

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та енергетики

(повне найменування факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

**Проектування електричних мереж 10/0,4кВ для живлення
житлових будинків з господарськими будівлями та
спорудами житлового масиву
встановленою потужністю 200 кВт**

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(назва освітньої програми)

**Виконав: здобувач вищої освіти
групи ЕЕ-42
ЧЕРВАК Сергій Вікторович**

(підпис)

**Керівник:
асистент
ВАЩЕЛЮК Юрій Ігорович**

(підпис)

**Кваліфікаційний проєкт
допущено до захисту
«__» _____ 2026р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Волинець Владислав Ігорович**

(підпис)

Луцьк – 2026 року

АНОТАЦІЯ

Червак С.В. Проектування електричних мереж 10/0,4кВ для живлення житлових будинків з господарськими будівлями та спорудами житлового масиву встановленою потужністю 200 кВт. Рукопис.

Кваліфікаційний проект бакалавра ОП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційний проект бакалавра складається з п'яти розділів, переліку посилань, додатків. Містить: 76 сторінок, 17 рисунків, 26 таблиць, 26 посилань.

У проекті розроблено систему електропостачання для живлення житлових будинків з господарськими будівлями та спорудами житлового масиву. Розробка виконувалася на основі електротехнічних розрахунків: розрахунок силових навантажень з використанням методу впорядкованих діаграм; розрахунок освітлювальних навантажень виконано за допомогою методу питомої густини навантаження; визначення електричних навантажень на вищих рівнях системи електропостачання підприємства з використанням ієрархічного підходу; вибір перерізу проводів ліній електропередачі за технічними і економічними умовами; вибір перерізу КЛ виконано за економічною густиною струму; виконано розрахунок струмів короткого замикання на стороні 10 та 0,4 кВ; здійснено вибір високовольтного та низьковольтного обладнання.

Виконані розробки дозволяють перейти до практичної частини будівництва й впровадження спроектованої системи електропостачання підприємства.

Ключові слова: система електропостачання (СЕП), трансформаторна підстанція (ТП), кабельна лінія (КЛ), струми короткого замикання (КЗ), системи автоматизованого проектування (САПР), електроприймач (ЕП).

ANNOTATION

Chervak S.V. Design of 10/0.4 kV electric networks for powering residential buildings with outbuildings and structures of a residential area with an installed capacity of 200 kW. Manuscript.

Bachelor's Qualification Project in the Educational Program "Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics", Specialty 141 Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification project consists of five chapters, a list of references, and appendices. It contains: 76 pages, 17 figures, 26 tables, and 26 references.

The project develops a power supply system for feeding residential houses with outbuildings and structures of a residential area. The development was carried out based on electrotechnical calculations: calculation of power loads using the method of ordered diagrams; calculation of lighting loads performed using the specific load density method; determination of electrical loads at higher levels of the enterprise's power supply system using a hierarchical approach; selection of the cross-section of power line wires according to technical and economic conditions; selection of the cable line cross-section performed by the economic current density; calculation of short-circuit currents on the 10 and 0.4 kV sides; selection of high-voltage and low-voltage equipment. The performed developments allow to pass to a practical part of construction and implementation of the designed system of power supply of the enterprise.

Key words: power supply system (PSS), transformer substation (TS), cable line (CL), short-circuit currents (SCC), computer-aided design (CAD), electric receiver (ER).

ВСТУП

Сучасний розвиток сільських та приміських територій супроводжується активним будівництвом нових житлових масивів котеджного та садибного типу. Проектування системи електропостачання (СЕП) житлового масиву загальною встановленою потужністю 200 кВт є складним багатоетапним процесом. Його результатом є розробка комплексної технічної документації, яка суворо відповідає вимогам Державних будівельних норм (ДБН) та Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС). У ході проектування необхідно забезпечити нормативну якість напруги у найвіддаленіших споживачів масиву, мінімізувати втрати потужності в лініях великої протяжності та гарантувати високий рівень безперебійності живлення.

Основні етапи проектування надійної СЕП:

1. Збір вихідних даних: опрацювання генерального плану житлового масиву з географічним розташуванням будинків; аналіз їхньої номінальної потужності, коефіцієнтів попиту та категорійності за надійністю електропостачання (переважно III категорії, з виділенням споживачів I або II категорії).

2. Розрахунок електричних навантажень: обґрунтування параметрів зовнішнього живлення, вибір раціонального місця розташування та типу трансформаторної підстанції (ТП) з урахуванням центру електричних навантажень масиву; формування конфігурації мережі.

3. Вибір напруги та схеми живлення: обґрунтування параметрів зовнішнього живлення, вибір раціональної напруги, типу та місця розташування трансформаторної підстанції (ТП).

4. Вибір основного електрообладнання: вибір високовольних та низьковольних комутаційних апаратів; вибір перерізу кабельних ліній (КЛ) із обов'язковою перевіркою за умовами тривалого нагрівання, допустимими втратами напруги в нормальному й аварійному режимах, а також за термічною стійкістю до дії струмів короткого замикання.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ.....	9
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ	10
2.1. Розрахунок навантаження масиву	10
2.2. Розрахунок освітлювального навантаження масиву	10
2.3. Визначення результуючих навантажень.....	11
2.4. Побудова картограми навантажень.....	11
2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів	12
2.6. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП.....	13
2.7. Проєктування мережі живлення	14
2.8. Проєктування внутрішньої розподільної мережі.....	16
2.9. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 10 кВ	17
2.10. Вибір обладнання	18
2.10.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв на напругу 10 кВ	18
2.10.2. Вибір роз'єднувачів	19
2.10.3. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників	20
2.10.4. Вибір вимикачів навантаження та запобіжників	20
2.10.5. Вибір комплектних розподільчих пристроїв на напругу 0,4 кВ	21
2.11. Розрахунок низьковольтної мережі цеху.....	21
2.11.1. Вибір схеми електропостачання.....	21

					<i>ЛНТУ.971057.000 ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Червак С.В.				Проєктування електричних мереж 10/0,4кВ для живлення житлових будинків з господарськими будівлями та спорудами житлового масиву встановленою потужністю 200 кВт. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.
Перевір.	Ващелюк Ю.І.						Аркуші
						6	76
Н. Контр.	Ващелюк Ю.І.					ФАБЕ, гр. ЕЕ-41	
Затверд.	Волинець В.І.						

2.12.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ	22
2.12.3. Вибір трансформаторів струму	24
2.12.4. Вибір автоматичних вимикачів	25
2.12.5. Вибір рубильників.....	26
РОЗДІЛ 3 ПРОЄКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	28
РОЗДІЛ 4 САПР	34
РОЗДІЛ 5 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА	36
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	39
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	40
ДОДАТКИ.....	42

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

В кваліфікаційному проєкті розроблена система електропостачання масиву на 72 житлових будинків з господарськими будівлями та спорудами житлового масиву встановленою потужністю 200 кВт. Вихідні дані по основних будівлях наведено в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Встановлена потужність будівель масиву

№ п/п	Назва об'єкту	к-ть будівель	Встановлена потужність	Категорія надійності
1	Приватний ж/б	60	16	III
2	Приватний ж/б	12	12	III
	Всього:	72	200	III

Таблиця 1.2 – Вихідні дані по об'єкту

Назва параметру	Значення
Джерело живлення	ПС 110/10 кВ
Довжина живлячої лінії, км	0,65
Потужність короткого замикання на шинах джерела живлення, МВА	120
Категорія надійності електроприймачів	III

Приймачами електричної енергії в даній роботі є приватні житлові будинки з господарськими спорудами.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проекткування електричних мереж 10/0,4кВ для живлення житлових будинків з господарськими будівлями та спорудами житлового масиву встановленою потужністю 200 кВт. Пояснювальна записка		
Розроб.	Червак С.В.						
Перевір.	Ващелюк Ю.І.						
Н. Контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						9	1
					ФАБЕ, гр. ЕЕ-42		

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень

Розрахунок силових електричних навантажень наведено в додатку А.1
Результати проведених розрахунків по кварталу вцілому показано в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантаження масиву

Питоме навантаження 1-го виду житла	Питоме навантаження 2-го виду житла	Кількість різновидів житла 1-го виду	Кількість різновидів житла 2-го виду	Коефіцієнт одночасності для 1-го виду житла (табл. - 6.1)	Коефіцієнт одночасності для 2-го виду житла (табл. - 6.1)	Коефіцієнт одночасності для сумарної кількості різновидів житла (табл. - 6.1)	Розрахункова потужність
Ржп1, кВт	Ржп2, кВт	N1	N2	Ржп1 N1	Ржп2 N1	Ржп2 N1+N2	Рр, кВт
26	16	60	12	2,83	2,52	2,51	199,32

Таблиця 2.2 – Розрахунок освітлювального навантаження масиву

Споживачі навантаження освітлення	Росв, кВт	Qосв, кВАр	Sосв, кВт*А
Висвітлення проїздів	65,7	16,5	67,73
Внутрішньоквартальне освітлення	14,4	3,6	14,80
Сумарна потужність освітлення	80,1	20,1	82,53

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування електричних мереж 10/0,4кВ для живлення житлових будинків з господарськими будівлями та спорудами житлового масиву встановленою потужністю 200 кВт. Пояснювальна записка		
Розроб.	Червак С.В.						
Перевір.	Ващелюк Ю.І.						
Н. Контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						10	18
					ФАБЕ, гр. ЕЕ-42		

2.3. Визначення результуючих навантажень

Для вибору комутаційно-захисної та вимірювальної апаратури необхідно розрахувати навантаження на шинах 0,4 кВ ТП. Результати розрахунків зведено в таблицю 2.3. Повне навантаження на шинах низької напруги трансформаторної підстанції розраховують за методикою, наведеною в додатку А.3

Таблиця 2.3 – Розрахунок сумарного навантаження на шинах НН ТП

Склад електроприймачів	P _p , кВт	Q _p , кВАр	S' _p , кВ*А
Електроприймачі житлових будинків із прибудованими комунальними підприємствами	200	50,12	206,19
Електроприймачі освітлення території	80,1	20,06	82,53
Сумарне розрахункове навантаження	280	70,2	288,72

2.4. Побудова картограми навантажень та визначення теоретичного центру навантажень

Основні розрахунки здійснено в додатку А.4. Результати розрахунків показані в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок картограми електричних навантажень

№	Назва об'єкта	P _{p.o} , кВт	P _{p.Σ} , кВт	Координати		R, см	α
				X	Y		
1	Житловий будинок №1-№13	5	60,4	239,69	240,86	13,9	29,8
2	Житловий будинок №14-№42	5	105,3	169,3	240,88	18,3	17,1
3	Житловий будинок №43-№72	5	107,7	76,86	240,88	18,5	16,7

2.5. Вибір кількості та потужності трансформаторів

Методика розрахунку та вибору кількості і потужності силових трансформаторів з врахуванням компенсуючих пристроїв показано в додатку А.5. Результати проведених розрахунків зведено в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Вибір типу та кількості трансформаторів ТП

Показник	Одиниці вимірювання	Варіанти	
		I	II
$P_{p\Sigma}$	кВт	200,00	200,00
$Q_{p\Sigma}$	кВАр	50,12	50,12
$S_{p\Sigma}$	кВА	206,19	206,19
F	м2	110415	110415
σ	кВА/м2	0,0018	0,0018
K з	-	0,85	0,85
$S_{ном.т}$	кВА	250	400
γ	-	0,4	0,4
Тип КТП	-	ТМ-250	ТМ-400
N min	-	0,941	0,588
m	-	0	0
Nопт	-	1	1
$Q_{max т}$	кВАр	71,80	274,95
$Q_{нк1,}$	кВАр	-21,68	-224,82
$Q_{нк1 ф}$	кВАр	0	0
$Q_{нк2}$	кВАр	-49,87	-109,87
$Q_{нк2 ф}$	кВАр	0	0
$Q_{нк}$	кВАр	0	0
Тип НБК	-	-	-
$Q_{нкф}$	кВАр	0	0
$\Delta P_{к.з}$	кВт	4,2	7,6
$\Delta P_{х.х}$	кВт	0,74	3,27
Се	тис.грн/рік	33,81	84,46
К	тис.грн	0,00	0,00
Δw	тис.кВт*год	11,19	27,96
З т	тис.грн/рік	33,81	84,46
$\Delta w_{кку}$	тис.кВт*год	0,00	0,00
Се	тис.грн/рік	0,00	0,00
З кку	тис.грн/рік	0,00	0,00
ЗΣ	тис.грн/рік	33,81	84,46

Отже, згідно техніко-економічних порівнянь приймаємо до встановлення 1 трансформатор ТМ-250 кВА. Перевіримо вибраний трансформатор на перевантажувальну здатність в аварійному режимі згідно виразу:

$$1,4 \cdot S_{\text{тном}} \geq \frac{2 \cdot S_{\text{p}\Sigma}}{N} = 1,4 \cdot 250 = 350 \geq \frac{1 \cdot 1123,61}{1} = 216,47 \text{кВА}$$

2.6. Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП

Визначення електричних навантажень в СЕП кварталу виконують для характерних місць приєднання приймачів електроенергії. Розрахунок електричних навантажень на вищих рівнях СЕП виконано за методикою, наведеною у додатку А.7. Результати розрахунку зведені у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Визначення навантажень на вищих рівнях СЕП

Показник	P Σ, кВт	Q Σ, кВАр	P, тр.	Pp3	Qp3	Sp3	Nт
Значення	280	70,2	250	280,054	70,19	288,715	1

Продовження таблиці 2.6

Кз	ΔРо, кВт	ΔРкз, кВт	ΔРт, кВт	ΔQт, кВАр	Qнкф, кВАр	Pp4, кВт	Qp4, кВАр	Sp4, кВА
1,15	3,27	4,2	8,872	23,3	0	289	93,53	303,686

2.7. Проектування мережі живлення масиву

Система електропостачання проектного житлового масиву виконаємо повітряною лінією. Вибір перерізу повітряної лінії здійснюється за розрахунковим струмом I_p . Вибір перерізу повітряної лінії виконаємо за економічною густиною струму. Найбільш економічно доцільний варіант виберемо, користуючись методом мінімуму приведених затрат.

Методика розрахунку та вибору перерізу живлячих ліній наведена у додатку А.8. Результати розрахунку і вибору жилих ліній показано в таблиці 2.7.

$$I_{\text{норм}} = \frac{1048,92}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 30,28 \text{ А};$$

$$I_{\text{п ав}} = \frac{1048,92}{\sqrt{3} \cdot 10} = 60,56 \text{ А}.$$

$$F_e = \frac{60,56}{1,1} = 55,05 \text{ мм}^2.$$

В якості повітряної лінії вибираємо провід АС-50 з найближчим більшим перерізом 50 мм².

Таблиця 2.7 – Вибір та перевірка живлячих ліній

F, мм ²	I _{доп} , А	I' _{доп} , А	го, Ом/км	хо, Ом/км	ΔU норм, %	ΔU п.ав, %	Кзл	ΔРн, Вт	ΔРд, Вт	Ве, тис.грн	К, тис.грн	З, тис.грн
50	134	124,62	0,62	0,09	0,052	0,10	0,07	15,89	0,08	0,63	101,75	13,35
70	162	150,66	0,443	0,086	0,038	0,08	0,06	16,59	0,06	0,45	122,65	15,78
95	192	178,56	0,326	0,083	0,028	0,06	0,05	17,15	0,04	0,33	144,65	18,41

Живлення будівель масиву виконується кабельною лінією 0,4 кВ від ЩТП-10/0,4 кВ кабелем АВБбШв-4х185 мм², АВБбШв-4х120 мм² та АВБбШв-4х16 мм², які прокладаються в траншеї на глибині не менше ніж 0,7 м.

Для можливості прокладання кабельної лінії по території масиву, необхідно врахувати наявність великої кількості існуючих мереж лінійної інфраструктури. Тому для безпечної роботи мереж електропостачання всі перетини між іншими інженерними мережами необхідно виконати прокладання КЛ-0,4 кВ відповідно з діючими ДБН та ПУЕ. Приклад влаштування траншей та перетинів показано на рисунку 2.1 та 2.2.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ		Арк.
							14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

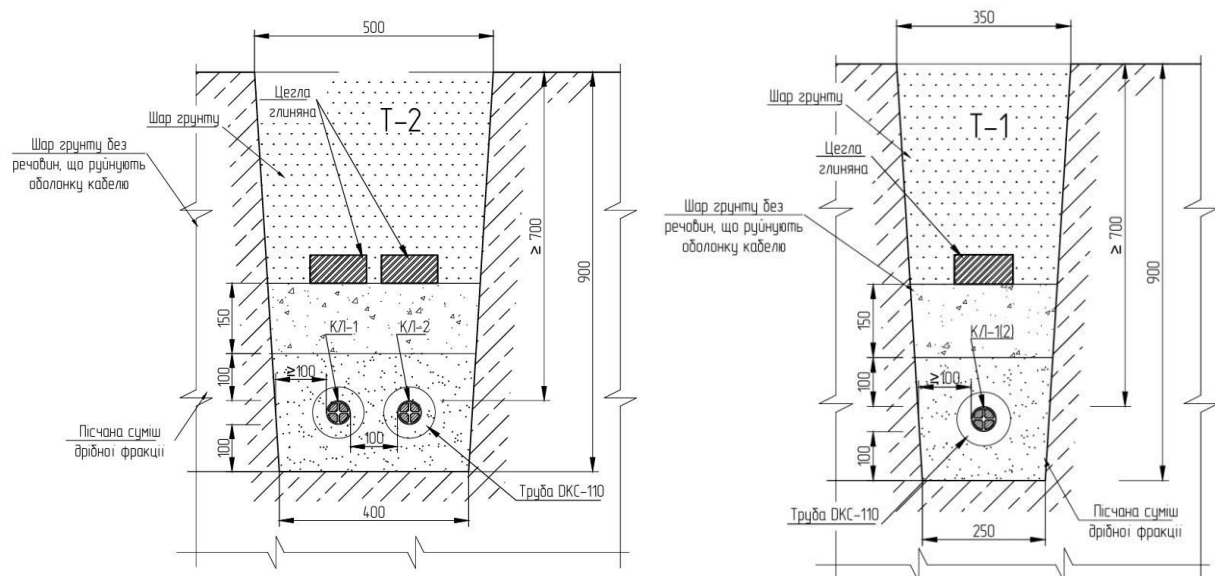
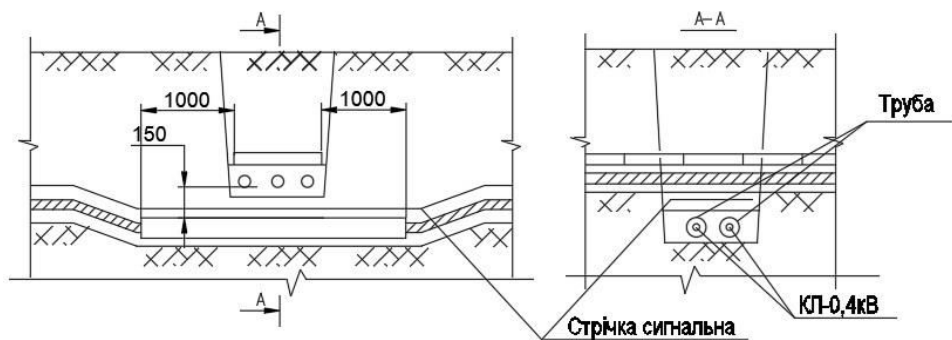


Рисунок 2.1 – Влаштування кабельної траншеї КЛ-0,4кВ

Пересічення двох
кабельних ліній
в землі



Пересічення
кабельної лінії з
трубопроводом

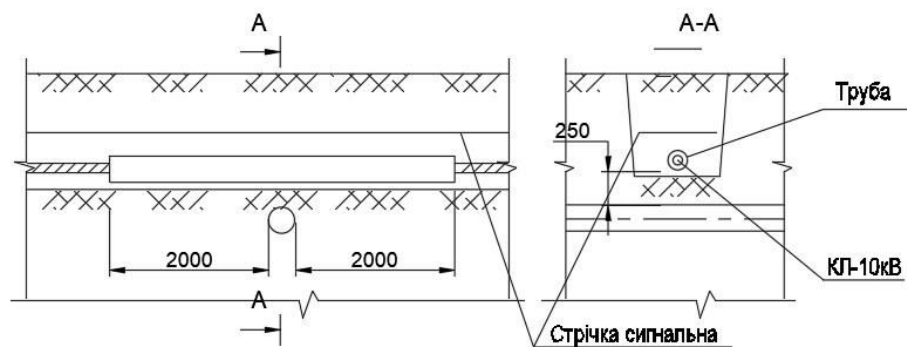


Рисунок 2.2 – Пересічення двох кабельних мереж та пересічення кабельної лінії з трубопроводом

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2.8. Проектування внутрішньої розподільної мережі

Напруга живлення приймачів електроенергії комплексу становить 0,23 (0,4) кВ. Для живлення будівель застосовуємо радіальну схему живлення. В проєктованих будівлях житлового масиву встановлюються розподільчі пункти 0,4 кВ типу КТЗ.28.Н2-4/4К, КТ.85.2-2/22П виробництва ТОВ «Веста-Електро» для можливості розподілу та підведення електроенергії до приймачів. Розрахунок та вибір даного обладнання проводимо за методикою, наведеною в додатку А.9. Результати вибору та розрахунків зведемо в таблиці 2.8 і 2.9.

Таблиця 2.8 – Вибір розподільчих пунктів РП-0,4 кВ

№	Назва об'єкта	S pΣ, кВА	I _p , А	Тип РП	I _{доп.} рп, А	Кількість РП	Назва РП
1	Житловий будинок №1-№13	65,67	99,78	КТЗ.28.Н2-4/4К, КТ.85.2-2/22П	100	3	ШОЕ1-3
2	Житловий будинок №14-№42	114,42	173,85	КТЗ.28.Н2-4/4К, КТ.85.2-2/22П	200	6	ШОЕ4-9
3	Житловий будинок №43-№72	117,07	177,86	КТЗ.28.Н2-4/4К, КТ.85.2-2/22П	200	6	ШОЕ10-15

Таблиця 2.9 – Вибір ліній схеми внутрішнього електропостачання

Назва КЛ	n	S _Σ , кВА	I _p , А	F _c , мм ²	Переріз кабелю	l, км	I _{доп.} , А	I' _{доп.} , А	I _{п.ав.} , А	I'' _{доп.} , А	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	ΔU _н , %	sin φ	cos φ
Житловий будинок №1-№13	2	65,6	94,8	67,7	4x120	0,39	165	153,4	94,7	178,2	0,32	0,06	5,18	0,39	0,92
Житловий будинок №14-№42	2	114,4	165,2	118,0	4x185	0,35	308	286,4	165,1	332,6	0,13	0,058	3,52	0,39	0,92
Житловий будинок №43-№72	2	117,1	169,0	120,7	4x185	0,5	308	286,4	168,9	332,6	0,13	0,058	5,18	0,39	0,92

Всі умови виконуються, отже, приймаємо вибрані перерізи кабелів. Перевірку вибраних кабелів за стійкістю до термічної дії струмів короткого замикання здійснимо нижче після визначення цих струмів.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ					Арк.
										16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

2.9. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 10 кВ

Проведемо розрахунок струмів КЗ у відносних одиницях наближеним методом. За базисну потужність приймемо величину $S_6 = 100$ МВА. За базисну напругу приймемо $U_6 = U_{cp} = 10,5$ кВ. Потужність короткого замикання джерела живлення $S_{кз} = 120$ МВА. Методика розрахунку струмів КЗ на стороні 10 кВ наведена в додатку А.10.

$$\dot{X}_{c*} = \frac{100}{120} = 0,833;$$

$$I_6 = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА};$$

$$I_{пo} = \frac{5,5}{0,845} = 6,51 \text{ кА}.$$

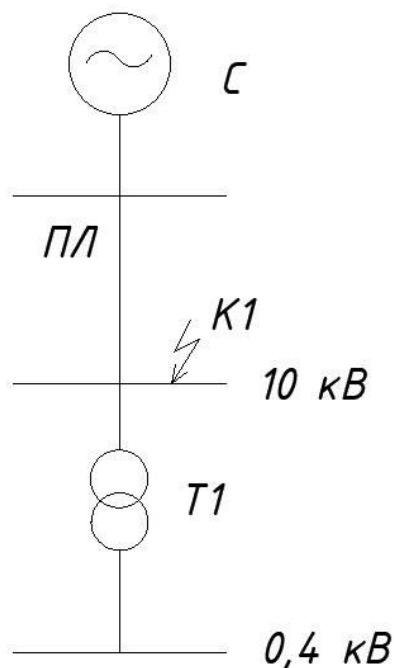


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема короткозамкненого кола к

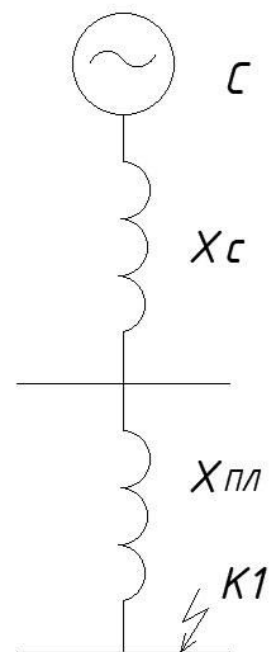


Рисунок 2.4 – Заступна схема короткозамкненого кола

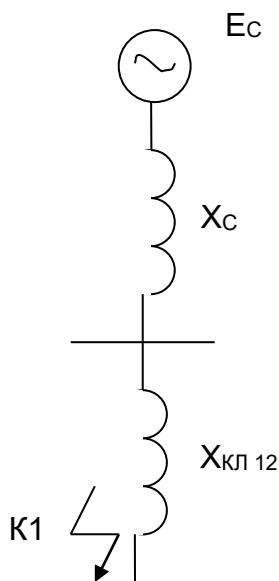


Рисунок 2.5 – Заступна схема в результаті об'єднання паралельних кабельних ліній

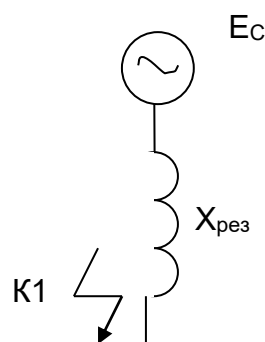


Рисунок 2.6 – Результируюча схема

Перевіримо вибрані ПЛ-10 кВ на термічну стійкість до струмів КЗ:

$$F_{\min} = \frac{6510}{95} \cdot \sqrt{0,25} = 34,26 \text{ мм}^2.$$

Оскільки, попередньо вибраний переріз є стійким до термічної дії струму КЗ, тому остаточно вибираємо кабель типу АС-50 мм².

2.10. Вибір обладнання

2.10.1. Вибір комплектних розподільчих пристроїв на напругу 10 кВ

На стороні 10 кВ встановлено високовольний роз'єднувач (РЛНДз-1-10-400 УХЛ1), запобіжники (ПКТ 101-10-31,5-12,5 У3) та вентильні розрядники (РВО-10УХЛ1). Технічні параметри камер наведені в таблиці 2.10.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.10 – Параметри роз'єднувача

Параметри	Значення
Номинальна напруга $U_{\text{ном}}$, кВ	10
Номинальний струм головних кіл, А	400, 630, 1000
Номинальний струм плавкої вставки запобіжників, А для 6 кВ для 10 кВ	31,5; 50; 63; 80; 100; 125 від 5 до 100
Номинальний струм електродинамічної стійкості $I_{\text{дин}}$, кА	41
Струм термічної стійкості протягом 3 с, кА	20
Ступінь захисту	IP20

2.10.2. Вибір роз'єднувачів

Роз'єднувачі призначені для включень і відключень знеструмлених ділянок електричного кола, що знаходяться під напругою, та заземлення шин.

Наявність шинного моста забезпечує необхідний рівень надійності схеми електропостачання. Приймаємо до встановлення роз'єднувач типу РЛНДз-1-10-400 УХЛ1. Вибір та перевірку роз'єднувачів здійснимо згідно додатку А.11.1. Результати перевірки зведемо в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Перевірка роз'єднувача типу РЛНДз-1-10-400 УХЛ1.

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{\text{уст}}=10$ кВ	$U_{\text{ном}}=10$ кВ
$I_{\text{ном}}=30,28$ А $I_{\text{мах}}=60,56$ А	$I_{\text{ном}}=400$ А
$i_y=12,88$ кА	$I_{\text{дин}}=40$ кА
$I_{\text{п0}}=6,51$ кА	$I_{\text{гр наскр}}=16$ кА
$B_K=10,59$ кА ² ·с	$I_T^2 \cdot t_T=16^2 \cdot 3=768$ кА ² ·с

Всі умови виконуються, отже, приймаємо остаточно роз'єднувач типу РЛНДз-1-10-400 УХЛ1.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.10.3. Вибір запобіжників

Запобіжники призначені для автоматичного одноразового відключення електричного кола при короткому замиканні або перевантаженні.

Вибираємо попередньо запобіжники типу ПКТ 101-10-31,5-12,5 УЗ.

Результати перевірки запобіжників зведемо в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Перевірка запобіжника ПКТ 101-10-31,5-12,5 УЗ

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{max} = 21,9 \text{ А}$	$I_{ном.з} = 30 \text{ А}$
$I_{п0} = 6,51 \text{ кА}$	$I_{вимк з} = 31,5 \text{ кА}$
$S'' = 84,02 \text{ МВА}$	$S_{.вимк з} = 100 \text{ МВА}$

Всі умови виконуються, отже, приймаємо остаточно запобіжники ПКТ 101-10-31,5-12,5 УЗ.

2.10.4. Вибір трансформаторів струму

Трансформатори струму застосовують для зменшення первинного струму до значень, найбільш зручних для підключення вимірювальних приладів або реле. Для можливості здійснення розрахункового обліку електричної енергії на боці НН РП для підключення лічильників та вимірювальних приладів встановлюємо трансформатори струму TOPN-0,66 (клас 0,5S), виробник ТОВ «НІК». TOPN-0,66 призначені для передавання інформаційного сигналу приладам обліку, вимірювання, автоматики, сигналізації та керування в електричних ланцюгах змінного струму частотою 50 Гц (60 Гц) в ВРП, РП, ТП. Правильність вибору здійснюється згідно умов, поданих в додатку А.11.4.

Вибираємо трансформатори струму типу TOPN-0,66 з коефіцієнтом трансформації 300/5. Результати перевірки зведемо в таблицю 2.13.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.13 – Перевірка трансформаторів струму типу TOPN(Ш)-0,66

cosφ=	0,92		№ ТТ	Тип ТТ	К тр	Режим навантаження	Ію розр.	Струм лічильника, А		
I_{max}=	313,78	А	ТА1... ТА3	400/5, кл.т.0,5S				100%I _н	40%I _н	5%I _н
P_{max}=	200,00	кВт			80	100%	3,92	5	2	
P_{min}=	50,00	кВт				20%	0,98			0,25
I_{min}=	78,44	А								

Умови відповідності				
5	>	3,92	>	2,00
		0,98	>	0,25

2.10.5. Вибір комплектних розподільчих пристроїв на напругу 0,4 кВ

На стороні 0,4 кВ ТП приймаємо до встановлення панелі розподільчих щитів ЩО-90 (виробник ТОВ «ЗАХІДБУДЕНЕРГОРЕСУРС»).

Панель розподільного щита РУ-0,4кВ – модуль, що приймає та розподіляє електроенергію 3-х фазного струму при напрузі до 0,66 кВ та частоті 50 Гц. Захищають лінії, що відходять від струмів короткого замикання і перевантаження. Комплектація панелей ЩО-90 наведена в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Комплектація панелей РУ-0,4 кВ

Призначення	Обладнання	Тип панелі
Ввідні	Рубильник NH40 Вимикач FMC4/3U 3P	РУ-0,4 кВ (1200x800x300)

2.11. Розрахунок низьковольтної мережі масиву

2.11.1. Вибір схеми електропостачання

Розрахуємо низьковольтну мережу до шаф обліку електроенергії (ШОЕ).

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Живляча напруга електроприймачів становить 400 В. Електропостачання приймачів здійснюється від розподільчого пункту КТЗ.28.Н2-4/4К, КТ.85.2-2/22П, розташованого на території масиву.

Розрахунок живлячих ліній для електроприймачів ШОЕ-1 – ШОЕ-3 показано в додатку А.12.1. Результати вибору зведемо в таблицю 2.15 та 2.16.

Таблиця 2.15 – Вибір живлячих ліній приймачів.

Назва приймачів	$P_n, \text{кВт}$	n	$\cos \varphi$	$I_p, \text{А}$	$F, \text{мм}^2$	$I_{\text{тр.доп}}, \text{А}$	Марка проводу
РУ-0,4 - ШОЕ1	60,42	1	0,92	94,79	120	226	АВБбШВ-4х120
ШОЕ1 - ШОЕ2	105,27	1	0,92	165,16	185	290	АВБбШВ-4х185
ШОЕ2 - ШОЕ3	107,70	1	0,92	168,97	185	290	АВБбШВ-4х185

Таблиця 2.16 – Перевірка живлячих ліній приймачів на втрати напруги

Назва приймачів	$P_n, \text{кВт}$	$\cos \varphi$	$r_0, \text{Ом/км}$	$x_0, \text{Ом/км}$	$l, \text{км}$	$\Delta U, \%$	Марка проводу
РУ-0,4 - ШОЕ1	60,42	0,92	0,27	0,095	0,39	4,57	АВБбШВ-4х120
ШОЕ1 - ШОЕ2	105,27	0,92	0,17	0,095	0,347	4,81	АВБбШВ-4х185
ШОЕ2 - ШОЕ3	107,7	0,92	0,17	0,095	0,5	7,08	АВБбШВ-4х185

2.11.2. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ

Для можливості вибору низьковольтної комутаційної та вимірювальної апаратури розрахуємо струми короткого замикання в низьковольтній мережі. Розрахунок проведемо згідно методики додатку А.12.2.

Визначимо струми КЗ на шинах НН ТП, на вводах розподільчих пунктів будинків, та в точці приєднання найпотужнішого приймача.

Розрахункова схема та схема заміщення короткозамкненого кола зображені на рисунках 2.7 та 2.8.

Вихідні дані для розрахунку: базисна напруга $U_\phi = 0,4 \text{ кВ}$; струм КЗ на шинах ВН ЦТП $I_{\text{кз.В}} = 6,51 \text{ кА}$; середня напруга на шинах ВН ЦТП $U_c = 10,5 \text{ кВ}$; параметри трансформатора $S_{\text{ном}} = 250 \text{ кВА}$; $\Delta P_{\text{к.з}} = 4,2 \text{ кВт}$; $u_k = 5,5\%$; параметри ліній наведені в табл. 2.10 даного проекту.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

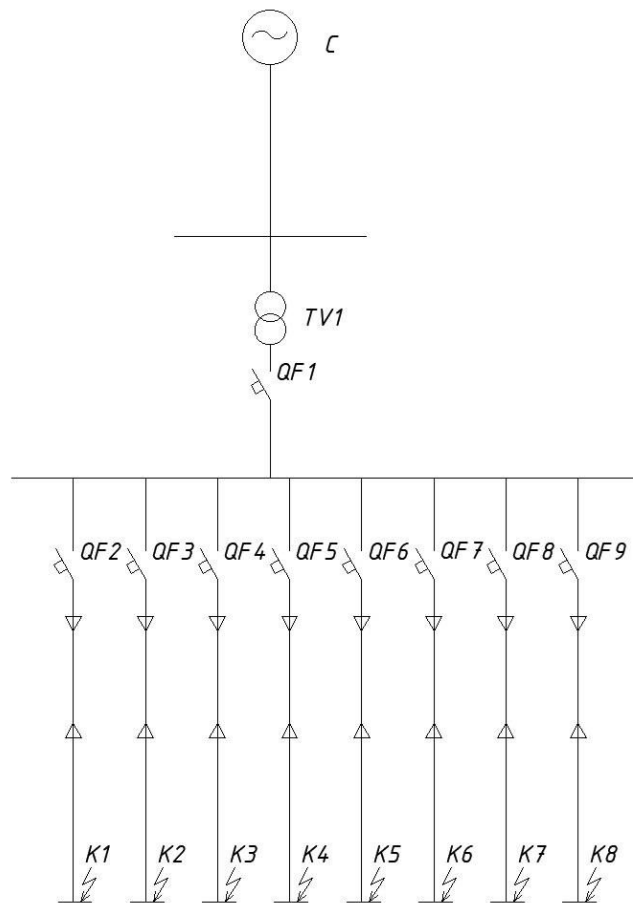


Рисунок 2.7 – Розрахункова схема короткозамкненого кола

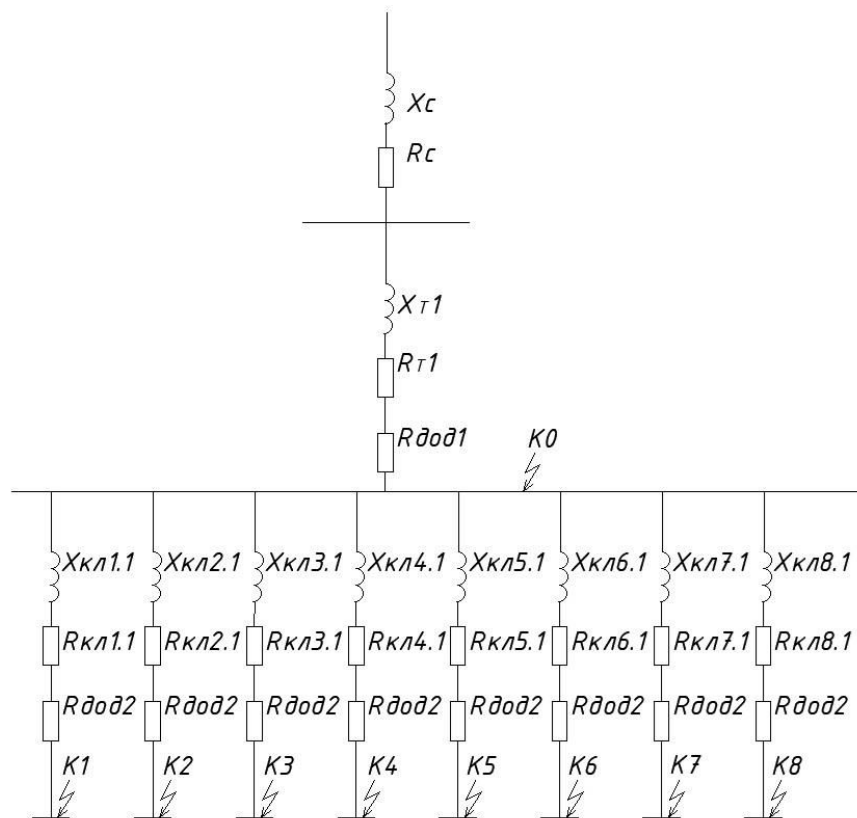


Рисунок 2.8 – Схема заміщення короткозамкненого кола

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунків опорів КЛ 0,4 кВ показано в таблицях 2.17 і 2.18.

Таблиця 2.17 – Визначення опорів кабельних ліній 0,4 кВ

Назва кабельної лінії	L, км	r ₀ , Ом/км	R, мОм	x ₀ , Ом/км	X, мОм
ШОЕ-1	0,39	0,326	127,14	0,0602	23,478
ШОЕ-2	0,347	0,129	44,763	0,0587	20,3689
ШОЕ-3	0,5	0,129	64,5	0,0587	29,35

Таблиця 2.18 – Розрахунок струмів КЗ в мережі 0,4 кВ

Точка КЗ	R _{дод} , Ом	R _{рез} , мОм	X _{рез} , мОм	Z _{рез} ,мОм	I _к ,кА	k _y	i _y ,кА	F _{min} , мм ²	Переріз	Точка КЗ
K0	15	26,25	37,01	45,38	5,09	1,05	7,56			15
K1	20	158,39	60,49	169,55	1,36	1	1,93	10,14	4x120	20
K2	20	76,01	57,38	95,24	2,42	1	3,43	18,05	4x185	20
K3	20	95,75	66,36	116,50	1,98	1	2,80	14,76	4x185	20

Решта перевірок виконуються, отже, приймаємо до встановлення попередньо вибрані перерізи кабельних ліній.

2.11.3. Вибір трансформаторів струму

Для можливості здійснення вимірювання струму споживання на відхідних лініях 0,4 кВ на боці НН ТП встановлюємо електронні амперметри типу TENSE DJ-A96T. Для живлення кіл вимірювальних приладів та лічильників застосовуємо трансформатори струму.

Вибір трансформаторів струму здійснюється за методикою, наведеною у додатку А.12.3. Розрахунок потужності, що споживається приладами, здійснимо в таблиці 2.19.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.19 – Розрахунок навантаження трансформатора струму

Назва приладу	Тип приладу	Навантаження, ВА
Амперметр	E.Next e.meter.pro.96.a.led	0,5
Всього		0,5

Приймаємо попередньо трансформатори струму типу TOPN-0,66 з коефіцієнтом трансформації 300/5.

Результати перевірки зведемо в таблицю 2.20. В якості струму $I_{\max}$ приймаємо найбільший післяаварійний струм в лінії, розрахований в табл. 2.9 даного проєкту (струм лінії ТП - ШОЕ-3(4.2)).

Таблиця 2.20 – Перевірка трансформаторів струму для технічного обліку

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{уст}=0,4$ кВ	$U_{ном}=0,66$ кВ
$I_{\max}=286,4$ А	$I_{ном}=300$ А
$i_y=4,8$ кА	$i_{дин}=51$ кА
$B_k=5,76$ кА ² ·с	$I_T^2 \cdot t_T=992,3$ кА ² ·с
$z_2=0,295$ Ом	$z_{2ном}=1,9$ Ом

Всі умови виконуються, отже, приймаємо остаточно трансформатори струму TOPN-0,66 з коефіцієнтом трансформації 300/5.

2.11.4. Вибір автоматичних вимикачів

В комірках розподільчої панелі на стороні 0,4 кВ силових трансформаторів встановлюємо автоматичні вимикачі, призначені для автоматичного розмикання електричних кіл при ненормальних режимах. Методика вибору автоматичних вимикачів наведена в додатку А.12.4. Результати вибору та перевірки зведено в таблицю 2.21.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.21 – Вибір та перевірка автоматичних вимикачів

Назва вимикача	Тип вимикача	Каталожні дані			Розрахункові дані			
		$U_{\text{ном}}$, кВ	$I_{\text{ном розщ}}$, А	$I_{\text{гр вимк}}$, кА	$U_{\text{уст}}$, кВ	$I_{\text{норм}}$, А	I_{max} , А	$I_{\text{к}}$, А
QF1	FMC4/3U 3P	0,4	400	50	0,4	810,9	1621,79	5,09
QF2, QF3	FMC3/3U 3P	0,4	200	50	0,4	87,21	174,42	1,36
QF4, QF5	FMC3/3U 3P	0,4	200	50	0,4	87,21	174,42	2,42
QF6, QF7	FMC4/3U 3P	0,4	350	50	0,4	151,94	303,89	1,98
QF8, QF9	FMC4/3U 3P	0,4	350	50	0,4	151,94	303,89	1,98

Всі перевірки виконуються.

2.11.5. Вибір рубильників

В комірках розподільчих панелей ЩО-90 трансформаторної підстанції встановлено рубильники серії LBS (виробник ЕТІ Україна). Здійснимо попередній вибір рубильників.

Вибір та перевірка рубильників наведено в додатку А.12.5. Результати вибору та перевірки зведемо в таблицю 2.22.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.22 – Вибір та перевірка рубильників

Розрахункові дані	Каталожні дані
У ввідних комірках LBS 2000	
$U_{уст}=0,4 \text{ кВ}$	$U_{ном}=0,4 \text{ кВ}$
$I_{ном}=810,9 \text{ А}$ $I_{max}=1621,79 \text{ А}$	$I_{ном}=2000 \text{ А}$
$i_y=17,19 \text{ кА}$	$I_{дин}=100 \text{ кА}$
$B_k=73,9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T=2500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
В розподільчих комірках Interpact LBS 630	
$U_{уст}=0,4 \text{ кВ}$	$U_{ном}=0,4 \text{ кВ}$
$I_{max}=538,95 \text{ А}$	$I_{ном}=630 \text{ А}$
$i_y=3,81 \text{ кА}$	$i_{дин}=32 \text{ кА}$
$B_k=3,63 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T=169 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Всі перевірки виконуються.

РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Для проведення розрахунку автономної сонячної електростанції для одного з житлових будинків потрібно визначити номінальну потужність сонячних модулів, їх кількість, ємність акумуляторних батарей, потужність інвертора і контролера заряду-розряду. При цьому необхідними даними для розрахунку потужності автономної сонячної електростанції є: географічне розташування, загальна потужність і приблизний час роботи кожного з електроспоживачів. СЕС будується для зменшення навантаження на електромережу та економії коштів на закупівлі електроенергії.

Вибираємо до встановлення фотоелектричні модулі JA Solar JAM54D41-450/LB 450W із наступними характеристиками STC по паспортних даних:

- Номінальна потужність (P_{max}): 450 Вт
- Напруга холостого ходу (V_{oc}): 39,30 В
- Напруга при максимальній потужності (V_{mp}): 32,82 В
- Струм короткого замикання (I_{sc}): 14,48 А
- Струм при максимальній потужності (I_{mp}): 13,71 А
- Ефективність модуля (ККД): 22,5 %
- Допуск потужності (толеранс): 0 ~ +5 Вт

Для встановлення ФЕМ на даху будемо використовувати конструкцію кріплення, яка створює кут 15° відносно горизонту.

Таблиця 3.1 Технічні параметри житлового будинку

№	Місце встановлення СЕС	Споживча напруга	Площа даху	Дозволена потужність
1	Дах приватного житлового будинку	400 (230)В (+/- 10%) / 50Гц	100м2	16кВт

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛНТУ.971057.000 ПЗ Проектівання електричних мереж 10/0,4кВ для живлення житлових будинків з господарськими будівлями та спорудами житлового масиву встановленою потужністю 200 кВт. Пояснювальна записка		
Розроб.	Червак С.В.						
Перевір.	Ващелюк Ю.І.						
Н. Контр.	Ващелюк Ю.І.						
Затверд.	Волинець В.І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						28	6
					ФАБЕ, гр. ЕЕ-42		

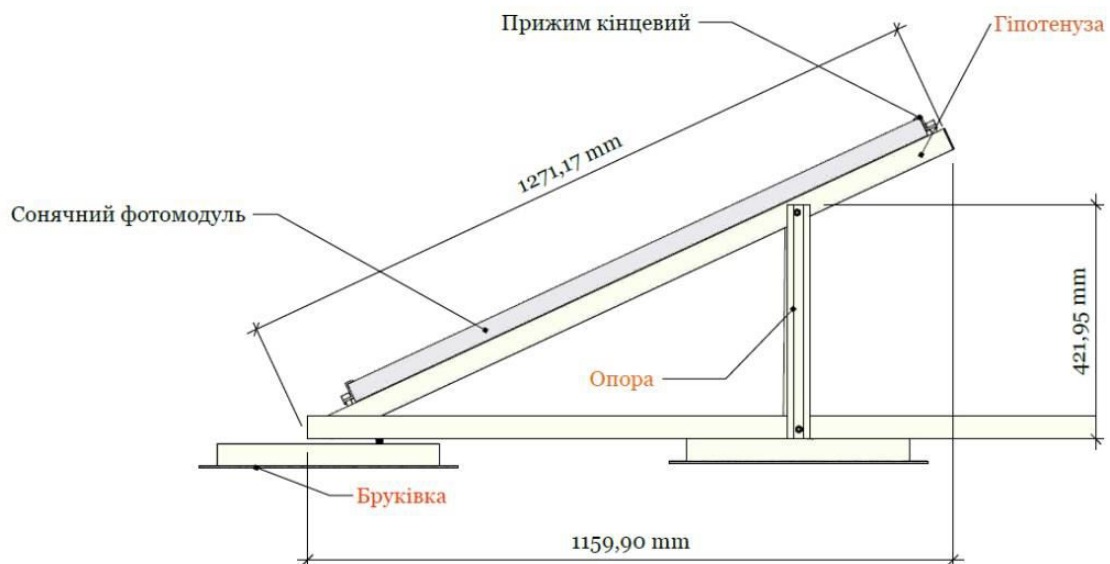


Рисунок 3.1 – Баластна система кріплення сонячних панелей

Визначаємо кількість сонячних панелей, яку потрібно встановити на вибрану потужність сонячної електростанції:

$$N_{\text{ФЕМ}} = \frac{P_{\text{СЕС}}}{P_{\text{ФЕМ}}} = \frac{15,6 \cdot 10^3}{450} = 34,6 \text{ шт.};$$

Прийmemo 35 шт. Наступним кроком вирахуємо чи достатньо буде площі дахів будівель підприємства для розташування сонячної електростанції. Визначаємо площу, яку займає одна панель із системою кріплення (із використанням відстані між рядами:

$$S_{\text{ФЕМ}} = l_{\text{ФЕМ}} \cdot b = 1,762 \cdot 1,200 = 2,1144 \text{ м}^2 ,$$

де $l_{\text{ФЕМ}}$ – довжина сонячної панелі, згідно паспортних даних;

b – ширина з врахуванням конструкції та міжмодульної відстані (рис. 3.1).

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо площу, яку займатимуть сонячні панелі, встановлені на даху будівлі:

$$S_{CEC} = S_{\Phi EM} \cdot N_{\Phi EM} = 2,1144 \cdot 35 = 74,004 \text{ м}^2;$$

Визначаємо чи достатньо буде площі даху для встановлення сонячних панелей із системою кріплення:

$$74,004 \leq 100 \text{ м}^2.$$

Умова виконується, площі цілком достатньо для встановлення СЕС.

3.2 Підбір силового обладнання СЕС

Оскільки призначення СЕС для компенсації власного споживання, виходячи з економічної доцільності будемо встановлювати сонячну електростанцію без акумулюючих ємностей.

Вибираємо інверторне обладнання для перетворення постійного струму полів сонячних панелей у змінну напругу для підключення до мережі будинку [23].

Вибираємо інвертор Deye SUN-12K-G06P3-EU-AM2 [24]. Оскільки інвертор буде один, його потрібно розташувати якомога ближче до ВРП житлового будинку.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристики вибраного інвертора та супутнього обладнання:

№	Назва обладнання	Характеристика
1	Інвертор Deye SUN-12K-G06P3-EU-AM2	номінальна/максимальна потужність – 12/15,6 кВт
		номінальний струм на виході: 17,4 А / 18,2 А
		максимальний вихідний струм: 19,2 А / 20 А
		максимальна напруга MPPT – 1100 В постійного струму
		напруга старту MPPT – 200 В
		діапазон робочих напруг MPPT: 120 В – 1000 В
		максимальний струм КЗ на MPPT – 24 А
2	Система моніторингу, контролю генерації та споживання	Лічильник Huawei CHiNT DTSU666-HW
		Реєстратор даних (спільний пристрій моніторингу) Huawei Smart Logger 3000A
3	Кабель постійного струму	KBE Solar DB+ 6мм ²
4	Захисне обладнання	автоматичний вимикач FB1-63 3P 6kA CITY 25A
		обмежувач перенапруг ETI ETITEC C T2 275/20 4p

Визначимо кількість панелей, що будуть приєднані на один вхід, з врахуванням температури навколишнього середовища. Оскільки напруга сонячної панелі може зростати при зниженні температури, визначимо якою може бути напруга при температурі -25°C:

$$U_t = U_{xx} \cdot \left(1 + \frac{k_u}{100} \cdot (t_{min} - T_{SCT})\right) = 39,3 \cdot \left(1 + \frac{-0,26}{100} \cdot (-25 - 25)\right) = 44,409 \text{ В},$$

де U_{xx} – напруга холостого ходу панелі, $U_{xx} = 39,3 \text{ В}$;

k_u – температурний коефіцієнт по напрузі, $k_u = -0.26 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$;

t_{min} – мінімальна температура навколишнього середовища, $t_{min} = -25 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

T_{SCT} – температура, проведення замірів по SCT, $T_{SCT} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо кількість послідовно з'єднаних панелей, що можна підключити на один вхід інвертора:

$$n_{PV} = U_{\max.MPPT} / U_t = 1100 / 44,409 = 24,76 \approx 25 \text{ шт.}$$

Отже, приймаємо 25 панелей, з'єднаних послідовно на одне підключення MPPT. Здійснимо перевірку по струму КЗ:

$$I_{KЗ.MPPT} \geq I_{KЗ.ФЕМ}$$

де, $I_{KЗ.MPPT}$ – струм КЗ на MPPT, $I_{KЗ.MPPT} = 24 \text{ A}$;

$I_{KЗ.ФЕМ}$ – струм КЗ на сонячній панелі, $I_{KЗ.ФЕМ} = 14,48 \text{ A}$.

$$24 \geq 14,48 \text{ A}$$

Отже, умова виконується. Оскільки ряд послідовно з'єднаних панелей складатиметься із 35 шт., розподілимо по 15 та 10 ФЕМ на кожен MPPT.

Розрахуємо орієнтовні дані генерації протягом року за допомогою спеціалізованих калькуляторів генерації та відобразимо звіт на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Графік помісячної генерації протягом року

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З графіка бачимо, що найбільша генерація припадатиме на період з травня по серпень, найменша – на листопад-січень. Середньомісячна генерація (в розрізі року) становитиме 718,8925 кВт*г/міс, що дозволить зекономити значні кошти за оплату електроенергії.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

САПР

Система автоматизованого проєктування (САПР) — автоматизована система, призначена для автоматизації технологічного процесу проєктування виробу, результатом якого є комплект проєктно-конструкторської документації, достатньої для виготовлення та подальшої експлуатації об'єкта проєктування. Реалізується на базі спеціального програмного забезпечення, автоматизованих банків даних, широкого набору периферійних пристроїв.

В даному кваліфікаційному проєкті вибір високовольтного та низьковольтного обладнання автоматизовано за допомогою програми Microsoft Excel. Етапи вибору показано на рис. 4.1, 4.2, 4.3.

Розрахунок навантаження для двох різновидів жител приведено до ліній живлення, вводу в житловий будинок, шти 0,4кВ							
Результат (Р _{н1} , Р _{н2} , N1, N2, R _{н1} , R _{н2} , R _{н1+N2} , Р _н)							
Питоме навантаження 1-го виду жителя	Питоме навантаження 2-го виду жителя	Кількість різновидів жителя 1-го виду	Кількість різновидів жителя 2-го виду	Коефіцієнт одночасності для 1-го виду жителя (табл. - 6.1)	Коефіцієнт одночасності для 2-го виду жителя (табл. - 6.1)	Коефіцієнт одночасності для сумарної кількості різновидів жителя (табл. - 6.1)	Розрахункова потужність
Р _{н1} , кВт	Р _{н2} , кВт	N1	N2	R _{н1}	R _{н2}	R _{н1+N2}	Р _н , кВт
20	18	60	12	2,53	2,52	2,51	199,32
Виконано підставку значень в формулу [1]:							
Р _н = 199,32 кВт							

Рисунок 4.1- Розрахунок навантаження масиву

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування електричних мереж 10/0,4кВ для живлення житлових будинків з господарськими будівлями та спорудами житлового масиву встановленою потужністю 200 кВт. Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.	Червак С.В.										
Перевір.	Ващелюк Ю.І.									34	2
								ФАБЕ, гр. ЕЕ-42			
Н. Контр.	Ващелюк Ю.І.										
Затверд.	Волинець В.І.										

	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF
43													
44													
45			Таблиця 2.3 - Вибір освітлювальної апаратури										
46				Споживачі навантаження освітлення	Р _{осв} , кВт	Q _{осв} , кВАр	S _{осв} , кВ*А			довжина проїздів	1460		
47				Висвітлення проїздів	65,7	16,5	67,73			площа комплексу	110415		
48				Внутрішньо-квартальне освітлення	14,4	3,6	14,80						
49				Сумарна потужність освітлення	80,1	20,1	82,53						
50													
51													
52													
53			Таблиця 2.4 - Сумарні навантаження										
54			Склад електроприймачів	P _p , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВ*А							
55			Електроприймачі житлових будинків із прибудованими комуніальними підприємствами	200	50,12	206,19							
56			Електроприймачі освітлення території	80,1	20,06	82,53							
57			Сумарне розрахункове навантаження	280	70,2	288,72							
58													
59													
60													
61													

Рисунок 4.2 – Вибір освітлювального та сумарного навантаження

149																				
150																				
151																				
152	Показник	P Σ, кВт	Q Σ, кВАр	P, тр.	Pp3	Qp3	Sp3	Nт	Кз	ΔPо,кВт	ΔPкз,кВт	ΔPт,кВт	ΔQт,кВАр	Qткф,кВАр	Pp4,кВт	Qp4,кВАр	Sp4,кВА			
153	Значення	280	70,2	250	280,05	70,188	288,715	1	1,15	3,27	4,2	8,872	23,3	0	288,9	93,53	303,686			
154																				
155																				

Рисунок 4.3 – Розрахунок навантажень на вищих рівнях СЕП

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

У даному розділі кваліфікаційного проєкту виконано розробку та інженерне проєктування системи блискавкозахисту (СБЗ) для приватного житлового будинку. Передбачений комплекс технічних рішень містить організаційні та конструктивні заходи, що спрямовані на безумовне забезпечення безпеки життєдіяльності людей, захист конструктивних елементів споруди, а також внутрішнього інженерного обладнання та матеріальних цінностей від пожеж і руйнівних наслідків атмосферних розрядів. Проєктні рішення гарантують комплексний захист об'єкта від прямих ударів блискавки (ПУБ), занесення високих електричних потенціалів та вторинних проявів електромагнітної індукції.

Захист від ПУБ реалізовано шляхом уловлювання розряду системою перехоплення (блискавкоприймачами) та його подальшого безпечного відведення через мережу доземних провідників (струмовідводів) до системи земляного закінчення (зовнішнього контуру заземлення). Відповідно до вимог національного стандарту ДСТУ EN 62305-3:2021, для даного об'єкта встановлено III рівень блискавкозахисту (LPS-III). Згідно з параметричними критеріями (Таблиця 2 ДСТУ), для зазначеної категорії крок комірки блискавкоприймальної сітки становить 15 м, а радіус фіктивної сфери — 45 м. Зважаючи на архітектурно-конструктивні особливості покрівлі будівлі (відсутність наддахових виступів, слухових або мансардних вікон, а також вентиляційних каналів), як систему перехоплення прийнято блискавкоприймальну сітку. Матеріалом для її формування слугує круглий оцинкований дріт діаметром 8 мм. Функцію доземних провідників виконує аналогічний оцинкований дріт діаметром 8 мм, який забезпечує надійне електричне сполучення між захисною сіткою та зовнішнім заземлювальним пристроєм.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Червак С.В.			Проектування електричних мереж 10/0,4кВ для живлення житлових будинків з господарськими будівлями та спорудами житлового масиву встановленою потужністю 200 кВт Пояснювальна записка				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Ващелюк Ю.І.									36	3	
									ФАБЕ, гр. ЕЕ-42				
Н. Контр.		Ващелюк Ю.І.											
Затверд.		Волинець В.І.											

Схеми приєднання провідників LPS до конструкції

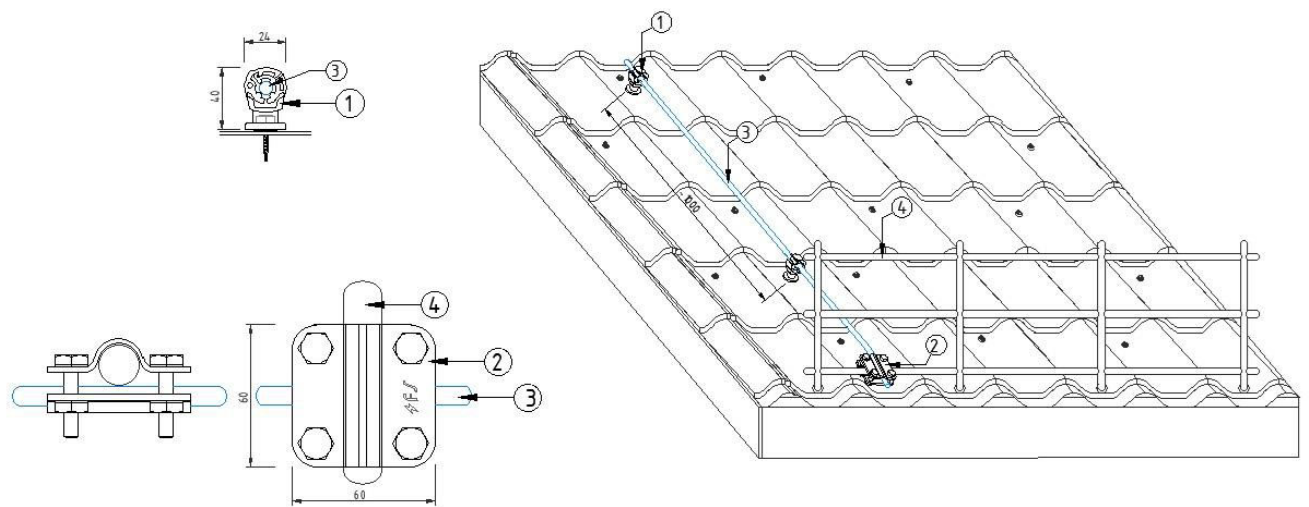
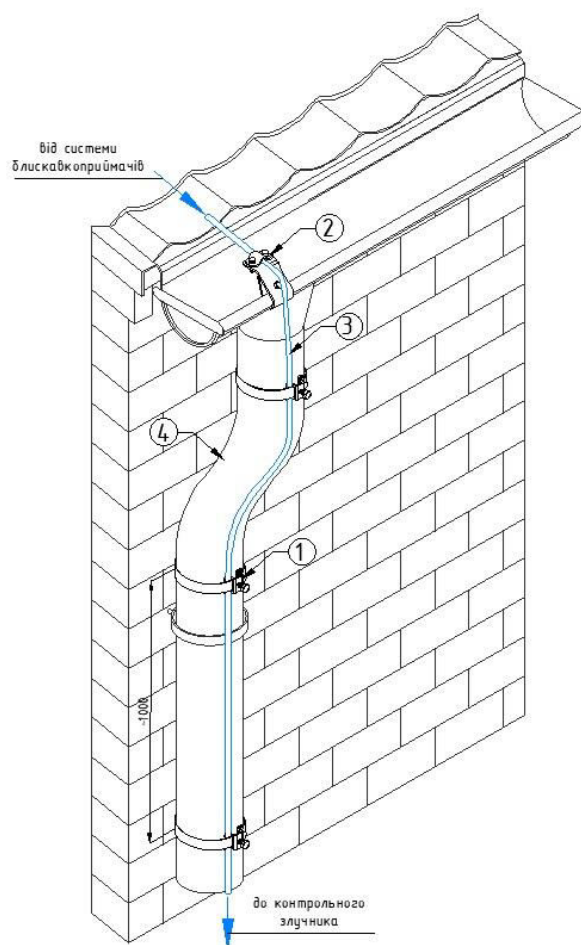


Рисунок 5.1 – Схема приєднання провідників до конструкції



Схеми прокладання доземних провідників по водостічній трубі

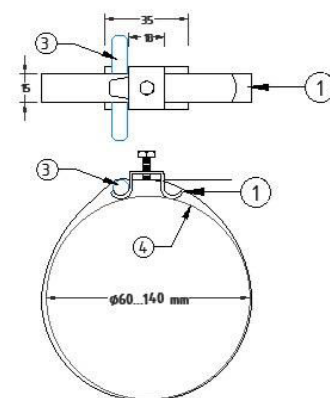


Рисунок 5.2 – Схема прокладання доземних провідників по водостічній трубі

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Схема влаштування потрійного модульного
уземлювача $\Phi 16$ м

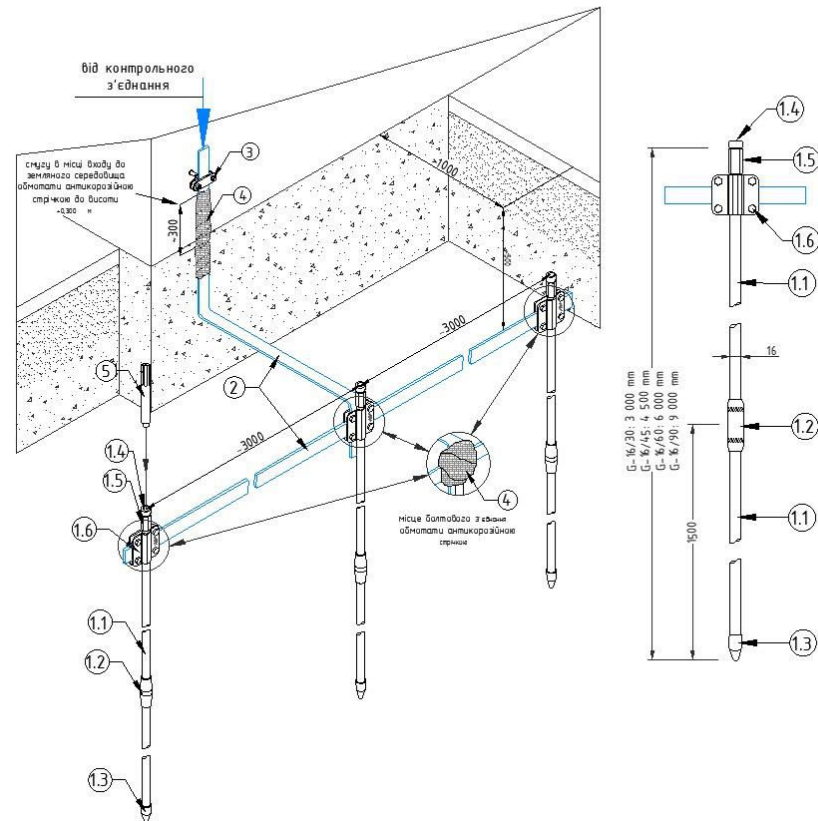


Рисунок 5.3 – Схема влаштування потрійного модульного уземлювача

Схеми влаштування коникового
блискавкоприймача

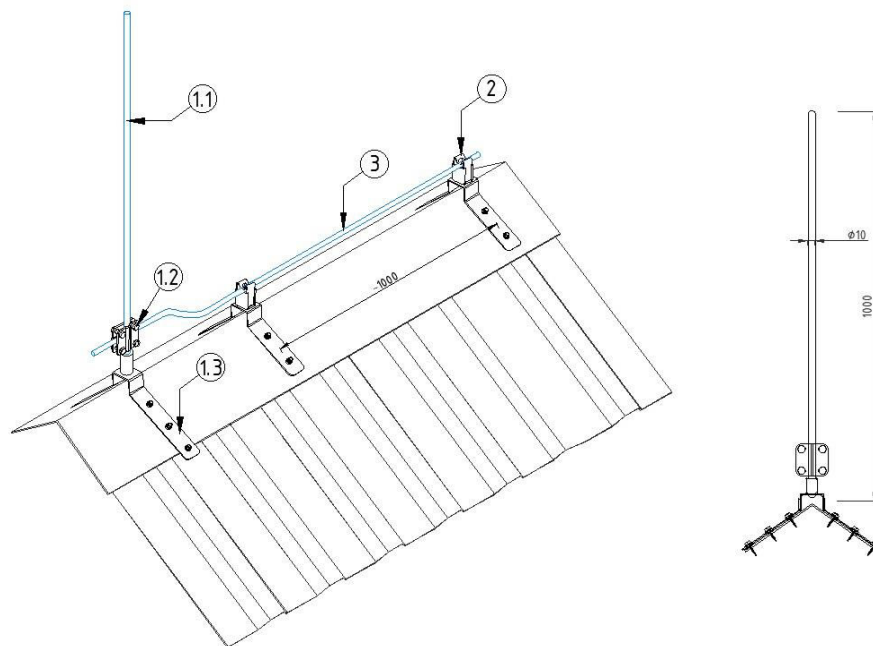


Рисунок 5.4 – Схема влаштування коникового блискавкоприймача

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В даному кваліфікаційному проєкті бакалавра виконано наступні інженерно-технічні рішення:

запроектовано надійну систему електропостачання масиву, що включає в себе 1 одностансформаторну підстанцію потужністю 250 кВА з силовим трансформатором 10/0,4кВ ТМ-250 кВА; зовнішні електричні мережі, які виконуються повітряною лінією 10 кВ;

електричні навантаження на всіх рівнях СЕП розраховані з використанням методів, рекомендованих «ПУЕ» (Правилами улаштування електроустановок);

обрана схема електропостачання дозволяє забезпечити надійність електропримачів III категорії;

режими роботи нейтралі (ізолювана 10 кВ; глухозаземлена 0,4 кВ) дозволяють забезпечити належний рівень безперебійності та безпеки експлуатації електричних мереж;

запроектована СЕП дозволяє контролювати параметри режиму за допомогою вимірювальних пристроїв, встановлених в приміщенні РУ-0,4 трансформаторної підстанції;

передбачено захист усіх елементів СЕП від струмів короткого замикання та перевантаження та захист персоналу від ураження електричним струмом;

захист будівель кварталу від можливих ударів блискавки та відводу потенціалів виконано системою блискавкозахисту;

усі розрахунки, виконані в кваліфікаційному проєкті та графічна частина, автоматизовані за допомогою САПР, що забезпечило їх високу точність.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Основи електропостачання. Практикум: навчальний посібник/ Давиденко Л.В., Коменда Н.В., Євсюк М.М., Коменда Т.І., Давиденко В.А. Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2016. 224 с.
2. Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. Електропостачання промислових підприємств: посібник до курсового та дипломного проектування. Київ, 2013. 424 с.
3. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. Харків: видавництво «Форт», 2017. 760 с.
4. Грицюк І.В., Грицюк Ю.В., Добровольська Л.Н. Загальнопромислові електроприймачі: навчальний посібник для студентів за напрямком навчання 6.050701 “Електротехніка та електротехнології” усіх форм навчання. Луцьк: ЛНТУ, 2014. 240 с.
5. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Видання офіційне. Київ: Мінрегіон України, 2018. 133 с.
6. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. Практикум із охорони праці: навчальний посібник/за ред. В.Ц. Жидецького. Львів: Афіша, 2000. 352 с.
11. Панелі розподільних щитів серії ЩО-90 ТОВ «ЗАХІДБУДЕНЕРГОРЕСУРС». URL: <http://zber.com.ua/products/scho-90>
12. Камери збірні одностороннього обслуговування КСО-393. URL: <https://ukrelektro.com.ua/ua/p1078951112-kamery-sbornye-odnostoronnogo.html>
13. Розподільні пункти ТОВ «Веста-Електро». URL: [https:// www.vesta-electro.com.ua/product/пластикові-корпуси-кт/](https://www.vesta-electro.com.ua/product/пластикові-корпуси-кт/)
14. Корпорація ВАТРА: каталог освітлювальних LED приладів. URL: [http://vatra.ua/download/VATRA-2021-UKR_MAX-catalog_\(lighting\).pdf](http://vatra.ua/download/VATRA-2021-UKR_MAX-catalog_(lighting).pdf)
15. Автоматичні вимикачі Promfactor: каталог. URL: <https://promfactor.com/catalogs>
17. Установки компенсації реактивної потужності ККУ-04. URL: <https://avelectric.com.ua/ua/g77561771-ustanovki-kompensatsii-reaktivnoj>

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Запобіжники струмообмежуючі серії ПКТ і ПКН: каталог. URL: https://quartz.zp.ua/uploads/files/products/pkt_pkn_ru.pdf

19. Трифазні багатотарифні лічильники електроенергії SL7000. URL: <https://energooblik.com.ua/equipment/sl-7000-tryfaznyy-bagatofunkcionalnyy-lichylnyk>

20. Силові масляні трансформатори. URL: <https://uea.com.ua/product-category/oil-transformers/>

21. Силові кабелі АСБл. URL: <https://www.yuzhcable.info/cat/15/mri/152301/lang/en>

22. Трансформатори струму TOPN-0,66. URL: <https://nik.net.ua/product-category/oblik-elektroenergii/current-transformers>

23. АС провід неізолюваний сталюалюмінієвий для ПЛ-10кВ ПАТ "Одескабель". URL: <https://odeskabel.com.ua/products/kabeli-silovye/neizolirovannye-provoda/provod-neizolirovannyj-stalealyuminievyy-as-dlya-vozdushnykh-lep.html>

24. Вимикачі навантаження LBS. URL: https://eti-shop.com/ru/category/rubilniki-vyklyuchateli-pereklyuchateli/seriya_lbc/tip_razryvnoy

25. Проект повторного застосування Арх. № 1.16 «Одноколові залізобетонні опори повітряної лінії з неізолюваними проводами напругою 6-10 кВ (ПЛ 6-10 кВ)». URL: <https://www.sicame.com.ua/1.16VL6-10kV.pdf>

26. Кваліфікаційний проєкт бакалавра: методичні вказівки до оформлення кваліфікаційних проєктів бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної та заочної форм навчання / уклад. І.В. Грицюк, Ю.В. Грицюк. Луцьк: ЛНТУ, 2024. 32 с.

					ЛНТУ.971057.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		