F47.B2. P4.C311.A3.L1
230/400 В, 5(10)А, кл.т. 1,0/2,0

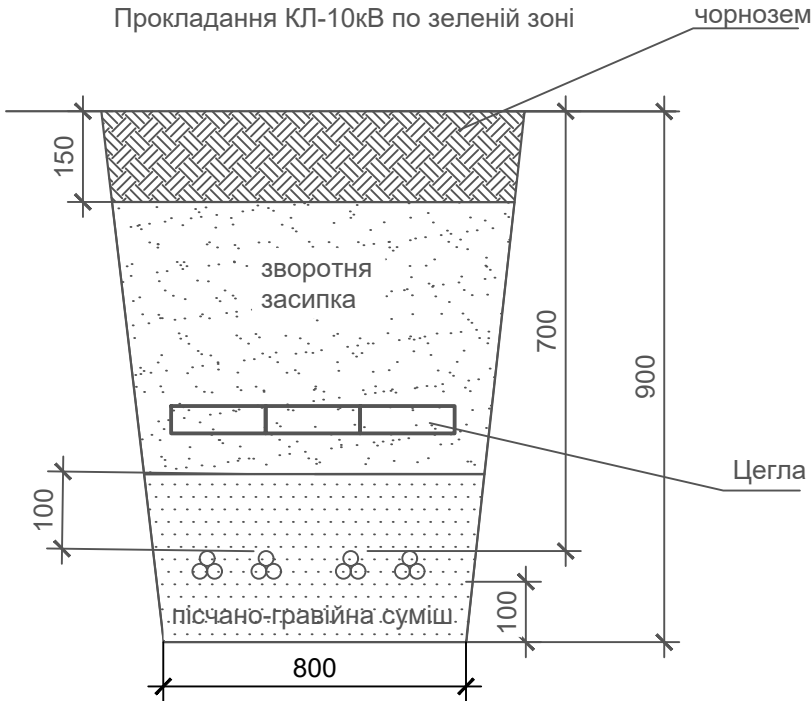
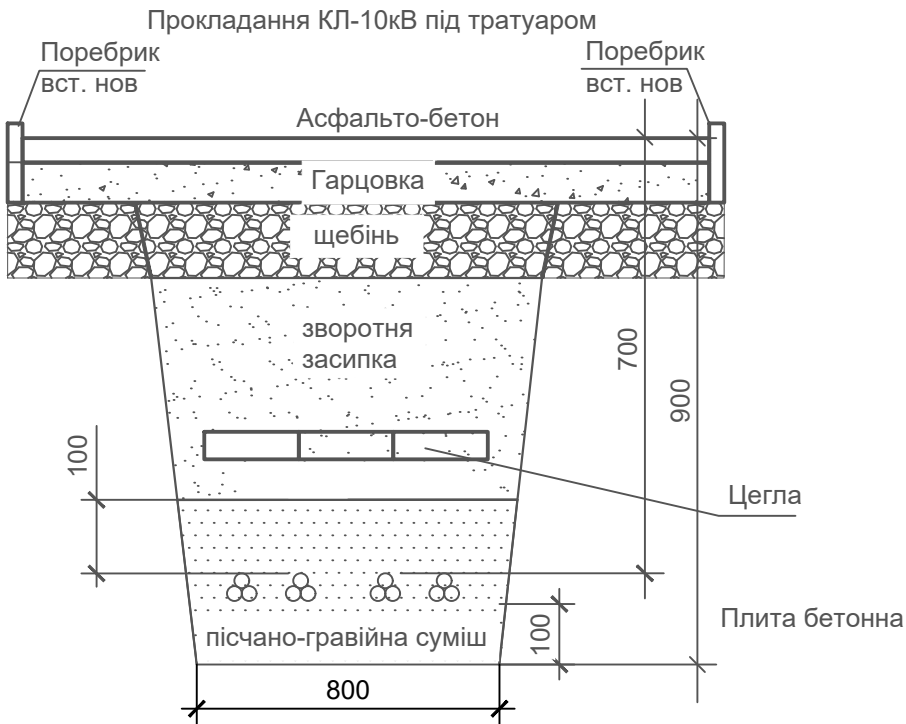
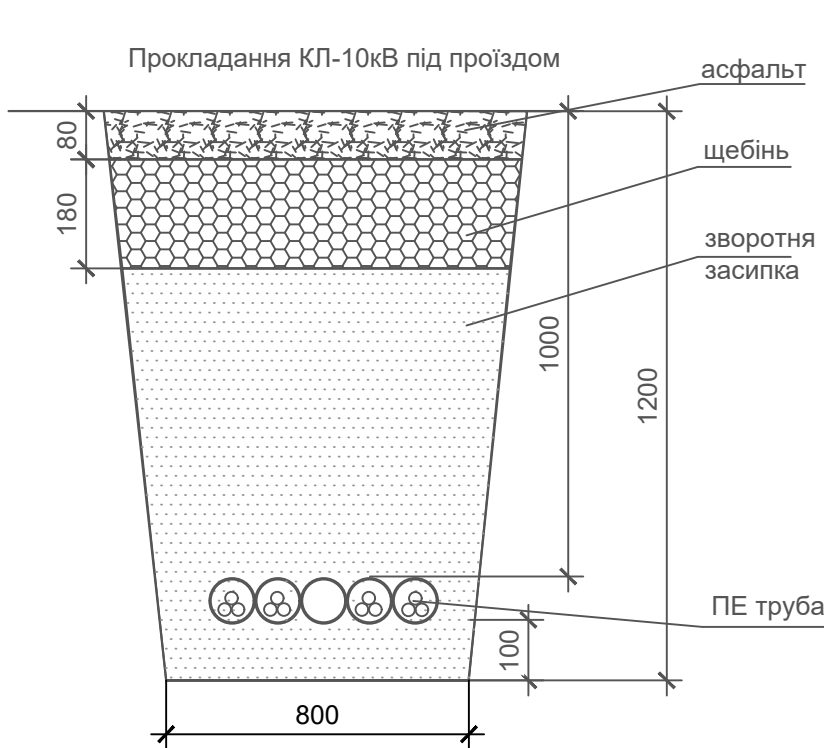
						02.03 – КР. 2606 «С» 2025.10.30 011 ПЗ			
						Багатоквартирний житловий будинок			
Зм	Кільк	Арк	Недок	Підпис	Дата		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Яворський					Схема електричних з'єднань РУ-0,4кВ	ННІ ЕАіЕ		
Перевірів	Макаревич								

Додаток Е.2



PI 4-6 - GAMA 300 G3B* 147.240.F47.B2. P4.C311.A3.L1
230/400 B, 5(10)A, кл.т. 1,0/2,0

						02.03 – КР. 2606 «С» 2025.10.30 011 ПЗ	Аркуш
Зм	Кільк	Арк	№ док	Підпис	Дата		



Примітки.

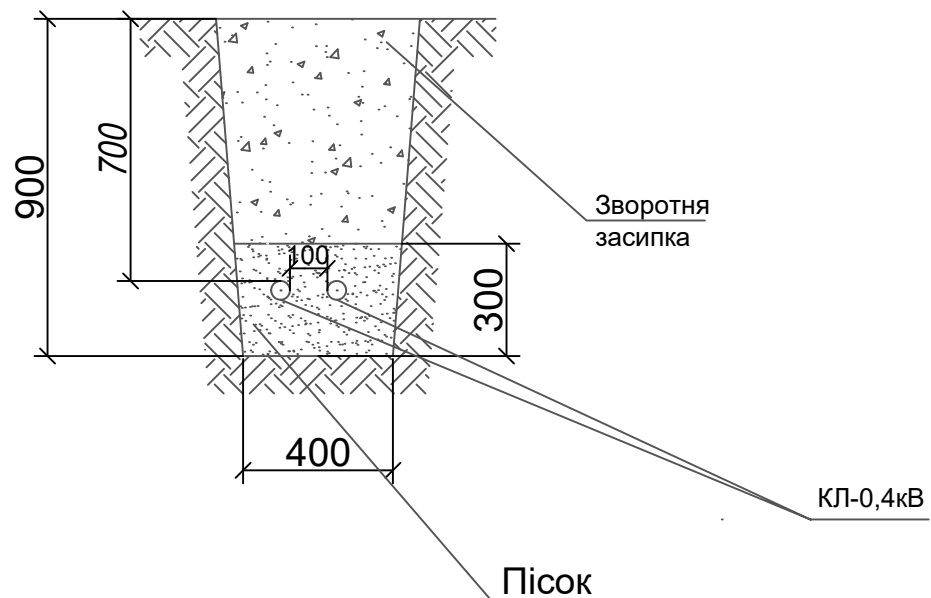
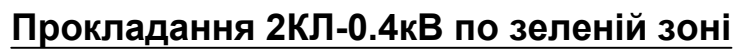
1. Для захисту кабельних ліній 10кВ в місцях можливого частого розриття, в зонах існуючих КЛ, близького розташування з іншими інженерними мережами використовується цегла будівельна повнитіла та електротехнічні поліетиленові труби. Крок укладання цегли для одножильних кабелів з ізоляцією зшитого поліетилену укладених в рівнобічний трикутник, згідно геометричних параметрів кабелів перерізом 120-500мм2 складає:

Тип траншеї	Ширина траншеї, мм	Кількість цегли на 1м, шт	Схема укладання цегли в траншеї
К1	800	25,02	

2. Згідно рекомендацій виробників для ув'язування одножильних кабелів прокладених в ґрунті викоритовують пазки для стягування. Пазки вибираються за термічною стійкістю, враховуючи що нормальна температура кабелю 90°C та довжиною необхідною для стягування. Періодичність встановлення пазків прийнято 1,0-1,5м.

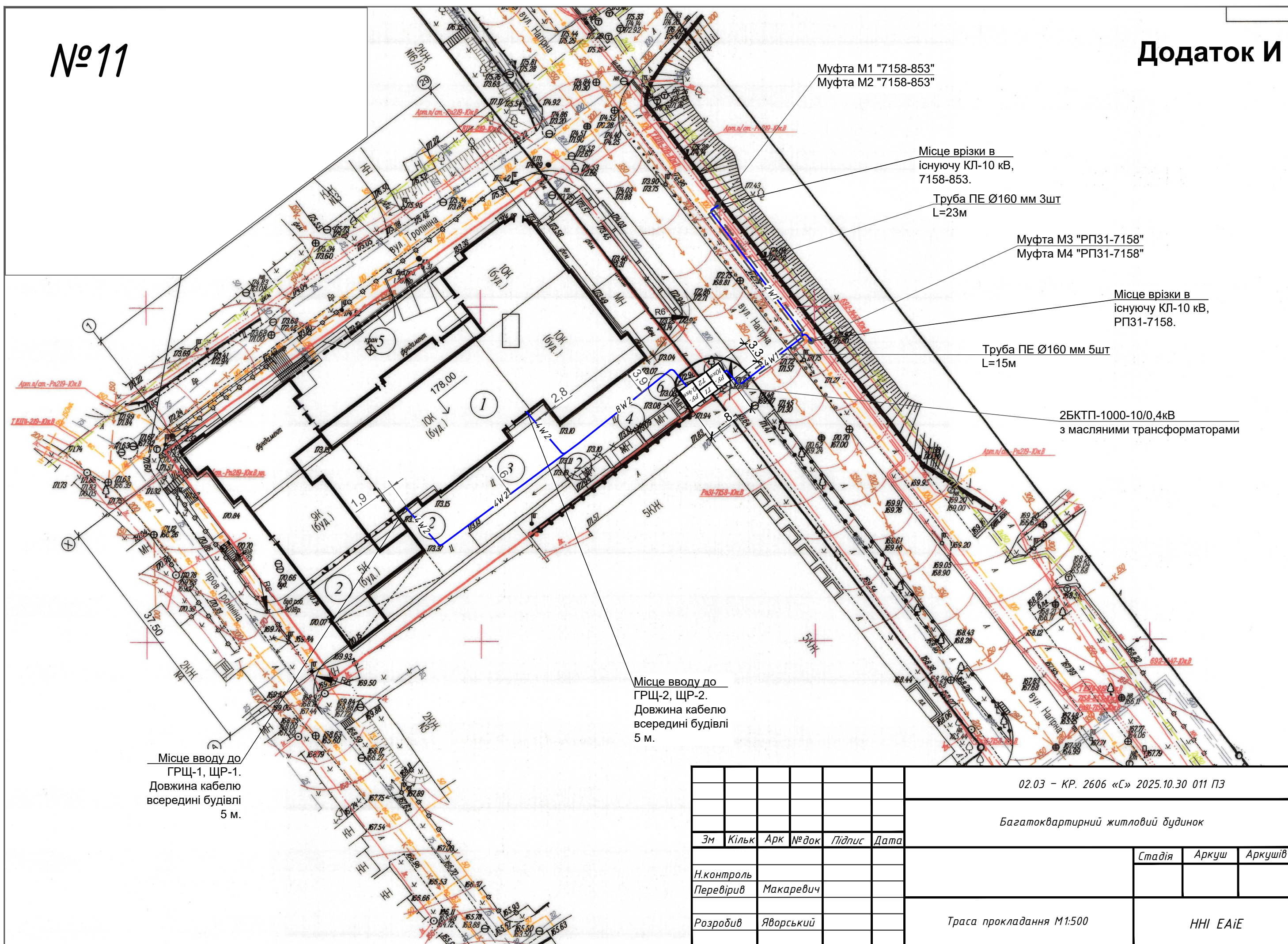
						02.03 – КР. 2606 «С» 2025.10.30 011 ПЗ			
						Багатоквартирний житловий будинок			
Зм	Кільк	Арк	№ док	Підпис	Дата		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Яворський								
Перевірів	Макаревич					Профіль траншеї прокладання КЛ-10кВ	ННІ ЕАіЕ		

Додаток 3



Тип траншеї	Ширина траншеї, мм	Кількість цегли на 1м, шт	Схема укладання цегли в траншеї
T-9	1000	29,02	

Підпис і дата:							02.03 – КР. 2606 «С» 2025.10.30 011 ПЗ						
							Багатоквартирний житловий будинок						
	Зм	Кільк	Арк	№ док	Підпис	Дата							
									Стадія	Аркуш	Аркушів		
Інв. № ориг.:													
	Розробив		Яворський										
	Перевірів		Макаревич				Профіль траншеї прокладання КЛ-0,4кВ	ННІ ЕАіЕ					



						02.03 – КР. 2606 «С» 2025.10.30 011 ПЗ		
						Багатоквартирний житловий будинок		
Зм	Кільк	Арк	№ док	Підпис	Дата			
							Стадія	Аркуш
Н.контроль								
Перевірів	Макаревич							
Розробив	Яворський					Траса прокладання М1:500		ННІ ЕАіЕ

ПОГОДЖЕНО:

Інв. № ориг.	
Підпис і дата:	Зам. інв. №

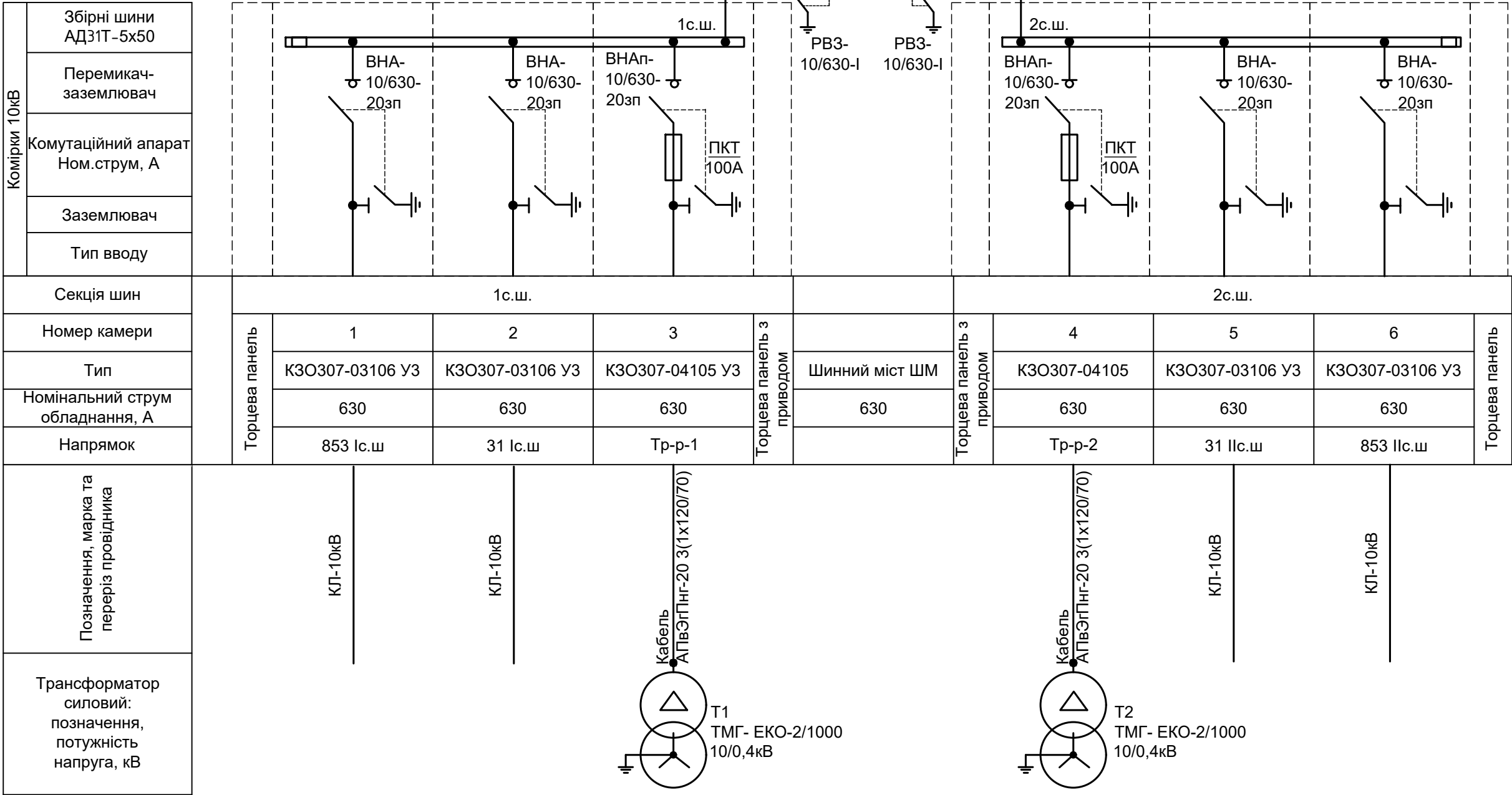


Таблица 9.3 - Проверка трансформаторів струму

						02.03 – КР. 2606 «С» 2025.10.30 011 ПЗ			
						Багатоквартирний житловий будинок			
Зм	Кільк	Арк	№док	Підпис	Дата		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Яворський							
Перевірів		Макаревич				Схема електричних з'єднань РУ-10кВ	ННІ ЕАіЕ		