

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

менеджменту

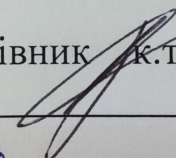
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

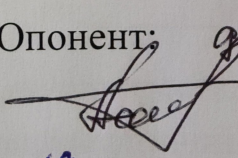
«Підвищення якості електропостачання житлового району
«Академічний», місто Вінниця

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-23м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 Лесик Іван Сергійович
(прізвище та ініціали)

Керівник  к.т.н., доцент каф. ЕСЕЕМ
Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

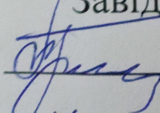
«10» 12 2024 р.

Опонент:  доц. каф. ЕЕМОВ
КЕМОВ О.А.
(прізвище та ініціали)

«19» 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

 д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)

«16» грудня 2024 р.

Вінниця – 2024 року

Вінницький національний технічний університет

Факультет

Електроенергетики та електромеханіки

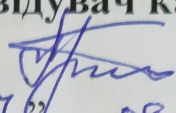
Кафедра__Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень _____магістр_____

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

 проф. М. Й. Бурбело
“ 17 ” 09 _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Лесику Івану Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення якості електропостачання житлового району
«Академічний, місто Вінниця _____

керівник роботи _____ Войтюк Юрій Петрович к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені _____наказом _____вищого _____навчального _____закладу _____від
“ 17 ” 09 _____ 2024 року № 310 _____

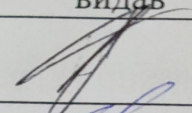
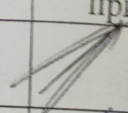
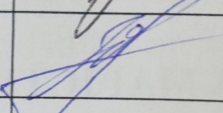
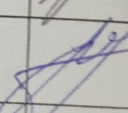
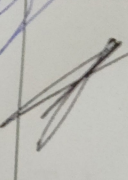
2. Термін подання студентом роботи “ 10 ” _____ 09 _____ 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Характеристика споживачів підприємства. Загальна характеристика фотоелектричних станцій. Проектування дахової сонячної електростанції. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових кресл):
 План житлового району із силовими та живильними мережами. Одна схема електропостачання житлового району. Схема електропостачання трикімнатної квартири. Основні техніко-економічні показники електропостачання. Капіталовкладення в спорудження СЕС 24 кВт. схема підключення СЕС 24 кВт.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Войтюк Ю.П., к.т.н., доцент, каф. ЕСЕМ		
Економічна частина	Шулле Ю.А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Войтюк Ю.П., к.т.н., доцент, каф. ЕСЕМ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу	30.09.24	вк
2	Синтез зовнішньої СЕП	10.11.24	вк
3	Науково дослідна частина	16.11.24	вк
4	Синтез результатів наукової роботи	28.11.24	вк
5	Економічна частина	4.12.24	вк
6	Охорона праці	30.09.24	вк
7	Графічна частина	10.11.24	вк

Студент

(підпис)

Лесик І.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Войтюк Ю.П.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	5
ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИТЛОВОГО РАЙОНУ «АКАДЕМІЧНИЙ».....	9
1.1 Інформаційна база для проектування..	10
2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	12
2.1 Розрахунок електричних навантажень мікрорайону.....	14
2.2 Вибір потужності живлячих підстанцій та місця їх розташування.....	17
2.3 Визначення параметрів живлячої лінії.....	19
2.4 Розрахунок та вибір комутаційного обладнання 10 кВ.....	22
2.5 Перевірка вимикачів 10 кВ на дію струмів к.з.....	22
2.6 Вибір оптимального місця розташування живлячої ТП.....	24
2.7 Компенсація реактивної потужності.....	28
2.8 Вибір засобів релейного захисту та автоматики.....	29
3 ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ДИТЯЧОГО САДОЧКУ.....	33
3.1 Інформація про основне обладнання ФЕС.....	33
3.2 Аналіз можливої конфігурації ФЕС.....	34
3.3 Основні типи сонячних модулів.....	36
3.4 Порівняльний аналіз інверторів в системі ФЕС.....	37
3.5 Синтез параметрів ФЕС.....	40
3.6 Основні етапи розрахунку дахової ФЕС.....	43
3.7 Схеми підключення елементів ФЕС.....	45
3.8 Приблизне визначення терміну окупності ФЕС.....	46
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	51
4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання.....	51
4.2 Розрахунок поточних витрат.....	53
4.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі.....	53
4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі.....	55

4.2.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються.....	57
4.3. Розрахунок собівартості електроенергії.....	59
4.3.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію.....	59
4.3.2 Розрахунок собівартості електроенергії.....	62
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	64
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання.....	65
5.1.1 Вимоги до організації робочих місць оперативного персоналу.....	65
5.1.2 Електробезпека.....	67
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	71
5.2.1 Мікроклімат.....	71
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	72
5.2.3 Виробниче освітлення.....	73
5.2.4 Виробничий шум.....	75
5.2.5 Психофізіологічні фактори.....	76
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи фотоелектричних станцій в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	78
5.3.1 Дослідження стійкості роботи ФЕС в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	79
5.3.2 Дослідження стійкості роботи ФЕС в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	80
ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86
ДОДАТКИ	89
Додаток А – Технічне завдання	90
ДОДАТОК Б – Вихідні дані для проектування.....	93
Додаток В – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ.....	94
ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал.....	95

АНОТАЦІЯ

Лесик Іван Сергійович. Підвищення якості електропостачання житлового району «Академічний» місто Вінниця. МКР. Спеціальність 141 – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2024 – 90 с.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто питання щодо підвищення якості електропостачання житлового району «Академічний» місто Вінниця.

Приведені основні розрахунки та сформульовані вимоги до якісного електропостачання сучасних мікрорайонів міста, підвищення вимог до якого обумовлено надійним функціонуванням житлового фонду в умовах особливого стану в країні.

Розглянуті економічні аспекти системи електропостачання житлового району та визначені основні економічні показники.

Розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в специфічних умовах роботи системи електропостачання.

Ключові слова: електричні навантаження, схеми електпостачання, трансформаторна підстанція, освітлення, електричне обладнання.

Рисунків – 28

Таблиць - 25

Бібліографій – 32

ABSTRACT

Ivan Serhiyovych Lesyk. Improving the quality of electricity supply in the residential district "Akademichnyi" in the city of Vinnytsia. MKR. Specialty 141 - Vinnytsia: VNTU, FEEM, ESEEM department, 2024 - 90 p.

The issue of improving the quality of electricity supply in the "Academic" residential district of the city of Vinnytsia was considered in the master's qualification work.

Basic calculations and formulated requirements for high-quality electricity supply of modern microdistricts of the city are presented, the increase in requirements for which is due to the reliable functioning of the housing stock in the conditions of a special situation in the country.

The economic aspects of the electricity supply system of the residential area were considered and the main economic indicators were determined.

Measures for labor protection and safety in emergency situations in specific operating conditions of the power supply system have been developed.

Keywords: electrical loads, power supply schemes, transformer substation, lighting, electrical equipment.

ВСТУП

Актуальність теми. Забезпечення якості та надійності електропостачання житлових споруд мікрорайонів міст є актуальним для забезпечення безперервності живлення побутових споживачів в умовах дефіциту електричної енергії, що обумовлено військовим станом та аварійними вимкненнями.

Окрім того, забезпечення якості електропостачання повино сприяти можливості постійного розвитку благоустрою територій міст.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розробка системи електропостачання житлового мікрорайону, яке забезпечить надійне живлення специфічних побутових споживачів.

Для вирішення питань, пов'язаних з якісним електропостачанням в магістерській кваліфікаційній роботі запропоновано сучасні методи розрахунку, в тому числі які базуються на використанні елементів САПР та математичного моделювання. В перелік цих питань входить:

- оптимізаційні розрахунки щодо системи електропостачання, в тому числі визначення електричних навантажень, що є основою для прийняття всіх електроенергетичних рішень;

- інтеграція сонячної електростанції в загальну систему електропостачання для живлення відповідальних споживачів загального користування житлового будинку;

Об'єкт дослідження – система електропостачання житлового району «Академічний» місто Вінниця.

Предмет дослідження – є впровадження та використання сучасних методів аналізу та синтезу системи електпостачання з використанням САПР та математичного моделювання.

Методи досліджень. Використовуються загальноприйняті методи розрахунку системи живлення електроенергією в основу яких покладено математичне моделювання окремих задач, що сприяють безперебійному забезпеченню побутових споживачів електричною енергією.

Новизна. Запропоновано для живлення споживачів мікрорайону сучасні схеми електропостачання, що дозволяють інтегрувати в них сонячну електростанцію, яка буде жити відповідальні споживачі інфраструктури житлового будинку.

Практична цінність. Для прийняття оптимальних рішень в магістерській кваліфікаційній роботі використовуються елементи САПР та математичного моделювання, що підвищує ефективність роботи системи електропостачання за рахунок сучасних технологій вибору електротехнічного обладнання та матеріалів

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи: по матеріалах магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано тези доповіді [25].

Публікації: За результатами роботи опубліковано тези доповідей [25].

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИТЛОВОГО РАЙОНУ «АКАДЕМІЧНИЙ»

Одним із значних споживачів електричної енергії є житлові райони міст. Сучасні житлові комплекси зазвичай насичені різноманітним електричним обладнанням, що потребує особливих вимог до систем їх електропостачання. Споживачі в будинках можуть бути як активної потужності так і такими, що спотворюють живлячу напругу. Окрім того будівельний ансамбль мікрорайонів може мати в своє складі басейни, парки, ігрові площадки, стоянки для автотранспорту, як наземні та к і підземні, теплові пункти та інше.

Все це приводить до того, що при проектуванні систем електропостачання житлових районів потрібно враховувати цю різноманітність споживачів та вимоги до надійності мереж для забезпечення ефективної роботи систем живлення.

Аналіз споживачів, які притаманні сучасним будівлям показав, що вони можуть відноситися до II або III категорій надійності, окрім насосних (теплових) станцій, що забезпечують безперебійність доставки водних ресурсів.

Останнім часом особливі вимоги висувуються до комутаційних апаратів та пристроїв релейного захисту. Тому такі об'єкти комплектуються спеціальними розподільчими пристроями, в яких передбачається встановлення всього комплексу електроапаратів.

Особливе місце серед забудов мікрорайону займають багатоповерхівки, в яких встановлюються ліфти та насосне обладнання. Система електропостачання цих забудов повинна передбачати наявність цих специфічних електроприймачів.

Не останє місце в системі електропостачання мікрорайонів займає організація та виконання мереж освітлення. Тут потрібно враховувати не тільки зовнішнє освітлення вулиць, стадіонів та парків, а і освітлення та автоматичне регулювання освітленням прибудинкових територій та під'їздів, як в середині будівлі так і в зовні. Тобто мова йде про встановлення регульовальної та апаратури контролю.

Окрім того особливої уваги заслуговує організація з електромонтажних робіт по прокладці кабельних ліній живлення та вибору сучасних марок кабелів та

проводу. Від останніх залежить в багатьох випадках надійність електропостачання та безперебійність роботи електрообладнання. Відомо, що у мікрорайонах з багатоповерховими будинками кабельні лінії та їх монтаж займають приблизно 70% від загальних електромонтажних робіт. Останнє потребує будівництва трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ з визначенням місця їх розташування при чому таким, щоб вони вписувалися в загальну архітектурну композицію всієї забудови.

1.1 Інформаційна база для проектування

Спрощений генеральний план забудови мікрорайону представлений на рисунку 1.1, а електричні навантаження його об'єктів у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Електричні навантаження об'єктів мікрорайону

№	Назва споруди	P _н , кВт
1	Дитячий садочок	25
2	Кухонний блок дитячого садочку	18
3	Торгівельно-розважальний центр	44
4	Медична установа	36
5	Пральня	10
6	Тепловий пункт	55
7	Багатоповерховий будинок (12 пов)	106
8	Центр відпочинку та дозвілля	38
9	Продовольчий маркет	23
10	Багатоповерховий будинок (9 пов)	46
11	Багатоповерховий будинок (10 пов)	98
12	Багатоповерховий будинок (9 пов)	61
	Разом	560

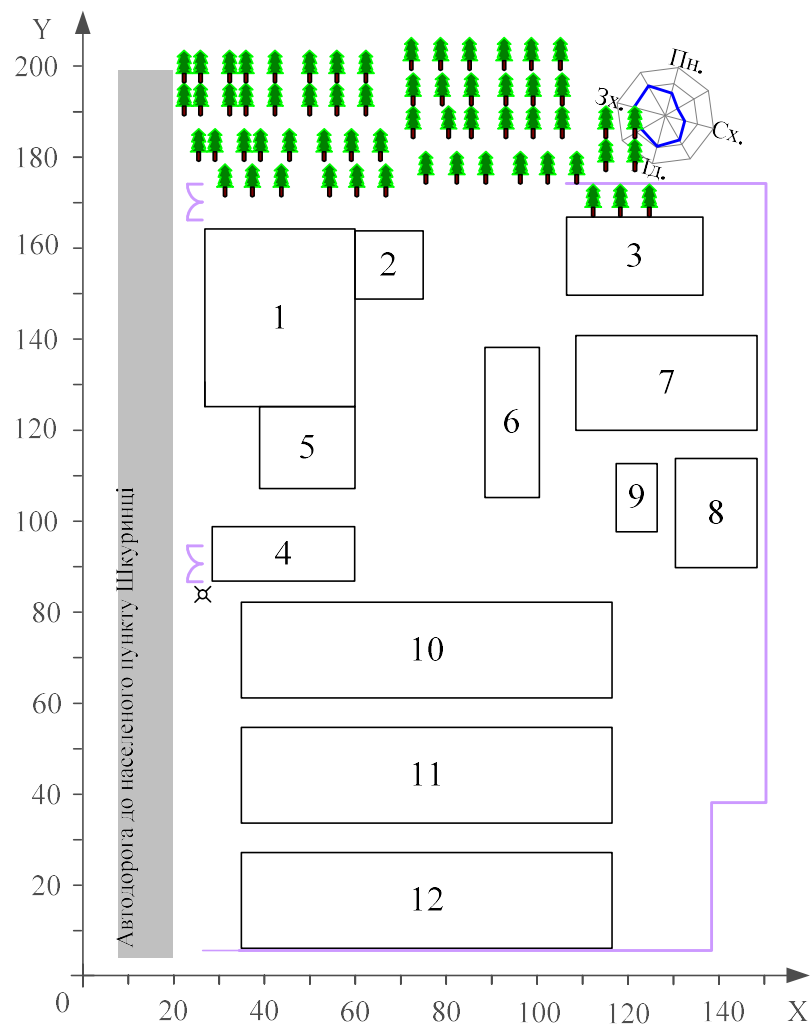


Рисунок 1.1 – Спрощений генеральний план забудови мікрорайону

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Проектування систем електропостачання передбачає розрахунок основних його елементів. Загально прийнята послідовність розрахунків, що використовується в проектній практиці представлена в магістерській роботі.

Особливістю електропостачання мікрорайону є врахування навантаження та систем живлення окремих квартир. Приведемо для прикладу схему системи електропостачання стандартної трикімнатної квартири в будинках, якими забудований мікрорайон «Академічний» (рисунок 2.1).

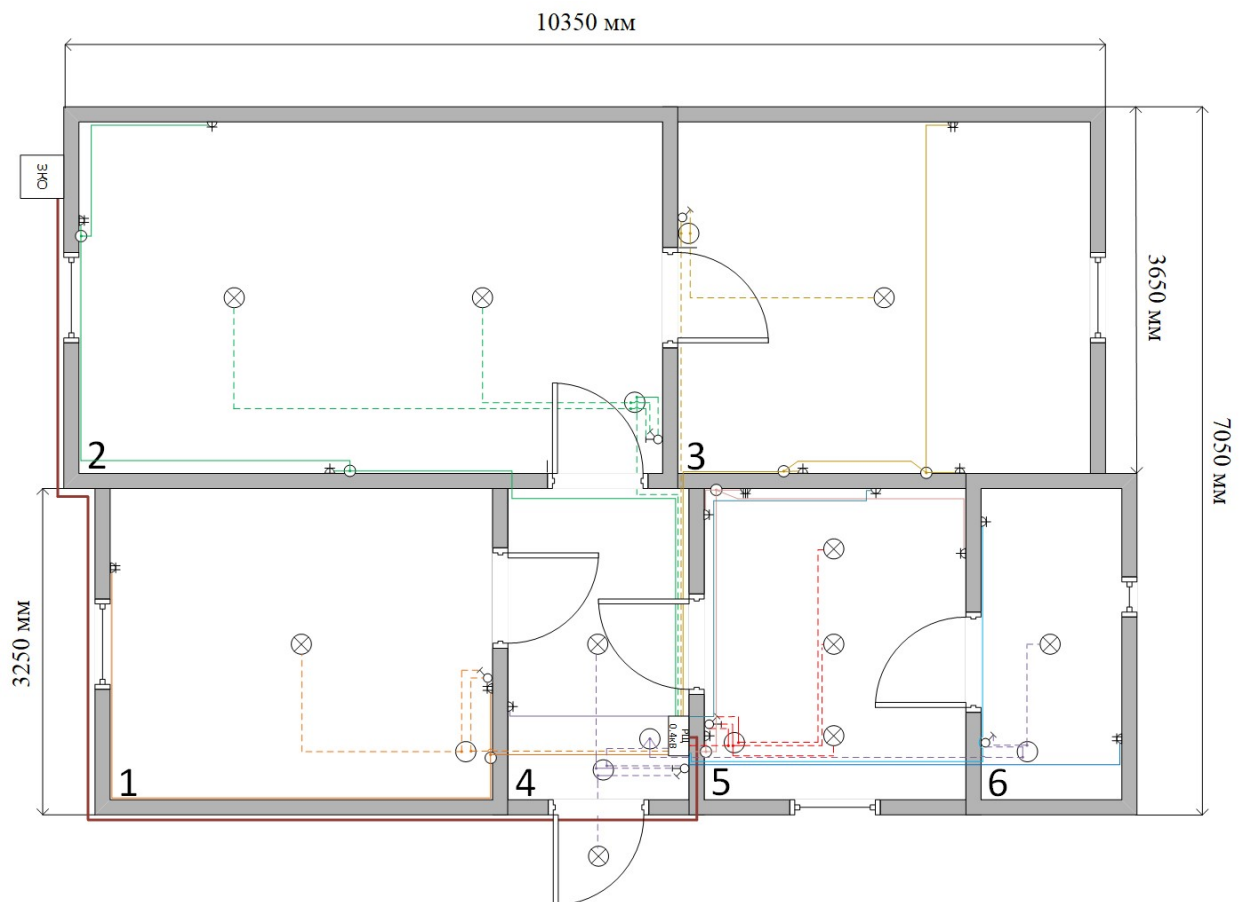


Рисунок 2.1 – План квартири з силовою та освітлювальною мережами

Нище представлені також однолінійна схема електропостачання (рисунок 2.2) та схема підключення однофазного електрообладнання, яким укомплектовано квартирний розподільчий щит (рисунок 2.3)

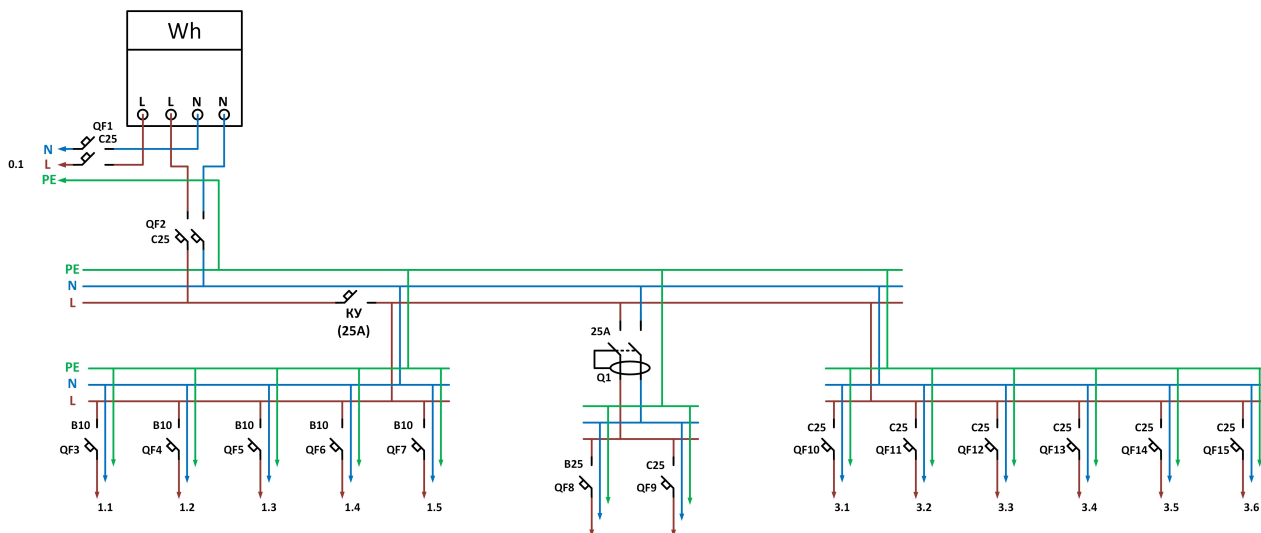


Рисунок 2.2 – Однолінійна схема живлення споживачів квартири

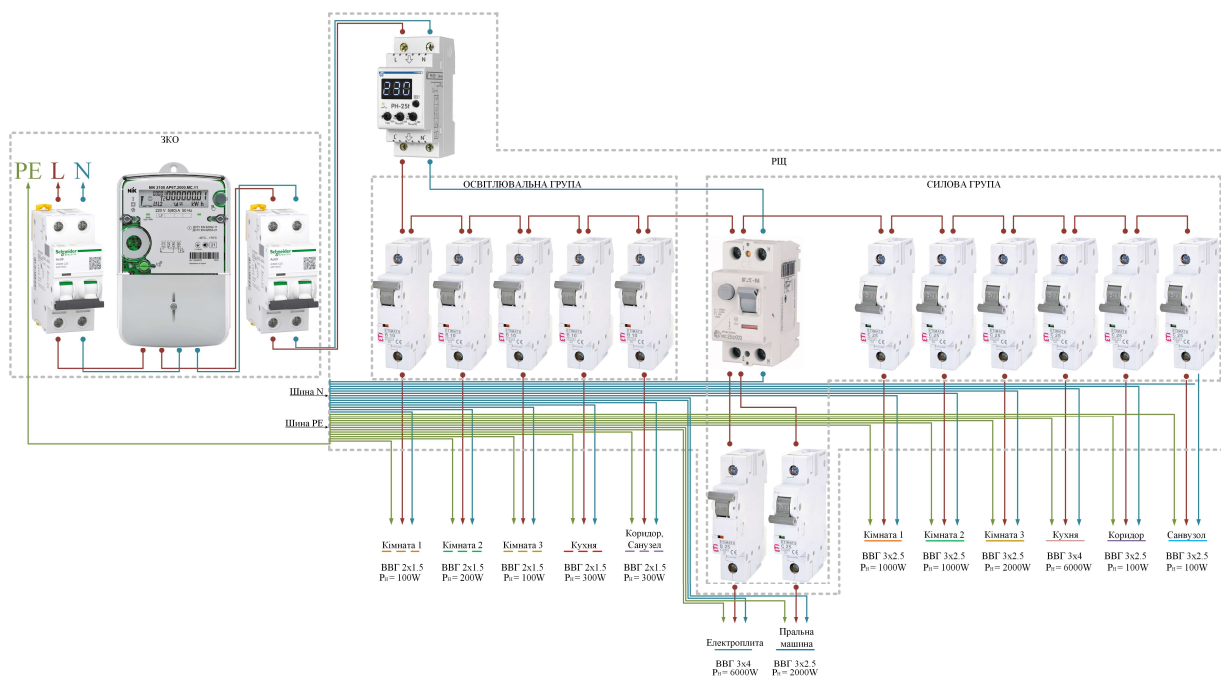


Рисунок 2.3 – Схема розподільчого щита 0,4 кВ квартири

Для уніфікації розрахунків та прийняття оптимальних рішень в роботі пропонується запровадити елементи теорії системи автоматизованого проектування (САПР) та математичного моделювання.

2.1 Розрахунок електричних навантажень мікрорайону

Для проектування високовольтної частини живлення мікрорайону вважаємо за потрібне спочатку визначити електричні навантаження споживачів, які розташовані на території забудови частини міста Вінниці.

Розрахунок електричних навантажень споживачів виконаємо в табличній формі, в якій представлено основні формули для розрахунку та числові результати, що відповідають вихідній інформації.

Враховуємо, що на території мікрорайону будуть споруджені не тільки житлові будинки, а і елементи інфраструктури, що накладає особливі вимоги до визначення електричних навантажень. Так як значна частина будівель, система електропостачання яких проектується в роботі представляє собою магазини, розважальні центри, пункти розподілу води та інше розрахунки будемо проводити користуючись методикою, яка притаманна промисловим об'єктам.

Якщо б більшість споживачів мікрорайону була житловими спорудами, то слід було би скористатися методикою визначення розрахункових навантажень описаною в [2].

Розрахунки електричних навантажень для одного споживача наведені у таблиці 2.1, а результати по мікрорайону представлені на рисунку 2.4.

Таблиця 2.1 – Розрахунки навантажень житлового району

Розрахункова активна потужність освітлення, кВт	$P_{po} = F \cdot k_{по} \cdot k_{пра} \cdot P_{пито}$	$P_{po} = 106 \cdot 0,08 \cdot 1,2 \cdot 0,022 = 19,01$
Розрахункова реактивна потужність освітлення, квар	$Q_{po} = P_{po} \cdot \operatorname{tg}(\varphi_o)$	$Q_{po} = 19,01 \cdot \operatorname{tg}(0,9) = 9,2$
Середня активна потужність, кВт	$P_c = k_b \cdot P_n + P_{po}$	$P_c = 0,57 \cdot 106 + 19,01 = 75,2$
Середня реактивна потужність, квар	$Q_c = k_b \cdot P_n \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + Q_{po}$	$Q_c = 0,53 \cdot 106 \cdot 1,02 + 9,2 = 66,5$
Середня повна потужність, кВА	$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}$	$S_c = \sqrt{75,2^2 + 66,5^2} = 100,4$
Розрахункова активна потужність, кВт	$P_p = k_n \cdot P_n + P_{po}$	$P_p = 0,57 \cdot 106 + 19,01 = 79,4$
Розрахункова реактивна потужність, квар	$Q_p = k_n \cdot P_n \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + Q_{po}$	$Q_p = 0,57 \cdot 106 \cdot 1,02 + 9,2 = 70,8$
Розрахункова повна потужність, кВА	$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$	$S_p = \sqrt{79,4^2 + 70,8^2} = 106,4$
Розрахунковий струм, А	$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U}$	$I_p = \frac{106,4}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 161,7$
Питома густина навантажень, кВА/м ²	$\rho = \frac{S_p}{F}$	$\rho = \frac{106,4}{900} = 0,12$
Сумарна середня	$P_{c\Sigma} = \sum_1^N P_c$	$P_{c\Sigma} = 385,5$

Продовження таблиці 1.2

Сумарна середня реактивна потужність, квар	$Q_{c\Sigma} = \sum_1^N Q_c$	$Q_{c\Sigma} = 292,9$
Сумарна середня повна потужність, кВА	$S_{c\Sigma} = \sqrt{P_{c\Sigma}^2 + Q_{c\Sigma}^2}$	$S_{c\Sigma} = \sqrt{385,5^2 + 292,9^2} = 484,19$
Сумарна розрахункова активна потужність освітлення, кВт	$P_{po\Sigma} = \sum_1^N P_{po}$	$P_{po\Sigma} = 113,49$
Сумарна розрахункова реактивна потужність освітлення, квар	$Q_{po\Sigma} = \sum_1^N Q_{po}$	$Q_{po\Sigma} = 54,96$
Сумарна розрахункова активна потужність, кВт	$P_{p\Sigma} = k_o \cdot \sum_1^N k_n \cdot P_n + P_{po\Sigma}$	$P_{p\Sigma} = 0,95 \cdot 287,1 + 113,49 = 400,6$
Сумарна розрахункова реактивна потужність, квар	$Q_{p\Sigma} = k_o \cdot \sum_1^N P_n \cdot K_n \cdot \text{tg} + Q_{po\Sigma}$	$Q_{p\Sigma} = 0,95 \cdot 263,3 + 54,96 = 305,1$
Сумарна розрахункова повна потужність, кВА	$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2}$	$S_{p\Sigma} = \sqrt{400,6^2 + 305,1^2} = 503,57$
Сумарна питома густина навантажень, кВА/м ²	$\rho_\Sigma = \frac{S_{p\Sigma}}{F_\Sigma}$	$\rho_\Sigma = \frac{503,57}{8073} = 0,06$

							Уном= 0,38									Ко= 0,95									
Дані сили					Дані світла										Середні навантаження					Розрахункові навантаження					кВА/м
Рн, кВт	Cos	tg	Kп	Kв	Площа, м ²	Kпо	Рпит, Вт/м ²	Kпра	Cos_o	tg_o	Рро, кВт	Qро, квар	Рс, кВт	Qс,квар	Sc,кВА	Iс, А	Рр, кВт	Qр, квар	Sp,кВА	Ip, А					
25	0,7	1,02	0,6	0,54	1287	0,6	0,022	1,3	0,9	0,48	22,1	10,7	35,58	24,47	43,186	65,61	37,08	26	45,291	68,812	0,035				
18	0,8	0,75	0,45	0,4	225	0,8	0,022	1,3	0,9	0,48	5,1	2,5	12,35	7,893	14,655	22,27	13,25	8,568	15,777	23,971	0,07				
44	0,8	0,75	0,4	0,35	252	0,6	0,012	1,1	0,9	0,48	2,0	1,0	17,4	12,52	21,431	32,56	19,6	14,17	24,18	36,738	0,096				
36	0,7	1,02	0,4	0,32	378	0,6	0,011	1,1	0,9	0,48	2,7	1,3	14,26	13,08	19,355	29,41	17,14	16,02	23,464	35,65	0,062				
10	0,9	0,48	0,24	0,2	288	0,6	0,014	1,2	0,9	0,48	2,9	1,4	4,903	2,375	5,4478	8,277	5,303	2,568	5,8923	8,9524	0,02				
55	0,85	0,62	0,6	0,5	396	0,6	0,014	1,2	0,9	0,48	4,0	1,9	31,49	18,98	36,767	55,86	36,99	22,38	43,237	65,692	0,109				
106	0,7	1,02	0,57	0,53	900	0,8	0,022	1,2	0,9	0,48	19,0	9,2	75,19	66,52	100,39	152,5	79,43	70,85	106,43	161,71	0,118				
38	0,7	1,02	0,6	0,55	432	0,6	0,014	1,2	0,9	0,48	4,4	2,1	25,25	23,43	34,45	52,34	27,15	25,37	37,162	56,461	0,086				
23	0,7	1,02	0,6	0,54	135	0,6	0,014	1,2	0,9	0,48	1,4	0,7	13,78	13,33	19,173	29,13	15,16	14,74	21,144	32,124	0,157				
46	0,85	0,62	0,55	0,5	1260	0,7	0,012	1,1	0,9	0,48	11,6	5,6	34,64	19,89	39,948	60,69	36,94	21,32	42,652	64,803	0,034				
98	0,7	1,02	0,57	0,53	1260	0,8	0,022	1,2	0,9	0,48	26,6	12,9	78,55	65,88	102,52	155,8	82,47	69,88	108,09	164,23	0,086				
61	0,85	0,62	0,55	0,5	1260	0,7	0,012	1,1	0,9	0,48	11,6	5,6	42,14	24,54	48,767	74,09	45,19	26,43	52,354	79,544	0,042				
560			0,54	0,49	8073						113,49	54,96	385,5	292,9	484,19	735,7	400,6	305,1	503,57	765,1	0,062				

Рисунок 2.4 – Результати розрахунку електричних навантажень

2.2 Вибір потужності живлячих підстанцій та місця їх розташування

Житловий масив «Агрономічне» отримує живлення від РП-8 (10 кВ), який живиться від двох підстанцій АТ «Вінницяобленерго»: фідер №7 підстанція «Агрономічне» та фідер №274 підстанції «Промислова». Тобто необхідно в мікрорайоні встановити трансформаторну підстанцію 10/0,4 кВ.

Знайдемо потужність трансформаторів підстанції та визначимо її місце розташування, яке буде вписуватися в загальну архітектуру забудови.

Для цього скористаємося можливостями системи САПР, що дасть змогу визначити оптимальне значення потужності трансформаторів та їх кількість. При використанні САПР необхідна наступна інформація:

1. $E_e=0,1$ – нормативне значення коефіцієнту ефективності;
2. $E_a=0,066$ – відрахування на амортизацію;
3. $k_n = 0,91$ - коефіцієнт навантаження в нормальному режимі підстанції (обраний для Вінницького регіону за середньою температурою середовища $\theta=10,7^\circ\text{C}$)
4. $k_{па}=1,3$ - значення коефіцієнту навантаження трансформатора в післяаварійному режимі (при температурі навколишнього середовища $\approx 30^\circ\text{C}$);
5. $k_{ппа}=0,9$ – коефіцієнт навантаження під час проходження післяаварійного режиму.

Зробимо зауваження, що виходячи з знайденої розрахункової потужності та надійності живлення необхідно до встановлення прийняти одну двотрансформаторну підстанцію, яка не займе багато місця і впишеться в архітектуру мікрорайону.

Використовуючи наведену вище інформацію створимо математичну модель пошуку потужності в середовищі EXCEL, в якому працює САПР.

При виборі потужності за критерій оптимальності буде прийняте значення річних приведених затрат в будівництво підстанції.

Наведемо в загальному вигляді формули, які закладені в основу САПР та представимо їх в табличній формі 2.2.

Таблиця 2.2 – Опорні вирази у САПР для оптимального визначення потужності трансформаторів

Назва параметра	Формула
Річні приведені затрати в ТП, грн	$Z(S_T) = B_{ТП}(S_{ТП}) + B_B(S_{ТП});$ $Z(S_T) = (E_a + E_e) \cdot k_{ТП}(S_T, k_T) + [\Delta P_{XX}(S_T) + \Delta P_{KЗ}(S_T) \cdot k_3^2] \cdot k_T \cdot B_0$
Вартість річних втрат електроенергії, грн	$B_B(S_T) = [\Delta P_{XX}(S_T) + \Delta P_{KЗ}(S_T) \cdot k_3^2] \cdot k_T \cdot B_0$
Річна приведена вартість капіталовкладень, грн	$B_{ТП}(S_{ТП}) = (E_a + E_e) \cdot k_{ТП}(S_T, k_T)$
Обмеження, які накладаються на керовану зміну	$S_T \cdot k_T \cdot k_H \geq S_{ТП};$ $k_T > 1 \Rightarrow S_T \cdot k_{Па} \geq S_{ТП} \cdot k_{НПа}$
Втрати активної потужності, кВт	$\Delta P_{тр} = n \cdot \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{KЗ} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{ном.тр}} \right)^2$
Втрати реактивної потужності, квар	$\Delta Q_{тр} = n \cdot \frac{I_{XX}}{100} \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{U_{KЗ}}{100} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{ном.тр}} \right)^2$

На рисунку 2.5 зображена інформація, яка сформована в середовищі EXCEL і відображає автоматизоване визначення оптимальної потужності трансформаторів підстанції.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТП ЗА МІНІМУМОМ ЗАТРАТ											
2													
3		Економічні характеристики											
4		Питома вартість втрат, грн/кВт					Bo =		8203,353				
5		Коефіцієнт ефективності капіталовкладень					Ee =		0,1				
6		Коефіцієнт відрахувань на амортизацію					Ea =		0,066				
7													
8		Дані нормального режиму											
9		Розрахункова потужність ТП, кВА					Sp =		503,5714				
10		Середня потужність ТП, кВА					Sc =		484,1902				
11		Кількість трансформаторів					kt =		2				
12		Макс. доп. коефіцієнт навантаження т-ра в норм. режимі					Kn =		0,91				
13													
14		Дані післяварійного режиму											
15		Коефіцієнт перевантаження в п. а режимі					Kппа =		1,3				
16		Доля навантаження у п.а. режимі					Kппа =		0,8				
17													
18	*	St, кВА	dPкз,	dPxx,	Kгп,	E*K,	dPзм,	dPнс,	dP, кВт	Bв,	З т.грн	*	X
19		63	1,28	0,24	209,28	34,7405	40,8904	0,48	41,3704	339,376	-		
20		100	1,97	0,33	259,42	43,0637	24,978	0,66	25,638	210,318	-		
21		160	3,1	0,51	297,134	49,3242	15,3537	1,02	16,3737	134,319	-		
22		250	4,2	0,74	336,159	55,8024	8,52043	1,48	10,0004	82,037	-		
23	v	400	5,9	0,95	476,386	79,0801	4,67546	1,9	6,57546	53,9408	133,021	v	+
24		630	8,5	1,31	636,887	105,723	2,71538	2,62	5,33538	43,768	149,491		+
25		1000	10,5	2,1	936,354	155,435	1,33132	4,2	5,53132	45,3753	200,81		+
26		1600	18	2,8	1377,54	228,672	0,89151	5,6	6,49151	53,2521	281,924		+
27		2500	23,5	3,85	1493,52	247,924	0,47674	7,7	8,17674	67,0767	315,001		+
28		Коефіцієнт завантаження					кз =		0,62946				
29		Мінімальні затрати, тис грн					Змін =		133,021				
30		Оптимальна потужність трансформатора, кВА					St* =		400				

Рисунок 2.5 – Автоматизоване визначення оптимальної потужності трансформаторів

Як видно з рисунку 2.5 до встановлення необхідно прийняти двотрансформаторну комплектну підстанцію з трансформаторами 2х400 кВА

2.3 Визначення параметрів живлячої лінії

Виходячи з можливої схеми зовнішнього електропостачання, прийmemo до впровадження варіант живлення житлового району від РП-8 (10 кВ), що живиться від підстанції «Агрономічне», відстань до якої складає 2,6 км.

Для визначання перерізу кабельної лінії, яка буде відходити від РП-8 до трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ скористаємося можливостями електронної таблиці EXCEL, на базі якої створені елементи системи САПР. Для цього сформуємо математичну модель, яка буде потребувати мінімуму приведених затрат на кабельну лінію при обмеженнях, що характеризують переріз кабелю.

Модель буде мати вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 3(x) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(x, k_l) + 3 \cdot I_l^2 \cdot r_0(x) \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \cdot k_l \rightarrow \min_{x \in X_{cm}} \\
 x \geq x_{don} \equiv k_{don} \cdot I_{don}(x) \geq I_l \\
 x \geq x_{don} \equiv k_{na} \cdot I_{don}(x) \geq I_l \cdot k_l \cdot k_{nna} \\
 \Delta U_n(x) \leq \Delta U_{don} \\
 \Delta U_{na}(x) \leq \Delta U_{don} \\
 x \geq x_{кор}, \\
 x \geq x_{мех}, \\
 x \in X_{cm}
 \end{array} \right. \quad (2.1)$$

Користуючись вихідною інформацією створимо електронну форму EXCEL (рисунк 2.6) та виконаємо автоматизований пошук рішення приведеної математичної моделі.

	F, мм ²	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ko, тис. грн/км	dUn, %	dUna, %	dP, кВт	E*K, тис.грн	Bв, тис.грн	З, тис.грн	*	X
29													
30	10	2,766	0,412	84	51,3172	1,636639	2,618623	19,38294	150,7699	159,0051	-		
31	16	1,801	0,399	111	57,8354	1,120388	1,792621	12,62063	169,9204	103,5315	-		
32	25	1,176	0,385	142	59,5467	0,783692	1,253907	8,240903	174,9482	67,60304	-		
33	35	0,79	0,373	175	61,694	0,574344	0,91895	5,535981	181,257	45,41361	-		
34	50	0,603	0,365	210	65,509	0,472009	0,755214	4,225565	192,4654	34,6638	227,1292	v	+
35	70	0,428	0,354	265	70,7519	0,37477	0,599631	2,99924	207,8691	24,60383	232,4729		+
36	95	0,31	0,343	330	77,1066	0,307703	0,492324	2,172347	226,5392	17,82053	244,3597		+
37	120	0,25	0,336	390	82,0661	0,273012	0,436819	1,751893	241,1102	14,37139	255,4816		+
38	150	0,199	0,33	450	89,4345	0,243503	0,389605	1,394507	262,7586				+
39	185	0,158	0,323	520	92,6718	0,21887	0,350192	1,107196	272,2697				+
40	240	0,122	0,314	605	117,0878	0,196046	0,313673	0,854924	344,004				+
41	300	0,099	0,307	710	125,1538	0,18094	0,289504	0,693749	367,7019				+
42									Змін=	227,1292			
43									F мин=	50			

Рисунок 2.6 – Вибір оптимального перерізу зовнішньої КЛ 10 кВ

Аналізуючи отримані в результаті пошуку дані, можна зробити висновок, що оптимальним перерізом кабелю 10 кВ буде 50 мм². Це відповідає найбільш економічному варіанту. Для виконання живлення вибираємо до впровадження кабель з зшитого поліетилену марки АПВегП 10 3х50.

Для отримання повної картини системи електропостачання мікрорайону виконаємо розрахунок та вибір усіх кабельних мереж, які живлять всю інфраструктуру району від ТП 10/0,4 кВ. Проведемо також автоматизований вибір перерізу цих ліній за допомогою САПР. Покажемо приклад розрахунку (рисунк 2.7) для будівлі дитячого садочку (№1 на плані).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРЕРІЗУ КЛ 0,38 кВ													
2	Економічні характеристики													
3	Питома вартість втрат, грн/кВт					Bo = 8203,353								
4	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень					Ee = 0,1								
5	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію					Ea = 0,04								
6	Дані нормального режиму РП - КЛ1													
7	Напруга, кВ					U = 0,4								
8	Допустима втрата напруги в КЛ, %					dU = 5								
9	Коефіцієнт серидовища					Kc= 1,09								
10	Коефіцієнт прокладки					Kп= 0,75								
11	Коефіцієнт допустимого навантаження					Kдоп= 0,8175								
12	Дані після аварійного режиму													
13	Коефіцієнт перевантаження КЛ у п.а.					Kпа = 1,2								
14	Доля навантаження у п.а. режимі, %					Kпап = 0,9								
15	Допустима втрата напруги в КЛ, %					dUпадоп= 5								
16	Лінія 1 ТП-РП1													
17												Lл=	34,46116	
18	довжина лінії 1		L=	0,05		Kл=	2		Rл=	38,83492	Qл=	27,78463		
19	F, мм^2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ko, тис. грн/км	dUn, %	dUpa, %	dP, кВт	E+K, тис.грн	Bв, тис.грн	З, тис.грн	*	X	
20	10	3,1	0,073	65	28,4054	1,912758	3,442965	0,552221	0,397676	9,060122	9,457797	+		
21	16	1,94	0,0675	90	44,2104	1,206488	2,171678	0,345583	0,618946	5,669883	6,288828	+		
22	25	1,24	0,0662	115	63,874	0,781166	1,406099	0,220888	0,894236	3,624049	4,518285	+		
23	35	0,89	0,0637	135	82,4367	0,567702	1,021864	0,158541	1,154114	2,601132	3,755246	+		
24	50	0,62	0,0625	165	111,1146	0,403347	0,726024	0,110444	1,555604	1,812024	3,367629	+		
25	70	0,443	0,0612	200	154,8454	0,29538	0,531683	0,078914	2,167836	1,294721	3,462556	+		
26	95	0,326	0,0602	240	201,3557	0,22395	0,403111	0,058072	2,81898	0,952774	3,771754	+		
27	120	0,258	0,0602	270	236,9551	0,182688	0,328839	0,045959	3,317371	0,754036	4,071407	+		
28	150	0,206	0,0596	305	308,2956	0,150874	0,271574	0,036696	4,316138	0,60206	4,918198	+		
29	185	0,167	0,0596	345	376,7585	0,127209	0,228977	0,029749	5,274619	0,488078	5,762697	+		
30	240	0,129	0,0587	0	479,6327	0,10376	0,186769	0,02298	6,714858	0,377018		-		
31	300	0,103	0	0	0	0,0625	0,1125	0,018348	0	0,30103		-		
32	Оптимальний переріз КЛ1=										50 мм^2			

Рисунок 2.7 – Вибір оптимального перерізу кабелю 0,38 кВ для дитячого садочку

Всі інші низьковольтні кабелі, які живлять об'єкти розташовані на генплані мікрорайону знаходяться аналогічно, результати представлені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Перерізи та марки кабельних ліній живлення 0,4кВ.

№	Назва цеху	Ir, А	n	Марк а	Переріз, мм ²	Спосіб прокладк	Затрати, тис.грн.
1	Дитячий садочок	34,4	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	3,367
2	Кухонний блок дитячого садочку	11,3	2	АВВГ	3х16+1х10	в землі	2,698
3	Торгівельно-розважальний центр	17,4	2	АВВГ	3х35+1х25	в землі	4,552
4	Медична установа	16,9	2	АВВГ	3х25+1х16	в землі	1,38
5	Пральня	4,25	2	АВВГ	3х10+1х6	в землі	0,289
6	Тепловий пункт	31,2	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	4,561
7	Багатоповерховий будинок (12 пов)	38,4	4	АВВГ	3х70+1х35	в землі	16,91
8	Центр відпочинку та дозвілля	26,8	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	6,367
9	Продовольчий маркет	15,2	2	АВВГ	3х25+1х16	в землі	3,498
10	Багатоповерховий будинок (9 пов)	30,7	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	0,600
11	Багатоповерховий будинок (10 пов)	39,0	4	АВВГ	3х70+1х35	в землі	6,428
12	Багатоповерховий будинок (9 пов)	37,7	2	АВВГ	3х70+1х35	в землі	5,214

2.4 Розрахунок та вибір комутаційного обладнання 10 кВ.

Для комутації та захисту високовольтних ліній електропередач в магістерській кваліфікаційній роботі рекомендується використати високовольтні вимикачі вітчизняного виробництва, які будуть встановлені у розподільному пристрої.

Обрані вимикачі будуть перевірені на вимоги з термічної та динамічної стійкості в різних режимах роботи системи електропостачання.

Основними умовами вибору високовольтних вимикачів є:

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном.мережі}}, \quad (2.2)$$

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{max}}, \quad (2.3)$$

Визначимо значення I_{max} , що входить у вираз (2.3) в нормальному та післяаварійному режиму роботи:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{503,57}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 14,54 \text{ (A)},$$

$$I_{\text{max}} = \frac{1,3 \cdot S_{\text{н.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1,3 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 30,02 \text{ (A)}.$$

Приймемо для встановлення у розподільчому пристрою 10 кВ високовольтні вакуумні вимикачі ВРС-10 з номінальним струмом $I_{\text{ном.в}} = 250 \text{ A} > I_{\text{м.ав}}$.

Обрані вимикачі повинні бути перевірені на дію струмів короткого замикання.

2.5 Перевірка вимикачів 10 кВ на дію струмів к.з.

Виконаємо необхідні розрахунки струмів короткого замикання, для спрощення та наочності необхідні формули та числові значення приведемо в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок струмів короткого замикання.

Назва параметра	Формула	Розрахунок
Базисний струм на напрузі 10 кВ, в.о.	$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{cp}}$	$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55$
Опір системи, в.о.	$X_C = \frac{S_6}{S_K}$	$X_C = \frac{1000}{200} = 5;$
Періодична складова струму трифазного КЗ в початковий момент часу, кА	$I_{ПО} = \frac{E_C''}{X_\Sigma} \cdot I_6$	$I_{ПО} = \frac{1}{5} \cdot 55 = 11$
Постійна часу затухання аперіодичної складової струму, с	$T_{ac} = \frac{X_\Sigma}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_\Sigma}$	$T_{ac} = \frac{5}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5} = 0,032$
Розрахунковий час початку розмикання контактів вим., с	$\tau = t_{pz.min} + t_{в.в.}$	$\tau = 0,01 + 0,055 = 0,065$
Аперіодична складова струму КЗ при $t = \tau = 0,065$ с, кА	$i_{ат.С} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_{ac}}}$	$i_{ат.С} = \sqrt{2} \cdot 11 \cdot e^{\frac{-0,065}{0,032}} = 2,04$
Ударний струм КЗ, кА	$i_{уд.С} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot \left(1 + e^{\frac{-\tau}{T_{ac}}} \right)$	$i_{уд.С} = \sqrt{2} \cdot 11 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,065}{0,032}} \right) = 17,6$
Час відключення, с	$t_{від} = t_{pz} + t_{нв}$	$t_{від} = 0,5 + 0,1 = 0,6$
Тепловий імпульс, $кА^2 \cdot с$	$B_K = I_{ПО}^2 \cdot (t_{від} + T_{ac})$	$B_K = 11^2 \cdot (0,6 + 0,032) = 76,5$

По отриманим даним струмів короткого замикання (таблиця 2.4) виконаємо перевірку обраного високовольного вимикача ВРС-10.

Перевірка виконується з метою підвищення якості та надійності електропостачання споживачів, а також для визначення термічної та комутаційної здатності високовольного вимикача.

Також отриманні значення струмів короткого замикання можуть бути використанні для налаштування засобів релейного захисту та пристроїв обліку.

Виконаємо таку перевірку та представимо її результати у таблиці 2.5. В

таблиці представленні основні формули та умови, а також числові результати.

Таблиця 2.5 – Результати перевірки високовольтного вимикача.

Умова вибору	Номинальні параметри вимикачів	Розрахункові параметри мережі
$I_{\text{ном.від}} = I_{\text{Пт.}}$	$I_{\text{ном.від}} = 40 \text{ кА}$	$I_{\text{Пт}} = I_{\text{ПтС}} = 11 \text{ кА}$
$\sqrt{2} \cdot I_{\text{ном.від}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{\text{Н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{\text{Пт}} + i_{\text{ат}}$	$\sqrt{2} \cdot 40 \cdot \left(1 + \frac{21}{100}\right) = 68,45 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot 11 + 2,04 = 13,04 \text{ кА}$
$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$	$i_{\text{дин}} = 128 \text{ кА}$	$i_{\text{уд.С}} = 17,6 \text{ кА}$
$I_{\text{дин}} \geq I_{\text{ПО}}$	$I_{\text{дин}} = 40 \text{ кА}$	$I_{\text{ПО}} = 11 \text{ кА}$
$I_{\text{Т}}^2 \cdot t_{\text{Т}} \geq B_{\text{к}}$	$I_{\text{Т}}^2 \cdot t_{\text{Т}} = 40^2 \cdot 4 = 6400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 76,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Проведенні розрахунки показують, що обраний тип вимикача ВРС-10 задовольняє вимогам надійності та якості електропостачання.

2.6 Вибір оптимального місця розташування живлячої ТП

Задача знаходження місця розташування живлячої підстанції мікрорайону може бути представлена у вигляді оптимізаційної задачі, яка ототожнюється з транспортної задачею лінійного програмування. Тому вирішуємо цю проблему також скориставшись можливостями САПР та електронними таблицями EXCEL.

Побудуємо математичну модель (2.4), що описує процес знаходження оптимальних точок на генеральному плані мікрорайону, в яких може бути рекомендовано встановлення ТП. Математична модель відображає знаходження мінімуму приведених затрат при керованих змінних, які i є координатами розміщення трансформаторної підстанції.

$$\begin{aligned}
 3(x_0, y_0) = & \left[(E_{\text{е}} + E_{\text{аж}}) \cdot (a_{\text{ж}} + K_0(F_{\text{ж}})) + 3 \cdot I^2 \cdot R_0(F_{\text{ж}}) \cdot B_0 \right] \cdot k_{\text{ж}} \cdot L_{\text{ж}} + \\
 & + \sum_{i=1}^n \left[(E_{\text{е}} + E_{\text{а}}) \cdot (a + K_0(F_i)) + 3 \cdot I^2 \cdot R_0(F_i) \cdot B_0 \cdot k_i \right] \cdot L_i \rightarrow \min, \\
 & X_{\min} \leq X_0 \leq X_{\max}, \\
 & Y_{\min} \leq Y_0 \leq Y_{\max}.
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

де $Z(x_0, y_0)$ - критеріальна функція у вигляді приведених затрат;
 $K_0(F_i)$ - величина питомої вартості кабельної лінії;
 I – розрахунковий струм певної лінії;

B_0 - питома вартість втрат активної потужності грн/кВт;

E_a - Коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

E_e - коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

$k_{ж}$ - кількість кабелів живлячої лінії;

k_i - кількість кабелів від центру мережі до i -тої ТП;

$F_{ж}$ - переріз живлячої кабельної лінії;

F_i - переріз i -тої кабельної лінії;

a – складова питомої вартості КЛ на 1 км, яка не залежить від перерізу;

$a_{ж}$ - складова питомої вартості живлячої КЛ на 1 км;

$L_{ж}$ - довжина живлячої лінії км;

L_i - довжина i -тої розподільної лінії;

Причому довжина лінії живлення визначається за такими формулами:

$$L_i = \sqrt{(X_0 - X)^2 + (Y_0 - Y)^2} \text{ - для евклідової метрики;}$$

$$L_i = |X_0 - X| + |Y_0 - Y| \text{ - для неевклідової метрики.}$$

$X_0; Y_0$ - координати центру мережі;

$X_{\min}; Y_{\min}$ - мінімальні координати на генплані, за якими не можна розташовувати ЦМ по осі X та Y відповідно;

$X_{\max}; Y_{\max}$ - максимальні координати на генплані, за якими не можна розташовувати ЦМ по осі X та Y відповідно;

На рисунку 2.8 наведено результати розв'язку математичної моделі визначення оптимальних координат місця розташування підстанції $X_0 = 32$ м та $Y_0 = 78$ м.

Аналізуючи отримані результати робимо висновок про встановлення в цьому місці живлячої підстанції так, як на генплані мікрорайону воно вільно від забудов та органічно вписується у загальний архітектурний стиль.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ВИБІР ЦЕНТРА КАБЕЛЬНОЇ МЕРЕЖІ 0,38 кВ											
2	Характеристики мережі											
3	Напруга, кВ					Uж = 10						
4	Напруга живл РП, кВ					Uжрп = 0,4						
5	Метрика ЖЛ, Е- евклідова, НЕ - неевклідова					Метрика Е						
6	Метрика мережі, Е- евклідова, НЕ - неевклідова					Метрика НЕ						
7	Економічні характеристики											
8	Питомі втрати, які не залежать від перерізу, грн/км					а = 2700						
9	Питомі втрати, які не залежать від перерізу, грн/км					аж = 10000						
10	Питома вартість втрат, грн/кВт					Во = 8203,35						
11	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень					Ее = 0,1						
12	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію					Еа = 0,04						
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію живлячої лінії					Еаж = 0,03						
14	РП споживача	X, м	Y, м	F, мм^2	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	Ro, Ом/км	Ko, т.грн/км	L, м	З, грн
15	ЖЛ ПЛ	27	84	50	2	408,887	323,762	30,111	0,603	65,51	7,81	788,33
16	РП 1	30	126	50	2	38,835	27,785	72,550	0,62	111,11	50,00	20852,10
17	РП 2	73	146	16	2	13,248	8,568	23,971	1,94	44,21	109,00	17303,36
18	РП 3	88	147	35	2	19,596	14,167	36,738	0,89	82,44	125,00	31269,82
19	РП 4	40	109	25	2	17,144	16,020	35,650	1,24	63,87	39,00	8824,90
20	РП 5	40	97	10	2	5,303	2,568	8,952	3,1	28,41	27,00	2161,92
21	РП 6	79	106	50	2	36,992	22,385	65,692	0,62	111,11	75,00	29108,43
22	РП 7	101	121	70	4	79,428	70,847	161,709	0,443	154,85	112,00	207148,20
23	РП 8	132	98	50	2	27,155	25,370	56,461	0,62	111,11	120,00	42444,26
24	РП 9	119	100	25	2	15,161	14,738	32,124	1,24	63,87	109,00	23074,83
25	РП 10	36	72	50	2	36,942	21,318	64,803	0,62	111,11	10,00	3845,72
26	РП 11	49	53	70	4	82,471	69,877	164,232	0,443	154,85	42,00	79186,71
27	РП 12	49	25	70	2	45,192	26,431	79,544	0,443	154,85	70,00	34586,14
28	Сумарні приведені річні затрати в мережу, грн											
29	Центр мережі, м					Хо = 32,0		Yo = 78,0				
30												
31	оптимальний варіант					32		78				500594,72

Рисунок 2.8 – Електронна таблиця для визначення центру електричних навантажень.

Генеральний план мікрорайону з картограмою навантажень та розміщенням живлячої підстанції наведено на рисунку 2.9.

Вибір місця встановлення підстанції обумовлений не тільки розрахунковими координатами, а і врахуванням архітектурних особливостей мікрорайону. Підстанція розташована таким чином, щоб до неї був зручний під'їзд та вона не заважала мешканцям мікрорайону.

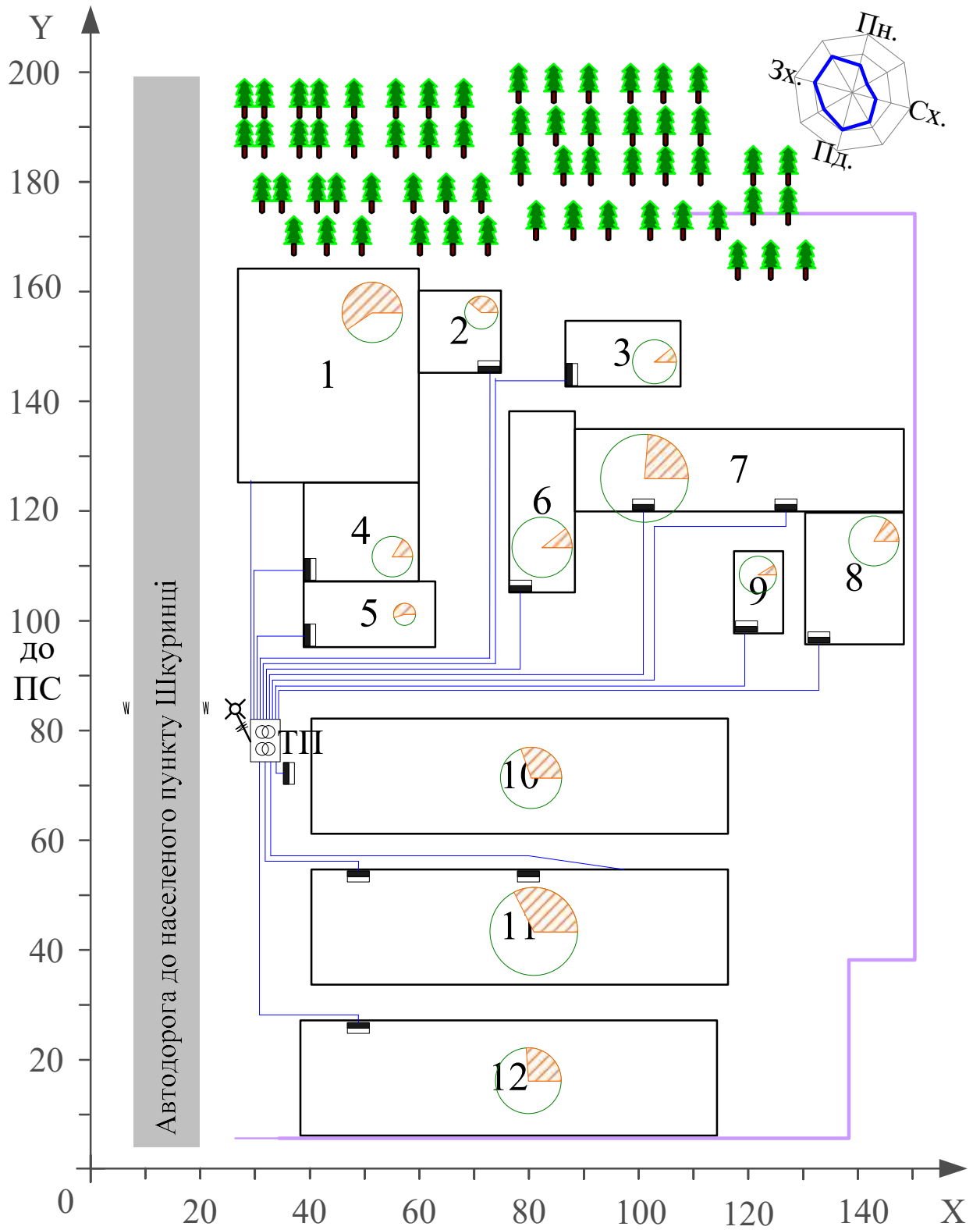


Рисунок 2.9 – Розміщення ТП та РП на картограмі підприємства

2.7 Компенсація реактивної потужності

Аналіз системи електропостачання мікрорайону показав, що окрім житлових споруд в ньому присутні споживачі, які можуть споживати певну кількість реактивної енергії. До таких споживачів відносяться торговельно-розважальний центр, дитячий садочок, пральня та ін..

У зв'язку з цим в магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто один зі спрощених способів визначення параметрів компенсувальних пристроїв, який базується на аналізі графіка навантаження мікрорайону. Так як мікрорайон, який розглядається, знаходиться в процесі проектування та розбудови скористаємося характерним графіком електричних навантажень, що дозволить прийняти адекватне рішення по необхідній потужності конденсаторних установок 0,4 кВ.

Рекомендуємо до впровадження обрати конденсаторні установки, що мають автоматичне регулювання по ступеннях, які визначаються з графіку електричних навантажень. Конденсаторні установки обраної потужності встановимо на шиннах 0,4 кВ у трансформаторній підстанції, що забезпечить можливість їх експлуатації та нагляду. Регулювання потужності конденсаторної установки здійснюється регулятором реактивної потужності фірми ЕТІ типу PFC-6, у якого контролюючим параметром є $\cos\phi$.

На рисунку 2.10 зображено характерний для мікрорайону добовий графік реактивного навантаження для підстанції, за яким визначаються необхідні реактивні потужності конденсаторних установок.

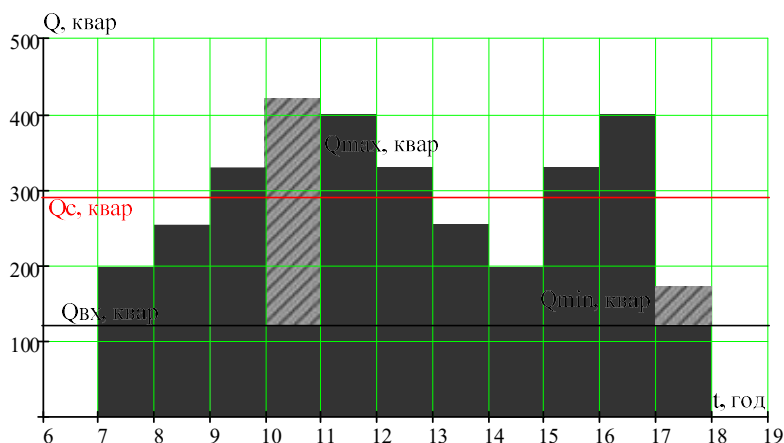


Рисунок 2.10 – Добовий характерний графік реактивного навантаження

З рисунку 2.10 видно, що необхідне мінімальне значення реактивної потужності конденсаторної установки дорівнює 50 квар, а максимальне – 300 квар.

Покажемо місці встановлення конденсаторних установок на однолінійні схемі електропостачання мікрорайону (рисунк 2.11).

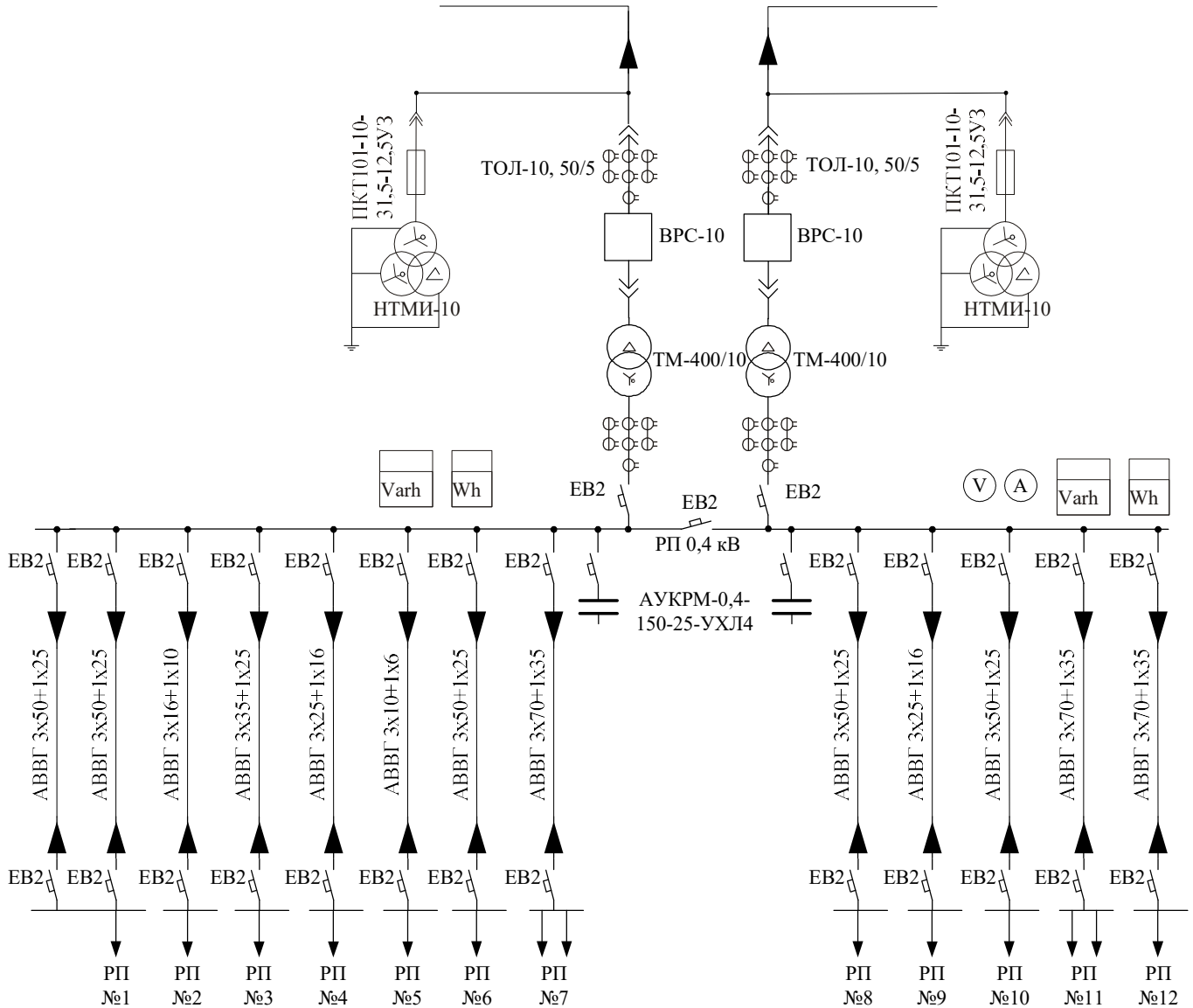


Рисунок 2.11 – Схема електропостачання з КУ

До встановлення прийемо конденсаторні установки АУКРМ-0,4-150-25-УХЛ4.

2.8 Вибір засобів релейного захисту та автоматики

Для комутації та захисту конденсаторної установки на стороні 0,4 кВ оберемо наступні елементи.

Для цього визначимо допоміжні величини, які характеризують робото-спроможність відповідних пристроїв.

Знайдемо значення струмової відсічки:

$$I_{\text{св}} = k_{\text{н}} \cdot I_{\text{вкл}}; \quad (2.5)$$

де $k_{\text{н}}$ - коефіцієнт надійності, $k_{\text{н}} = 1,5$;

$I_{\text{вкл}}$ - значення струму КУ, яке визначається за формулою:

$$I_{\text{вкл.БСК}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{ном.БСК}} \left(k_{\text{у}} + \sqrt{\frac{W_{\text{КЗ}}}{Q_{\text{ном.БСК}}}} \right); \quad (2.6)$$

де $I_{\text{ном.БСК}}$ - номінальний струм КУ;

$k_{\text{у}}$ - коефіцієнт завантаження КУ:

$$k_{\text{у}} = \frac{U_{\text{розр}}}{\sqrt{2} \cdot n \cdot U_{\text{н.к.}}} = \frac{0,4}{\sqrt{2} \cdot 6 \cdot 0,4} = 0,118; \quad (2.7)$$

$$I_{\text{вкл.БСК}} = \sqrt{2} \cdot 202 \left(0,118 + \sqrt{\frac{20}{0,15}} \right) = 3,332 \text{ (кА)};$$

$$I_{\text{св}} = 1,5 \cdot 3,332 = 4,99 \text{ (кА)}.$$

Струм трифазного КЗ.

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{1,3 \cdot S_{\text{н.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1,3 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 11820 \text{ (А)};$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к}}^{(2)}}{I_{\text{сз}}} = \frac{0,865 \cdot 11820}{4990} = 2.$$

По знайденим величинам обираємо реле типу РНм-1-40/200, з витримкою часу:

$$t_{\text{сзБСК}} = t_{\text{свТр-р}} + \Delta t' = 0,0 + 0,5 = 0,5 \text{ (с)}.$$

що відповідає необхідності встановлення реле часу РЕВ-114.

У випадку не спрацювання захисту зробимо перевірку у режимі після аварійного перевантаження, використовуючи вираз:

$$I_{c3} = \frac{k_n \cdot I_{\text{ном.БСК}}}{k_B}; \quad (2.8)$$

де $k_n = 1,2$ - коефіцієнт надійності;

$$I_{c3} = \frac{1,2 \cdot 202}{0,8} = 303 \text{ (A)}.$$

Перевіримо узгодженість струмів відповідно попередньо обраного захисту:

$$I_{c3} = k_{nc} \cdot I_{c3\text{Гр}} = 1,3 \cdot 303 = 393,9 \text{ (A)}.$$

Це говорить про необхідність прийняття уставки струму величиною $I_{c3} = 393,9 \text{ (A)}$.

Перевіримо чутливість захисту при двофазному КЗ:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к}}^{(2)}}{I_{c3}} = \frac{0,865 \cdot 11820}{393,9} = 14,97 > 1,5. \quad (2.9)$$

При цьому струм спрацьовування реле буде:

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_{c3}}{n_{\text{ТС}}} = \frac{393,9}{20} = 19,7 \text{ (A)}. \quad (2.10)$$

де $n_{\text{ТС}}$ – коефіцієнт трансформації вимірювального ТС.

По отриманим даним вибираємо реле РНм-1-40/100.

Час спрацьовування захисту:

$$t_{\text{сзКЛ}} = t_{\text{сзМСЗтр}} + \Delta t' = 1,2 + 0,4 = 1,6 \text{ (с)}. \quad (2.11)$$

Це вимагає встановлення реле часу типу РЕВ-124.

При однофазних замиканнях на землю струм на шиннах 10 кВ підстанції визначається як:

$$3I_{0\text{КЛмережі}}^{(1)} = \frac{k_{\text{рем}} \cdot U_{\text{мф}} \cdot 1}{10} = \frac{0,54 \cdot 0,4 \cdot 0,071}{10} = 0,03 \text{ (A)}. \quad (2.12)$$

де $U_{\text{мф}}$ – лінійна напруга, кВ;

Величина струму спрацьовування захисту:

$$I_{сз} = \frac{k_{відл} \cdot k_{стр} \cdot 3I_{0КЛ}^{(1)}}{10} = \frac{1,1 \cdot 4 \cdot 0,03}{10} = 0,0132 \text{ (A)}.$$

де $k_{відл}$ – коефіцієнт відлаштування, що приймається рівним 1.1—1.2;

$$k_{ч} = \frac{3I_{0КЛмережі}^{(1)} - 3I_{0КЛ}^{(1)}}{I_{сз}} = \frac{0,03 - 0,0108}{0,0132} = 1,45 > 1,25.$$

Отже приймаємо сумове реле РТЗ-51 [5].

Підсумовуючи, можна стверджувати, що для підвищення якості електропостачання житлового мікрорайону доцільно встановлення однієї двотрансформаторної підстанції з трансформаторами потужністю 400 кВА. Живлення підстанції відбувається кабельною лінією 10 кВ, що виконанна з зшитого поліетилену та має переріз 3х50 мм². В розділі наведені рекомендації по пристроям захисту обладнання при роботі в аварійних режимах.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ДИТЯЧОГО САДОЧКУ

3.1 Інформація про основне обладнання ФЕС

Серед споживачів мікрорайону особливе місце займає дитячий садочок. Тому було прийнято рішення щодо спорудження ФЕС на даху будівлі садочка. Це підвищить якість електропостачання та забезпечить діточок безперебійним електроживленням. Окрім цього спорудження ФЕС дозволить знизити витрати електроенергії для споживачів, що живляться від нашої підстанції.

Фотоелектрична станція в своєму складі має декілька основних елементів, які необхідні для створення умов безперебійного забезпечення електричною енергією. Покажемо на рисунку 3.1 всі необхідні складові ФЕС, що необхідні для забезпечення її сталої роботи.

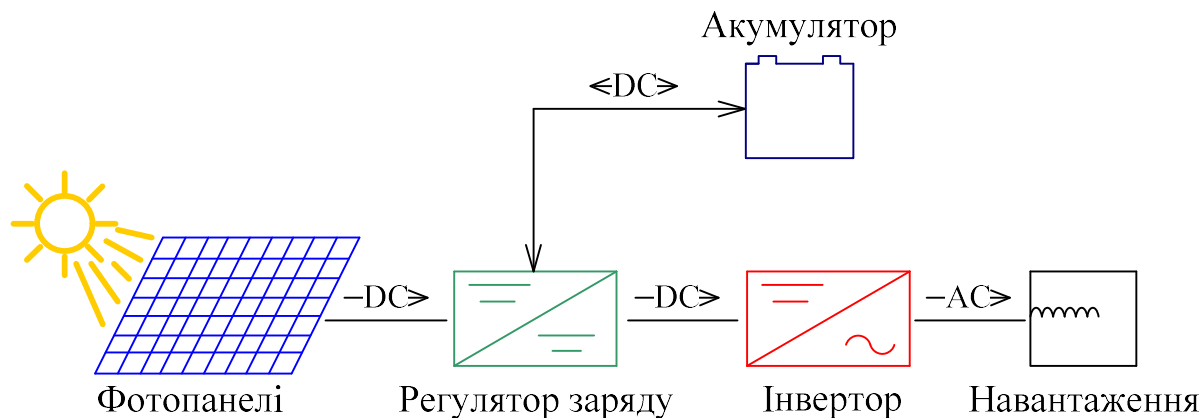


Рисунок 3.1 – Спрощена блок-схема ФЕС

Основним елементом сонячної електростанції, що перетворює сонячне випромінювання в електричну енергію є фото панель. Якість та ефективність перетворення сонячної електроенергії в багатьох випадках залежить від типу обраної панелі, які можуть бути різними навіть в одній станції.

Для забезпечення контролю роботи ФЕС та керування її режимами використовується регулятор заряду. Цей пристрій регулює та підтримує величину

вихідної напруги та виконує функції управління. Управління регулятором відбувається за здалегідь заданим алгоритмом, від чого залежить ефективність роботи станції загалом.

Перетворення постійного струму від сонячних панелей у змінний відбувається за рахунок інвертору. В даному випадку необхідно використати інвертор, який розрахований на 230 В змінного струму та частоту 50 Гц. Цей елемент є обов'язковим та відповідальним за процес перетворення різних видів енергії. Така вимога необхідна коли всі споживачі розраховані на напругу 230 В змінного струму.

В ролі навантаження виступають споживачів дитячого садочку, які розраховані на напругу живлення 230 В.

За зберігання енергії відповідальна акумуляторна батарея. Вона дає можливість зберігати накопичену електроенергію і користуватися нею в часи, коли сонячне випромінювання відсутнє. Використання акумуляторних батарей набагато підвищує ефективність та надійність електропостачання споживачів, вона дає можливість використовувати накопичену енергію не тільки в хмарну погоду, але і в ночі.

Комплектація сонячних електричних станцій залежить від багатьох факторів, більшість яких визначають споживачі електричної енергії та електропостачальна організація у випадку, коли ФЕС приєднана до їх мереж.

Значним обмеженням по кількості сонячних модулів є площа, на якій вони мають бути встановлені, а також їх вартість. Тому в розрахунках необхідно врахувати місце розташування ФЕС та інші особливості, які стосуються ландшафту місця встановлення (дерева, будівлі та ін.), а також погодні умови, в яких буде відбуватися експлуатація станції.

3.2 Аналіз можливої конфігурації ФЕС.

Широкого використання на сьогоднішній час набули три види конфігурації фотоелектричних станцій.

Один із видів конфігурації з простішою структурою є автономна станція, яка повністю не залежна від зовнішніх систем електропостачання. Такі станції в своєму складі зазвичай мають акумуляторні батареї та стандартний набір іншого обладнання. Структурна схема такої станції представлена на рисунку 3.2.

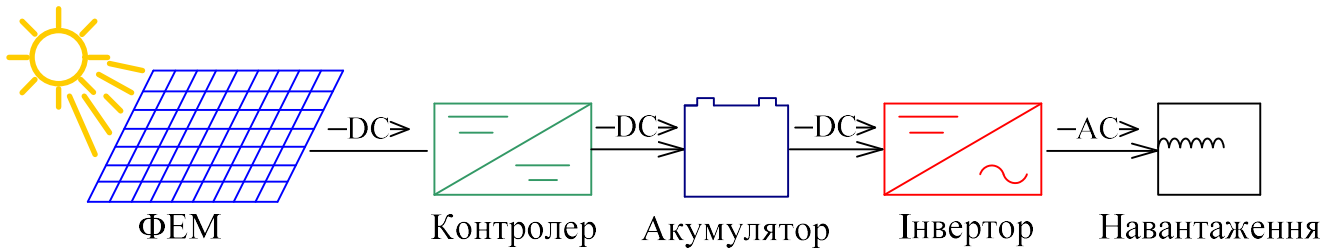


Рисунок 3.2 – Автономна ФЕС

Інший вид ФЕС – це гібридна електрична станція. Вона нагадує автономну, але в той же час має з'єднання з мережею електропостачання зовнішнього живлення. В цьому випадку, залишок електричної енергії, що накопичується, може передаватися в зовнішню мережу та використовуватися для електропостачання необхідних споживачів. В останньому випадку необхідно використовувати перетворювачі напруги, що ідентична з напругою мережі.

Така схема дозволяє використовувати сонячну енергію як резервне живлення у разі зникнення основного мережевого живлення або при обмеженій потужності зовнішнього живлення.

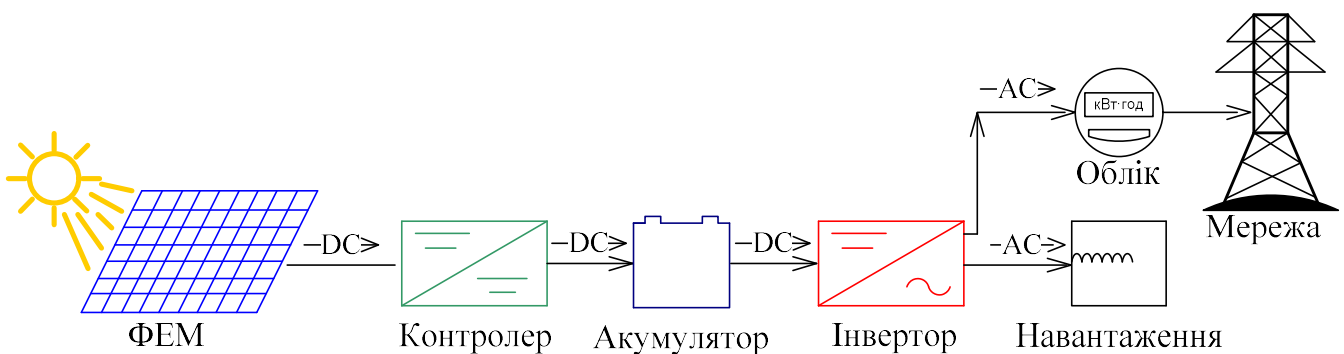


Рисунок 3.3 – Гібридна ФЕС

Фотоелектрична станція мережевого типу (рисунок 3.4) є найпростішою та найбільш розповсюдженою із усіх систем. До складу входять фотоелектричні модулі та мережевий інвертора, який підключений до мережі.

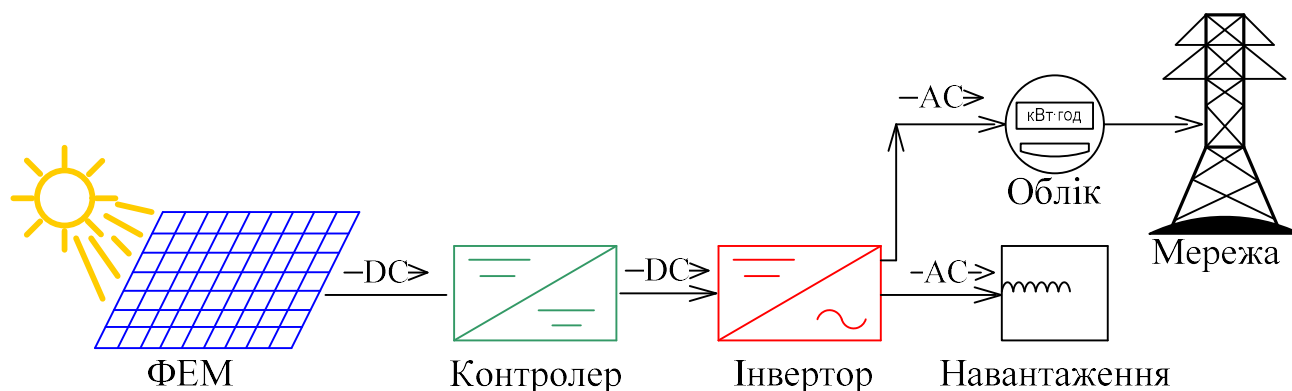


Рисунок 3.4 – Мережева ФЕС

Мережеві ФЕС не мають в своєму складі акумуляторів, що говорить про неможливість їх використання в якості резервних джерел не зважаючи на їх високу ефективність і надійність та низьку ціну

3.3 Основні типи сонячних модулів

В практиці створення ФЕС найбільш поширене використання знайшли наступні фотоелектричні модулі різноманітної конструкції:

- монокристалічні;
- полікристалічні;
- з аморфного кремнію;
- з телурида кадмію;
- з CIGS.

Найбільш ефективними панелями для сонячних електростанцій є монокристалічні, які мають досить низьку 14-16% ефективності з точки зору пропорції до потужності.

Не зважаючи на це, матеріал з якого виготовленні ці панелі (чистий кремній), який очищений від шкідливих та інших домішок добре вивчений і поставлений у широке виробництво напівпровідниковою промисловістю.

З іншого боку монокристалічні панелі мають полігональну структуру, що ускладнює заповнення всієї площі останьої, яка приводить до зниження її потужності.

Сонячні панелі з полікристалічного кремнію набагато легше збираються завдяки структурі використаного матеріалу. Тому ці панелі набули широкого використання, а їх оптимальний ККД становить від 12 до 15% до потужності. Ці панелі мають характерний синій колір.

Фотоелектричні модулі з аморфного кремнію мають найвище значення ККД, яке коливається в межах 6- 8%. Однак слід мати на увазі, що такі панелі мають низьку собівартість, тому спроможні виробляти найдешевшу електроенергію.

Напівпровідникові панелі типу CIGS складаються з міді, індію, галію та селену. Плівка даного складу отримується шляхом напилення з подальшою обробкою парами селену. Якщо їх порівнювати панелями з телуриду кадмію, CIGS має величину ККД до 15% і є більш ефективними. Панелі з кремнієвими елементами на сьогоднішній день найбільш представлені на світовому ринку, але сонячні панелі полі- та монокристалічні у зв'язку з оптимальним співвідношенням ціни та ККД користуються більш великим попитом.

3.4 Порівняльний аналіз інверторів в системі ФЕС

Призначення інвертора полягає в перетворенні постійного струму сонячних панелей в змінний (DC/ACconverter). Окрім основної функції інвертор дозволяє виконувати регулювання частоти вихідної напруги за рахунок його виконання як джерела, що генерує періодичні напруги, форма графіка яких наближується до синусоїдальної хвилі [18].

За характером використання до способ підключення інвертори умовно можна поділити на мережеві, гібридні та автономні.

Мережеві інвертори (on grid) використовуються для роботи сонячної електростанції для живлення споживачів загальної електричної мережі. Вони знайшли найбільше використання у мережах з потужністю генерації понад 10 кВт.

Автономні інвертори (off grid) використовуються в побутових мережах, в яких зазвичай, встановлюються акумуляторні батареї, що отримують заряд від сонячних модулів через контролери.

Гібридні інвертори можуть використовуватися, коли необхідні обидва методи підключення. Вони поєднуються з джерелами безперебійного живлення за допомогою автоматичного контролера та можуть працювати від акумуляторної батареї або сонячного модуля (при необхідності).

Технічна реалізація інверторних схем живлення може бути реалізована трьома основними системами підключення.

Мостова схема інвертора без використання трансформатора використовується, зазвичай, де встановлюється інвертор потужністю 500 ВА або в установках з напругою 230 – 360В (рисунок 3.5).

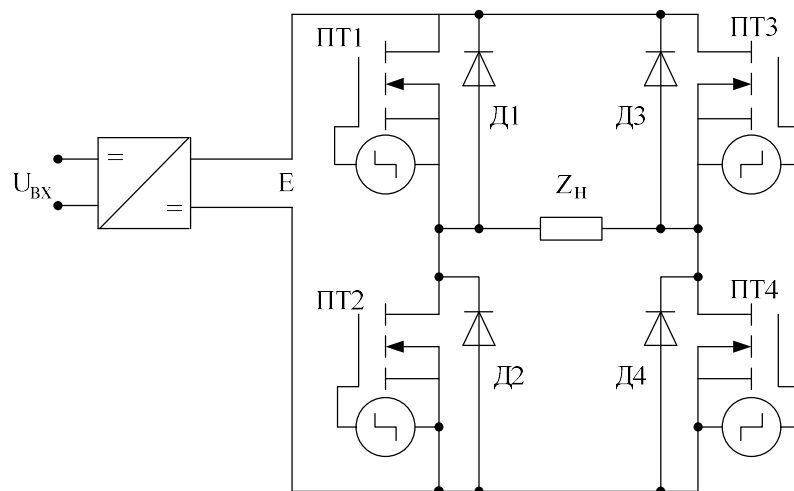


Рисунок 3.5 – Мостовий інвертор

Інвертор з нульовим виведенням трансформатора. Найчастіше використовуються для пересувних систем радіозв'язку та комп'ютерних джерел живлення потужністю 250 - 500 ВА (рисунок 3.6)

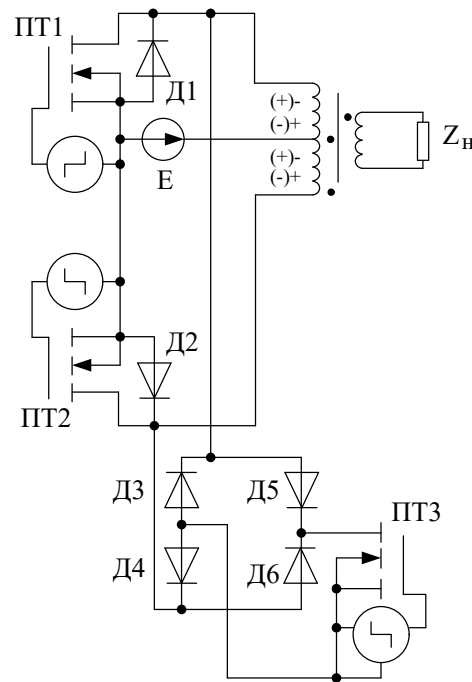


Рисунок 3.6 – Інвертор з нульовим виведенням трансформатора

Інвертор з трансформатором. Використовується у випадку необхідності безперебійного живлення споживачів з широким діапазоном потужності (рисунок 3.7).

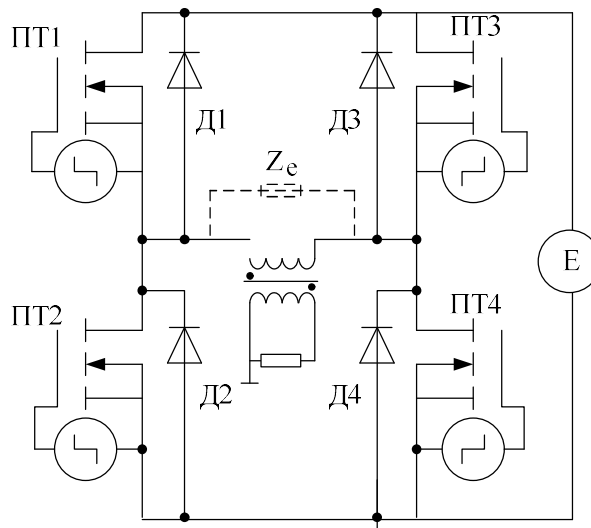


Рисунок 3.7 – Інвертор з трансформатором

Інвертор є генератором напруги, форма якої близька до синусоїдальної і може відрізнятися від неї формою вихідного сигналу.

За формою вихідного сигналу інвертори можна розділити на декілька основних груп:

- прямокутна форма вихідної напруги;
- ступінчаста форма вихідної напруги;
- синусоїдальна форма напруги;

Потрібно мати на увазі, що у момент запуску інвертора він може збільшувати свою потужність протягом короткого часу, що обумовлено ввімкненням потужних побутових приладів.

Інвертор це фактично основний елемент сонячної електростанції, оскільки від його ККД залежить ефективність сонячної станції та впливає на її рентабельність. Інвертори також можуть використовуватись як автономне обладнання або, як основне джерело безперебійного живлення.

3.5 Синтез параметрів ФЕС

Значна складність при визначенні параметрів ФЕС виникає у зв'язку з складністю точного прогнозу величини необхідної генерації електричної енергії.

Ефективність роботи сонячної електростанції в значній мірі залежить від кількості необхідної сонячної енергії. Це в першу чергу пов'язано з оптимальним вибором будівельної площадки (майданчика) де можливо отримати максимальну кількість сонячних променів протягом року. Також потрібно визначити та врахувати під яким кутом до горизонту слід монтувати сонячні панелі. В значній мірі це залежить від широти місцевості та визначенні кута нахилу при встановленні сонячних панелей. Вважається, що оптимальним кутом до горизонту є 15° , як для літнього періоду так і зимового.

Принципово для визначення оптимальних параметрів елементів ФЕС використовувати математичні моделі, критеріальною функцією яких є досягнення максимального економічного ефекту проектуємої сонячної станції:

$$E(\sum P_{mod}) \rightarrow \max. \quad (3.1)$$

де E – величина економічного ефекту від застосування сонячних модулів, грн;

Загальна генеруюча потужність ФЕС залежить від потужності окремих модулів та супутніх параметрів, що впливають на генерацію.

Потужність окремого фотогальванічного модуля (ФГМ) можна визначити наступним чином [3]:

$$P_{mod} = I_{opt} \cdot S_{ef} \cdot \eta \cdot k_T \cdot k \cdot \cos \alpha. \quad (3.2)$$

де I_{opt} – інтенсивність потужності променів сонця, Вт/м²;

S_{ef} – площа поверхні ФГМ, м²;

$$I_{opt} \cdot S_{ef} \cdot \eta \cdot k_T \cdot k \approx P_{ном}. \quad (3.3)$$

де $P_{ном}$ – номінальна потужність ФГМ.

$$P_{mod} = P_{ном} \cdot \cos \alpha. \quad (3.4)$$

Ефективність виразу (3.4) буде лише у випадку, показаному на рисунку 3.8.

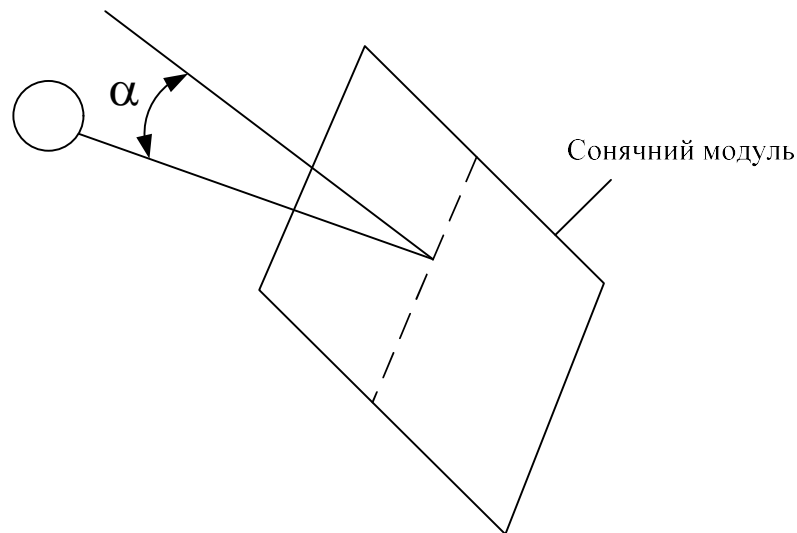


Рисунок 3.8 – Розташування сонця по відношенню до ФГМ

У реальних умовах експлуатації ФГМ потрібно обов'язково врахувати нерухомість панелей, що приведе до необхідності врахування азимутального кута δ . (рисунок 3.9).

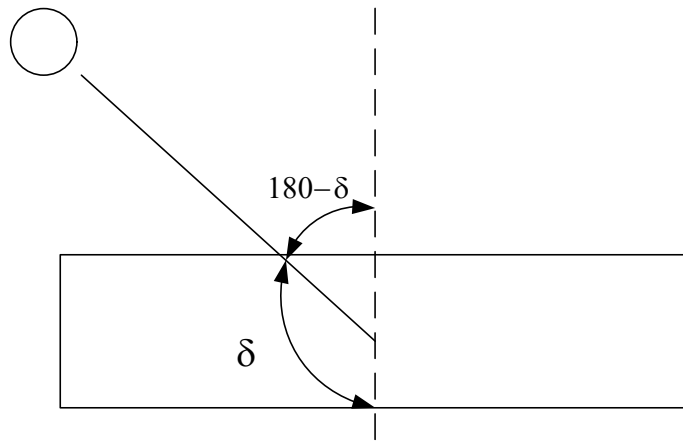


Рисунок 3.9 – Врахування азимутального кута δ

Тоді вираз (3.4) для визначення потужності модуля буде:

$$P_{mod} = P_{ном} \cdot \cos \alpha \cdot \cos(180 - \delta). \quad (3.5)$$

Величину електроенергії, яка може бути отримана за день від ФГМ зі сходу до заходу сонця (відповідає середньому значенню виробленої електроенергії) визначиться як:

$$W_{доб} = \sum_{\alpha'_{t=t_{cx}}, \beta_{t=t_{зах}}}^{\alpha'_{t=t_{зах}}, \beta_{t=t_{зах}}} (N \cdot P_{mod1}(\alpha, \alpha', \delta) + N \cdot M \cdot P_{mod2}(\alpha, \alpha', \delta)). \quad (3.6)$$

де $\alpha'_{t=t_{cx}}$ – величина кута сонцестояння, що фіксується в першу годину після сходу сонця, °;

$\alpha'_{t=t_{зах}}$ – величина кута сонцестояння, що фіксується в останню годину після заходу сонця, °;

Якщо припустити, що ФГМ встановлюються на даху, а саме такий спосіб монтажу ФГМ пропонується в магістерській роботі, для встановлення на даху дитячого садочку то максимальну наповненість площі даху панелями та кількість рядів можна визначити за виразом:

$$M = \text{Округл.менш.}(\frac{III}{d}) + 1. \quad (3.7)$$

де – $\text{Округл.менш.}(\frac{III}{d})$ – округлення частки $\frac{III}{d}$ до меншого цілого,

III – ширина даху садочку, м.

Таким чином в роботі здійснено аналіз основного обладнання ФЕС та представлено методика визначення її оптимальних параметрів.

3.6 Основні етапи розрахунку дахової ФЕС

Для ефективного проектування ФЕС необхідно мати на увазі, що це складна система, яка має в своєму складі необхідну для цього кількість компонентів, таких як фотогальванічні модулі, перетворювач напруги, електричний захист, комутаційне обладнання та ін..

Постановою НКРЕ КП визначено, що при потужності ФЕС менше 30 кВт, яка введена в експлуатацію до 31 грудня 2024 року оплата за «зеленим тарифом» становить 4,0959 грн/кВт·год.

У випадку передачі у загальну мережу електроенергії від ФЕС тариф з її продажу буде 6,6949 грн/кВт·год.

Для отримання найбільшого економічного ефекту від встановлення ФЕС в магістерській кваліфікаційній роботі пропонується передбачити конфігурацію мережі таким чином, щоб зайва електроенергія від ФЕС передавалася у мережу електропостачальної організації (рисунок 3.10).

Така схема підключення дозволить зменшити капіталовкладення у ФЕС та підвищити її ефективність (відсутність акумуляторних батарей).

Прибуток від встановлення дахової ФЕС по запропонованій схемі підключення буде обумовлений продажем електричної енергії у період її надлишку.

Аналіз споживачів дитячого садочку та режимів їх роботи показав, що необхідна потужність генерації ФЕС має складати 24 кВт, що не перевищує граничну потужність у 30 кВт.

Для розміщення такої ФЕС площа даху повинна складати 250 м². це дасть можливість розмістити 64 фотогальванічних модулів.

Площа даху будівлі дитячого садочку (див. генплан мікрорайону) складає 620 м², що достатньо для будівництва запланованої ФЕС. У випадку необхідності збільшення потужності ФЕС на даху є необхідний резерв площі. Поверхня даху плоска, що спрощує монтажні роботи по спорудженню ФЕС.

На рисунку 3.10 представлений загальний вигляд ФЕС, що рекомендується до впровадження.

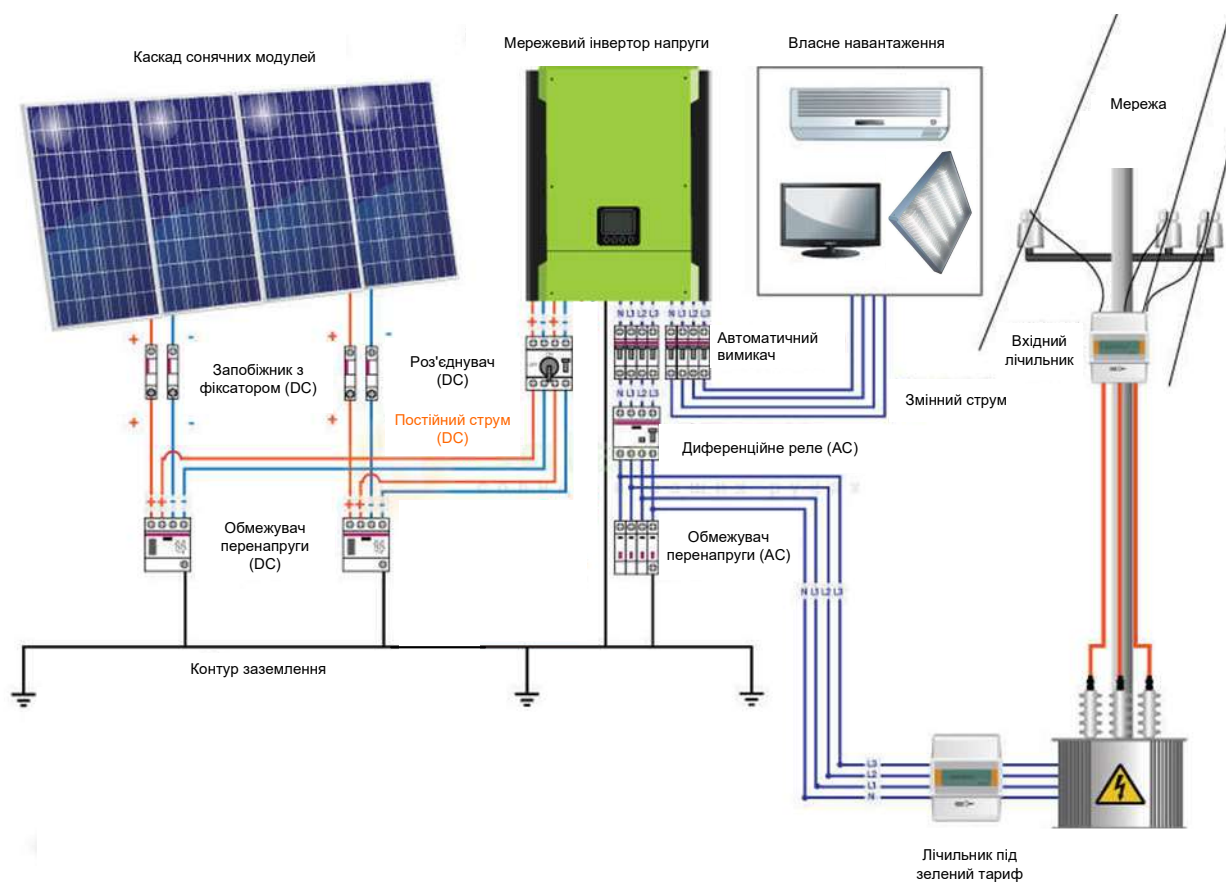


Рисунок 3.10 – Принципова схема ФЕС

На рисунку 3.11 показано розміщення панелей ФЕС на даху дитячого садочку (№1 на генплані).

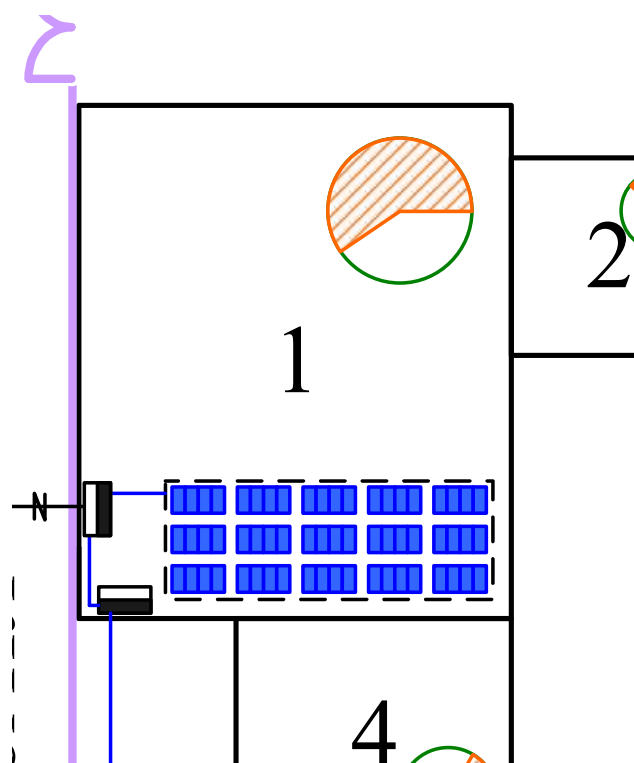


Рисунок 3.11 – Розміщення ФГМ на даху дитячого садочку

Пропонується для виконання монтажних робіт використовувати вітчизняні системи кріплення модулів та окремих монтажних конструкцій.

3.7 Схеми підключення елементів ФЕС

На рисунку 3.12 надана схема підключення ФЕС 24 кВт, кА укомплектована 64 панелями по 385 Вт кожна. Конструктивно ФЕС поділена на три окремих вузли.

Для забезпечення стабільної роботи ФЕС вона комплектується пристроями захисту для змінного та постійного струму, а також заземленням та іншими необхідними елементами.

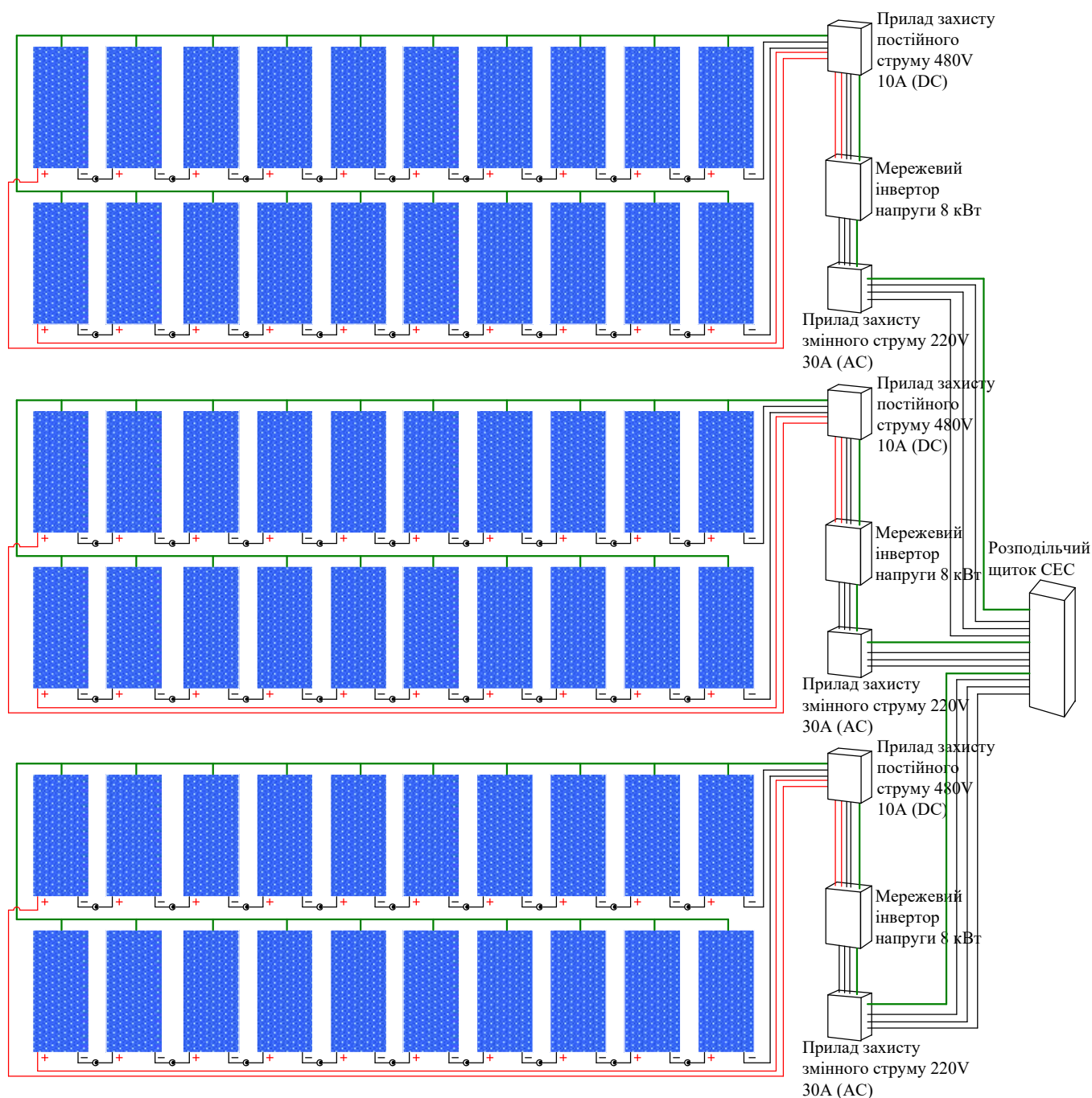


Рисунок 3.12 – Схема підключення ФЕС 24 кВт

3.8 Приблизне визначення терміну окупності ФЕС

Проведемо аналіз елементів ФЕС, які необхідні для ефективної її роботи. Одним із елементів є монокристалічні сонячні панелі виробництва фірми KNESS (Вінниця) типу SNRG-385-FR72, характеристики та зовнішній вигляд яких наведені на рисунку 3.13.



Характеристики SNRG-385-FR72	
Тип панелі	Монокристал
Макс. потужність, Вт	385
Розміри, мм	1956x992x35
Вага, кг	21,1
Ціна, грн.	5800

Рисунок 3.13 – Основна інформація про фотогальванічні модулі

В якості інвертора в схемі живлення ФЕС використаємо трифазний інвертор AXIOMA Energy AXGRID-8/11. Для забезпечення необхідної потужності генерації до встановлення приймаємо три інвертора. Зовнішній вигляд та основні технічні характеристики наведено на рисунку 3.14



AXIOMA Energy AXGRID-8/11	
Макс. потужність, Вт	8,0
ККД інвертора, %	98,3
Розміри, мм	480x420x180
Вага, кг	23
Діапазон напруги, В	300-850
Ціна, грн.	47900

Рисунок 3.14 – Основна інформація про інвертор

Для комутації та захисту ланцюгів постійного струму в схемі ФЕС передбачаємо встановлення автоматичного вимикача C60H-DC 2П 10А С 500В DC Schneider Electric A9N101526, ціна якого 1030 грн.

Інформація про вартість встановленого обладнання буду використано для визначення терміну окупності ФЕС.

Коло змінного струму також комплектується трифазним автоматичним вимикачем Schneider EASY9 3P, 32A, 4.5кА, що виконує функцію комутації та захисту, ціна його становить 730 грн.

Для підключення фотогальванічних модулів до розподільчих пристроїв та інвертора використовуємо спеціальні кабелі з подвійною кремнієвою ізоляцією, які

стійкі до сонячного випромінювання, що під'єднуються до панелей герметичними роз'ємами.

Визначимо необхідні капіталовкладення в ФЕС, спираючись на інформацію що наведена у таблиці 3.1 та виконаємо необхідні розрахунки з визначення терміну окупності станції.

Таблиця 3.1 – Капіталовкладень у ФЕС

Комплектуючий елемент	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна сума, грн.
ФГМ типу KNESS типу SNRG-385-FR72	64	5800	348000
Мережевий трифазний інвертор AXIOMA Energy AXGRID-8/11	3	47900	143700
Автомат постійного струму C60H-DC 2П 10А С 500В DC Schneider Electric A9N101526	3	1030	3090
Автомат змінного струму Schneider EASY9 3P, 32А, 4.5кА	3	730	2190
Трифазний лічильник активної енергії	1	3950	3950
Кабельні зв'язки	Довжина, м	Ціна за 1 пог.м, грн	
Для з'єднання фотомодулів між собою в стринги кабелем для PV систем перерізом 4мм ²	100	32,1	3210
Підключення стрингів через АВ постійного струму до інвертора спеціальним кабелем для PV систем перерізом 6мм ²	150	55	8250
Підключення інвертора до РП-0,4 кВ ФЕС кабелем АВВГ перерізом 3х16+1х10 мм ²	30	43,73	1311,9
Підключення РП-0,4 кВ ФЕС до РП цеху N1 кабелем АВВГ перерізом 3х50+1х25 мм ²	10	123,3	1233
Підключення РП-0,4 кВ ФЕС до мережі кабельною лінією перерізом 4х25 мм ²	138	141,77	19564,26
Разом			534499,2

По преведеним даним визначимо термін окупності, що дасть можливість оцінити ефект від впровадженні фотоелектричної станції потужністю 24 кВт.

Спочатку визначимо приблизне значення монтатажних робіт та введення в експлуатацію ФЕС, що передбачає також розробку необхідної документальної бази при використанні зеленого тарифу:

$$B_{\text{введ.}} = 0,20 \cdot B_{\text{ел}}, \quad (3.8)$$

$$B_{\text{доп.}} = 0,15 \cdot 534499,2 = 106899,8 \text{ (грн.)}.$$

Тоді загальна вартість ФЕС:

$$B_{\text{загальна}} = B_{\text{ел}} + B_{\text{введ.}} = 534499,2 + 106899,8 = 641399 \text{ (грн.)}.$$

Визначимо величину електроенергії, яку ФЕС може згенерувати протягом року:

$$W = P_{\text{вст}} \cdot t_{\text{зв}} \cdot 365;$$

де $t_{\text{зв}}$ – час за який використовується максимальна потужність ФЕС; ($t_{\text{зв}} = 4,78$ год/добу).

$$W_{\text{рік}} = 24 \cdot 4,78 \cdot 365 = 40\,302,57 \text{ (кВт·год/рік)}.$$

Величина річного прибутку:

$$\Pi = W_{\text{рік}} \cdot c; \quad (3.9)$$

де c – тариф на електроенергію.

$$\Pi_{\text{рік}} = (0,8 \cdot 40\,302,57) \cdot 6,6949 + (0,2 \cdot 40\,302,57) \cdot 4,0959 = 227923 \text{ (грн./рік)}.$$

Величина річного прибутку без витрат на експлуатацію ФЕС:

$$\Pi_{\text{рік.чист.}} = 227923 - 227923,12 \cdot 0,3 = 159547 \text{ (грн./рік)}.$$

Тоді термін окупності ФЕС визначиться як:

$$TO = B_{\text{загальна}} / \Pi_{\text{рік}} \quad (3.10)$$

$$TO = 641399 / 159547 = 4 \text{ (роки)}.$$

Отже при встановленні фотоелектричної станції з потужністю генерації 24 кВт її вартість становитиме 534499,2 грн. Передбачається, що станція буде працювати в робочий час на потреби дитячого садочку, а у неробочий час на

мережу, річний прибуток при цьому становить 159547 тис. грн./рік. Розрахунковий термін окупності становить чотири роки.

В даному розділі спроектовано фотоелектричну станцію потужністю 24 кВт. Обрано конфігурацію станції з описом схемних рішень, проведено вибір та розрахунок основного електрообладнання, а також розраховано основні техніко-економічні показники фотоелектричної станції.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства, показаної на рисунку 1.8, та вихідних даних, приведених у таблицях 4.1, 4.2, виконуємо усі необхідні розрахунків техніко-економічних показників спроектованої СЕП.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП	ТМ-400	2	505,92

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

№	Назва цеху	Ip, А	n, шт.	Марка	Переріз, мм ²	Спосіб прокладки	Довжина, м.	Затрати, тис.грн.
1	Дитячий садочок	34,46	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	50,00	3,367
2	Кухонний блок дитячого садочку	11,38	2	АВВГ	3х16+1х10	в землі	109,00	2,698
3	Торгівельно-розважальний центр	17,45	2	АВВГ	3х35+1х25	в землі	125,00	4,552
4	Медична установа	16,93	2	АВВГ	3х25+1х16	в землі	39,00	1,38
5	Пральня	4,25	2	АВВГ	3х10+1х6	в землі	27,00	0,289
6	Тепловий пункт	31,2	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	75,00	4,561
7	Багатоповерховий будинок (12 пов)	38,4	4	АВВГ	3х70+1х35	в землі	112,00	16,91
8	Центр відпочинку та дозвілля	26,82	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	120,00	6,367
9	Продовольчий маркет	15,25	2	АВВГ	3х25+1х16	в землі	109,00	3,498
10	Багатоповерховий будинок (9 пов)	30,78	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	10,00	0,600
11	Багатоповерховий будинок (10 пов)	39,01	4	АВВГ	3х70+1х35	в землі	42,00	6,428
12	Багатоповерховий будинок (9 пов)	37,78	2	АВВГ	3х70+1х35	в землі	70,00	5,214

4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередачі виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 4.3 і табл.4.4 [7].

Капітальні вкладення для ліній електропередачі:

$$K_{\text{л}} = (K_{\text{пит}} \cdot n + K_{\text{прок}}) \cdot L, \quad (4.5)$$

де $K_{\text{пит}}$ - питома вартість на 1км лінії, тис. грн./км [7];

$K_{\text{прок}}$ - питома вартість прокладання, тис. грн./км;

L - довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Величину вартість прокладання кабельних ліній беремо з таблиці 4.2 в якій наведені дані автоматизованого пошуку оптимального перерізу ліній живлення.

$$K_{\text{л}} = 55,864 \text{ (тис.грн.)}.$$

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^I K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.6)$$

де $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн. [7];

$K_{\text{пост}}$ - постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

Дану величину також беремо із раніше проведеного автоматизованого пошуку оптимальної потужності ТП

$$K_{\text{пс}} = 133,379 \text{ (тис.грн.)},$$

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис.1, кількість вимикачів 10 кВ – 2 шт.. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною (68–74) тис. грн.. Сумарна вартість вимикачів:

$$K_{\text{в}} = 2 \cdot 70 = 140 \text{ (тис. грн.)}, \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{пс}} = 133,379 + 140 = 273,38 \text{ (тис.грн.)}, \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 55,86 + 273,38 = 329,24 \text{ (тис.грн.)}. \quad (4.9)$$

4.2 Розрахунок поточних витрат

4.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Планова трудомісткість визначається як, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.10)$$

де Π – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. [7];

h – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту електрообладнання та заносимо їх результати до таблиці 3.6.

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год./рік:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.11)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [7];

$K_{\text{ср}}$ – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс, $K_{\text{ср}} = 0,1$.

h – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	п, шт	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на оди-ницю облад-нання рем/рік	Норма трудо-міст-кості люд.-год.	Заг. трудоміст-кість люд.-год.	К-сть на оди-ницю облад-нання огл./рік	Норма трудо-міст-кості люд.-год.	Заг. трудо-міст-кість люд.-год.
Вимикач 10кВ	2	1	16	32	12	1	24
ТМ-400	2	0,33	100	66	12	20	480
Кабельні лінії, км	2,084	1	54	112,536	1	13,5	28,134
Разом:				210,536			532,134

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-сть, шт.	Технічне обслуговування				Загальна трудоміст-кість обслу-говування люд.-год.
		Змін-ність робо-ти	Коеф. склад. ремонтів Кср	К-сть міся-ців в році	Загал. трудо-місткість люд.-год.	
Вимикач 10кВ	2	2	0,1	12	76,8	100,8
ТМ-400	2	2	0,1	12	480	960
Кабельна лінія, км	2,084	2	0,1	12	270,0864	298,22
Разом:					826,8864	1359,02

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{\text{обс}} = \frac{1359,02}{1900 \cdot 1,05} = 0,68. \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{\text{тр}} = \frac{210,536}{1900 \cdot 1,1} = 0,1. \quad (4.13)$$

Приймаємо за нормами ПУЕ $H_{\text{тр}} = 2$ чол., $H_{\text{обс}} = 2$ чол

4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_e = H_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4)/2) \cdot C_I, \quad (4.15)$$

де $K3, K4$ – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [7];

C_I – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_i = \frac{3_{\min} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.16)$$

$$C_I = 7100 \cdot 1/176 = 40,34 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18 + 1,27)/2) \cdot 40,34 = 49,418 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 49,418 \cdot 1900 = 169008,239 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_p = T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{гр}}, \quad (4.19)$$

$$t_{\text{гр}} = ((K4 + K5)/2) \cdot C_I, \quad (4.20)$$

де $K4, K5$ – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [22].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{гр}} = ((1,27 + 1,36) / 2) \cdot 40,34 = 53,05 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 210,536 \cdot 53,05 = 11168,58 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1 + 0.05 + 0.01 + \alpha), \text{ (грн./рік)}, \quad (4.21)$$

де Φ - тарифний фонд Φ_e експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати Φ_p ремонтного персоналу, грн./рік;

0.01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0.05 - частка доплат за роботу в нічний час;

α - частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 169008,24 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 212950,38 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 11168,58 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,25) = 14630,83 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15, \quad (4.24)$$

$$\Phi_{оед} = 21295,38 \cdot 1,15 = 244892,94 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{орд} = 16825,46 \cdot 1,15 = 22882,63 \text{ (грн./рік)}.$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ($C_{зп}$) розраховуються так, грн./рік:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100} \right), \quad (4.25)$$

де $\beta_{п}$ - нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{п} = 33\%$;

$\beta_{з}$ - нарахування у фонд зайнятості, $\beta_{з} = 1,5\%$;

$\beta_{с}$ - нарахування на соціальне страхування, $\beta_{с} = 1,5\%$.

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 244892,94 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 333054,4 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 16825,46 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 22882,63 \text{ (грн./рік)}.$$

4.2.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. На 100 люд.-год. Трудомісткості ремонту і тех. Обслуговування				Вартість матеріалу, грн.			
		1000	1600	2500	10000	1000	1600	2500	10000
Силові трансформатори									
Сталь сортова, кг	7,5	6	7	7	10	44,95	52,44	52,44	74,91
Провід установлюваний, м	3,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,55	1,55	1,55	1,55
Мідь-алюміній (гола), кг	69,8	62	73	73	79	4324,5	5091,75	5091,75	5510,25
Картон електроізоляційний, кг	33,6	1,4	1,6	1,6	1,7	47,08	53,81	53,81	57,17
Лакотканина (ширина 700мм), м	93,3	0,2	0,21	0,21	0,3	18,65	19,59	19,59	27,98
Кабельний папір, кг	27,5	0,6	0,6	0,6	0,6	16,5	16,5	16,5	16,5
Стрічка кіперна, кг	336,3	40	41	41	42	13452	13788,3	13788,3	14124,6

Стрічка тафтяна, кг	249,8	18	24	24	28	4497,12	5996,16	5996,16	6995,52
Стрічка азбестова, м	7,4	0,05	0,08	0,08	0,09	0,37	0,59	0,59	0,66
Лаки ізоляційні, кг	40,2	1,5	1,6	1,6	1,8	60,35	64,37	64,37	72,41
Емалі ґрунтові, кг	44,1	2,5	3,1	3,1	3,2	110,33	136,8	136,8	141,22
Масло трансформаторне, кг	13,6	0,58	1,2	1,2	1,3	7,91	16,36	16,36	17,73
Бензин, кг	6,9	0,7	0,9	0,9	1	4,84	6,23	6,23	6,92
Розчинники кг	19,5	0,8	1	1	1,2	15,6	19,5	19,5	23,4
Маслостійка гума, кг	50	0,4	0,5	0,5	0,6	20	25,01	25,01	30,01
Гума профільна, кг	50	0,13	0,09	0,09	0,09	6,5	4,5	4,5	4,5
Припій олов'яно-свинцевий, кг	476,1	0,02	0,02	0,02	-	9,52	9,52	9,52	-
Припій мідно-фосфорний, кг	88,5	0,03	0,03	0,03	-	2,66	2,66	2,66	-
Електроди, кг	16,4	0,15	0,2	0,2	0,3	2,47	3,29	3,29	4,93
Засоби кріплення, кг	20,9	2	2,5	2,5	3	41,88	52,35	52,35	62,82
Дріт кручений,	2,7	0,3	0,3	0,3	0,37	0,82	0,82	0,82	1,01
Матеріали обтиску, кг	27,3	0,4	0,5	0,5	0,5	10,91	13,64	13,64	13,64
Разом:						22696	25376	25376	27188
Кабельні лінії									
Сталь сортова, кг	7,5	2				15			
Електроди, кг	16,5	0,1				1,6			
Разом:						16,6			

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_m = 0,01 \cdot \left(\sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{л0} \right), \quad (4.26)$$

де C_{0i} – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування i -го виду трансформаторів,

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

$C_{л0}$ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{обс} = C_{зпе} + C_{мто}, \quad (4.27)$$

$$C_{обс} = 333054,4 + 217931,1 = 550985,5 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}}, \quad (4.28)$$

$$C_{\text{пр}} = 22882,63 + 14998,04 = 37880,67 \text{ (грн/рік)}.$$

4.2.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.29)$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 329243 = 19754,58 \text{ (грн/рік)}.$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

$$C_{\text{іп}} = \beta_{\text{іп}} (C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a); \quad (4.30)$$

де $\beta_{\text{іп}}$ - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{\text{іп}} = 0,25 \cdot (550985,5 + 37880,67 + 19754,58) = 152155,19 \text{ (грн/рік)}.$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустаткування і мереж	550985,50	72,42
Витрати на поточний ремонт	37880,67	4,98
Витрати на амортизацію	19754,58	2,60
Інші витрати	152155,19	20,00
Разом	760775,93	100

4.3. Розрахунок собівартості електроенергії

4.3.1 Розрахунок річного споживання і витрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленної (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_{п} \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.31)$$

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для Лабораторії:

$$E_{a1} = 13,248 \cdot 2500 = 33120 \text{ кВт год./ рік.}$$

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.9. Величину споживану Комерційним відділом не враховуємо у розрахунках так як даний споживач отримує живлення від СЕС встановленої на даху даної будівлі.

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

№	Назва цеху	К-сть змін	Sp, кВА	Tм, год.	cos φ	Pp, кВт	Ea, кВт·год./рік
1	Комерційний відділ	1	47,75078	2500	0,7	38,83492	
2	Лабораторія	1	15,77736	2500	0,8	13,248	33120
3	Майстерня	1	24,18037	2500	0,8	19,59584	48990
4	Холодильна камера	1	23,4642	2500	0,7	17,14428	42861
5	Вагова	1	5,892267	2500	0,9	5,30304	13258
6	Компресорна	1	43,23731	2500	0,85	36,99168	92479
7	Цех виготовлення соєвої макухи	1	106,4334	2500	0,7	79,428	198570
8	Котельня	1	37,16167	2500	0,7	27,15456	67886
9	Насосна станція	1	21,14368	2500	0,7	15,1608	37902
10	Склад серовини	1	42,65216	2500	0,85	36,9424	92356
11	Цех виготовлення соєвої олії	1	108,0939	2500	0,7	82,4712	206178
12	Склад готової продукції	1	52,35414	2500	0,85	45,1924	112981
	Разом					417,467	946581

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.32)$$

де $I_{\text{м}}$ – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год./рік.

R – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

$$R = r_0 \cdot L; \quad (4.33)$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км (див. табл. 10.25 [1]),

Величина τ визначається за часом використання максимального навантаження:

$$\tau_{\text{м}} = \left(0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{2500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 1225,3 \text{ (год)}, \quad (4.34)$$

Дану величину беремо із попереднього автоматизованого розрахунку пошуку оптимальної величини перерізу ліній:

$$\Delta E_{\text{л}\Sigma} = 12376,11 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}.$$

Втрати електроенергії в ТП визначають за формулою, тис. кВт·год./рік:

$$\Delta E_{\text{т}} = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{р}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left(\frac{S_{\phi}}{S_{\text{н}}} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.36)$$

де n - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{\text{кз}}$ і $\Delta P_{\text{хх}}$ – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

$T_{\text{р}}$ - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

S_{ϕ} - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

$S_{\text{н}}$ - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах ТП-1:

$$\Delta E_{\text{т}} = 2 \cdot 0,95 \cdot 8760 + (1/2) \cdot 5,9 \cdot \left(\frac{505,92}{400} \right)^2 \cdot 1225,3 = 22426,47 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}.$$

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год./рік:

$$E = E_a + \Delta E_{\text{л}} + \Delta E_{\text{Т}}; \quad (4.37)$$

$$E = 946581 + 12376,11 + 22426,47 = 981383,08 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$\Pi = 6,6949 \cdot 981383,08 = 6570261,55 \text{ (грн.)}; \quad (4.38)$$

4.3.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.39)$$

де $C_{\text{сум}}$ – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

E_a – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}}, \quad (4.40)$$

де Π – оплата за спожиту електроенергію;

$C_{\text{п}}$ – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.41)$$

де $C_{\text{обс}}$ – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$ – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

C_a – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\Pi} = 550985,5 + 37880,67 + 19754,58 + 152155,19 = 760775,93 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 6570261,55 + 760775,93 = 7331037,48 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії з врахування того що підприємство додатково заробить на продажі електроенергії згенерованої СЕС за зеленим тарифом:

$$S = \frac{7331037,48 \cdot 100 - 33015,059 \cdot 100}{946581} = 734,48 \text{ (коп./кВт·год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	Е _а	946580,5	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	Е	981383,08	кВт·год.
Плата за електроенергію	П ₁	6570261,551	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.енергії	С _Π	760775,93	грн.
Сумарні витрати під-ва	С _{сум}	7331037,48	грн.
Собівартість ел.енергії	S	734,48	коп/кВт·год.

В даному розділі дипломної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП підприємства та розраховано собівартість електричної енергії яка склала 734,88 коп/кВт·год.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випускній кваліфікаційній роботі здійснюється підвищення якості електропостачання житлового району «Академічний».

На електротехнічний персонал, що виконує роботи по монтажу, впливає комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Тому важливо розглянути питання з охорони праці, що передбачають заходи щодо їхнього виявлення, розроблення заходів зі зниження їхнього впливу, з промислової безпеки, з цивільного захисту, а також зі створення безпечних та нешкідливих умов праці робітників.

Згідно ГОСТ 12.003-74, на оперативний електротехнічний персонал впливають наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

фізичні:

- рухомі машини і механізми;
- вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються;
- незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та понижена рухливість повітря;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- недостатня освітленість робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може

відбутися через тіло людини;

- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок,

інструментів та обладнання.

психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово–психічні перевантаження (монотонність праці, емоційні перевантаження, перенапруга аналізаторів).

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання

5.1.1 Вимоги до організації робочих місць оперативного персоналу

Організація робочого місця користувача ПК має відповідати ергономічним вимогам ГОСТ 12.2.032. ССБТ. “Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования”, ДНАОП 0.00-1.31-99, ДСан ПіН 3.3.2.007-98, характеру та особливостям трудової діяльності.

Площа одного робочого місця користувача ПК повинна складати не менше 6 м², а об’єм – не менше 20 м³.

Конструкція робочого місця користувача ПК повинна відповідати сучасним вимогам ергономіки, характеру виконуваної роботи і забезпечити оптимальне розміщення на робочій поверхні документів, рухомого пюпітра (тримача документів) та обладнання ПК (монітора, системного блоку, клавіатури, пристрою “миша”, принтера та інших периферійних пристроїв з урахуванням їх кількості та конструктивних особливостей (мал.6).

Монітор на робочому місці встановлюється так, щоб верхній край екрана знаходився на рівні очей.

Розташування монітора ПК має забезпечувати: безпечність роботи в цілому; зручність та ефективність зорової роботи з екраном в вертикальній площині під кутом $+30^{\circ}$ від лінії зору, площа екрана при цьому має бути перпендикулярною нормальній лінії зору користувача.

Клавіатура розміщується на поверхні столу або висувній полиці на відстані 100-300мм від краю, ближчого до користувача. Кут нахилу клавіатури має бути в межах $5-15^{\circ}$. Поверхня клавіатури повинна бути матовою з коефіцієнтом відбиття 0,4. клавiшi клавіатури мають бути зручними в роботі і м’якими при натисканні (хід всіх клавiш має бути однаковим з мінімальним опором натискання 0,25Н та максимальним – не більше 1,5Н).

Оптимальна робоча поза:

- ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг (застосування підставки є обов’язковим для тих, у кого ноги не дістають до підлоги, коли робоче сидіння знаходиться на висоті, потрібній для забезпечення оптимальної робочої пози);
- стегна – в горизонтальній площині;
- передпліччя – вертикально;
- лікті – під кутом $70-90^0$ до вертикальної площини;
- зап’ястя зігнуті під кутом не більше 20^0 відносно горизонтальної площини;
- нахил голови – $15-20^0$ відносно вертикальної площини.

Робочий стіл, крісло і інші елементи обладнання робочого місця повинні бути зручними для вас. Так, наприклад, незручне крісло в якому ви сидите багато годин на день, може призвести до розвитку самих різних захворювань.

Глибина на рівні колін не менше 450, а на рівні витягнутої ноги – не менше 650.

Висота поверхні сидіння робочого крісла має регулюватися в межах 400-500 мм, а кут нахилу поверхні – від 15^0 вперед і до 5^0 назад.

При виконанні великого обсягу роботи кращим варіантом (для хребта) буде, якщо сидіння буде трошки нахилене вперед.

Кут нахилу спинки крісла повинен регулюватися в межах $0-30^0$ відносно вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю сидіння повинна регулюватися в межах 260-400 мм.

Для зниження статичного напруження м’язів рук доцільно застосовувати стаціонарні або знімні підлокітники, що регулюються по висоті над сидінням в межах 230 +30 мм та по відстані між підлокітниками в межах 350-500 мм.

Поверхня сидіння і спинки робочого крісла має бути напівм’якою з нековзким та повітронепроникним покриттям, що неелектризується та добре чиститься.

Підставка для ніг має бути регульованою по висоті в межах 150 мм, з кутом нахилу опорної поверхні в межах 20^0 . Її розміри: ширина – не менше 300мм,

глибина – не менше 400 мм. Підставка повинна мати не слизьку поверхню та бортик на передньому краї заввишки 10 мм.

Робоче місце користувача ПК необхідно розташовувати відносно світлових прорізів (вікон) так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізовані струмовідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;
- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал

зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Обладнання повинно бути надійно заземлене. Справність і опір контуру заземлення один раз на рік перевіряється.

Всі обертові частини механізму повинні мати добре закріплену огорожу. Забороняється виконувати всі види ремонту під час роботи установки.

Для надання першої медичної допомоги при нещасних випадках повинна бути аптечка з набором необхідних перев'язочних матеріалів та медикаментів.

Електрифікований інструмент за умовами безпеки поділяється на такі класи:

I – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, ізольовані і штепсельна вилка має заземлювальний контакт. У електроінструмента класу I всі деталі, що перебувають під напругою, можуть бути з основною, а окремі деталі – з подвійною або посиленою ізоляцією;

II – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, мають подвійну або посилену ізоляцію, Цей електроінструмент не має пристроїв для заземлення. Номінальна напруга для електроінструмента класів I і II має бути не більше 220 В для електроінструмента постійного струму; 380 В – для електроінструмента змінного струму;

III – електроінструмент на номінальну напругу не вище 42 В, у якого ні внутрішні, ні зовнішні кола не перебувають під іншою напругою. Електроінструмент класу III призначений для живлення від безпечної наднизької напруги.

Якщо безпечну наднизьку напругу одержують перетворенням вищої напруги, то це слід здійснювати за допомогою безпечного ізолювального трансформатора, далі за текстом – "розподільчий трансформатор безпеки", або перетворювача з окремими обмотками. Електроінструмент, який живиться від електромережі, слід обладнувати незнімним гнучким кабелем (шнуром) зі штепсельною вилкою. Незнімний гнучкий кабель електроінструмента класу I повинен мати жилу, яка з'єднує заземлювальний затискач електроінструмента із заземлювальним контактом штепсельної вилки.

Кабель в місці введення до електроінструмента класу I слід захищати від стирань і перегинів еластичною трубкою з ізоляційного матеріалу. Трубку слід закріплювати в корпусних деталях електроінструмента, вона повинна виступати з них на довжину не менше п'яти діаметрів кабелю. Закріплення трубки на кабелі поза інструментом забороняється.

Для приєднання однофазного електроінструмента шланговий кабель повинен мати три жили: дві – для живлення, одну – для заземлення.

Для приєднання трифазного електроінструмента застосовується чотирижильний кабель, одна жила якого слугує для заземлення.

Ці вимоги стосуються тільки електроінструмента із таким корпусом, який слід заземлювати.

Доступні для доторкання металеві деталі електроінструмента класу I, які можуть опинитись під напругою, у випадку пошкодження ізоляції, повинні бути з'єднані із заземлювальним затискачем.

Електроінструмент класів II і III не заземлюють.

Заземлення корпусу електроінструмента слід здійснювати спеціальною жилою живильного кабелю, яка не може одночасно бути провідником робочого струму. Використовувати з цією метою нульовий робочий провід забороняється.

Штепсельна вилка повинна мати відповідну кількість робочих і один заземлювальний контакт. Конструкція вилки повинна забезпечувати випереджальне замикання заземлювального контакту під час ввімкнення та більш запізнене розмикання його під час вимикання.

Конструкція штепсельних вилок електроінструмента класу III повинна унеможлилювати з'єднання їх з розетками на напругу понад 42 В.

Працівники, допущені до роботи з електроінструментом, повинні спочатку пройти навчання і перевірку знань щодо безпечного виконання робіт з застосуванням електроінструменту.

До роботи з електроінструментом класу I в приміщеннях з підвищеною небезпекою та поза приміщеннями допускаються працівники з II групою електробезпеки.

До роботи з електроінструментом II і III класу достатньо I групи з електробезпеки.

У електроінструмента класу I, крім того, має бути перевірена справність кола заземлення між його корпусом і заземлювальним контактом штепсельної вилки. Працівнику мають бути видані засоби індивідуального захисту (діелектричні рукавички, калоші, килими) або розподільчий трансформатор, чи перетворювач із окремими обмотками, чи захисно вимикальне устаткування.

Забороняється видавати для роботи електроінструмент, який не відповідає хоча б одній із перелічених вимог або електроінструмент з просроченою датою періодичної чергової перевірки.

У приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом достатньо застосувати діелектричні рукавиці, а в приміщеннях зі струмопровідними підлогами – також і діелектричні калоші або килими.

Електроінструментом класів II і III дозволяється працювати без застосування індивідуальних засобів захисту в приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом.

У посудинах, апаратах та інших металевих спорудах в умовах обмеженої можливості переміщення і виходу з них дозволяється працювати електроінструмен-

том класів I і II за умови, якщо тільки один електроінструмент одержує живлення від автономної двигун-генераторної установки, розподільчого трансформатора безпеки або перетворювача частоти із роздільними обмотками, а також електроінструментом класу III. В цьому разі джерело живлення (трансформатор, перетворювач тощо) слід розміщувати поза вказаними посудинами, а вторинне коло джерела не слід заземлювати.

Забороняється підключати електроінструмент напругою до 12 В до електричної мережі загального користування через автотрансформатор, резистор або потенціометр.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Робота оператора силової установки відноситься до легкої фізичної роботи категорія Іа, бо оперативний персонал практично весь свій робочий день проводить сидячи. Параметри мікроклімату наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Іа	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2
Холодний	Іа	21-25	75 при 25°С	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оперативного персоналу передбачається:

- в холодну пору року – використання калорифера;
- в літню пору – застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 5.2., а іонного складу – в таблиці 5.3.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оперативного персоналу

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглецю оксид (СО)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Таблиця 5.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ВДТ та ПЕОМ (відповідно до СН 2152-80)

Рівні	Кількість іонів в 1 см куб. повітря	
	n^+	n^-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних та негативних іонів необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціонування повітря.

5.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: природне освітлення – освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає в приміщення через світлові пройми в зовнішніх огорожуючих конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне та суміщене освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (e_n). КПО – відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна.

Штучне освітлення.

Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосовуються до розташування обладнання. Комбіноване освітлення – це додаткове освітлення, при якому до загального

освітлення додається ще й місцеве. Місцеве освітлення – освітлення, яке створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, роботи з влаштування звукоізоляції внутрішніх стін, потребують освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в».

Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Високої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	в	малий середній великий	світлий середній темний	600	200	-	3,0

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість

стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

5.2.4 Виробничий шум

Шум вище гранично допустимих рівнів несприятливо діє на людину. Шум у приміщенні широкопasmовий. Нормуємо шум на робочому місці. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ПК, мають відповідати вимогам СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-85, ГР 2411-81 і приведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньогеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Оператори з обробки інформації	96	83	74	68	63	60	57	55	54

Устаткування, що є джерелом шуму (АЦП, принтери тощо), слід розташовувати поза приміщенням для роботи ПК.

Для забезпечення допустимих рівнів шуму на робочих місцях слід застосовувати засоби звукопоглинання, вибір яких має обґрунтовуватись спеціальними інженерно-акустичними розрахунками.

Акустична обробка приміщень – це облицювання частини внутрішніх поверхонь огорожень звукопоглинаючими матеріалами, а також розміщення в

приміщенні штучних звукопоглиначів, які представляють собою вільно підвішені об'ємні поглинаючі тіла довільної форми.

Найбільший ефект при акустичній обробці можливо отримати в точках, які розташовані в зоні відбитого звуку; в зоні прямого звуку акустичний ефект від застосування облицювання набагато менший.

Звукопоглинаючі облицювання розміщують на стелі і в верхніх частинах стін при висоті приміщення не більше 6-8 м таким чином, щоб акустично оброблена поверхня складала не менше 60 % від загальної площі обмежуючих приміщення поверхонь.

У вузьких і дуже високих приміщеннях доцільно облицювання розміщувати на стінах, залишаючи нижні частини стін (до 2 м висотою) не облицьованими, або проектувати конструкцію звукопоглинаючої підвісної стелі.

5.2.5 Психофізіологічні фактори

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Вільна зручна поза, можливість зміни пози (сидячи, стоячи) за бажанням працівника. Знаходження в позі стоячи до 40% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 250.

Нахили корпуса (вимушені, більше 30), кількість за зміну: до 50.

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км.

По горизонталі: до 4.

По вертикалі: до 2.

Інтелектуальні навантаження: Відсутня необхідність прийняття рішення.

Зміст роботи: Сприймання сигналів, але без потреби в корекції дій, Обробка та виконання завдання, Робота за індивідуальним планом.

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) до 25

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи до 75.

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження до 5

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) до 2.

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%.

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) до 16.

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за виконання окремих елементів завдання. Вимагає додаткових зусиль в роботі з боку працівника.

Ступінь ризику для власного життя – Виключений.

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – Виключений .

Монотонність навантажень:.

Кількість елементів (приймів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово більше 10.

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) більше 100.

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) менше 75.

Режим праці:

Фактична тривалість робочого дня (год.) 6–7;

Змінність роботи Однозмінна робота (без нічної зміни);

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані, достатньої тривалості 7% і більше часу зміни.

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи фотоелектричних станцій в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Системи, які генерують електричну енергію є вразливими, особливо ФЕС до дії окремих загрозливих чинників, які виникають саме у надзвичайних ситуаціях. Важливим питанням неодмінно є забезпечення доволі високої стійкості роботи СЕС. В даному випадку оцінка стійкості може бути проведена за допомогою моделювання його ураження, що враховують можливі наслідки ураження людей, виникнення пожеж, виходу з ладу СЕС.

Дія радіації на матеріали залежить від виду випромінювання, дози, природи опроміненої речовини та від умов навколишнього середовища. В ФЕС використовують різні матеріали: метали, напівпровідники та різні органічні сполуки (діелектрики, смоли), найбільш чутливими до радіації є метали, бо в них велика концентрація вільних носіїв. Основними заходами підвищення радіаційної стійкості є: використання радіаційно-стійких елементів та матеріалів; застосування різних екранів, або активного захисту від дії радіації.

Виникнення електромагнітного імпульсу (ЕМІ), може викликати високі імпульси струму та напруги в кабельних лініях електропередач, системи зв'язку, обчислювальних машин, антен радіостанцій тощо. ЕМІ може поширюватись на десятки кілометрів в навколишньому середовищі і по різних комунікаціях, здійснюючи вплив на об'єкти там, де ударна хвиля, світлове вимірювання і проникаюча радіація втрачають своє значення, як вражаючі фактори. Особливо негативний вплив електромагнітного імпульсу на обладнання, яке не має спеціального захисту (вимикачі, різні «домішки» до системи проводів, електромагнітне екранування і т.п.).

Електромагнітний імпульс несе за собою велику небезпеку для елементів СЕС. Тому захист елементів від механічних пошкоджень не захищає від дії електромагнітного імпульсу. Саме тому, обов'язковим на виробництві є оцінка стійкості роботи обладнання під час дії електромагнітного імпульсу та іонізуючого випромінювання.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи ФЕС в умовах дії іонізуючих випромінювань.

Критерієм стійкості роботи енергетичного обладнання СЕС є граничне значення експозиційної дози ($D_{гр}$, Р), при якому в елементній базі можуть виникати зворотні зміни. Визначаємо граничні значення експозиційних доз для елементів ГЕС. По мінімальному значенню $D_{гр}$, визначаємо границю стійкості системи в цілому. Так як трансформатори та вимикачі мають мінімальне значення $D_{гр}$, то далі для них розрахована оцінка стійкості роботи при дії ІВ та ЕМІ, а кабельні лінії та повітряна лінія мають грозозахист, і стійкі до дії ЕМІ, то подальші розрахунки для них не виконуються. Результати заносимо у таблицю 5.4.

Приймаємо $K_{осл}=1$; $t_k=87660$ год.

Таблиця 5.4 – Граничні дози для елементів СЕС

№	Елементи СЕС	$D_{гр,Р}$	$D_{гр,Р}$
1	Трансформатор ТМГ-1250/10	10^4	10^4
2	Контактор КМ 150 220В АСКО А0040020002	10^3	
3	Інвертор PVIS 1000	10^3	

Розрахуємо можливу дозу для СЕС, граничний час експлуатації 10 р.

$$D_{ем} = \frac{2 \cdot P_{lmax} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{k_{осл}} [P];$$

$$D_{ем} = \frac{2 \cdot 4,27 \cdot (\sqrt{87660} - \sqrt{1})}{1} = 2520,10 (P).$$

Таким чином система буде працювати стійко, так як, можлива експозиційна доза менша за граничну $2520,1 < 10000$.

Визначаємо допустимий час роботи елементів СЕС:

$$P_{lmax}=4,27$$

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{D_{\text{гр}} \cdot K_{\text{осл}} + 2 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt{t_p}}{2 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^2;$$

$$t_{\text{доп_гр-р}} = \left(\frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 4,27 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 4,27} \right)^2 = 21,9 \cdot 10^4 \text{ год} = 25 \text{ (років)};$$

$$t_{\text{доп_кон}} = \left(\frac{10^3 \cdot 1 + 2 \cdot 4,27 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 4,27} \right)^2 = 186,7 \cdot 10^2 \text{ год} = 16,3 \text{ (років)};$$

$$t_{\text{доп_ген}} = \left(\frac{10^3 \cdot 1 + 2 \cdot 4,27 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 4,27} \right)^2 = 186,7 \cdot 10^2 \text{ год} = 16,3 \text{ (років)}.$$

25 років, а контактора 16,3 років відповідно генератора також 16,3 років.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи ФЕС в умовах дії електромагнітного імпульсу.

Напруга наводки в горизонтальній і вертикальній струмопровідній частині:

$$U_{\Gamma(B)} = E_{B(\Gamma)} \cdot l_{\Gamma(B)}, ;$$

де E_B – величина електромагнітного імпульсу (кВ/м);

l_{Γ} – довжина горизонтальної струмопровідної частини системи (м),

l_B – довжина вертикальної струмопровідної частини системи (м).

Розрахуємо U_{Γ} для трансформаторів та вимикачів:

$$E_B = 10,16 \text{ кВ / м}$$

$$U_{\Gamma\text{Гр-р}} = 10,16 \cdot 1,8 \cdot 10^3 = 18288 \text{ (кВ/м)};$$

$$U_{\Gamma\text{Кон}} = 10,16 \cdot 0,8 \cdot 10^3 = 8128 \text{ (кВ/м)};$$

$$U_{\Gamma\text{Ген}} = 10,16 \cdot 2,74 \cdot 10^3 = 27838,4 \text{ (кВ/м)}.$$

Допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{\text{доп}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N,$$

де N – відсоток допуску,

$U_{\text{ж}}$ – напруга живлення;

$$U_{\text{доп}} = 110 + \frac{110}{100} \cdot 20 = 132(\text{кВ}).$$

За критерієм стійкості роботи радіоелектронних систем, або окремих їх елементів в умовах дії електромагного імпульсу можна прийняти коефіцієнт безпеки, який для нормальної роботи механізму повинен бути:

$$K_{\text{б}} \geq 40 \text{ (дБ)}.$$

Визначаємо коефіцієнти безпеки горизонтальної і вертикальної складової блоків:

$$K_{\text{бв(г)}} = 20 \cdot \lg \left(\frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{в(г)}}} \right);$$

$$K_{\text{бВТр-р}} = 20 \lg \left(\frac{132000}{18288} \right) = 17,168 \text{ (дБ)};$$

$$K_{\text{бГКон}} = 20 \lg \left(\frac{132000}{8128} \right) = 24,26 \text{ (дБ)};$$

$$K_{\text{бГГЕН}} = 20 \lg \left(\frac{132000}{27838,4} \right) = 13,5 \text{ (дБ)}.$$

Так як для трансформатора і вимикача $K_{\text{бз}} < 40$ дБ, то обладнання не буде працювати стійко.

Для збільшення стійкості слід застосувати екранування. Перехідне згасання екрану:

$$A = K_{\text{Бном}} - K_{\text{Бмін}}, \text{ [дБ]},$$

де $K_{\text{Бном}}$ – номінальний коефіцієнт безпеки(40 дБ),

$K_{\text{Бмін}}$ – мінімальний коефіцієнт безпеки, отриманий при розрахунку;

$$A = 40 - 17,12 = 22,8(\text{дБ}).$$

Товщина захисного екрану

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}},$$

де f – частота,

$$t = \frac{22,8}{5,2 \cdot \sqrt{50}} = 0,62 \text{ (см)}.$$

Розрахуємо U_b трансформатора:

$$U_{bTP} = 10,16 \cdot 0,3 = 3,048 \text{ (кВ/м)}.$$

Визначаємо коефіцієнти горизонтальної безпеки для трансформатора:

$$K_{бзTP-p} = 20 \lg \left(\frac{132000}{3,048} \right) = 92,7 \text{ (дБ)}.$$

Так як $K_{бз} < 40$ дБ, то обладнання буде працювати не стійко.

Розрахуємо U_b для контактора

$$U_b = 10,16 \cdot 0,4 = 4,064 \text{ (кВ/м)}.$$

Визначаємо коефіцієнти безпеки для контактора:

$$K_6 = 20 \lg \left(\frac{132000}{4,064} \right) = 90,2 \text{ (дБ)}.$$

Так як $K_{бз} < 40$ дБ, то обладнання буде працювати не стійко.

Розрахуємо U_b для генератора:

$$U_b = 10,16 \cdot 0,8 = 8,128 \text{ (кВ/м)}.$$

Визначаємо коефіцієнти безпеки для генератора:

$$K_6 = 20 \lg \left(\frac{132000}{8,128} \right) = 84,2 \text{ (дБ)}.$$

Результати зведемо у таблицю 5.5.

Таблиця 5.5 – Результати розрахунків

Елементи СЕС	U_{Γ} , кВ	$U_{\text{в}}$, кВ	$K_{\text{бв}}$, дБ	$K_{\text{б,Г}}$, дБ	Товщини захисного екрану, см
Трансформатор ТМГ-1250/10	218288	3,048	94	17,168	0,05
Контактор КМ 150	8128	4,064	84,2	13,5	0,15
Інвертор PVIS 1000	27838,4	8,128	72,64	-0,42	0,05

Приймаємо, що вибір товщини захисного екрану для кабельних ліній не розглядається. стагції буде працювати стійко до дії іонізуючих випромінювань. А до дії ЕМІ – не стійко, але при застосуванні захисного екрану для, трансформаторів 0,05 см, контактора 0,15 см, генератора 0,05 см буде працювати стійко.

Таким чином наша система при застосуванні вище вказаних заходів буде працювати стійко в умовах НС.

ВИСНОВКИ

Аналіз СЕП житлового мікрорайону показав, що для підвищення якості електропостачання даного об'єкту доцільно поряд з вирішенням звичайних задач електропостачання передбачити спорудження сонячної електричної станції, яка буде виконувати роль додаткового джерела живлення та видавати зайву електроенергію в мережу енергосистеми.

Для підвищення якості електропостачання в магістерській роботі всі основні проектні рішення виконанні з використанням технології САПР та математичного моделювання, що дало змогу відмовитися від стандартних рішень та визначити оптимальні режими електропостачання.

В рамках цього були розраховані та обрані трансформатор живлячої підстанції, визначення джерела зовнішнього електропостачання, розрахована живляча розподільчі мережі 10 та 0,4 кВ, вибрано основне електротехнічне обладнання та кабельно-провідникова продукція.

Використовуючи оригінальну математичну модель було знайдено місце розташування трансформаторної підстанції з урахуванням архітектурних особливостей мікрорайону.

Все електротехнічне обладнання пройшло необхідні етапи перевірки на спроможність забезпечити надійне, безперебійне та якісне електропостачання мікрорайону «Академічний».

В магістерській кваліфікаційній роботі запропоновано спорудження ФЕС потужністю 24 кВт на даху будівлі дитячого садочку (№1 на генплані), що значно підвищує якість електропостачання. В цьому розділі обрано оптимальну конфігурацію сонячної станції, проведено вибір усього необхідного обладнання, яке забезпечить її надійну та ефективну роботу. Розраховано загальні капіталовкладення в ФЕС та термін окупності проекту.

Четвертий розділ роботи був присвячений проведенню економічних розрахунків спроектованої СЕП. А саме, економічній доцільності запропонованого будівництва СЕП. Було розраховано очікувані витрати на електроенергію СЕП.

Проаналізовано норми охорони праці та техніки безпеки. Проаналізовано стабільність роботи ФЕС на робочих місцях під впливом іонізуючого випромінювання та електромагнітних імпульсів.

Проведені розрахунки забезпечили максимально надійне електропостачання мікрорайону.

Аналіз результатів і розрахунків, проведених на реальних споживачах електроенергії з використанням розробленої комп'ютерної моделі, дозволяє стверджувати, що розроблена комп'ютерна модель може бути використана в реальних умовах проектування СЕП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.
2. Бурбело М.Й. «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків» Вінниця: ВНТУ, 2005р
3. ДСТУ 3463-96: 1999. Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів. [Чинний від 01.01.1999]. Київ, 1999. 204 с. (Інформація та документація).
4. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папаїка Ю. А. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 148 с.
5. СОУ НЕК 03.120.4-14:2021 Норми якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК Укренерго. [Чинний від 03.02.2021]. Науково-технічний центр електроенергетики «НЕК «Укренерго», 2021. 316 с. (Інформація та документація).
6. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT): 2008. Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання. . [Чинний від 01.01.2008]. Київ, 2008. 82 с. (Інформація та документація).
7. Ягуп В. Г., Ягуп К. В. Моделювання та оптимізація режимів систем енергопостачання та електроспоживання : навч. посібник. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 183 с.
8. Кабельно-провідникова продукція [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189>
9. Трансформатори силові [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099>
10. Інвертори для систем резервного та сонячного електропостачання

[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.solbat.su/dopobr/inverters/>

11. MATLAB – високорівнева мова технічних розрахунків: веб-сайт. URL: <http://matlab.products/matlab> (дата звернення: 06.05.2023)

12. Simulink – моделювання і симуляція динамічних систем: веб-сайт. URL: <http://matlab.products/simulink> (дата звернення: 06.05.2023)

13. Офіційний сайт групи компаній KNESS: Головна сторінка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kness.energy/>

14. Лежнюк П. Д. Особливості роботи відновлюваних джерел енергії в локальній електричній системі / П. Д. Лежнюк, О. А. Ковальчук, В. В. Кулик // Відновлювана енергетика XXI століття: XII міжнарод. наук.-практ. конф.: матеріали конференції. – Крим, 2011.– С. 42–46.

15. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки відносно опрацювання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах и роботах студентів електротехнічних спеціальностей: навч. Посіб. Вінниця, ВНТУ, 2003. 46 с.

16. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

17. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

18. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945.

19. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

20. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

21. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

22. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

23. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

24. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

25. Войтюк Ю.П. Лесик І.С. Впровадження елементів САПР для підвищення якості електропостачання споживачів. LIV Всеукраїнська науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2025). Веб-сайт. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2025/paper/view/22921> (дата звернення 14.12.2024).

Додатки

Додаток А – Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ” _____ 2024р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
“ ” _____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

**«Підвищення якості електропостачання житлового району
«Академічний», місто Вінниця**

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Войтюк Ю.П.

(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ-23м

Лесик І.С.

(підпис)

Вінниця 2024 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 310 від 17.09.2024р.

Дата початку роботи 02.09.2024р.

Дата закінчення роботи 10.12.2024р.

2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета: підвищити ефективність системи електропостачання Вінницької транспортної компанії.

б) призначення розробки: виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР: генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Терешкевич Л.Б., Демов О.Д., Шулле Ю.А. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Вінниця: ВНТУ, 2016 р.

3.2 Лисенко Г.Л., Буда А.Г., Обертюх Р.Р. Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті. Вінниця: ВНТУ, 2006 р.

3.3. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Вінниця: ВНТУ, 2005 р.

3.4 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. Х : Міненерговугілля України, 2017 р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для проектування	1.09.24	17.09.24
4.2 Проведення необхідних розрахунків	17.09.24	20.10.24
4.3 Розробка робочих креслень	20.10.24	17.11.24
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	17.11.24	10.12.24

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

Додаток В – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Підвищення якості електропостачання житлового району
«Академічний», місто Вінниця

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та
енергетичного менеджменту
факультет електроенергетики та електромеханіки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 96% Схожість 4%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібно):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи	_____	<u>Лесик І.С.</u>
	(підпис)	(прізвище, ініціали)
Керівник роботи	_____	<u>Войтюк Ю.П.</u>
	(підпис)	(прізвище, ініціали)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Підвищення якості електропостачання житлового району
«Академічний», місто Вінниця**

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-23м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Лесик Іван Сергійович
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доцент каф. ЕСЕМ
Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

Актуальність теми. Забезпечення якості та надійності електропостачання житлових споруд мікрорайонів міст є актуальним для забезпечення безперервності живлення побутових споживачів в умовах дефіциту електричної енергії, що обумовлено військовим станом та аварійними вимкненнями.

Окрім того, забезпечення якості електропостачання повинно сприяти можливості постійного розвитку благоустрою територій міст.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розробка системи електропостачання житлового мікрорайону, яке забезпечить надійне живлення специфічних побутових споживачів.

Для вирішення питань, пов'язаних з якісним електропостачанням в магістерській кваліфікаційній роботі запропоновано сучасні методи розрахунку, в тому числі які базуються на використанні елементів САПР та математичного моделювання. В перелік цих питань входить:

- оптимізаційні розрахунки щодо системи електропостачання, в тому числі визначення електричних навантажень, що є основою для прийняття всіх електроенергетичних рішень;
- інтеграція сонячної електростанції в загальну систему електропостачання для живлення відповідальних споживачів загального користування житлового будинку;

Об'єкт дослідження – система електропостачання житлового району «Академічний» місто Вінниця.

Предмет дослідження – є впровадження та використання сучасних методів аналізу та синтезу системи е

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

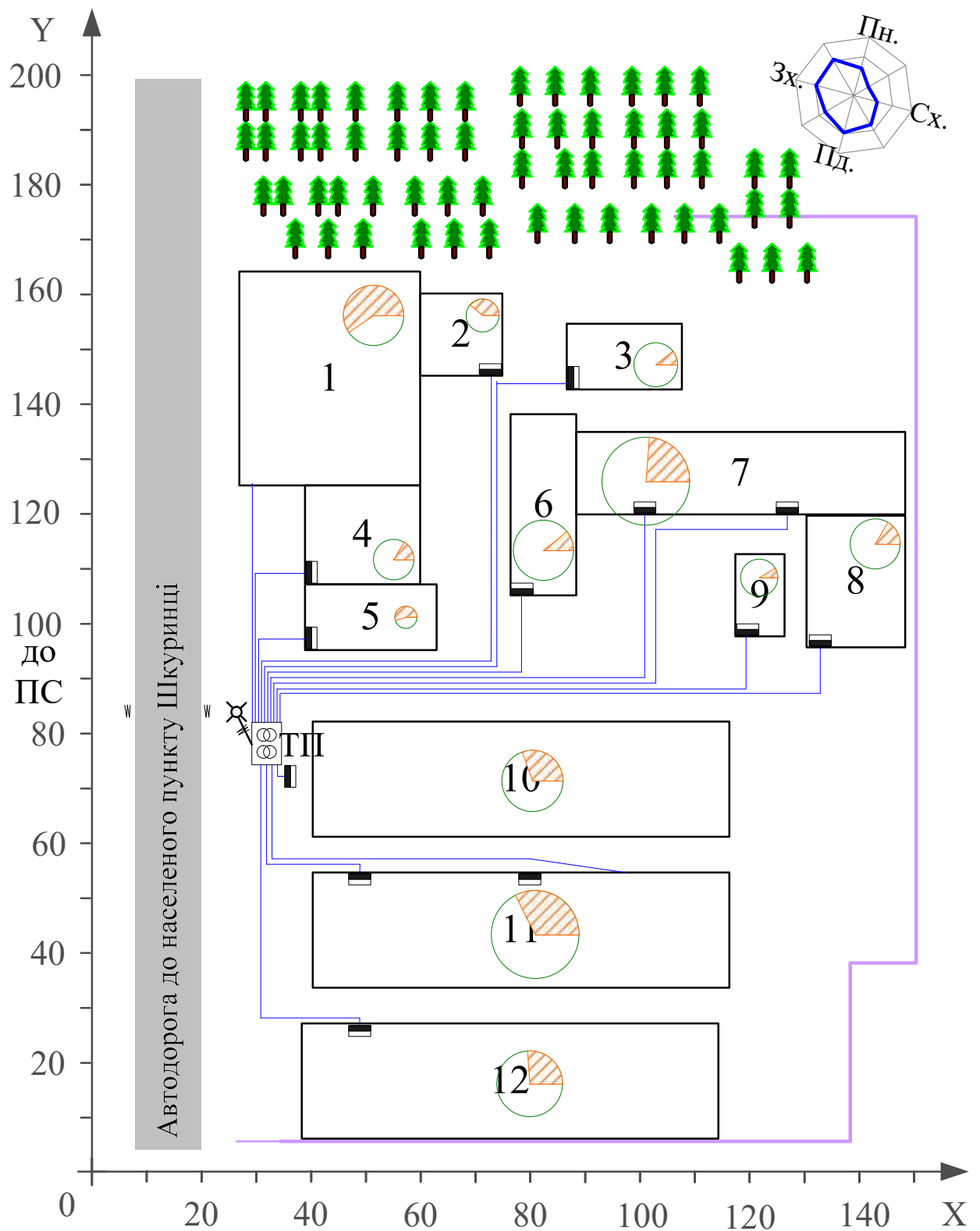


Рисунок Г.1 – Генеральний план мікрорайону

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

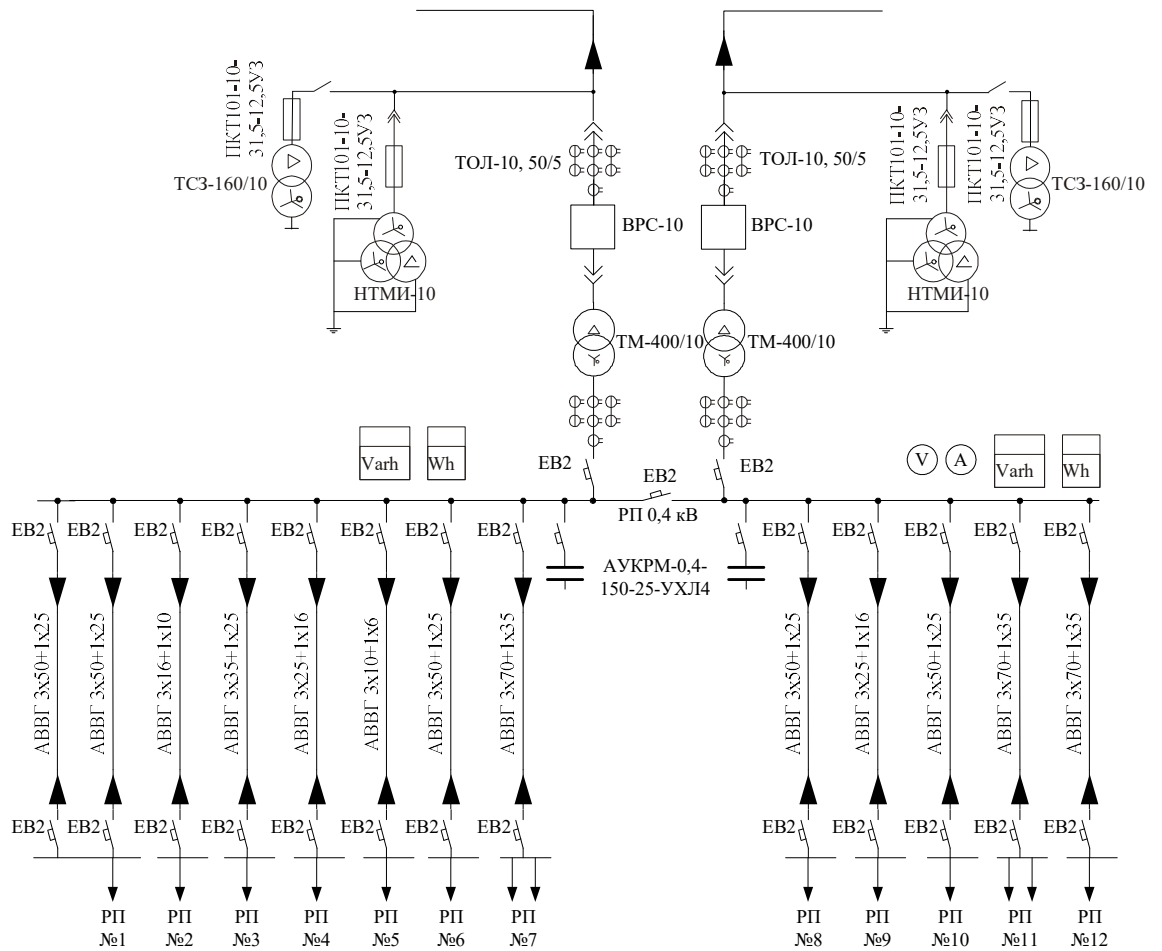


Рисунок Г.2 – Однолінійна схема електропостачання мікрорайону

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

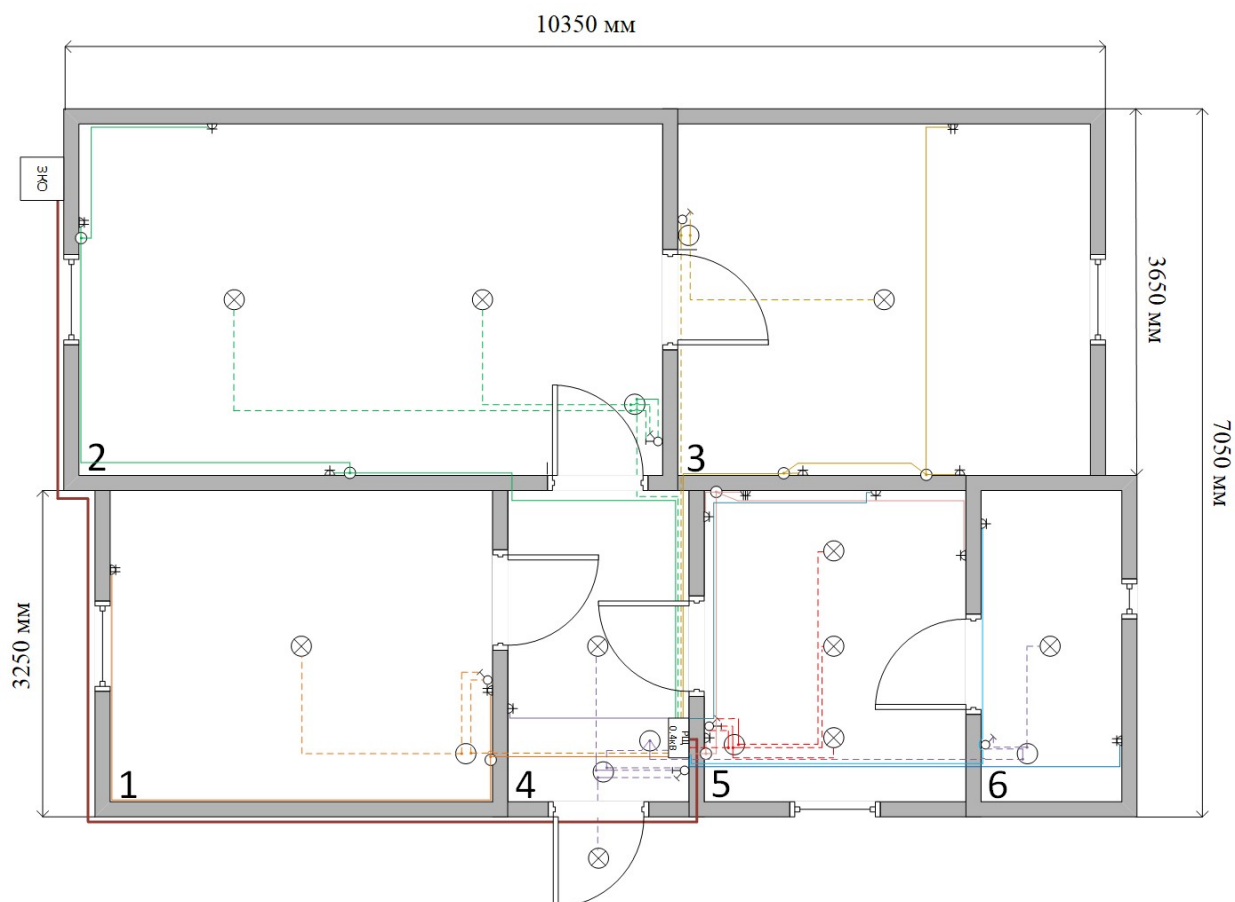


Рисунок Г.3 – План квартири з силовою та освітлювальною мережами

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

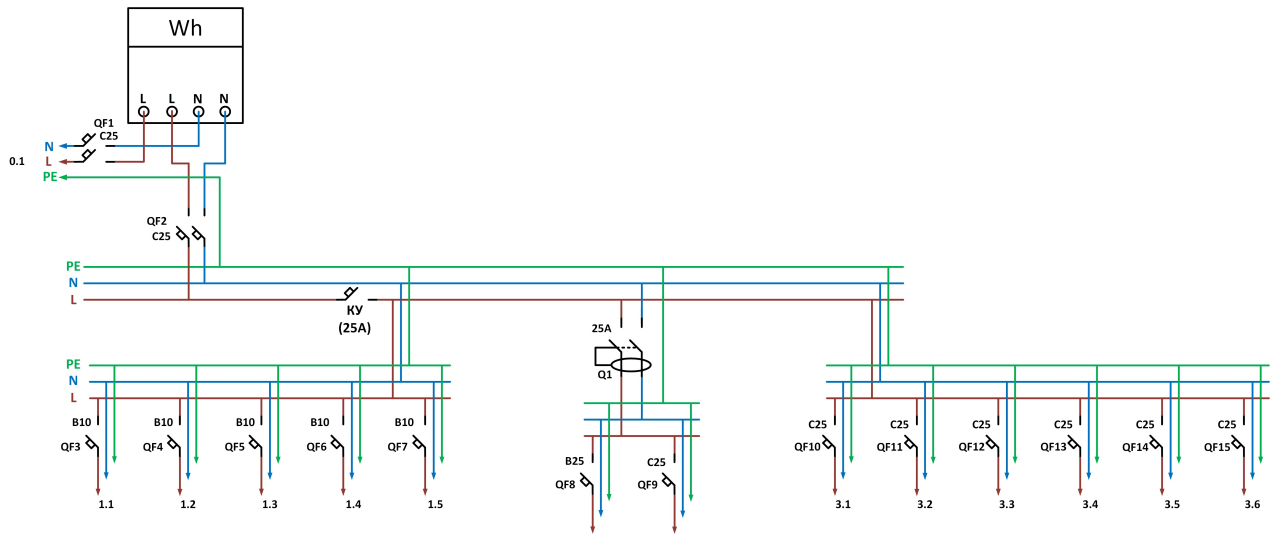


Рисунок Г.4 – Однолінійна схема живлення споживачів квартири

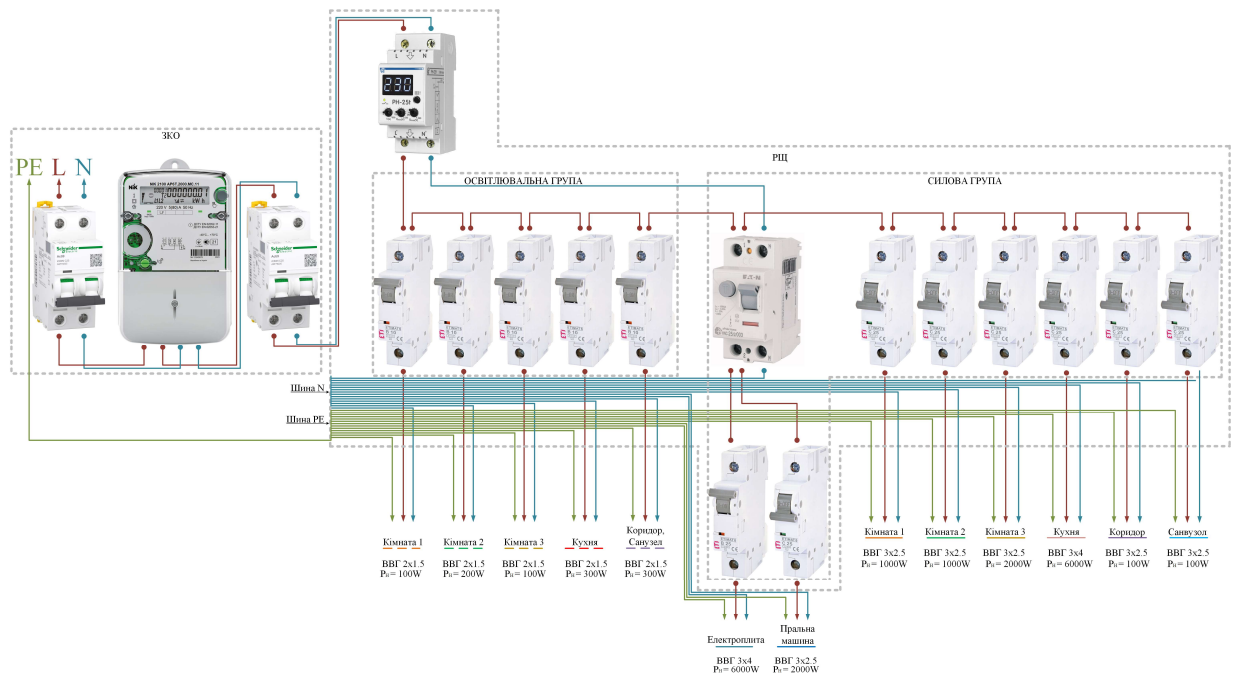


Рисунок Г.5 – Схема розподільчого щита 0,4 кВ квартири

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

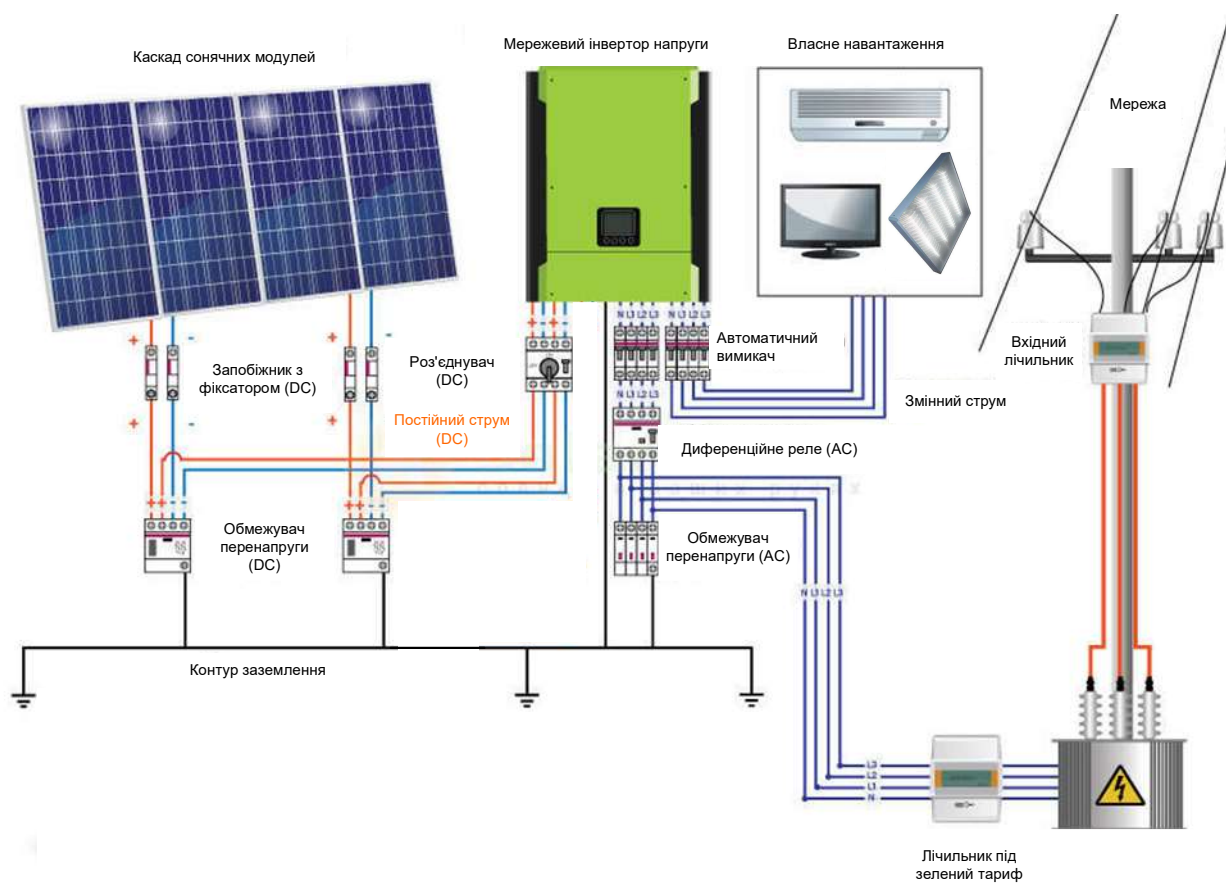


Рисунок Г.6 – Принципова схема ФЕС

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

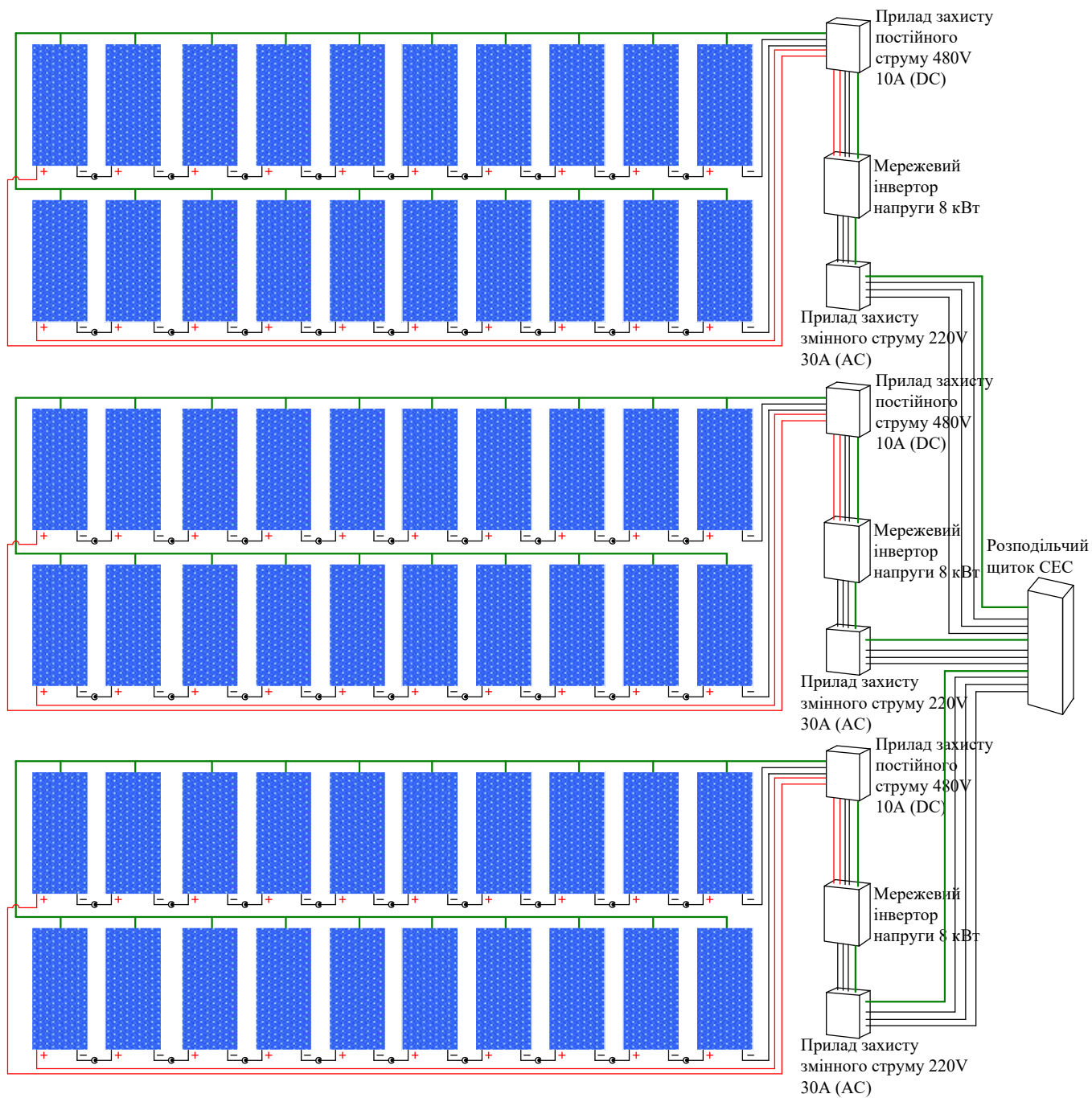


Рисунок Г.7 – Схема підключення ФЕС 24 кВт

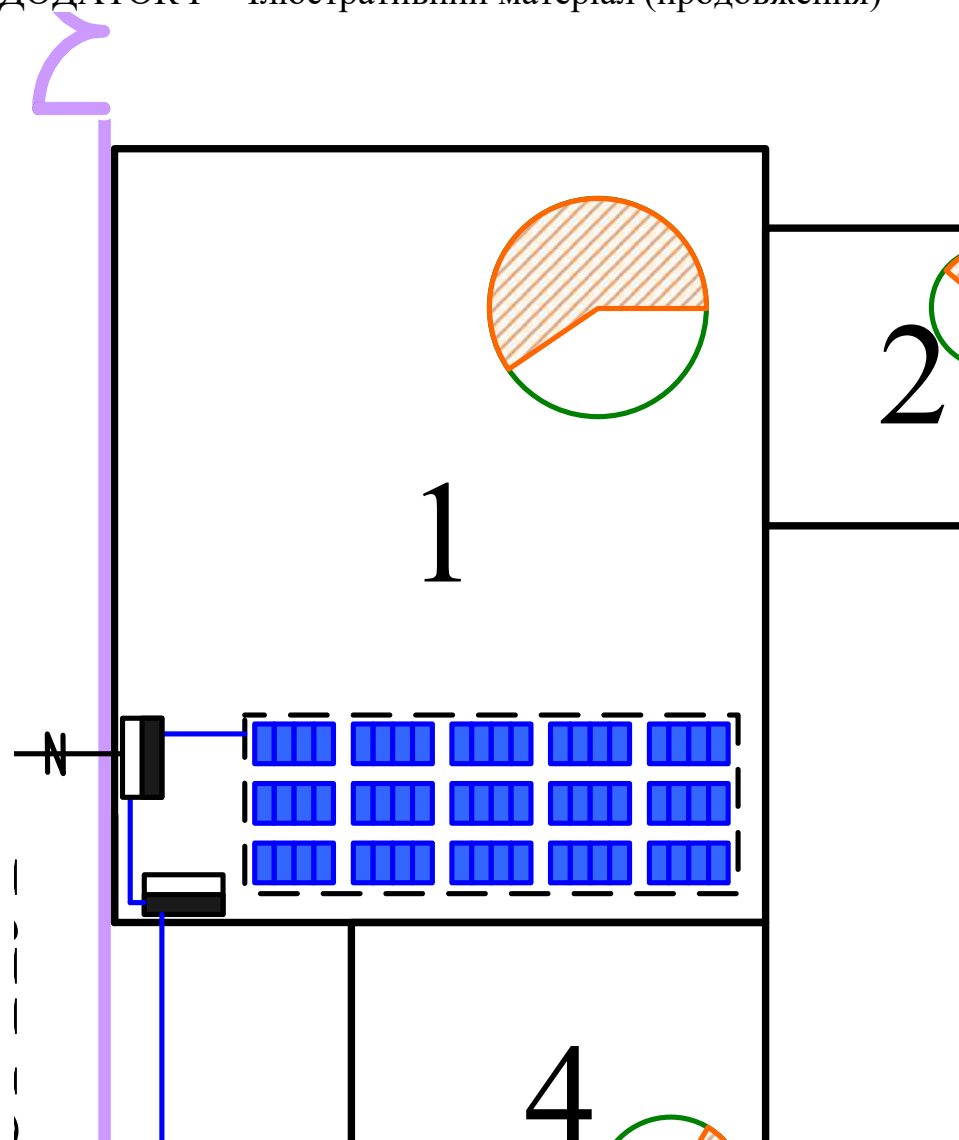


Рисунок Г.8 – Розміщення ФГМ на даху дитячого садочку

ДОДАТОК Г – Ілюстративний матеріал (продовження)

Таблиця Г.2 –Осoновні техніко-економічні показники

Показники	Позна- чення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	Еа	946580,5	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	Е	981383,08	кВт·год.
Плата за електроенергію	П ₁	6570261,551	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.енергії	С _п	760775,93	грн.
Сумарні витрати під-ва	С _{сум}	7331037,48	грн.
Собівартість ел.енергії	S	734,48	коп/кВт·год.