


Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту


МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Реконструкція системи електропостачання Комунального закладу
«Вінницький ліцей №10» з встановленням дахової сонячної електростанції
08-23.МКР.016.01.023 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи ЕСЕ-22м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка


(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Тимошук В. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник Ph. D., ст. доцент каф. ЕСЕЕМ.
Лобода Ю. В.
(прізвище та ініціали)

пущено до захисту
Керівник кафедри ЕСЕЕМ
проф. Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)

« 8 » 12 2023 р

Опонент  К.Т.Н. 201. 201. каф. ЕСЕ
(прізвище та ініціали)

Вінницький обл. кнб с.в.

Вінниця – 2023 року

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

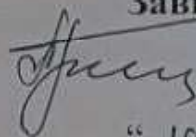
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр _____

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ



проф. М. Й. Бурбело _____

“ 19 ” 09 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Тимощуку Валерію Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Реконструкція системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей №10» з встановленням дахової сонячної електростанції

керівник роботи Лобода Юрій Васильович, Ph. D., доцент каф. ЕСЕЕМ, Ph. D.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.09.2023 року №247

2. Термін подання студентом роботи “04” грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи (Додаток А) Генплан закладу; відомості про навантаження та площі навчальних корпусів; відомості про джерела живлення.







4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загальні відомості про заклад. 2 Використання засобів сапр для проектування системи електропостачання промислових підприємств. 3 Встановлення сонячної електростанції на даху закладу 4 Економічна частина дипломної роботи. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Генплан закладу. Однолінійна схема електропостачання. Креслення спеціальної частини роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання виконав
Спеціальний розділ роботи	Лобода Ю. В. доц., каф. ЕСЕМ, Ph. D.		
Економічна частина	Шулле Ю. А., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О. В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання 03.09.2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу	25.09.23
2	Синтез зовнішньої СЕП	29.09.23
3	Науково дослідна частина	25.10.23
4	Економічна частина	22.11.23
5	Охорона праці	29.11.23
6	Графічна частина	30.11.23


Студент


(підпис)

Тимошук В. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи


(підпис)

Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль


(підпис)

Лобода Ю. В.

(прізвище та ініціали)

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр _____

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

проф. М. Й. Бурбело

“ ____ ” _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Тимощуку Валерію Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Реконструкція системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей №10» з встановленням дахової сонячної електростанції

керівник роботи Лобода Юрій Васильович, Ph. D., доцент каф. ЕСЕМ, Ph. D.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.09.2023 року №247

2. Термін подання студентом роботи “04” грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи (Додаток А) Генплан закладу; відомості про навантаження та площі навчальних корпусів; відомості про джерела живлення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загальні відомості про заклад. 2 Використання засобів сапр для проектування системи електропостачання промислових підприємств. 3 Встановлення сонячної електростанції на даху закладу 4 Економічна частина дипломної роботи. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Генплан закладу. Однолінійна схема електропостачання. Креслення спеціальної частини роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальний розділ роботи	Лобода Ю. В, доц., каф. ЕСЕМ, Ph. D.		
Економічна частина	Шулле Ю.А., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання 03.09.2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу	25.09.23	
2	Синтез зовнішньої СЕП	29.09.23	
3	Науково дослідна частина	25.10.23	
4	Економічна частина	22.11.23	
5	Охорона праці	29.11.23	
6	Графічна частина	30.11.23	

Студент _____
(підпис)

Тимошук В. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

Лобода Ю. В.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТОЦІЯ

Тимошук В. В. Реконструкція системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей №10» з встановленням дахової сонячної електростанції. МКР. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Вінниця : ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2023. – 89 с.

Сучасний розвиток технологій та постійні зміни у сфері енергетики вимагають нових підходів до забезпечення ефективного та стабільного електропостачання комунальних установ. Реконструкція системи електропостачання, зокрема встановлення сонячної електростанції, визначається як актуальна задача, особливо для освітніх закладів, де важливо поєднати надійність та енергоефективність.

Досліджено можливості встановлення сонячної електростанції на корпусі Вінницького ліцею №10, враховуючи якість сонячного випромінювання, потенційний обсяг енергії, витрати на встановлення та експлуатацію. Аналіз таких аспектів сприяє раціональному використанню енергетичних ресурсів та фінансовій ефективності проекту.

Додатково, розглянуто використання гібридного інвертору для живлення електроприймачів критичної групи, спрямованого на підвищення стійкості системи під час відключень чи аварій.

Ключові слова: система електропостачання, електропостачання, мережевий інвертор, заклад освіти, гібридний інвертор.

ANNOTATION

Tymoshchuk V. V. Reconstruction of the power supply system of the Communal Institution "Vinnytsia Lyceum No. 10" with the installation of a solar power plant. MKR. Specialty 141 – Power engineering, electrical engineering and electromechanics. – Vinnytsia: VNTU, FEEEM, ESEEM department, 2023. – 89 p.

The modern development of technologies and constant changes in the field of energy demand new approaches to ensuring efficient and stable power supply of communal institutions. The reconstruction of the power supply system, in particular the installation of a solar power plant, is defined as an urgent task, especially for educational institutions, where it is important to combine reliability and energy efficiency.

The possibility of installing a solar power plant on the building of the Vinnytsia Lyceum No. 10 was studied, taking into account the quality of solar radiation, the potential amount of energy, the costs of installation and operation. The analysis of such aspects contributes to the rational use of energy resources and the financial efficiency of the project.

In addition, the use of a hybrid inverter for powering electrical receivers of a critical group, aimed at increasing the stability of the system during blackouts or accidents, is considered.

Key words: power supply system, power supply, network inverter, educational institution, hybrid inverter.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАКЛАД.....	11
1.1 Короткий опис технологічного процесу харчоблоку закладу.....	12
1.2 Відомості про електропостачання закладу в цілому	15
2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ АВМАТОІЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ.....	17
2.1 Розрахунок електричних навантажень харчоблоку.....	17
2.2 Розрахунок навантажень закладу в цілому	20
2.3 Визначення потужності трансформаторної підстанції з використанням засобів САПР	22
2.4 Визначення перетину зовнішньої лінії 10 кВ з використанням засобів САПР	23
2.5 Визначення перетину кабельних ліній 0,4 кВ з використанням засобів САПР	27
2.6 Визначення місця розташування головного розподільчого пристрою	29
2.7 Розробка виконання РУ-0,4 кВ трансформаторної підстанції	31
3 ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА ДАХУ ЗАКЛАДУ	35
3.2 Підвищення надійності живлення споживачів критичної групи закладу[13] ..	36
3.3 Вибір інверторного обладнання	40
3.4 Визначення генерації сонячної електростанції.....	44
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	47
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи	47
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання.....	48
4.3 Розрахунок поточних витрат.....	51
4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі	51

4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі	55
4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються.....	58
4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат	59
4.4. Розрахунок собівартості електроенергії	60
4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	60
4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії	63
4.5 Висновки	65
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	66
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	66
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	66
5.1.2 Електробезпека	69
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	70
5.2.1 Мікроклімат	70
5.2.2 Виробниче освітлення.....	71
5.2.3 Виробничий шум	72
5.2.4 Виробнича вібрація	73
5.2.5 Фактори умов праці.....	74
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей № 10» в умовах дії загрозливий чинників надзвичайних ситуацій.....	76
5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей № 10» в умовах впливу іонізуючого випромінювання	77
5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей № 10» в умовах дії електромагнітного імпульсу.	79

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей № 10» в умовах надзвичайних ситуацій	81
ВИСНОВОК.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85
Додаток А.....	89
Додаток Б – Генплан підприємства.....	93
Додаток В – Однолінійна схема трансформаторної підстанції.....	94
Додаток Г – Живлення споживачів критичної групи.....	95
Додаток Д – Однолінійна схема ГРП.....	96
Додаток Е – Розташування обладнання СЕС на даху головного навчального корпусу	97
Додаток Є – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	98

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний розвиток технологій та постійні зміни у сфері енергетики вимагають пошуку нових підходів до забезпечення ефективного та стабільного електропостачання для комунальних установ. У цьому контексті, реконструкція системи електропостачання є актуальною задачею, особливо коли йдеться про освітні заклади, де необхідно забезпечити не лише надійність, а й енергоефективність електропостачання.

У спеціальній частині роботи проведено аналіз можливостей встановлення сонячної електростанції на одному з корпусів закладу. При цьому враховано якість сонячного випромінювання в даній локації, потенційний обсяг енергії, яку можна отримати, а також витрати на встановлення та експлуатацію. Врахування таких аспектів сприятиме не лише раціональному використанню енергетичних ресурсів, але й фінансовій ефективності проекту.

Додатково, розглянута можливість використання гібридного інвертору для живлення електроприймачів критичної групи. Це рішення спрямоване на підвищення стійкості системи в умовах відключень чи аварій, забезпечуючи неперервне електроживлення пріоритетних об'єктів.

Об'єктом даного дослідження є Комунальний заклад «Вінницький ліцей №10», який, як і багато інших, стикається з викликами забезпечення стійкості та оптимізації енергоспоживання. У цьому контексті, розглянемо можливості впровадження сучасних технологій, зокрема встановлення сонячної електростанції, що сприятиме підвищенню енергоефективності та зменшенню витрат на електроенергію.

Мета і задачі дослідження. Метою даного дослідження є реконструкція системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей №10» з встановленням сонячної електростанції та використанням сучасних методів автоматизованого проектування для підвищення енергоефективності, зменшення витрат та забезпечення стійкості електропостачання.

Предмет дослідження – є методи та засоби автоматизованого проектування.

Практична цінність даного дослідження полягає у вдосконаленні енергетичної інфраструктури Комунального закладу «Вінницький ліцей №10», забезпечуючи йому не тільки стійке та надійне електропостачання, але й високий рівень енергоефективності. Впровадження сонячної електростанції та застосування сучасних методів автоматизованого проектування дозволять значно знизити витрати на електроенергію та оптимізувати роботу системи, сприяючи економії ресурсів та зменшенню екологічного впливу..

Публікація по темі роботи:

Апробація результатів роботи. Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було обговорено на LIII Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки. За результатами опубліковані тези доповідей (36) - посилання в квадратних дужках.

Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/paper/view/19573> .

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАКЛАД

Заклад засновано 1979 році околиці обласного центру по вулиці Стахурського (зараз Андрія Первозваного)[1].

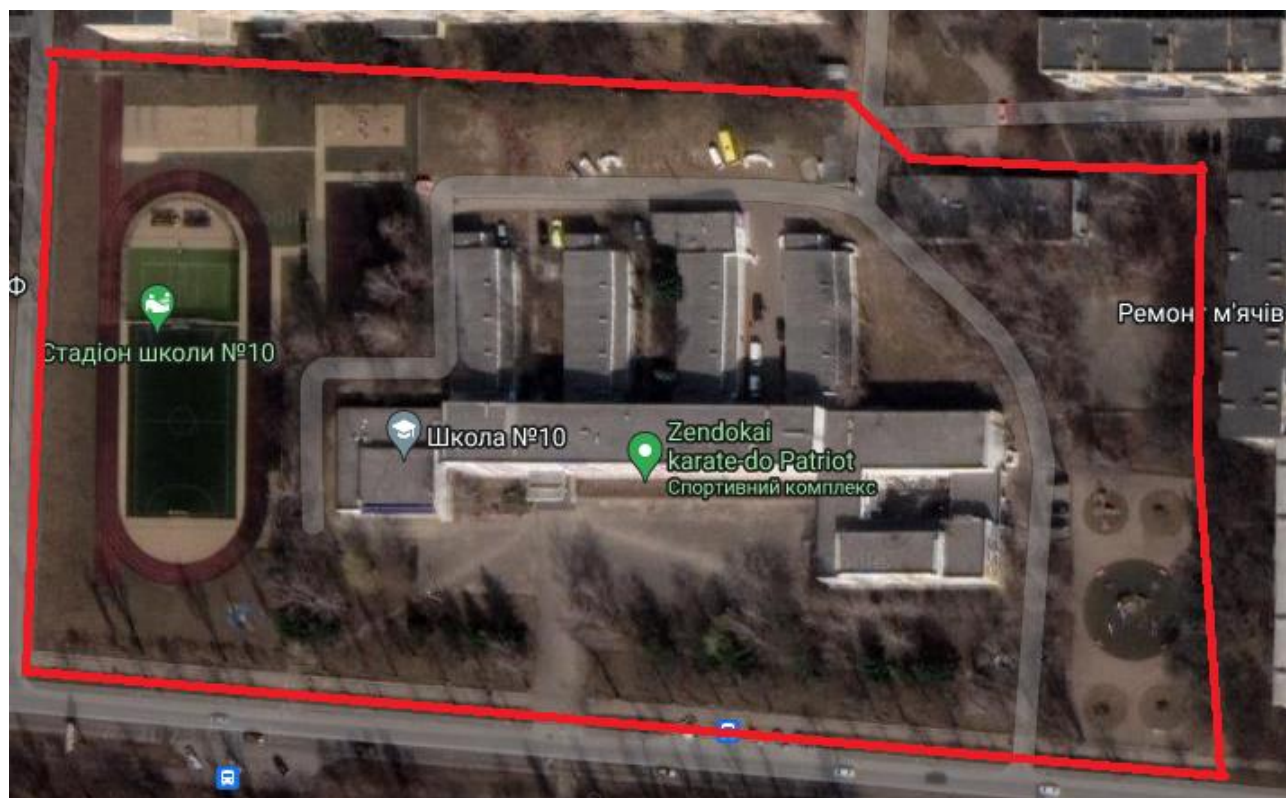


Рисунок 1.1 – Територія закладу

Станом на 2023 рік в заклад налічує 42 навчальні класи в яких навчається 1236 учнів, кількість персоналу задіяні в навчальний процес становить 82.



Рисунок 1.2 – Фото головного навчального корпусу закладу

1.1 Короткий опис технологічного процесу харчоблоку закладу

Даною роботою передбачено реконструкцію харчоблоку.

Харчова промисловість є невід’ємною частиною життєдіяльності усіх установ та підприємств. Однією із таких установ є заклад освіти, а саме навчальний заклад. На сьогоднішній день відповідним до усіх вимог промислового приготування, призначеного для великої кількості споживачів – немає ні одного закладу, який б не користувався усіма новітніми технологіями та обладнаннями, для забезпечення правильного методу виготовлення харчової продукції.

Модернізація кухні у приміщенні столової – є найважливішим поліпшенням робочого процесу виготовлення їжі. Справді, харчова промисловість грає важливу роль у сучасному суспільстві, і навчальні заклади, зокрема столові їдальні, не є винятком. Забезпечення якісної і безпечної харчової продукції для великої кількості споживачів є завданням важливим і відповідальним.

Модернізація кухні у навчальному закладі, особливо в столовій, є надзвичайно важливим кроком для забезпечення правильного та ефективного процесу приготування харчової продукції. Ось деякі ключові аспекти, які варто врахувати:

Забезпечення безпеки і санітації: Модернізація повинна включати в себе встановлення сучасних систем для контролю санітарних та гігієнічних стандартів. Це включає в себе розділення робочих зон для різних видів продуктів та готових страв, наявність систем вентиляції та очищення повітря, а також системи управління відходами.

Використання сучасного обладнання: Важливо встановити сучасне кухонне обладнання, яке спрощує та прискорює процес приготування їжі. Це може включати в себе комбіновані пічі, пароварки, холодильники, миттєві газові плити та інше обладнання, яке допомагає оптимізувати робочий процес.

Автоматизація і інформаційні технології: Використання ПЗ та інших інформаційних технологій може спростити облік і управління інгредієнтами, запасами та робочим графіком. Це може також допомогти у веденні обліку витрат та забезпечити якість страв.

Навчання персоналу: Важливо забезпечити навчання персоналу з використання сучасного обладнання та дотримання найвищих стандартів санітації та безпеки.

Беручи до уваги сучасні реалії, особливо у нашій країні – безперебійна система енергопостачання є одним із найважливіших факторів виготовлення продукції. Тому одним із розділів даної магістерської роботи буде модифікація окремої частини даного закладу, задля забезпечення індивідуального та незалежного енергопостачання.

План харчоблоку з вказаними електроприймачами наведений на рисунку 1.3.

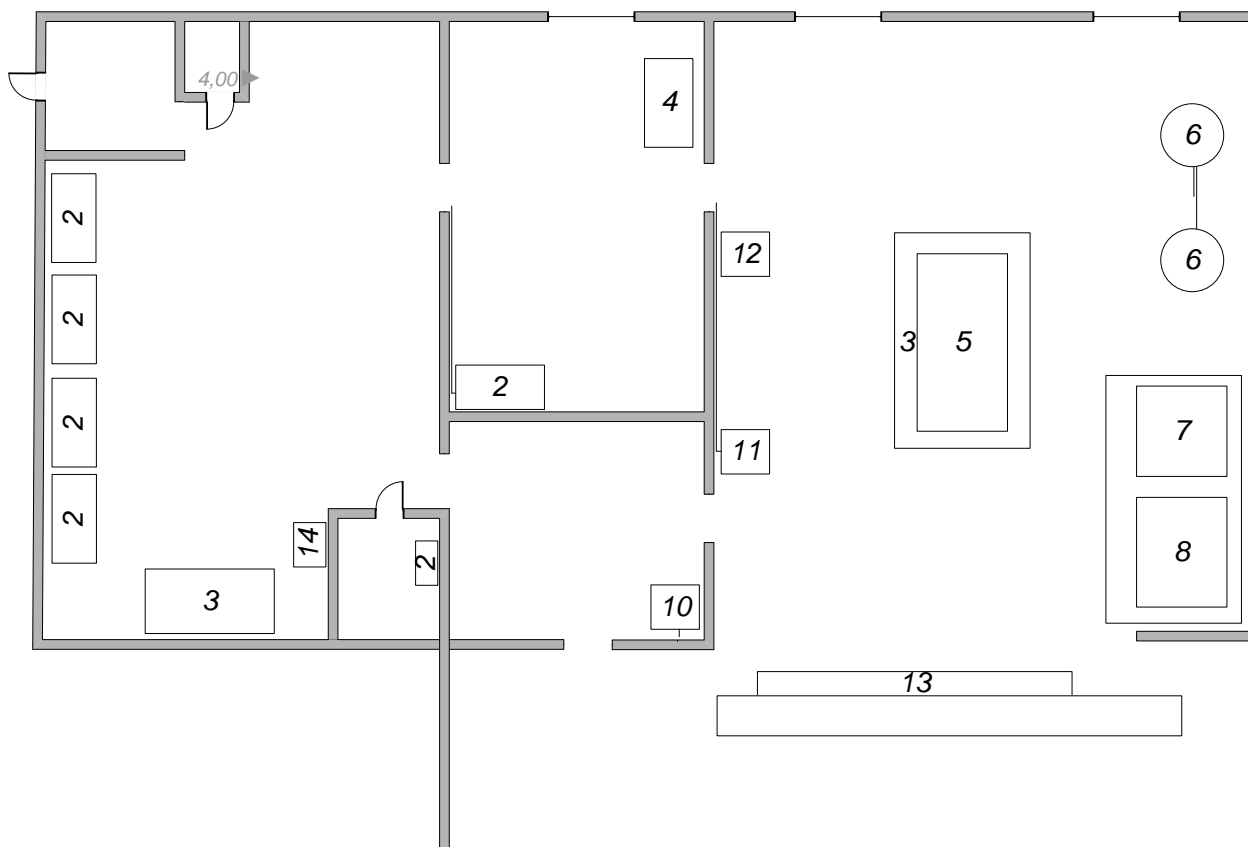


Рисунок 1.3 – План харчоблоку

Таблиця 1.1 – Кількість та характеристика обладнання харчоблоку

№	Назва груп ЕП	Напруга живлення	n	Рн, кВт
2	Холодильник	220	5	0.32
15	Холодильник	220	1	0.5
3	Витяжки	220	4	0.5
4	Морозильна камера	220	1	0.57
9	Бойлер	220	1	2
12	Електромясорубка	220	1	1.5
13	Мармітна лінія	220	1	0.5
14	Електро ваги	220	1	0.2
5	Електроплита	380	1	12
6	Електрокотел	380	1	10.5
7	Пароконвектор	380	1	5.7
8	Духова піч	380	1	13
10	Посудомийна машина	380	1	3.5
11	Змішувач тіста	380	1	7
Всього			21	

1.2 Відомості про електропостачання закладу в цілому

Заклад живиться від ПС-110/35/10 кВ «Південна» яка знаходиться на відстані 2,8 км.

Генеральний план забудови наведений на рисунку 1.4. Заклад складається з триповерхового головного навчального корпусу та додаткових прибудов, також на території є додаткове приміщення – майстерня.

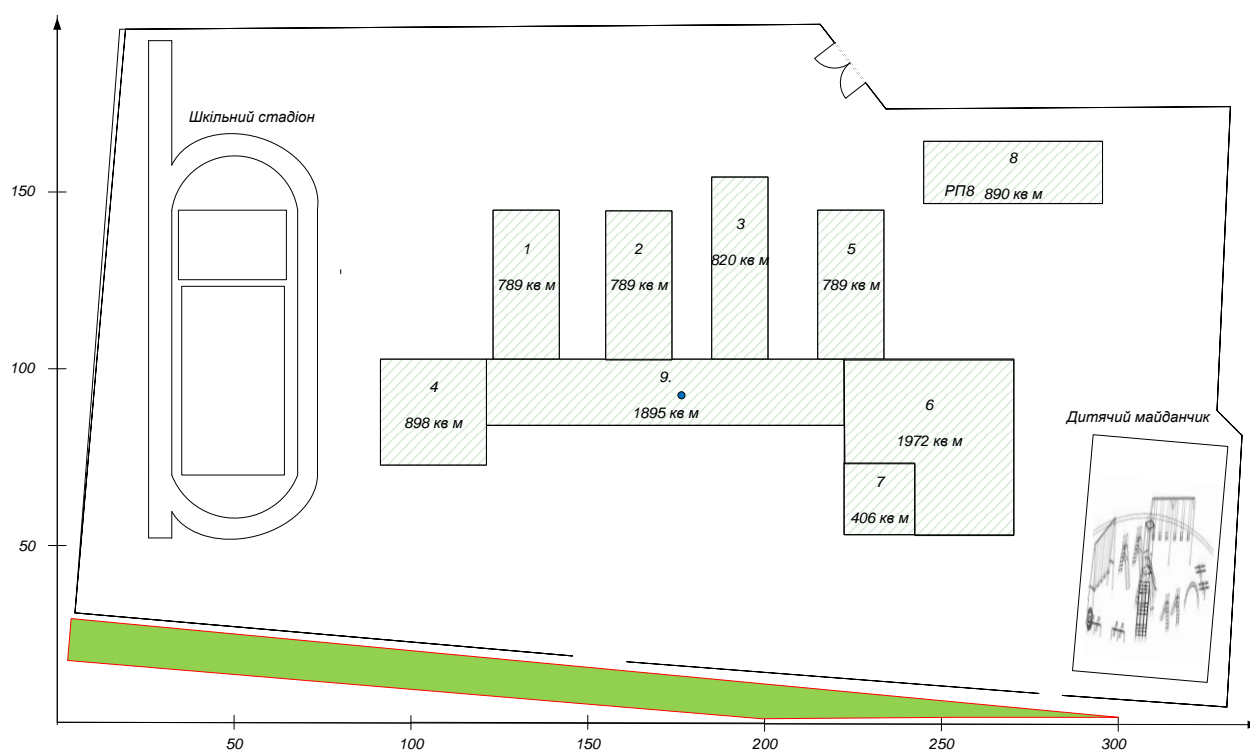


Рисунок 1.4 – Генеральний план забудови закладу

Таблиця 1.2 – Характеристика навчальних корпусів закладу

№	Цех	Кількість поверхів	Площа, м ²	Корисна площа
	2	3	4	5
1	Навчальний корпус №1	1	789	710.1
2	Навчальний корпус №2	1	789	710.1
3	Навчальний корпус №3	1	820	738
4	Сторгивна зала	1	898	808.2
5	Навчальний корпус №4	1	789	710.1
6	Навчальний корпус №5	1	1972	1774.8
7	Харчоблок	1	406	406
8	Навчальна майстерня	1	890	890
9	Головний навчальний корпус	3	1895	3411
	Всього			10163.3

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ
ЗАСОБІВ АВМАТОИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 Розрахунок електричних навантажень харчоблоку

Відповідно до даних наведених в завдання проведемо розрахунок навантажень харчоблоку методом коефіцієнтів попиту[2].

Метод коефіцієнта попиту

$$P_p = K_{\Pi} \sum_{i=1}^n P_{\Pi.i} = \sum_{i=1}^n K_{\Pi.i} P_{\Pi.i}, \quad (2.1)$$

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi_c \quad (2.2)$$

де K_{Π} , $K_{\Pi.i}$ – коефіцієнти попиту груп ЕП та окремих ЕП, які отримані на основі статистичних даних ЕН аналогічних об'єктів.

Для розрахунку відповідно до даних таблиці 1.1 необхідно визначити коефіцієнти попиту.

Відповідно до таблиці 3.10 ДБН В.2.5-23:2010[6], при кількості електроприймачів теплового устаткування підприємств громадського харчування і харчоблоків, підключених до даного елемента мережі – 7, значення коефіцієнта попиту для холодильників становить 0,65.

Аналогічним чином з даного ДБН визначаємо коефіцієнти попиту для іншого обладнання харчоблоку.

Таблиця 2.1 – Значення коефіцієнтів попиту для обладнання харчоблоку

№	Назва ЕП	Напруг живлення	n	Рн, кВт	Кп
2	Холодильник	220	5	0.32	0.6
15	Холодильник	220	1	0.5	0.6
3	Витяжки	220	4	0.5	1
4	Морозильна камера	220	1	0.57	0.6
9	Бойлер	220	1	2	0.75
12	Електромясорубка	220	1	1.5	1
13	Мармітна лінія	220	1	0.5	1
14	Електро ваги	220	1	0.2	1
5	Електроплита	380	1	12	0.75
6	Електрокотел	380	1	10.5	0.75
7	Пароконвектор	380	1	5.7	0.75
8	Духова піч	380	1	13	0.75
10	Посудомийна машина	380	1	3.5	1
11	Змішувач тіста	380	1	7	1
Всього			21		0.804

Відповідно до [6] проведемо розрахунок навантажень харчоблоку:

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень харчоблоку

№	Назва ЕП	Напруга живлення	n	P_n , кВт	$P_n \cdot n$, кВт	Кп	$\cos(f)$	$\tan(f)$	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВт·А
2	Холодильник	220	5	0.32	1.6	0.6	0.9	0.484322105	0.96	0.46494922	1.07
15	Холодильник	220	1	0.5	0.5	0.6	0.9	0.484322105	0.3	0.14529663	0.33
3	Витяжки	220	4	0.5	2	1	0.85	0.619744338	2	1.23948868	2.35
4	Морозильна камера	220	1	0.57	0.57	0.6	0.9	0.484322105	0.342	0.16563816	0.38
9	Бойлер	220	1	2	2	0.75	1	0	1.5	0	1.50
12	Електромясорубка	220	1	1.5	1.5	1	0.85	0.619744338	1.5	0.92961651	1.76
13	Мармітна лінія	220	1	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0	0.50
14	Електро ваги	220	1	0.2	0.2	1	1	0	0.2	0	0.20
5	Електроплита	380	1	12	12	0.75	0.98	0.203058661	9	1.82752795	9.18
6	Електрокотел	380	1	10.5	10.5	0.75	0.98	0.203058661	7.875	1.59908695	8.04
7	Пароконвектор	380	1	5.7	5.7	0.75	0.95	0.328684105	4.275	1.40512455	4.50
8	Духова піч	380	1	13	13	0.75	0.95	0.328684105	9.75	3.20467003	10.26
10	Посудомийна машина	380	1	3.5	3.5	1	0.9	0.484322105	3.5	1.69512737	3.89
11	Змішувач тіста	380	1	7	7	1	0.85	0.619744338	7	4.33821037	8.24
Всього			21		60.57	0.804	0.93291	0.386005839	48.702	17.014736	52.20

2.2 Розрахунок навантажень закладу в цілому

Для розрахунку загальної розрахункової потужності закладу використаємо метод

Метод питомого навантаження на м² площі приміщення[4]

$$P_p = p_{\Pi} \cdot F, \quad (2.3)$$

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi_c \quad (2.4)$$

де p_{Π} – питома навантаження; F – площа.

Відповідно до таблиці 3.15 – орієнтовні питомі розрахункові електричні навантаження будинків та споруд (приміщень) громадського призначення ДБН В.2.5-23:2010, значення питомого навантаження навчальних корпусів вищих, середніх спеціальних навчальних закладів (без їдалень та кондиціонування) становить 35 Вт на м² корисної площі.

Таблиця 2.2 – Значення питомого навантаження та коефіцієнтів потужності для закладу

Об'єкти будівництва	Одиниця вимірювання	Питома навантаження	Розрахункові коефіцієнти			
			потужності $\cos \varphi$	реактивного навантаження $\operatorname{tg} \varphi$		
Навчальні корпуси вищих, середніх спеціальних навчальних закладів (без їдалень):	кВт на м ²					
			а) з кондиціонуванням повітря:	0,05 0,05	0,90 0,90	0,48 0,48
			б) без кондиціонування повітря	0,035	0,92	0,43

Проведемо розрахунок навантаження закладу в цілому та дані заносимо в таблицю

2.4.

Таблиця 2.3 – Розрахунок навантаження закладу

Вихідні дані								Середні нав-ня			Розрах. нав-ня			Ko=	0.95
№	Цех	Кількість поверхів	Площа, м ²	Корисна площа	Рпит, Вт/м ²	cos(f)	tan(f)	Pc, кВт	Qc, квар	Sc, кВА	Pp, кВт	Qp, квар	Sp, кВА	Ip, А	p0, кВА/м ²
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Навчальний корпус №1	1	789	710.1	35	0.9	0.484	4.97	2.41	11.05	24.85	12.04	27.62	41.96	0.04
2	Навчальний корпус №2	1	789	710.1	35	0.9	0.484	4.97	2.41	11.05	24.85	12.04	27.62	41.96	0.04
3	Навчальний корпус №3	1	820	738	35	0.9	0.484	5.17	2.50	11.48	25.83	12.51	28.70	43.61	0.04
4	Стортивна зала	1	898	808.2	50	0.92	0.425	8.08	3.44	17.57	40.41	17.21	43.92	66.74	0.05
5	Навчальний корпус №4	1	789	710.1	35	0.9	0.484	4.97	2.41	11.05	24.85	12.04	27.62	41.96	0.04
6	Навчальний корпус №5	2	1972	1774.8	35	0.9	0.484	12.42	6.02	27.61	62.12	30.09	69.02	104.87	0.04
7	Харчоблок	1	406	406				9.74	3.40	20.64	48.70	17.01	51.59	78.38	0.13
8	Навчальна майстерня	1	890	890	95	0.9	0.484	16.91	8.19	37.58	84.55	40.95	93.94	142.73	0.11
9	Головний навчальний корпус	3	1895	3411	35	0.9	0.484	23.88	11.56	53.06	119.39	57.82	132.65	201.54	0.04
	Всього			10163.3				91.11	42.34	100.47	467.56	224.71	518.75	788.16	0.05

Вибір оптимальної потужності ТПІ за мінімумом затрат														
Дані нормального режиму														
Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	502.345			
Середня потужність ТП, кВА										Sc=	100.469			
Кількість трансформаторів										kt=	2			
Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1			
Дані післяаварійного режиму														
Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі										kpa=	1.3			
Доля навантаження в п.а. режимі										knpa=	1			
Економічні характеристики														
Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	4274.83			
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0.1			
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0.036			
*	St, кВА	dPкз, кВт	dPxx, кВт	Kтп, тис. грн.	E*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Vв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2
	63	1.28	0.24	646.515	87.926	40.6914	0.48	41.1714	176.001	---		---	+	---
	100	1.97	0.33	686.543	93.3698	24.8565	0.66	25.5165	109.079	---		---	+	---
	160	3.1	0.51	738.788	100.475	15.279	1.02	16.299	69.6755	---		---	+	---
	250	4.2	0.74	806.355	109.664	8.47897	1.48	9.95897	42.5729	---		---	+	---
V	400	5.9	0.95	967.815	131.623	4.65271	1.9	6.55271	28.0117	159.635	V	+	+	+
	630	8.5	1.31	1076.83	146.449	2.70216	2.62	5.32216	22.7513	169.2		+	+	+
	1000	10.5	2.1	1270.55	172.795	1.32484	4.2	5.52484	23.6177	196.413		+	+	+
	1600	18	2.8	1579.5	214.812	0.88717	5.6	6.48717	27.7315	242.544		+	+	+
	2500	23.5	3.85	1807.18	245.776	0.47442	7.7	8.17442	34.9442	280.72		+	+	+
									Zмін=	159.635				
									Опт. Пот. Трансформатора	St*=	400			

Рисунок 2.2- Вибір трансформаторної підстанції

2.4 Визначення перетину зовнішньої лінії 10 кВ з використанням засобів САПР

На першому етапі визначимо коригувальні коефіцієнти на допустимий струм кабелю.

Таблиця 2.4 – Коригувальний коефіцієнт на тип ґрунту в якому прокладається дана кабельна лінія

Характеристика землі	Питомий тепловий опір, К·м/Вт	Коригувальний коефіцієнт
Пісок вологістю понад 9 %, піщано-глинистий ґрунт вологістю понад 1 %	0,80	1,05
Нормальні ґрунт і пісок вологістю 7 – 9 %, піщано-глинистий ґрунт вологістю 12 – 14%	1,20	1,00
Пісок вологістю понад 4 % і менше 7 %, піщано-глинистий ґрунт вологістю 8 % – 12%	2,00	0,87
Пісок вологістю до 4 %, кам'янистий ґрунт	3,00	0,75

Таблиця 2.5 – Коригувальний коефіцієнт на температуру навколишнього середовища

Номинальна напруга кабелю, кВ	Значення коригувального коефіцієнта залежно від температури навколишнього середовища, °С										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Прокладання в повітрі											
1 – 6	1,2	1,17	1,13	1,09	1,04	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,74
10	1,24	1,2	1,15	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
20 – 35	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
Прокладання в землі											
1 – 6	1,11	1,08	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,73	0,73	0,68
10	1,13	1,09	1,04	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,74	0,67	0,6
20 – 35	1,14	1,1	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55

Таблиця 2.6– Коригувальний коефіцієнт на кількість та відстань між кабелями в траншеї

Відстань між кабелями в провітрі, мм	Коефіцієнт за кількості кабелів					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Відповідно до умов вибору кабелі 10 кВ необхідно перевіряти на термічну стійкість до струмів короткого замикання. Дана перевірки здійснюється в точці максимального значення струму короткого замикання, тобто на шинах 10 кВ живлячої підстанції.

Проводимо розрахунок та заносимо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7– Розрахунок струму короткого замикання на шинах 10 кВ живлячої підстанції

Розрахунок струмів КЗ		
Дані системи		
Напруга, кВ	U=	10
Потужність коротко замикання, МВА	S _{кз} =	50
Опір системи, Ом	X _с =	1.805
Струм КЗ на шинах 10 кВ ПС, кА	I _{кз} =	3.359

$$\left\{ \begin{array}{l}
 3(x) = B_l(x) + B_e(x). \\
 B_l(x) = (E_e + E_a) \cdot K_0(x, k_l) \cdot L. \\
 B_e(x) = 3 \cdot I_l^2 \cdot r_0(x) \cdot L \cdot k_l \cdot B_0; \quad B_0 = t \cdot \tau. \\
 3(x) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(x, k_l) + 3 \cdot I_l^2 \cdot r_0(x) \cdot k_l \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \rightarrow \min_{x \in X}. \\
 x \geq x_{\text{ндоп}} \equiv k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(x) \geq I_l; \quad k_{\text{доп}} = k_c \cdot k_{\text{п}}; \\
 x \geq x_{\text{падоп}} \equiv k_{\text{па}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(x) \geq I_l \cdot k_l \cdot k_{\text{нна}}; \\
 x \geq x_{\text{н}\Delta U} \equiv \Delta U_n(x) \leq \Delta U_{\text{доп}}; \\
 x \geq x_{\text{па}\Delta U} \equiv \Delta U_{\text{па}}(x) \leq \Delta U_{\text{доп}}; \\
 x \geq x_{\text{кз}} = \frac{I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{t_n}}{C}; \\
 x \in X.
 \end{array} \right.$$

Рисунок 2.3 - Математична модель вибору зовнішньої кабельної лінії 10 кВ

Початкові дані	
Економічні характеристики	
Питома вартість втрат, грн/кВт	Bo= 4274.82744
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	Ee= 0.1
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію	Ea= 0.05
Нормальний режим	
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н.режимі	Kдоп= 0.76038
Напруга, кВ	U= 10
Довжина КЛ, км	l= 2.8
Активна розрахункова потужність, кВт	P= 474.1082077
Реактивна потужність, квар	Q= 255.700713
Розрахунковий струм окремого кабелю, А	Il= 15.54995839
Кількість КЛ	k= 2
Мінімально допуст. переріз КЛ за умовою механ. міцності	Fмех= 0
Допустима втрата напруги в КЛ, %	ΔUдоп = 5
Аварійний режим	
Струм КЗ на початку лінії, кА	Iкз = 3.358547272
Приведений час КЗ, с	tn = 1.5
Тепловий коефіцієнт C, (А*c^(1/2))/мм^2	C = 90
Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм^2	Fкз = 45.70403941
Після аварійний режим	
Максимально допустимий коефіцієнт навантаження	Kпа = 1.25
Доля навантаження в післяаварійному режимі	Kнна = 0.8
Допустима втрата напруги в КЛ, %	ΔUпадоп = 5

Рисунок 2.3 – Початкові дані для вибору зовнішньої кабельної лінії 10 кВ

Рисунок 2.8 – Таблиця вибору зовнішньої кабельної лінії 10 кВ

F, мм ²	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	I _{доп} , А	dU _н , %	dU _{па} , %	K ₀ , тис.грн/км	dP, кВт	K	E*K, т.грн	Вв, т.грн	З, т. грн	Доп	K _{доп} *I _{доп} >= I _л	K _{па} *K _{доп} *I _{доп} >= K _{нпа} *I _л *K _л	ΔU _н <= ΔU _{ндоп}	ΔU _{па} <= ΔU _{падоп}	F >= F _{кз}	
10	3.1	0.122	50	2.1013	3.362085	150.22	12.593	420.6	63.0939	53.833	-	недоп	+	+	+	+	-	
16	1.94	0.113	75	1.3281	2.125008	217.08	7.8808	607.8	91.1745	33.689	-	недоп	+	+	+	+	-	
25	1.24	0.099	90	0.8585	1.373587	312.68	5.0372	875.5	131.328	21.533	-	недоп	+	+	+	+	-	
35	0.89	0.095	115	0.6247	0.999595	408.76	3.6154	1145	171.679	15.455	-	недоп	+	+	+	+	-	
50	0.62	0.09	140	0.4437	0.709991	581.58	2.5186	1628	244.265	10.767	255.03	доп	+	+	+	+	+	V
70	0.443	0.086	165	0.3248	0.519725	795.39	1.7996	2227	334.064	7.6929	341.76	доп	+	+	+	+	+	
95	0.326	0.083	205	0.2461	0.393753	1030.9	1.3243	2886	432.958	5.6611	438.62	доп	+	+	+	+	+	
120	0.258	0.081	240	0.2002	0.320391	1304.5	1.0481	3652	547.874	4.4803	552.35	доп	+	+	+	+	+	
150	0.206	0.079	275	0.165	0.264021	1608.2	0.8368	4503	675.451	3.5773	679.03	доп	+	+	+	+	+	
185	0.167	0.077	310	0.1384	0.221458	2165.3	0.6784	6063	909.43	2.9	912.33	доп	+	+	+	+	+	
240	0.129	0.075	355	0.1125	0.179956	3003.1	0.524	8409	1261.3	2.2401	1263.5	доп	+	+	+	+	+	
										мін затрати	=	255.03						
										Опт. Переріз ПЛ	=	50						
										R _{opt} =	0.62							
										X _{opt} =	0.09							

Відповідно до таблиці 2.8 оптимальним перерізом зовнішньо кабельної лінії 10 кВ є 50 мм^2 , тобто обираємо кабель АСБл-10 3х50.

2.5 Визначення перетину кабельних ліній 0,4 кВ з використанням засобів САПР

Для живлення навчальних корпусів передбачається в підвальному приміщенні головного корпусу встановити головний розподільчий пристрій 0,4 кВ який в свою чергу буде живити інші розподільчі пристрої закладу.

Для вибору кабельних ліній 0,4 кВ математичну модель приведено на рис. 2.3 необхідно ввести певні зміни. Для вибору одноколової кабельної лінії 0,4 кВ необхідно виконувати дві умови:

1. Умова нагріву;
2. Умова на допустимі втрати анпруги.

$$\left\{ \begin{array}{l} Z(F) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(F) + 3 \cdot I_n^2 \cdot r_0(F) \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \cdot k_n \rightarrow \min_{F \in X} \\ k_{don} \cdot I_{don}(F) \geq I_n \\ \Delta U_n(F) \leq \Delta U_{don} \\ F \in X \end{array} \right.$$

Рисунок 2.4 - Математична модель вибору кабельної лінії 0,4 кВ

Для прикладу визначимо переріз лінії живлення головного розподільчого пристрою.

Початкові дані															
Нормальний режим															
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі											Кдоп=		1		
Напруга, кВ											U=		0.38		
Довжина КЛ, км											l=		0.15		
Активна розрахункова потужність, кВт											P=		371.0		
Реактивна потужність, квар											Q=		170.8		
Розрахунковий струм окремого кабелю, А											Iл=		620.52		
Кількість кабелів											k=		1		
Допустима втрата напруги в КЛ, %											ΔUдоп =		5		
Економічні характеристики															
Питома вартість втрат											Bo =		1282.45		
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Ee =		10.00%		
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію											Ea =		4.00%		
F, мм ²	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ko, т. грн/км	dUn, %	dP, кВт	K, т. грн.	E*K, т. грн	Bв, т. Грн	З, т. грн	Доп	Кдоп*Iдоп оп >= Ip	ΔUn <= ΔUnдоп	F >= Fкз	V
10	3.1	0.073	65	56.25	120.76686	537.142	8.4375	1.18125	688.857	---	НЕДОП	---	---		#Н/Д
16	1.94	0.0675	75	79.5225	75.96365	336.147	11.92838	1.6699725	431.091	---	НЕДОП	---	---		#Н/Д
25	1.24	0.0662	90	114.54	48.963044	214.857	17.181	2.40534	275.543	---	НЕДОП	---	---		#Н/Д
35	0.89	0.0637	115	149.73	35.429926	154.212	22.4595	3.14433	197.769	---	НЕДОП	---	---		#Н/Д
50	0.62	0.0625	140	213.038	25.003016	107.428	31.95563	4.4737875	137.771	---	НЕДОП	---	---		#Н/Д
70	0.443	0.0612	165	291.353	18.158491	76.7594	43.70288	6.1184025	98.4399	---	НЕДОП	---	---		#Н/Д
95	0.326	0.0602	205	377.603	13.631649	56.4866	56.64038	7.9296525	72.4411	---	НЕДОП	---	---		#Н/Д
120	0.258	0.0602	240	477.825	11.010973	44.7041	71.67375	10.034325	57.3307	---	НЕДОП	---	---		#Н/Д
150	0.206	0.0596	275	589.088	8.9962838	35.694	88.36313	12.3708375	45.7757	---	НЕДОП	---	---		#Н/Д
185	0.167	0.0596	310	793.155	7.493249	28.9364	118.9733	16.656255	37.1094	---	НЕДОП	---	---		#Н/Д
240	0.129	0.0587	355	1100.03	6.0127895	22.352	165.0049	23.1006825	28.6653	---	НЕДОП	+	---		#Н/Д
Мінімальні затрати на КЛ1										0					
Оптимальний переріз КЛ1										#Н/Д					

Рисунок 2.5 – Вибір кабельної лінії ТП-ГРП

З розрахунку рис. 2.5 видно, що для живлення ГРП жоден з перерізів не відповідає вищезазначеним умовам вибору, тому необхідно збільшити кількість КЛ.

Початкові дані															
Нормальний режим															
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі											Кдоп=		1		
Напруга, кВ											U=		0.38		
Довжина КЛ, км											l=		0.15		
Активна розрахункова потужність, кВт											P=		371.0		
Реактивна потужність, квар											Q=		170.8		
Розрахунковий струм окремого кабелю, А											Iл=		310.26		
Кількість кабелів											k=		2		
Допустима втрата напруги в КЛ, %											ΔUдоп =		5		
Економічні характеристики															
Питома вартість втрат											Bo =		1282.45		
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Ee =		10.00%		
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію											Ea =		4.00%		
F, мм ²	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ko, т. грн/км	dUn, %	dP, кВт	K, т. грн.	E*K, т. грн	Bв, т. Грн	З, т. грн	Доп	Кдоп*Iдоп оп >= Ip	ΔUn <= ΔUnдоп	F >= Fкз	V
10	3.1	0.073	65	56.25	30.191714	268.571	16.875	2.3625	344.429	---	НЕДОП	---	---		
16	1.94	0.0675	75	79.5225	18.990913	168.074	23.85675	3.339945	215.546	---	НЕДОП	---	---		
25	1.24	0.0662	90	114.54	12.240761	107.428	34.362	4.81068	137.771	---	НЕДОП	---	---		
35	0.89	0.0637	115	149.73	8.8574815	77.1059	44.919	6.28866	98.8843	---	НЕДОП	---	---		
50	0.62	0.0625	140	213.038	6.2507539	53.7142	63.91125	8.947575	68.8857	---	НЕДОП	---	---		
70	0.443	0.0612	165	291.353	4.5396227	38.3797	87.40575	12.236805	49.22	61.4567597	ДОП	+	+		
95	0.326	0.0602	205	377.603	3.4079122	28.2433	113.2808	15.859305	36.2206	52.0798586	ДОП	+	+		
120	0.258	0.0602	240	477.825	2.7527432	22.352	143.3475	20.06865	28.6653	48.7339961	ДОП	+	+		
150	0.206	0.0596	275	589.088	2.2490709	17.847	176.7263	24.741675	22.8878	47.6295095	ДОП	+	+		V
185	0.167	0.0596	310	793.155	1.8733123	14.4682	237.9465	33.31251	18.5547	51.8672108	ДОП	+	+		
240	0.129	0.0587	355	1100.03	1.5031974	11.176	330.0098	46.201365	14.3327	60.534038	ДОП	+	+		
Мінімальні затрати на КЛ1										47.6295095					
Оптимальний переріз КЛ1										150					

Рисунок 2.6 – Вибір кабельної лінії ТП-ГРП при двух кабелях

Для інших КЛ використовуємо аналогічний розрахунок та заносимо результати в таблицю 2.7.

Таблиця 2.9 – Кабельні лінії 0,4 кВ

Лінії живлення	F, мм ²	Марка	Спосіб прокладки	Кабель
ГРП	2x150	АВВГ	в землі	2xАВВГ 4x150
РП1	25	АВВГ	в землі	АВВГ 4x25
РП2	25	АВВГ	в землі	АВВГ 4x25
РП3	25	АВВГ	в землі	АВВГ 4x25
РП4	35	АВВГ	в землі	АВВГ 4x35
РП5	25	АВВГ	в землі	АВВГ 4x25
РП6	70	АВВГ	в землі	АВВГ 4x70
РП7	50	АВВГ	в землі	АВВГ 4x50
РП8	95	АВВГ	в землі	АВВГ 4x95
РП9	95	АВВГ	в землі	АВВГ 4x95

2.6 Визначення місця розташування головного розподільчого пристрою

Для визначення оптимального розміщення головного розподільчого пристрою 0,4 кВ необхідно розрахувати центр електричної мережі[8].

Визначення центру електричної мережі є важливим етапом, що впливає на ефективність та економічність системи електропостачання закладу. У контексті встановлення головного розподільчого пристрою напругою 0,4 кВ, цей процес стає особливо важливим для забезпечення надійного та ефективного функціонування мережі.

Центр електричної мережі, визначений як координати на плані закладу, не лише враховує технічні параметри і потреби системи, але й активно впроваджує принцип економічної оптимізації. Мінімізація вартості обслуговування та амортизації мережі, а також втрат електроенергії, відбувається через уважне аналіз координат, які гармонійно поєднують технічні можливості та економічні вимоги.

Однак, важливо врахувати, що цей підхід не лише сприяє оптимізації витрат, але й сприяє створенню стійкої та ефективної системи електропостачання, яка враховує сучасні тенденції у сфері енергетики та відповідає вимогам сталого розвитку.

Приведемо математичну модель для визначення ЦЕМ.

$$\left. \begin{aligned} Z(x_0, y_0) &= \left[(E_e + E_{аж}) \cdot (a_{жс} + K_0(F_{жс})) + 3 \cdot I_{жс}^2 \cdot r_0(F_{жс}) \cdot k_{жс} \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) + \\ &\sum_{i=1}^n \left[(E_e + E_a) \cdot (a + K_0(F_i) \cdot k_i) + 3 \cdot I_i^2 \cdot r_0(F_i) \cdot k_i \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) \rightarrow \min_{x_0, y_0}; \\ \min_{i=1}^n(x_i) &\leq x_0 \leq \max_{i=1}^n(x_i); \\ \min_{i=1}^n(y_i) &\leq y_0 \leq \max_{i=1}^n(y_i). \end{aligned} \right\}$$

Рисунок 2.7 – Математична модель визначення ЦЕМ

Технічні характеристики мережі													
Напруга зовнішньої лінії живлення, кВ								U _{жс} =		0.4			
Метрика зовнішньої лінії (Е чи НЕ)						МетрикаЖ =						НЕ	
Метрика розподільної мережі (Е чи НЕ)						МетрикаР =						НЕ	
Економічні характеристики мережі													
Питомі втрати, які не залежать від перерізу КЛ 0.4кВ, тис.грн/км								а=		10			
Питомі втрати, які не залежать від перерізу зовнішньої КЛ тис.грн/км								аж=		10			
Питома вартість втрат, грн/кВт								В _о =		4274.83			
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень								Е _е =		0.1			
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію								Е _а =		4.00%			
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію живлячої лінії								Е _{аж} =		5.00%			
Ліній живлення	X, м	Y, м	F, мм ²	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	Ro, Ом/км	Ko, т.грн/км	L, м	З, тис. грн		
РУ-0.4 кВ ТП	327	153	150	2	474.11	255.70	388.75	0.103	1608.2168	212.00	136.100		
1	132	123	25	1	4.9707	2.40742	8.39	1.24	114.54	75.00	1.392		
2	164	123	25	1	4.9707	2.40742	8.39	1.24	114.54	43.00	0.798		
3	193	128	25	1	5.166	2.50201	8.72	1.24	114.54	53.00	0.988		
4	106	88	35	1	8.082	3.44292	13.35	0.89	149.73	74.00	1.805		
5	224	124	25	1	4.9707	2.40742	8.39	1.24	114.54	80.00	1.484		
6	246	78	70	1	12.4236	6.01702	20.97	0.443	291.3525	84.00	3.754		
7	223	63	50	1	9.7404	3.40295	15.68	0.62	213.0375	76.00	2.522		
8	270	155	95	1	16.91	8.18989	28.55	0.326	377.6025	157.00	9.054		
9	171	93	95	1	23.877	11.5642	40.31	0.326	377.6025	6.00	0.366		
Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.											158.264		
Оптимальні координати ЦЕМ, м								X _о =		176		Y _о =	92

Рисунок 2.8 – Визначення центру електричної мережі

Отже, координати ЦЕМ знаходяться $X = 176$ м, $Y = 92$ м. Розташування ГРП зміщуємо до зовнішньої стіни головного корпусу в напрямку лінії живлення.



Рисунок 2.9 – Розміщення інженерних мереж на генеральному плані закладу

2.7 Розробка виконання РУ-0,4 кВ трансформаторної підстанції

Відповідно до категорії надійності закладу пропонується встановити автоматичне введення резерву в РУ-0,4 кВ трансформаторної підстанції.

Для зменшення витрат в АВР пропонується використати ввідні автоматичні вимикачі EB2 630/3LE 630A трансформаторної підстанції для цього їх необхідно обладнати моторизованими приводами.

Використаємо онлайн конфігуратор пристроїв АВР компанії ETI [10].

Тип АВР

Тип АВР	EB2
Кількість полюсів	3

Ввід № 1

Номинальний струм, А	630
Серія обладнання	LE - Electronic,
Номинальний струм = 630 А	

Ввід № 2

Номинальний струм, А	630
Серія обладнання	LE - Electronic,
Номинальний струм = 630 А	

Додаткове обладнання

Пристрій захисту	EFD + CH
ATS контролер	<input checked="" type="checkbox"/>

Рисунок 2.10 – Діалогове вікно онлайн конфігуратора пристроїв АВР

Даний сервіс автоматично генерує схему та необхідне обладнання для реалізації АВР.

Таблиця 2.10 – Таблиця обладнання АВР

№	Артикул	Найменування	К-сть
1	4671121	Авт. вимикач EB2 630/3LE 630A (36кА, (0.4-1)In/обираєма) 3P	2
2	4671238	Дротове мех. блокування MW 400&630	2
3	4671228	Мотор.привод MO2 400&630 AC100-240V (RESET/самовзвод)	2
4	4671178	Гнучкий дрiт MW (1м.)	1
5	4671141	Блок контакт PS2 125-1600AF (1CO, 2A)	4
6	4671144	Блок контакт сигн. SS2 125-1600AF (1CO), 2A	2
7	2473005	Реле електромеханiчне ERM2-230ACL 2р	2
8	2473012	Цоколь ERB2-T тип T (для ERM2)	2
9	2473011	Реле електромеханiчне ERM4-230ACL 4р	1
10	2473014	Цоколь ERB4-T тип T (для ERM4)	1
11	4661922	Контролер АВР ATSC25 (184-300V AC)	1
12	2610003	Запобiжник CH 8x32 gG 4A 400V	6
13	2520004	Роз'єднувач EFD 8 3р 400V	2

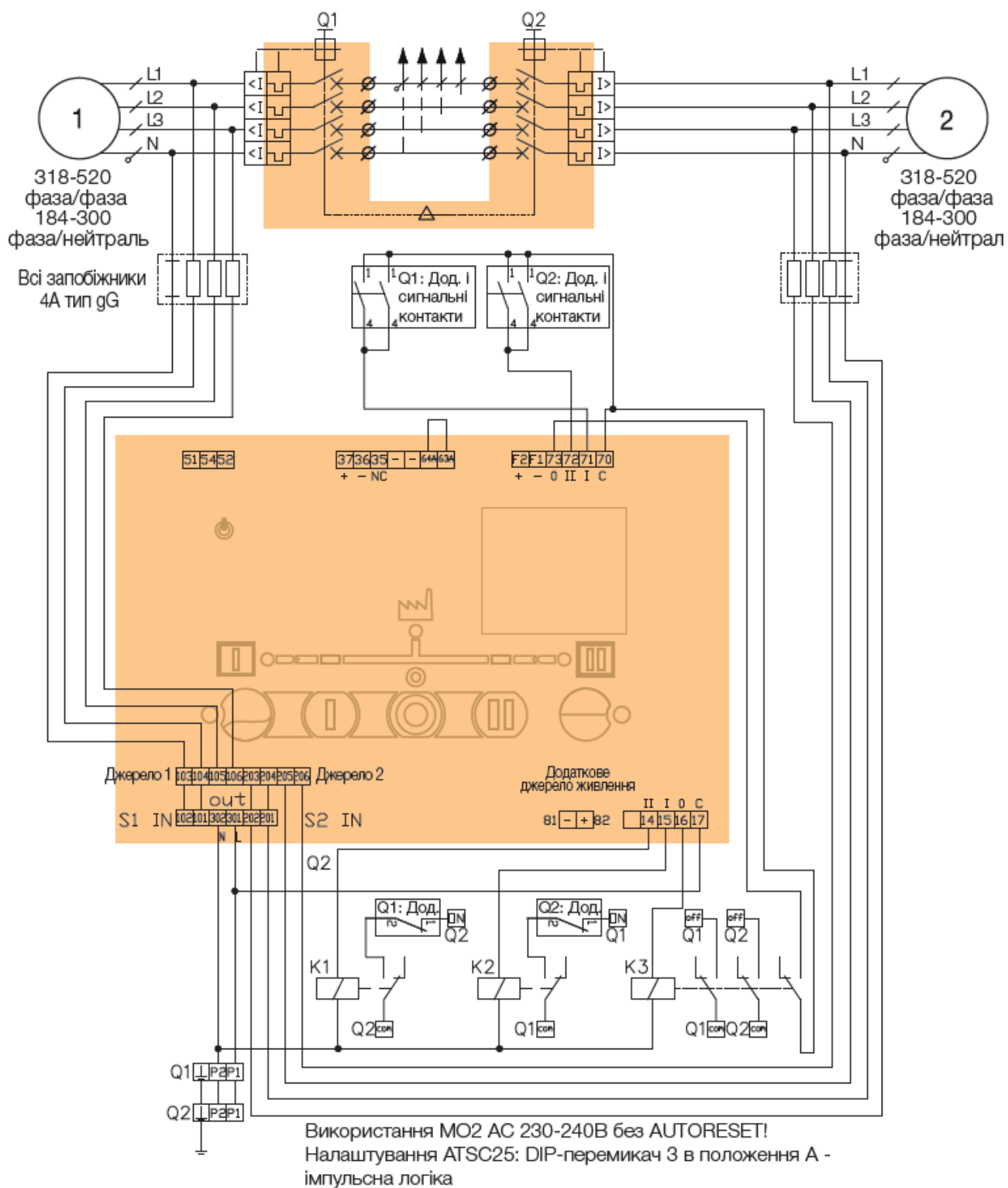


Рисунок 2.11 – Схема АВР

Отже, однолінійна схема трансформаторної підстанції набуває вигляду рис. 2.12.

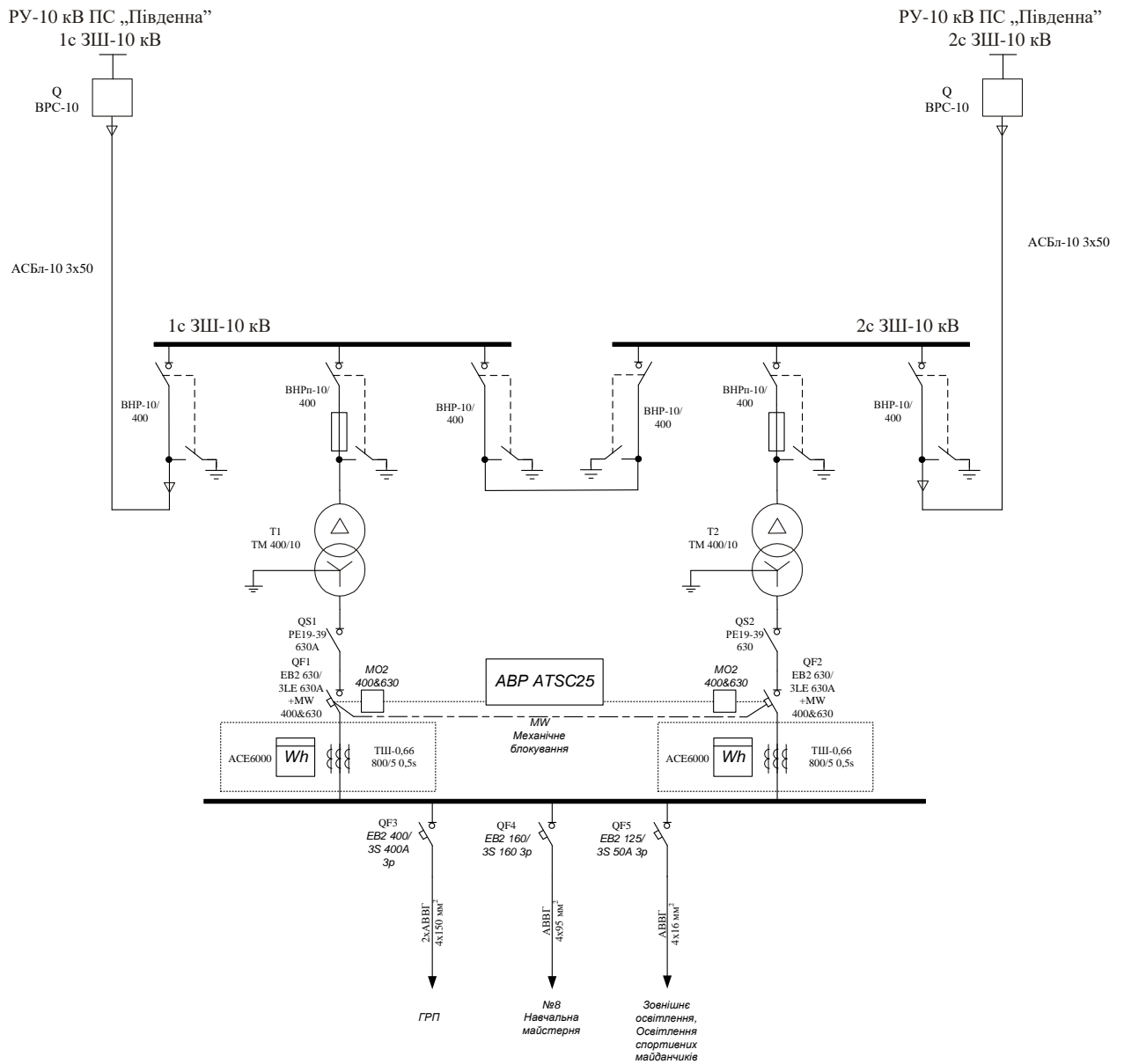


Рисунок 2.12 – Однолінійна схема трансформаторної підстанції

РОЗДІЛ 3

ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА ДАХУ ЗАКЛАДУ

3.1 Аналіз будівель та визначення потужності

В спеціальній частині було проаналізовано використання сонячної генерації на покривання власного споживання. Під час аналізу території було визначено оптимальне місце для встановлення фотомодулів. З метою максимального отримання сонячної енергії, було обрано головний навчальний корпус, оскільки він є найвищою будівлею, на яку не падає тінь від дерев та інших будівель. Такий вибір сприяє ефективному використанню сонячного потенціалу та забезпеченню оптимальних умов для збору сонячної енергії фотомодулями. Даний будівля має односкатний дах.

В якості фотомодулів пропонується до встановлення Longi Solar LR5-72NPH-540M потужністю 540 Вт. Приведемо їх характеристики на рисунку 3.1.

Проектне креслення (мм)		Механічні характеристики		Експлуатаційні характеристики							
		Конфігурація елементів: 144 (6x24) Комутаційний блок: IP 68, три діоди Вихідний кабель: 4 мм ² , довжина 300 мм (з можливістю замовлення іншої довжини) Скло: 3.2мм антиблікове, загартоване Рама: Анодований алюміній Вага: 27.2кг Габарити: 2256x1131x35мм ts: mm(inch) stance: ±2mm th: ±2mm jhc: ±1mm r-ROW: ±1mm		Робоча температура: -40°C ~ +85°C Допустиме відхилення потужності: 0 ~ +5 Вт Допустиме відхилення струму холостого ходу та короткого замикання: +3% Максимальна напруга мережі: DC 1500V (IEC/UL) Максимальний струм запобіжника: 25A Номінальна робоча температура елементів: 45°C±2°C Клас безпеки: Клас II Клас пожежної безпеки: UL тип 1 або 2							
Електротехнічні параметри						Похибка тесту при P _{max} : ±3%					
Модель	LR5-72NPH-520M		LR5-72NPH-525M		LR5-72NPH-530M		LR5-72NPH-535M		LR5-72NPH-540M		
Умови тестування	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	
Номінальна потужність (P _{max} /Вт)	520	388.3	525	392.1	530	395.8	535	399.5	540	403.3	
Напруга холостого ходу (V _{oc} /V)	48.90	45.84	49.05	45.98	49.2	46.12	49.35	46.26	49.50	46.41	
Струм короткого замикання (I _{sc} /A)	13.57	10.97	13.65	11.04	13.71	11.09	13.78	11.15	13.85	11.20	
Напруга при максимальній потужності (V _{mp} /V)	41.05	38.22	41.20	38.36	41.35	38.50	41.50	38.64	41.65	38.78	
Струм при максимальній потужності (I _{mp} /A)	12.67	10.16	12.75	10.23	12.82	10.28	12.90	10.34	12.97	10.40	
ККД (%)	20.40		20.6		20.8		21.0		21.2		
STC (Стандартні умови тестування): Освітленість 1000 Вт/м ² , температура фотоелементу 25 °C, коефіцієнт повітряної маси 1.5, швидкість вітру 1м/с											
NOCT (номінальна робоча температура модуля): Освітленість 800 Вт/м ² , температура оточуючого середовища 20 °C, коефіцієнт повітряної маси 1.5, швидкість вітру 1м/с											

Рисунок 3.1 – Характеристика фотомодулів Longi Solar LR5-72NPH-540M[11]

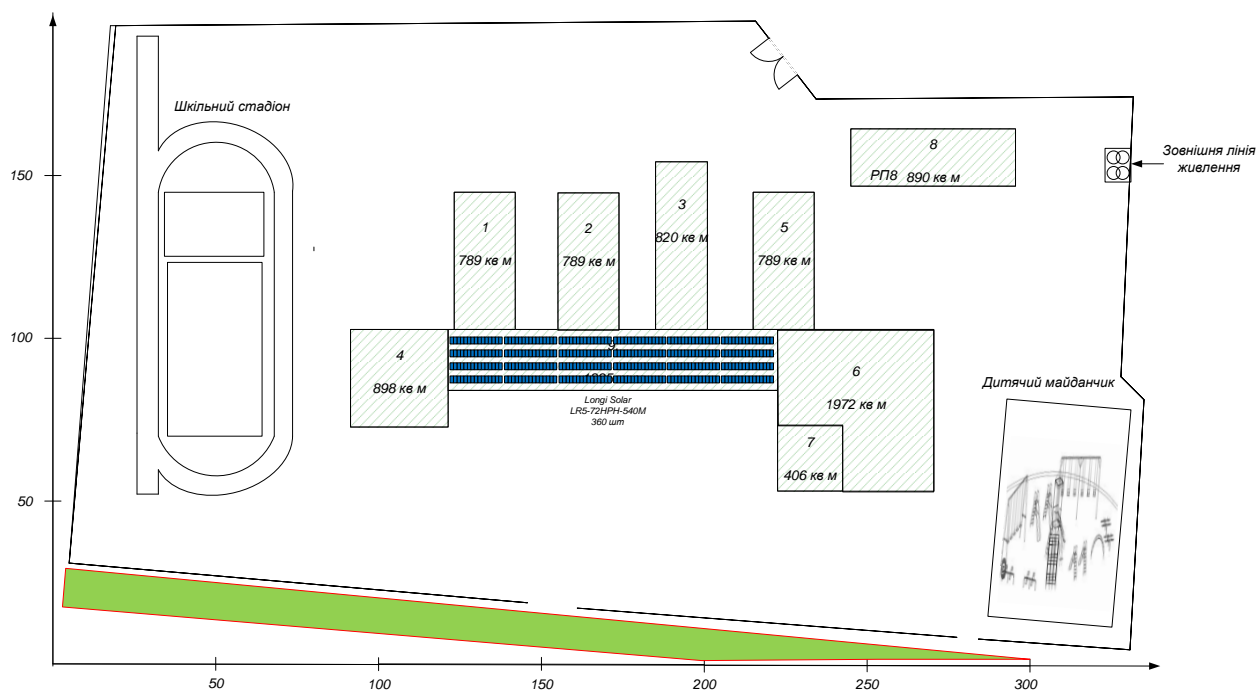


Рисунок 3.2 – Розташування фотомодулів на даху головного навчального корпусу

Загальна кількість розміщених фотомодулів становить 360 шт, що відповідає загальній потужності змінного струму 194,4 кВт.

3.2 Підвищення надійності живлення споживачів критичної групи закладу[13]

У сучасних умовах функціонування загальноосвітніх закладів, особливо тих, в яких навчається значна кількість осіб, питання забезпечення надійного електроживлення є вкрай актуальним. Згідно з ДБН В.2.5-23:2010, електроприймачі, які обслуговують системи протипожежного захисту, сигналізацію загазованості, аварійне освітлення, охоронну сигналізацію, належать до електроприймачів критичної групи. Для цієї категорії електроприймачів I категорії вимагається особливо висока робоча надійність, а саме – наявність двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення з автоматичним перемиканням[3].

Враховуючи специфіку електроживлення критичних електроприймачів, наукові дослідження та практичні випробування свідчать про те, що застосування гібридних інверторів може стати перспективним рішенням для резервування електроприймачів категорії I. Гібридні інвертори об'єднують в собі переваги традиційних та альтернативних джерел енергії, що дозволяє забезпечувати стабільне живлення при можливому відмові одного з джерел.

Проект резервування електроприймачів критичної групи загальноосвітніх закладів за допомогою гібридних інверторів передбачає використання їх як третього незалежного джерела живлення. Такий підхід враховує вимоги ДБН і забезпечує необхідний рівень надійності електропостачання для систем, що забезпечують безпеку та функціонування навчального закладу. Проведення досліджень та впровадження такого резервування сприятиме підвищенню стабільності енергетичного забезпечення та готовності закладу до різних непередбачуваних ситуацій.

У даній роботі буде вивчено та аргументовано переваги використання гібридних інверторів як третього джерела живлення для електроприймачів критичної групи, зокрема, їх ефективність, економічність та можливість впровадження в існуючі системи електропостачання. Результати досліджень можуть мати практичне значення для адміністрації та інженерів закладів освіти, а також для компаній, які займаються проектуванням та модернізацією електричних систем.

Схема розподільне живлення електроприймачів критичної групи (ЕКГ) для невеликій кількості їх кількості відповідно до ДБН В.2.5-23:2010 зображена на рисунку 3.3.

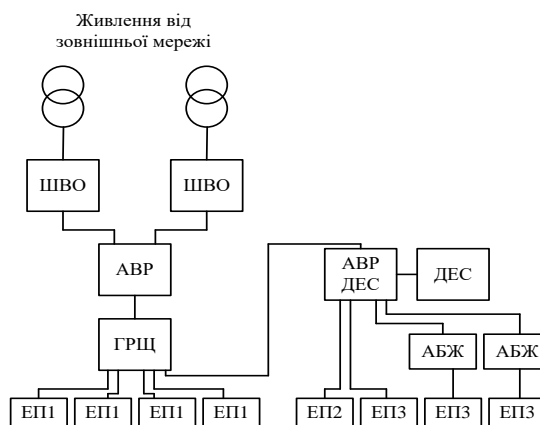


Рисунок 3.3 – Схема функціональна розподільного живлення ЕКГ[6]

На даній схемі ШВО – пристрій вводу електроживлення (шафа вводу та обліку); АВР – пристрій автоматичного вводу резерву; ГРЩ – пристрій розподілу (головна розподільна шафа); ДЕС – дизельна електростанція; АВР ДЕС – пристрій автоматичного переключення на ДЕС; РЩ ДЕС – пристрій розподілу (розподільна шафа навантажень ДЕС); АБЖ – агрегат безперервного живлення; ЕП 1 – електроприймачі 1 категорії; ЕП 2 – електроприймачі особливої групи 1 категорії; ЕП 3 – електроприймачі критичної групи з обмеженим режимом роботи[6].

Відповідно до даних виробників гібридних інверторів структурну схему живлення споживачів можна відобразити таким чином:

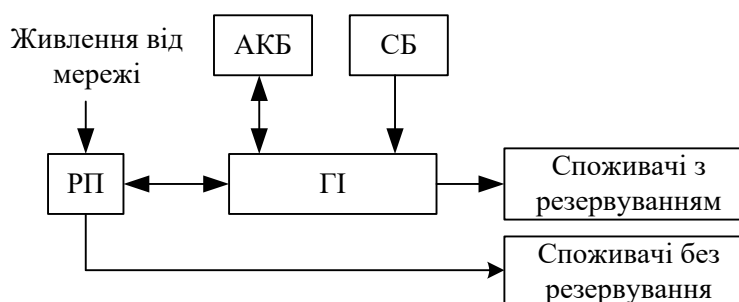


Рисунок 3.4 – Структурна схема приєднання гібридного інвертора

На рис. 3.4. зображено зовнішню лінію живлення, розподільчий пристрій (РП), гібридний інвертор (ГІ), акумуляторні батареї (АКБ), сонячні батареї (СБ) та споживачі які не потребують та потребують резервування.

Деякі моделі гібридних інверторів обладнанні додатковими входами для підключення генераторів, що збільшує надійність даної системи при тривалих відключеннях мережі та недостатньо рівня сонячного випромінювання для автономної роботи. Але використання дизельних/бензинових генераторів є досить затратно.

Модернізована схема живлення ЕКГ з використанням гібридного інвертора зображена на рис. 3.5.

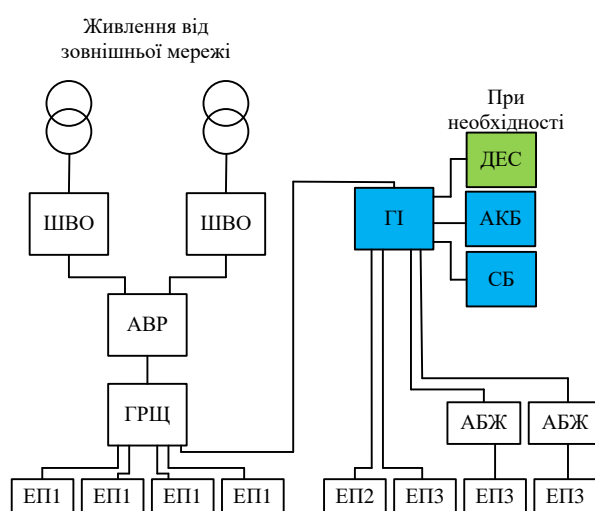


Рисунок 3.5 – Схема функціональна розподільного живлення ЕКГ з гібридним інвертором

На рис. 3.5 доповнена схема функціональна розподільного живлення ЕКГ з гібридним інвертором. Дане рішення збільшить надійність системи та зменшить витрати при роботі ДЕС, особливо в умовах нестабільного електропостачання.

3.3 Вибір інверторного обладнання

Відповідно до рекомендацій заводів виробників оптимальне співвідношення потужності постійного до потужності змінного струму 1.2. Визначимо необхідну кількість інверторного обладнання.

$$P_{ac} = P_{dc} / 1.2 = 194.4 / 1.2 = 162 \text{ кВт} \quad (3.1)$$

Таким чином обираємо два мережевих інвертора 100 та 50 кВт та одного гібридного потужністю 5 кВт.

Приведемо характеристики інверторів.

Technical Specification	SUN2000-50KTL-M0
Efficiency	
Max. Efficiency	98.7%
European Efficiency	98.5%
Input	
Max. Input Voltage	1,100 V
Max. Current per MPPT	22 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	30 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V
Number of Inputs	12
Number of MPP Trackers	6
Output	
Rated AC Active Power	50,000 W
Max. AC Apparent Power	55,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	55,000 W
Rated Output Voltage	220 V / 380 V, 230 V / 400 V, default 3W + N + PE; 3W + PE optional in settings
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	76 A @380 V / 72.2 A @400 V
Max. Output Current	83.6 A @380 V / 79.4 A @400 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	<3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes

Рисунок 3.6 – Характеристика інвертора SUN2000-50KTL-M0

Technical Specification	SUN2000-100KTL-M1
Efficiency	
Max. Efficiency	98.8%
European Efficiency	98.6%
Input	
Max. Input Voltage	1,100 V
Max. Current per MPPT	26 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V
Number of Inputs	20
Number of MPP Trackers	10
Output	
Rated AC Active Power	100,000 W
Rated AC Apparent power	100,000 VA
Max. AC Apparent Power	110,000 VA
Max. AC Active Power ($\cos\phi=1$)	110,000 W
Rated Output Voltage	400 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	144.4 A
Max. Output Current	160.4 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	<3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes

Рисунок 3.7 – Характеристика інвертора SUN2000-50KTL-M0

Виробник	Must ↗
Тип інвертора	Гібридний автономний
Кількість фаз	1
Номінальна потужність навантаження, Вт (ВА)	5200
Форма вихідної напруги	Чиста синусоїда
Вихідна напруга АКБ, В	48
Максимальний струм заряду, А	80
Режим заряду АКБ	MPPT (ПТМП)
Максимальна напруга холостого ходу СБ, В	500
Діапазон вхідної напруги АС, В	150-450
Час перемикання, мс	10
Клас потужності гібридного інвертора, Вт	4000 - 5900
Клас перевантаження, Вт	≤ 12000
Змішує мережу + сонце	Так
Кількість MPPT трекерів	1
Макс. струм від СБ на кожен вхід, А	18
ККД	90-93
Ступінь захисту	IP40
Робоча температура, °С	-10...+50
Розміри (д/ш/в), мм	295 / 528 / 121
Вага, кг	14
Гарантія, міс	12

Рисунок 3.8 – Характеристика інвертора Must PV18-5248 PRO

Визначемо необхідну кількість панелей об'єднаних в стрінг.

Як видно з паспортів інверторів Хуавей діапазон робочої напруги MPPT лежить в межах 200 – 1000 Вольт. Напруга фотомодуля при максимальній потужності становить 41,5 Вольт, напруга холостого ходу 49,5 Вольт.

Розрахуємо мінімальну кількість панелей в стрінг:

$$N_{\min} = 200 / 41.5 = 4.8 \sim 5 \text{ шт} \quad (3.2)$$

$$N_{\max} = 1000 / 49.5 = 20.2 \sim 20 \text{ шт} \quad (3.3)$$

Для визначення оптимальної кількості панелей використаємо графіком ефективності інвертора наданого заводом виробником.

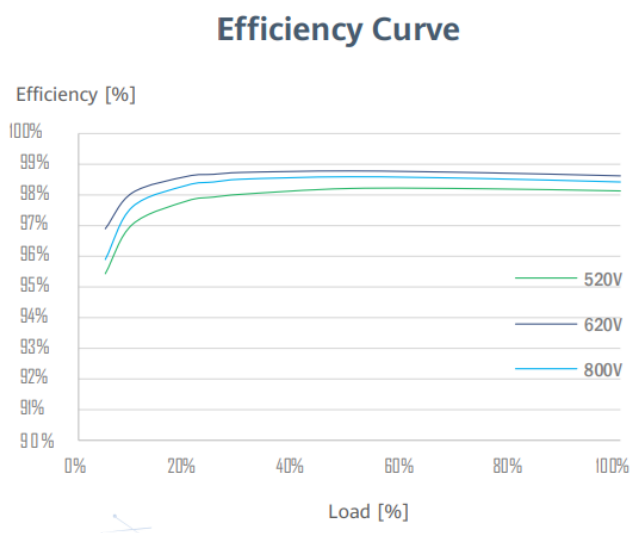


Рисунок 3.9 – Характеристика інвертора Must PV18-5248 PRO

Як видно з рисунку 3.9 оптимальною напругою змінного струму для максимального ККД інвертора становить 620 В.

Визначимо оптимальну кількість панелей в з'єднаних в стрінг.

$$N_{\text{опт}} = 620 / 41.5 = 14.9 \sim 15 \text{ шт} \quad (3.3)$$

Отже, розподіл панелей між інверторами такий:

Таблиця 3.1 – Основні характеристики СЕС

Інвертор	Рн АС, кВт	N, шт	Рн DC, кВт	Кз DC/AC
SUN2000-50KTL-M0	50	120	64.8	1.296
SUN2000-100KTL-M1	100	225	121.5	1.215
Must PV18-5248 PRO	5	15	8.1	1.62
Загалом	155	360	194.4	1.254194

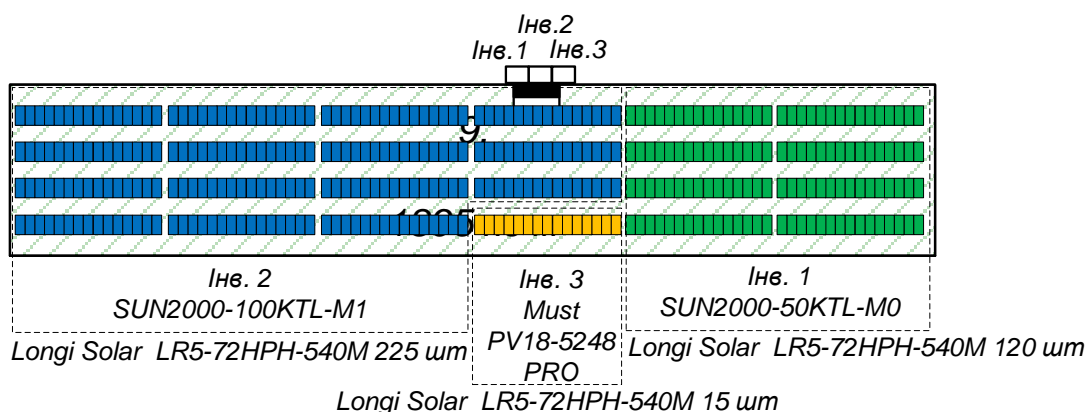


Рисунок 3.10 – Розташування фотомодулів та інверторного обладнання








3.4 Визначення генерації сонячної електростанції

Для цього використаємо калькулятор PVWatts® NREL[<https://pvwatts.nrel.gov>].

Даний продукт оцінює генерування енергії фотовольтаїчних (PV) енергетичних систем по всьому світу, які під'єднані до електромереж. Він дозволяє власникам приватних будинків, власникам невеликих будинків, монтажникам та виробникам легко розраховувати потенційну продуктивність фотовольтаїчних систем.

Введемо вихідні дані для розрахунку генерації в даний калькулятор.

Введемо необхідні дані для розрахунку.

Розмір системи постійного струму (кВт):	<input type="text" value="194.4"/>	
Тип панелі:	<input type="text" value="Преміум"/>	
Тип масиву:	<input type="text" value="Нерухома система (відкри"/>	
Втрати системи (%):	<input type="text" value="14.08"/>	  Калькуляція втрат
Нахил (градус):	<input type="text" value="20"/>	
Азимут (градус):	<input type="text" value="179"/>	

— Розширені параметри






Коефіцієнт співвідношення постійного та змінного струму:	<input type="text" value="1.25"/>	
Ефективність інвертора (%):	<input type="text" value="98"/>	
Коефіцієнт покриття землі:	<input type="text" value="0.4"/>	
Альbedo:	<input type="text" value="З файлу про погоду"/>	
Двосторонній:	<input type="text" value="Ні"/>	

Рисунок 3.11 – Інформація про систему для розрахунку

РЕЗУЛЬТАТИ

 Надрукувати результати

208,682 кВт-год/рік*

Місяць	Сонячне випромінювання (kWh / м ² / день)	Енергія змінного струму (kWh)
Січень	1.02	5,175
Лютий	1.96	9,245
Березень	3.37	17,273
Квітень	5.54	26,090
травень	6.24	29,451
червень	5.67	25,540
липень	5.01	23,325
Серпень	6.45	29,894
Вересень	4.00	18,324
Жовтень	3.17	15,588
Листопад	1.22	5,964
Грудень	0.58	2,815
Annual	3.69	208,684

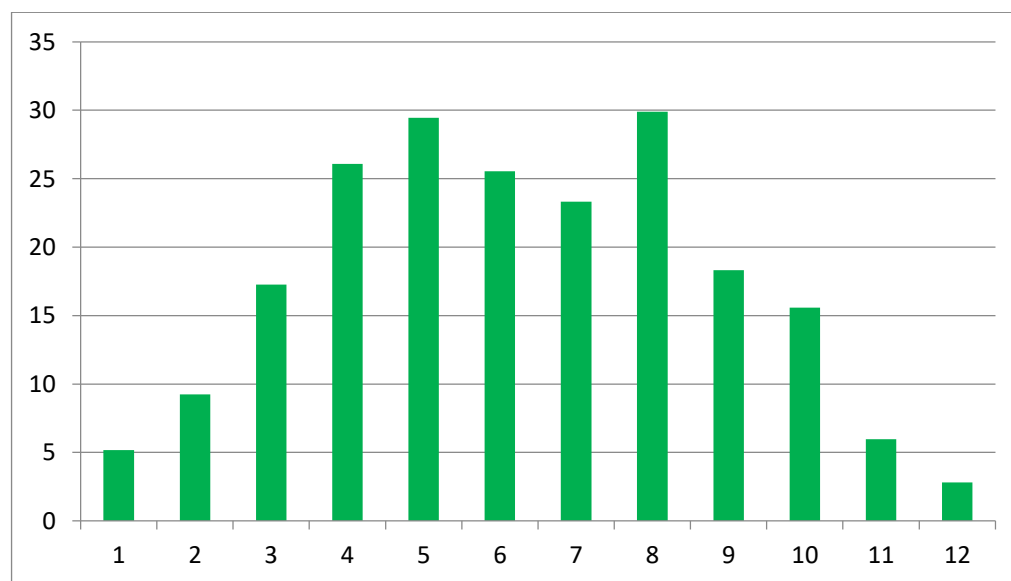


Рисунок 3.12 – Результати розрахунку

За допомогою прикладного програмного забезпечення PVWatts було визначено річну генерацію СЕС яка становить 208 тис кВт*год. Загальне річне споживання закладу становить 532 тис кВт*год, відповідно до цього, сонячна електростанція дає змогу покрити 40% річного споживання.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства та вихідних даних у табл. 4.1, 4.2, необхідно виконати такі розрахунки:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії та високовольтні вимикачі.
2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.
3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:
 - витрат в мережах підприємства;
 - витрат на заробітну плату;
 - витрат на матеріали;
 - амортизаційних витрат.
4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві, розрахунки занесені до табл. 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП	ТМ-400	1	400

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, км	Марка кабелю	К-сть
ТП-ГРП	0,5	АВВГ 4x150	2
ГРП-РП1	0,6	АВВГ 4x25	1

Продовження таблиці 4.2

Найменування ліній	Довжина лінії від ГП до ГПП, км	Марка кабелю	К-сть
ГРП-РП2	0,6	АВВГ 4x25	1
ГРП-РП3	0,6	АВВГ 4x25	1
ГРП-РП4	0,8	АВВГ 4x35	1
ГРП-РП5	0,9	АВВГ 4x25	1
ГРП-РП6	0,4	АВВГ 4x70	1
ГРП-РП7	0,2	АВВГ 4x50	1
ГРП-РП8	0,6	АВВГ 4x95	1
ГРП-РП9	0,7	АВВГ 4x95	1

Рекомендації до виконання:

1. Оплату за спожиту електроенергію розраховують по тарифам:
5,5 грн/кВт·год
2. Прийняти норму амортизації – 6%,
3. Нарахування:
 - в пенсійний фонд – 33,3%,
 - у фонд зайнятості – 1,5%,
 - на соціальне страхування – 1,5%.

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та вартістю їх прокладання [22].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

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

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

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

L – довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Результати розрахунків заносимо в таб. 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$, тис.грн	$K_{\text{прок}}$, тис.грн	Кл, тис.грн
ТП-ГРП	АВВГ 4x150	2	0,5	675	50	700
ГРП-РП1	АВВГ 4x25	1	0,6	35	50	51
ГРП-РП2	АВВГ 4x25	1	0,6	35	50	51
ГРП-РП3	АВВГ 4x25	1	0,6	35	50	51
ГРП-РП4	АВВГ 4x35	1	0,8	65	50	92
ГРП-РП5	АВВГ 4x25	1	0,9	35	50	51
ГРП-РП6	АВВГ 4x70	1	0,4	260	50	124
ГРП-РП7	АВВГ 4x50	1	0,2	120	50	34
ГРП-РП8	АВВГ 4x95	1	0,6	360	50	246
ГРП-РП9	АВВГ 4x95	1	0,7	360	50	287
Разом						1653

Капітальні вкладення для електричних підстанцій [22]:

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

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

$K_{пост}$ – 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.

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

Назва	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
Трансформатор струму		1	7	1,4	8,4
Лічильник електронний активної та реактивної енергії		1	15	3	18
Конденсаторна установка		1	300	60	360
ТП	ТМ-400	1	69,55	13,91	83,46
Разом					470,86

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до однолінійної схеми кількість вимикачів 0,4 кВ – 13 шт. Вартість вимикача 25 тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 13 \cdot 25 = 325 \text{ (тис. грн.)} \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{тс}} = 1653 + 325 = 1978 \text{ (тис. грн.)} \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства:

$$K = 1653 + 1978 = 3631 \text{ (тис. грн.)} \quad (4.9)$$

4.3 Розрахунок поточних витрат

4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Планова трудомісткість визначається, 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. [22];

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

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту електрообладнання та заносимо їх результати до табл.4.6.

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 [22];

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

n – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл.4.5, та табл. 4.6.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудмісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудмісткість люд.год.
Вимикач 0.4 кВ	12	1	16	96	12	2	144
Трансформатор струму	1	1	16	32	12	1	24
Конденсаторна установка	1	1	16	32	12	1	24
ТМ-400	1	0,33	120	118,8	12	9	324
Кабельна лінія АВВГ 25	0,8	2	72	73,6	1	18	28,8
Кабельна лінія АВВГ 25	0,8	2	72	73,6	1	18	28,8
Кабельна лінія АВВГ 25	0,8	2	72	73,6	1	18	28,8

Продовження таблиці 4.5

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудмісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудмісткість люд.год.
Кабельна лінія АВВГ 35	0,8	2	72	73,6	1	18	28,8
Кабельна лінія АВВГ 25	0,8	2	72	73,6	1	18	28,8
Кабельна лінія АВВГ 70	0,8	2	72	73,6	1	18	28,8
Кабельна лінія АВВГ 50	0,8	2	72	73,6	1	18	28,8
Кабельна лінія АВВГ 95	0,8	2	72	73,6	1	18	28,8
Кабельна лінія АВВГ 95	0,8	2	72	73,6	1	18	28,8
Разом				941,2			775,2

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загал. трудомісткість люд.год.	Загальна трудомісткість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.		
Вимикач 0,4 кВ	13	2	0,1	12	230,4	374,4	
Трансформатор струму	1	2	0,1	12	38,4	50,4	
Конденсаторна установка	1	2	0,1	12	38,4	50,4	
ТМ-400	1	1	0,1	12	432	756	
Кабельна лінія АВВГ 25	0,6	2	0,1	12	51,84	57,24	
Кабельна лінія АВВГ 25	0,6	2	0,1	12	51,84	57,24	
Кабельна лінія АВВГ 25	0,6	2	0,1	12	51,84	57,24	
Кабельна лінія АВВГ 35	0,8	2	0,1	12	51,84	57,24	
Кабельна лінія АВВГ 25	0,9	2	0,1	12	51,84	57,24	
Кабельна лінія АВВГ 70	0,4	2	0,1	12	51,84	57,24	
Кабельна лінія АВВГ 50	0,2	2	0,1	12	51,84	57,24	
Кабельна лінія АВВГ 95	0,6	2	0,1	12	51,84	57,24	
Кабельна лінія АВВГ 95	0,7	2	0,1	12	51,84	57,24	
Разом					1205,76	1746,36	

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{обс} = \frac{775,2}{1900 \cdot 1,05} = 0,39, \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{тр} = \frac{1746,36}{1900 \cdot 1,1} = 0,84. \quad (4.13)$$

Приймаємо за нормами ПУЕ $N_{\text{тр}} = 2$ чол., $N_{\text{обс}} = 1$ чол

4.3.2 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:

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

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_1, \quad (4.15)$$

де $K3, K4$ – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [22];

C_1 – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

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

$$C_1 = 6700 \cdot 1 / 176 = 38,07 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 38,07 = 46,63 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 46,63 \cdot 1900 = 159486,65 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

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

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

$$t_{\text{гр}} = ((K4+K5)/2) \cdot C_1, \quad (4.20)$$

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

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{гр}} = ((1,27+1,36)/2) \cdot 38,07 = 50,06 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 426 \cdot 50,06 = 21327,56 \text{ (грн./рік)}.$$

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:

$$\Phi_{oe} = 159486,65 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 190289,98 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

Для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 41407,46 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 51759,325 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

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:

$$\Phi_{\text{од}} = \Phi_0 \cdot 1,15, \quad (4.24)$$

$$\Phi_{\text{оед}} = 190289,98 \cdot 1,15 = 219803,47 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{\text{орд}} = 51759,325 \cdot 1,15 = 59523,21 \text{ (грн./рік)}.$$

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 ($C_{3П}$) розраховуються так, грн./рік:

$$C_{3П} = \Phi_{\text{ОБ}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{\text{П}} + \beta_{\text{З}} + \beta_{\text{С}}}{100}\right), \quad (4.25)$$

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

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

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

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{\text{зпе}} = 219803,47 \cdot \left(1 + \frac{33+1,5+1,5}{100}\right) = 299248,99 \text{ (грн./рік)},$$

Також ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 59523,21 \cdot \left(1 + \frac{33+1,5+1,5}{100}\right) = 80946,36 \text{ (грн./рік)}.$$

4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Вартість матеріалу	Грн
ТМ-400	22700
Трансформатор струму	2000
Трансформатор напруги	2000

Вартість матеріалу на технічну операцію:

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

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, вартість матеріалів на ремонт: $C_{мпр} = 26969,83$ (грн/рік);

i – вартість матеріалів на технічне обслуговування:

$$C_{мто} = 171616,98 \text{ (грн/рік)};$$

Отже, можна розрахувати:

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

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

$$C_{\text{обс}} = 299248.99 + 171616,98 = 470865,97 \text{ (грн/рік)};$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

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

$$C_{\text{пр}} = 80946.36 + 26969,83 = 107916,19 \text{ (грн/рік)}.$$

4.3.4 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.

$$C_a = 0,06 \cdot 2250350 = 135021 \text{ (грн/рік)}.$$

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.

$$C_{\text{іп}} = 0,25 \cdot (470865,97 + 107916,19 + 135021) = 178450,79 \text{ (грн/рік)}.$$

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

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановок і мереж	470865,97	47.23
Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати на поточний ремонт	107916,19	12.1
Витрати на амортизацію	135021	15.15
Інші витрати	178450,79	20.02
Разом	892253,95	100,00

4.4. Розрахунок собівартості електроенергії

4.4.1 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:

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

де P_p – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

T_{mi} – річна тривалість використання максимуму активного навантаження і-ого цеху, год.;

K_n – коефіцієнт попиту.

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	Тм, год.	cos φ	Рр, кВт	Еа, кВт·год./рік
Навчальний корпус №1	2	2610	0.9	24.85	64585,5
Навчальний корпус №2	2	2610	0.9	24.85	64585,5
Навчальний корпус №3	2	2610	0.9	25.83	67416,3
Спортивна зала	2	2610	0.92	40.41	105470,1
Навчальний корпус №4	2	2610	0.9	24.85	64585,5
Навчальний корпус №5	2	2610	0.9	62.12	162133,2
Харчоблок	2	2610		48.70	127107
Навчальна майстерня	2	2610	0.9	84.55	220675,5
Головний навчальний корпус	2	2610	0.9	119.39	311607,9
Разом					1120750,2

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

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

де I_M – 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 [22].

Для лінії ЦРП –ТП1. Струм лінії живлення, А:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_H}. \quad (4.34)$$

Виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	I_M , А	R, Ом	τ , год./рік	$\Delta E_{л}$, кВт·год.
ТП-ГРП	АВВГ 4х150	2	0,5	255	1,24	1225,313	592789,357
ГРП-РП1	АВВГ 4х25	1	0,6	70	1,24	1225,313	22335,005
ГРП-РП2	АВВГ 4х25	1	0,6	70	1,24	1225,313	22335,005
ГРП-РП3	АВВГ 4х25	1	0,6	70	1,24	1225,313	22335,005
ГРП-РП4	АВВГ 4х35	1	0,8	85	0,89	1225,313	23637,2
ГРП-РП5	АВВГ 4х25	1	0,9	70	1,24	1225,313	22335,005
ГРП-РП6	АВВГ 4х70	1	0,4	140	0,443	1225,313	31917,443
ГРП-РП7	АВВГ 4х50	1	0,2	120	0,62	1225,313	32818,783
ГРП-РП8	АВВГ 4х95	1	0,6	175	0,326	1225,313	36699,655
ГРП-РП9	АВВГ 4х95	1	0,7	175	0,326	1225,313	36699,655
Разом							843902,113

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

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_\phi}{S_n}\right)^2 \cdot \tau, \quad (4.35)$$

де n - кількість трансформаторів;

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

T_p - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

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

S_n - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Проводимо розрахунок і результати зводимо у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип	шт	$\Delta P_{хх}$, кВт	$\Delta P_{кз}$, кВт	S_p , кВА	S_n , кВА	ΔE_T , кВт·год./рік
ТП	ТМ-400	1	0,95	5,9	200	400	12427,369

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

$$E = E_a + \Delta E_l + \Delta E_T \quad (4.36)$$

$$E = 843902,113 + 1120750,2 + 12427,3696 = 1977079,6826 \text{ (кВт·год./рік).}$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$П = 5,5 \cdot 1120750,2 = 6164126 \text{ (грн.);} \quad (4.37)$$

4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

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

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.38)$$

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:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\Pi}, \quad (4.39)$$

де Π – оплата за спожиту електроенергію;

C_{Π} – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

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

$$C_{\Pi} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.40)$$

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;

$$C_{\Pi} = 470865,97 + 107916,19 + 135021 + 178450,79 = 892253,95 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = 892253,95 + 6164126 = 7056379,95 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{7056379,95 \cdot 100}{1120750,2} = 6,29 \text{ (грн./кВт·год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	1120750,2	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	E	1977079,68	кВт·год
Плата за електроенергію	Π	6164126	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_{Π}	892253,95	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	7056379,95	грн
Собівартість електроенергії	S	629	коп/кВт·год

4.5 Висновки

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП підприємства та розраховано собівартість електричної енергії, яка склала 629 коп/кВт·год.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В цьому розділі розглянуті заходи та засоби з охорони праці під час реконструкції системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей № 10» з встановленням дахової сонячної електростанції. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на електротехнічний персонал, що монтує та обслуговує технологічне обладнання підприємства [16, 17].

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); іонізація повітря.

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, в основному аерозолі фіброгенної дії (органічний і нетоксичний пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні та емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення системи електропостачання та системи освітлення підприємства здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Категорія умов по небезпеці

електротравматизма, відповідно до ПБЕ [19, 20], залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, можливість одночасного контакту з металевими корпусами обладнання та механізмами, що мають зв'язок з землею, окремо в різних приміщеннях підприємства, їх можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Роботи в електроустановках стосовно заходів безпеки поділяються на три категорії: зі зняттям напруги; без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них; без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою.

В процесі монтажу та експлуатації електрообладнання Комунального закладу «Вінницький ліцей № 10» виникає потреба в виконанні ремонтних робіт без порушення технологічного процесу. До робіт, які виконуються без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них, належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах. Роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них слід виконувати не менше як двом працівникам, з яких керівник робіт повинен мати групу IV, інші – групу III.

Роботою без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою, вважається робота, під час якої є неможливим випадкове наближення працівників і ремонтного оснащення та інструменту, що застосовуються ними, до струмопровідних частин на відстань, меншу від допустимих, проведення технічних або організаційних заходів для запобігання такому наближенню не потрібно.

Під час роботи в електроустановках напругою до 1000 В без зняття напруги на струмопровідних частинах чи поблизу від них необхідно: обгородити розташовані поблизу робочого місця інші струмопровідні частини, що перебувають під напругою, і до яких можливий випадковий дотик; працювати в діелектричному взутті чи стоячи на ізолювальній підставці або на діелектричному килимі; застосовувати інструмент із ізолювальними руків'ями (у викруток, крім

того, має бути ізольований стрижень); за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Під час виконання робіт без зняття напруги на струмопровідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно: тримати ізолювальні частини засобів захисту за руків'я до обмежувального кільця; розміщувати ізолювальні частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмопровідними частинами двох фаз чи замикання на землю; користуватися тільки сухими і чистими ізолювальними частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям. В разі виявленні порушень лакового покриття чи інших несправностей ізолювальних частин засобів захисту, користування ними забороняється.

В процесі роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги та кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги) допускається наближення працівника до струмопровідних частин на відстань, яка визначається довжиною ізолювальної частини цих засобів. Без застосування електрозахисних засобів забороняється торкатися ізоляторів електроустановки, що перебуває під напругою.

В електроустановках забороняється працювати у зігнутому стані, якщо в разі випрямлення відстань до струмопровідних частин буде меншою від допустимих. В процесі виконання робіт біля необгороджених струмопровідних частин забороняється розташовуватися таким чином, щоб ці частини знаходилися позаду чи з двох боків.

Заносити довгі предмети (труби, драбини тощо) та працювати з ними в РУ, в яких унеможливлено випадковий дотик до частин, що перебувають під напругою, потрібно вдвох під постійним наглядом керівника робіт. Риштування та драбини, що застосовуються для ремонтних робіт, мають бути виготовлені за ДСТУ чи ТУ на них. Опорна частина драбин, що встановлюються на гладких поверхнях, має бути оббита гумою, а на опорних частинах драбин, що встановлюються на землі, мають бути гострі металеві наконечники. Драбини повинні верхнім кінцем надійно спиратися на міцну опору. У разі необхідності обіперти драбину на

провід, вона повинна бути обладнана гачками в верхній частині. Зв'язані драбини застосовувати забороняється. В разі встановлення приставних драбин на підкранових балках, елементах металевих конструкцій тощо необхідно надійно закріпити верхівку і низ драбини на конструкціях. В процесі обслуговування та ремонту електроустановок застосування металевих драбин забороняється.

Роботу із застосуванням драбин виконують два працівники, один з яких перебуває знизу. Стоячи на ящиках та інших сторонніх предметах виконувати роботи забороняється.

Роботи на кінцевих опорах ПЛ, що перебувають на території відкритих розподільчих пристроїв (ВРП), слід виконувати за правилами роботи на ВРП. Ремонтні працівники ліній перед тим, як зайти у ВРП, повинні бути проінструктовані і заходити до місця робіт у супроводі оперативного працівника з групою III; виходити з ВРПУ після закінчення роботи чи під час перерви працівникам дозволяється під наглядом керівника робіт.

Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами, - приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

5.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізольовані струмопровідні 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) 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. Електрозахисні засоби поділяються на основні та допоміжні.

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 струмовимірні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізолюваними ручками. Додатковими 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.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [6] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [22]: температури внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони та зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні параметрів мікроклімату не повинні значно відрізнятися (не більше ніж на 2°C за діапазон норм); якщо температура поверхонь вище або нижче температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1м; для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

5.2.2 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [23] розряд зорової роботи IV, підрозряд «б». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 5.2.

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 освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

Таблиця 5.2 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характер 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		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	б	малий	світлий	500	200	1,5	0,9

5.2.3 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» [25]. Нормовані значення виробничого шуму наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні. Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація». Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.

для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.4 Виробнича вібрація

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У приміщеннях може бути присутня вібрація типу – За [26]. Тобто технологічна вібрація, яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання. Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються вентиляційне обладнання, транспорт тощо, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		м·с ⁻²	ДБ	м·с ⁻² ·10 ⁻²	ДБ
Загальна	Z ₀ , Y ₀ , X ₀	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

5.2.5 Фактори умов праці

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [16]. Робота електротехнічного персоналу потребує значних фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – 291-348; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 18000; при загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 61600; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 35 кґ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 60000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30000; статичне навантаження (кґ/с): двома руками (чоловіки) – до 140000; за участю мязів тулуба та ніг – до 200 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі від 25% до 50% часу зміни; перебування у

вимушеній позі (навпочіпки, на колінах тощо) від 10 % до 25 % часу зміни; перебування в позі «стоячи» від 60% до 80% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 101-300 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 12, вертикалі – 8 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності.

Сенсорні навантаження: зосередження (% за зміну) – 51-75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – 151-300; навантаження на голосовий апарат – сумарна кількість годин, з напруженням голосового апарату (протягом тижня) – від 16 до 20.

Навантаження на зоровий аналізатор: розмір об'єкта розрізнення (при відстані від очей працівника до об'єкта розрізнення не більше 0,5 м), мм, % часу зміни – 5,0–1,1 мм більше 50% часу; 1,0–0,3 мм до 50 % часу; менше 0,3 мм до 25% часу.

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) – розбірливість слів та сигналів від 90% до 70%.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за виконання окремих елементів завдання; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – двозмінна (без нічної зміни).

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей № 10» в умовах дії загрозливий чинників надзвичайних ситуацій.

Забезпечення безпеки експлуатації системи електроспоживання в умовах надзвичайних ситуацій ґрунтується на комплексі заходів і засобів, що включають організаційні та інженерно-технічні заходи. Метою є збереження працездатності системи під впливом небезпечних факторів. Для досягнення цієї мети необхідно здійснювати прогнозування та оцінку можливих наслідків, попереднє планування заходів щодо запобігання та зменшення вірогідності виникнення надзвичайних ситуацій, а також ефективно організовувати роботи в умовах надзвичайних ситуацій та їх ліквідацію.

Вплив іонізуючих випромінювань (α , β , γ) на матеріали та елементи обладнання систем електропостачання залежить від характеру випромінювання, дози та умов оточуючого середовища. У складі обладнання застосовуються елементи, які містять метали, неорганічні матеріали (основним чином діелектрики), провідники і різноманітні органічні сполуки (діелектрики, смоли і інші). Зазначено, що серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до іонізуючих випромінювань через їх високу концентрацію вільних носіїв заряду. Ефекти впливу іонізуючих випромінювань включають зміни в роботі електричних елементів схем, що може вести до виходу з ладу апаратури. Потік гамма-випромінювань, проходячи через елементи, створює в них вільні носії електричних зарядів, призводячи до виникнення помилкових імпульсів та спрацьовування пристроїв. Опромінення може викликати зміни в параметрах транзисторів, конденсаторів і резисторів, а також порушення ізоляції дротів тощо.

Для інженерної практики особливий інтерес представляє оцінка безпеки роботи систем електроспоживання під впливом іонізуючого випромінювання протягом певного періоду часу. Найбільш вразливі до впливу електромагнітного імпульсу (ЕМІ) є системи електроспоживання, зв'язку, сигналізації та керування. ЕМІ може завдати шкоди напівпровідниковим приладам, резисторам,

конденсаторам та іншим елементам, представляючи значний ризик для обладнання системи електроспоживання, яке вважається добре захищеним від інших потенційно небезпечних факторів. Отже, важливо пам'ятати, що в разі перебування апаратури в надійних захисних спорудах, вона може втратити свою працездатність.

5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей № 10» в умовах впливу іонізуючого випромінювання

У галузі електронної апаратури використовуються компоненти, які включають в себе різноманітні матеріали, такі як метали, неорганічні метали, переважно діелектрики, провідники, а також різноманітні сполуки, такі як діелектрики, смоли та інші. Зазначені матеріали металів проявляють найвищу чутливість до впливу іонізуючих випромінювань через високу концентрацію вільних носіїв заряду.

Експлуатація та функціонування сонячної енергосистеми (СЕС) на даху в умовах іонізуючих випромінювань може призвести до втрат працездатності при певних рівнях випромінювань. З метою вивчення даного аспекту планується провести відповідні розрахунки для сонячної енергосистеми типу "дах". Отримані дані будемо систематизувати та внести до таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Максимально допустимі потужні дози гамма випромінювання для електропостачання .

Блоки системи електропостачання	Елементи блоків системи електропостачання		$P_{зв\ i}, P/\text{год}$	$P_{зв}, P/\text{с}$
Сонячна станція	Сонячна панель	LONGI SOLAR 550W	10^6	10^4
	Інвертор	Гибридный инвертор Powmr Solar 10200W	10^6	
	Батареї	Volt Polska AGM 12В 100 А*год	10^6	
Розподільчі пристрої	Реле	Zubr D6-63	10^4	
	Транзистори	CDI	10^6	

Аналізуючи дані таблиці 5.5, визначаємо найбільш вразливі елементи системи керування, в яких початок зворотних змін виникає при інтенсивності випромінювання $P_{зв} = 10^4$ Р/год.

Граничне значення рівня радіації, при якому система керування дахової СЕС буде визначається по формулі:

$$P_{гр} = K \cdot P_{зв} \cdot K_{посл}, \quad (5.1)$$

де $P_{зв}$ – рівень радіації, що відповідає початку зворотних змін у найуразливішому елементі схеми;

K – коефіцієнт надійності ($K=0,9$);

$K_{осл}$ – коефіцієнт ослаблення виробничого приміщення ($K_{посл} = 1$).

$$P_{гр} = 0,92 \cdot 10^4 \cdot 2 = 1,84 \cdot 10^4 (\text{Р/год})$$

Отже, система керування, що розробляється, буде безпечно працювати при рівні радіації, який не перевищує $1,84 \times 10^4$ (Р/год).

З вище наведених розрахунків можна зробити висновок, що безпека роботи системи електроспоживання в умовах дії іонізуючих випромінювань буде забезпечуватись, якщо радіація в умовах експлуатації не перевищуватиме $1,84 \times 10^4$ (Р/год).

Розрахуємо допустимо максимальний час перебування обладнання системи захисту в умовах дії іонізуючих випромінювань:

$$D_m = \frac{2P_{гр}(\sqrt{t_k^2} - \sqrt{t_{II}^2})^2}{1} \quad (5.2)$$

де: $\sqrt{t_{II}^2}$, дорівнює 1;

D_m – дорівнює 10^3 ;

Оскільки всі значення відомі, то допустимий час роботи СЕС Комунального закладу «Вінницький ліцей № 10» буде таким:

$$t_{\partial} = \left(\frac{10^3}{4 \cdot 1,84 \cdot 10^4} + 1 \right) = 1,01(\text{год})$$

З розрахунків можна зробити висновок, що робота системи електроспоживання в умовах впливу іонізуючих випромінювань буде працювати безпечно 1 (рік) роки. Тому опишемо заходи щодо підвищення безпеки роботи електропостачання підприємства від радіації можуть включати в себе ряд технічних та організаційних заходів:

Застосування екранувальних матеріалів на обладнанні для зменшення викидів радіації та запобігання їх виходу за межі пристрою.

Встановлення захисних екранів для персоналу, які зменшують їх вплив на випадкове опромінення.

Впровадження систем дистанційного управління для мінімізації часу, який персонал проводить біля джерел радіації.

Встановлення систем моніторингу, які автоматично вимірюють та контролюють рівні радіації в реальному часі.

Розробка регулярного графіку технічного обслуговування та перевірки обладнання для виявлення можливих відхилень та несправностей.

Визначення та облаштування зон, де робочий персонал може перебувати, забезпечивши їх ізоляцію від джерел радіації.

Максимальне обмеження часу, який персонал проводить у зонах підвищеного випромінювання.

Розгляд можливостей використання новітніх технічних рішень для зменшення радіаційного впливу обладнання.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей № 10» в умовах дії електромагнітного імпульсу.

Початкові дані: $U_{ж} = 220$ (В) - напруга живлення;

$l_{г} = 2$ м – максимальна довжина горизонтальних струмоведучих провідників.

Плати пристроїв як правило розташовані горизонтально. Так як вертикальна складова напруженості електричного поля приблизно на три порядки більша за горизонтальну, подальші розрахунки здійснюємо з врахуванням вертикальної складової.

В якості показника безпеки виступає коефіцієнт безпеки, який визначається за формулою:

$$K_6 = 20 \lg \frac{U_d}{U_{B(r)}} \geq 40 [\text{дБ}], \quad (5.3)$$

де U_d – допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(r)}$ – напруга наведення за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

$$U_d = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N [\text{В}], \quad (5.4)$$

де $U_{ж} = 30 \text{ В}$ – напруга живлення;

N – допустимі коливання, 5%.

$$U_d = 220 + \frac{220}{100} \cdot 25 = 275 \text{ (В)}$$

Визначимо напругу наведену у горизонтальних струмопровідних частинах:

$$U_1 = \frac{U_d}{10^2}, \text{ (В)}, \quad (5.5)$$

$$U_B = \frac{275}{40} = 2,75 \text{ (В)}$$

Визначимо вертикальну складову напруженості електричного поля:

$$E_{\text{вср}} = \frac{U_r}{l_r} \text{ (В / м)}, \quad (5.6)$$

де l_1 – довжина вертикальних струмоведучих частин ($l_1 = 2,13$ м).

$$E_{\Gamma} = \frac{2,75}{2} = 1,375 \text{ (В/м)}$$

$$E_{\text{в}} = E_{\Gamma} \cdot 10^3 = 1,375 \cdot 10^3 = 1375 \text{ (В/м)}$$

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей № 10» в умовах надзвичайних ситуацій

На безпеку роботи дахової СЕС можуть впливати такі надзвичайні ситуації як повені, буревії, обледеніння. Для захисту системи від небезпечних чинників надзвичайних ситуацій необхідно проводити профілактичні ремонтні роботи по підвищенню надійності електронних блоків і сенсорів.

Для боротьби з впливом іонізуючого опромінення використовують алюмінієві сплави, леговані елементами з високим атомним номером (лантаноїдами і рідкоземельними елементами), сплави на основі тугоплавких і рідкоземельних елементів і багатошарові матеріали. Також для боротьби з впливом іонізуючого випромінювання можна використати метод, що полягає в захисному покритті радіоелектронної апаратури, які піддаються впливу іонізуючого випромінювання захисне покриття виконане у вигляді наноструктури, яка включає сукупність атомів рідкоземельних елементів, введених в структуру армованої атомно-молекулярної металічної матриці, або утворює її захисний шар.

З попередніх розрахунків видно що дахова СЕС поводить себе не стійко за умов ЕМІ, або під дією іонізуючого випромінювання. В такому випадку необхідно виконати заходи по підвищенню безпеки роботи системи, зокрема провести екранування усієї системи або окремих її блоків критичних до впливу ЕМІ.

Було встановлено, що система керування в умовах дії іонізуючих випромінювань буде безпечно працювати при рівні радіації, який не перевищує

$1,84 \cdot 10^4$ Р/год. А в умовах дії електромагнітного імпульсу дахова СЕС буде надійно працювати, якщо вертикальна складова напруженості електричного поля не буде перевищувати його граничне значення $E_{\text{вср}}=1375$ (В/м).

З метою підвищення стійкості роботи обладнання до впливу електромагнітного імпульсу (ЕМІ) рекомендується виконати наступні заходи: встановити захисний екран із сталі, характеризуючийся товщиною стінок не менше 0,03 см, та обладнати входи та виходи пульту управління швидкодіючими пристроями вимкнення. Застосування таких заходів сприяє ефективній роботі релейного захисту та автоматики, а також забезпечує надійність повітряної лінії електропередач під час впливу електромагнітного імпульсу.

Таблиця 5.6 – Дані розрахунку захисних екранів по різних блокам

№	Сонячна панель	Асек, (дБ)	t, (см)
1	Інвертор	31,68	0,06
2	Батареї	22,25	0,037
3	Реле	31,38	0,05
4	транзистори	29,6	0,06
5	Сонячна панель	36,28	0,06

З'єднувальні кабелі, забезпечені захистом, прокладаються в земляних траншеях під цементованими або бетонованими підлогами будівель або укладаються в сталеві коробки, які піддаються заземленню. Кабелі також можна розміщувати на поверхні поля, покривши їх заземлюючими швелерами.

З метою підвищення надійності системи рекомендується розгалуження кабелів та їх підведення до кількох шаф з роздільними трансформаторами. У таких системах ізольовані ділянки мережі характеризуються високим опором ізоляції і низькою ємністю проводів щодо землі. Також доцільно використовувати фільтри для вилучення високочастотних перешкод.

Захисний розрядник виконує ключову функцію, розмикаючи лінію або відводячи енергію, щоб запобігти пошкодженню обладнання, яке захищається. Він встановлюється на входи та виходи апаратури. Для додаткового захисту

обладнання можуть використовуватися плавкі запобіжники та захисні вхідні пристрої. Останні представляють собою різноманітні релейні чи електронні пристрої, які реагують на перевищення струму в електричному колі, забезпечуючи "стікання" великого розряду без ушкодження ізоляційних елементів ліній.

ВИСНОВОК

На підставі зібраних даних можна зробити висновок, що робота з реконструкції системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей №10» пройшла успішно. Зовнішня лінія живлення, реалізована за допомогою кабелю АСБл-10 3х35, забезпечує надійне та безперебійне електропостачання закладу.

Важливим етапом є встановлення двотрансформаторної підстанції з трансформаторами ТМ-400, що сприятиме оптимальному розподілу електроенергії та забезпеченню ефективної роботи системи. Реалізація сонячної електростанції, яка дозволяє покривати 208 тис. кВт електроенергії на рік власного споживання. Це складає 40% від загального обсягу споживаної електроенергії, що свідчить не лише про раціональне використання сонячних ресурсів, але і про значний внесок у зменшення витрат та екологічний вплив. Зазначені досягнення виявляються важливим кроком у напрямку підвищення стійкості та енергоефективності електропостачання ліцею, що може служити прикладом для інших комунальних закладів.

Розглянуті питання охорони праці, прийняті технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта, гігієни праці та виробничої санітарії, а також пожежної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Офіційний сайт КЗ «Вінницький ліцей 10» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://sch10.edu.vn.ua>.
- [2] Бурбело М. Й. Розрахунок систем електропостачання: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. – 193 с.
- [3] Правила улаштування електроустановок. - 6-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2017.
- [4] Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
- [5] ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.
- [6] ДБН В.2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.
- [7] Підтримка MS Office [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://office.microsoft.com/uk-ua/support>
- [8] Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с
- [9] Конспект лекції з дисципліни САПР СЕП.
- [10] Конфігуратор пристроїв АВР компанії ETI [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ats.eti-support.eu/uk>
- [11] Характеристика фотомодулів Longi Solar LR5-72HPH-540M [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://soncedim.com.ua/uploads/Datasheet-Longi-520-540M.pdf> .
- [12] Конспект лекцій з дисципліни «Електричні системи і мережі» для студентів спеціальності 6.050701 «Електротехнічні системи електроспоживання» всіх форм навчання / Уклад.: Р.О.Пархоменко. – Кривий Ріг : КТУ , 2011.

[13] Ю. В. Лобода, В. В. Тимощук. Застосування сес з гібридним інверторами для резервування електроприймачів критичної групи загальноосвітніх закладів // ЛІІ Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2024) Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/paper/view/19573>

[14] Калькулятор PVWatts® [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://pvwatts.nrel.gov>.

[15] Демов О. Д., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві: Навчальний посібник / О.Д. Демов, О.О. Бірюков, Л.М. Мельничук – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 92 с.

[16] ДСТУ 2843-94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення. Чинний від 1995-01-01. — Київ: Держспоживстандарт України, 1995. — 65 с.

[17] ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073.

[18] 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. [Чинний від 2007-12-01]. 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->

[19] ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

[20] . ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

[21] НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови

електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

[22] ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

[23] ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

[24] ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

[25] ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

[26] ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

[27] НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [Чинний від 2021-01-22]. Вид. офіц. К. : МВС України, 2014. 47 с.

[28] ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с.

[29] ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 75 с.

[30] ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 31 с.

[31] ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-02-01]. Вид. офіц. К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 35 с.

[32] Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників. Наказ МВС № 765 від 28.10.2020. [Чинний від 2021-01-26]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ____ ” _____ 2023р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
“ ____ ” _____ 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

Реконструкція системи електропостачання Комунального закладу
«Вінницький ліцей №10» з встановленням дахової сонячної електростанції

Науковий керівник:

Ph. D., доцент Лобода Ю. В.. _____

(підпис)

Виконавець: студентка гр. ЕСЕ - 22м

Тимошук В. В. _____

(підпис)

Вінниця 2023 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за №247 від 18.09.2023.

Дата початку роботи 18.09 .2023р.

Дата закінчення роботи 04.12.2023.

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

а) мета – Реконструкція системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей №10» з встановленням сонячної електростанції.

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

Генплан закладу (рисунок А.1); відомості про основні характеристики закладу (таблиця А.1); відомості про джерела живлення.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 60 с,

3.2 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - Х .: Міненерговугілля України, 2014.

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

3.4 ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

3.5 Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Л.Б. Терешкевич, О.Д. Демов, Ю.А. Шулле. – Вінниця: ВНТУ, 2006р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання
-------------	------------------

	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження	18.09	28.09
4.2 Проведення дослідних розрахунків	29.09	24.10
4.3 Розробка робочих креслень	25.10	21.11
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	22.11	11.12

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

Таблиця А.1 – Основні характеристики корпусів

№	Цех	Кількість поверхів	Площа, м ²	Корисна площа
	2	3	4	5
1	Навчальний корпус №1	1	789	710.1
2	Навчальний корпус №2	1	789	710.1
3	Навчальний корпус №3	1	820	738
4	Стортивна зала	1	898	808.2
5	Навчальний корпус №4	1	789	710.1
6	Навчальний корпус №5	2	1972	1774.8
7	Харчоблок	1	406	406
8	Навчальна майстерня	1	890	890
9	Головний навчальний корпус	3	1895	3411
	Всього			10163.3

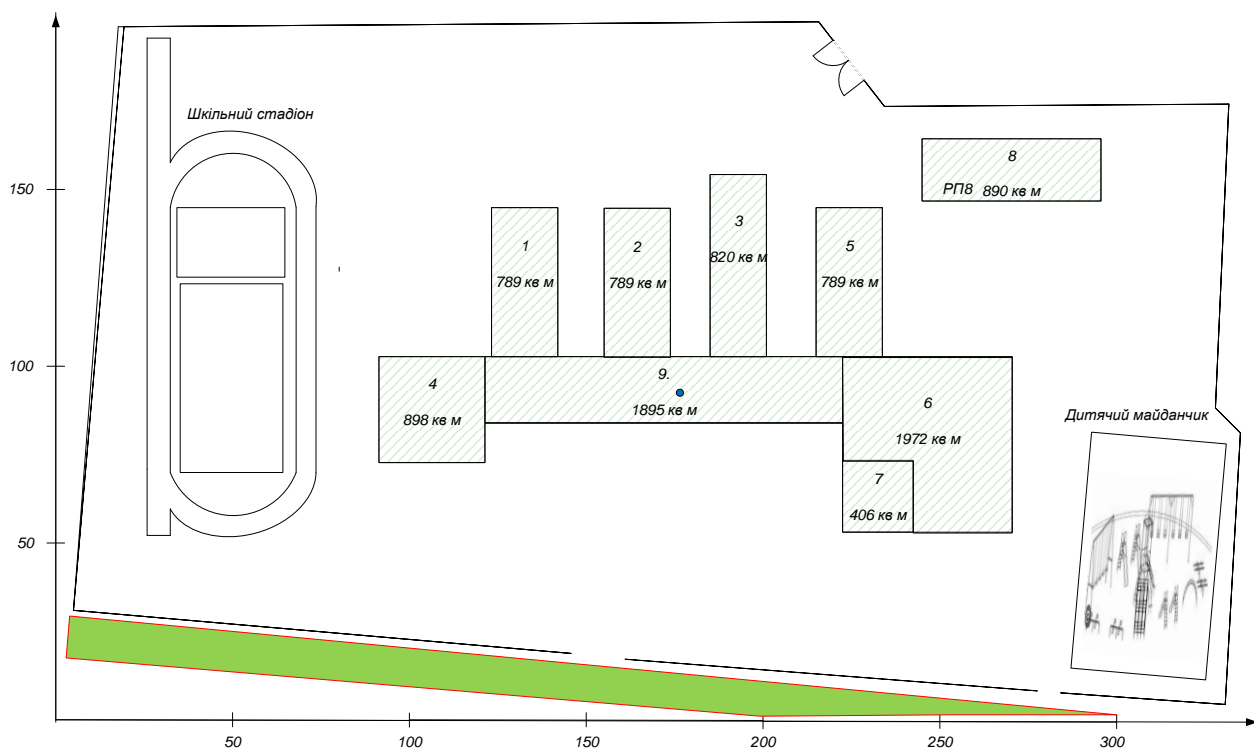
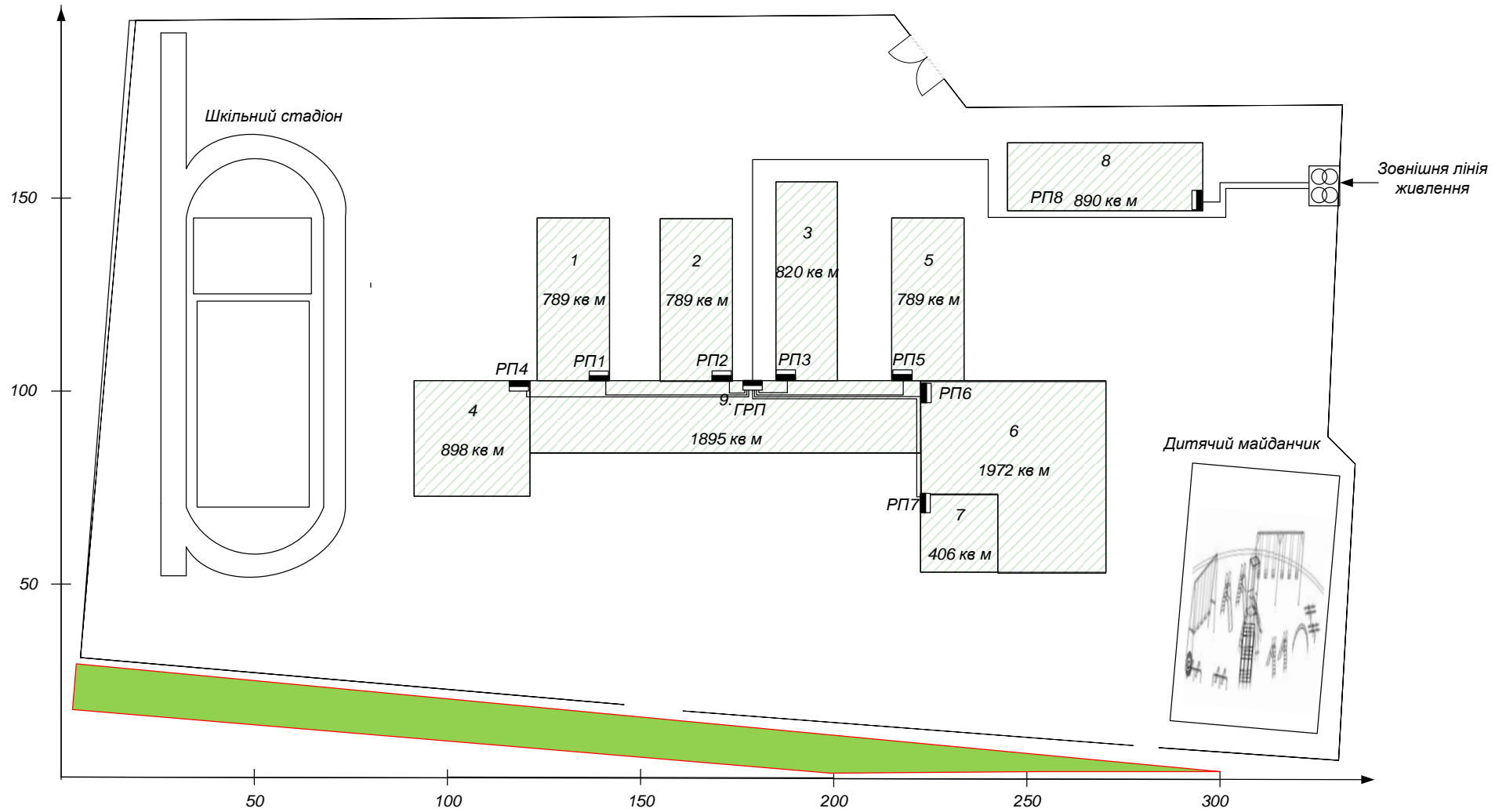
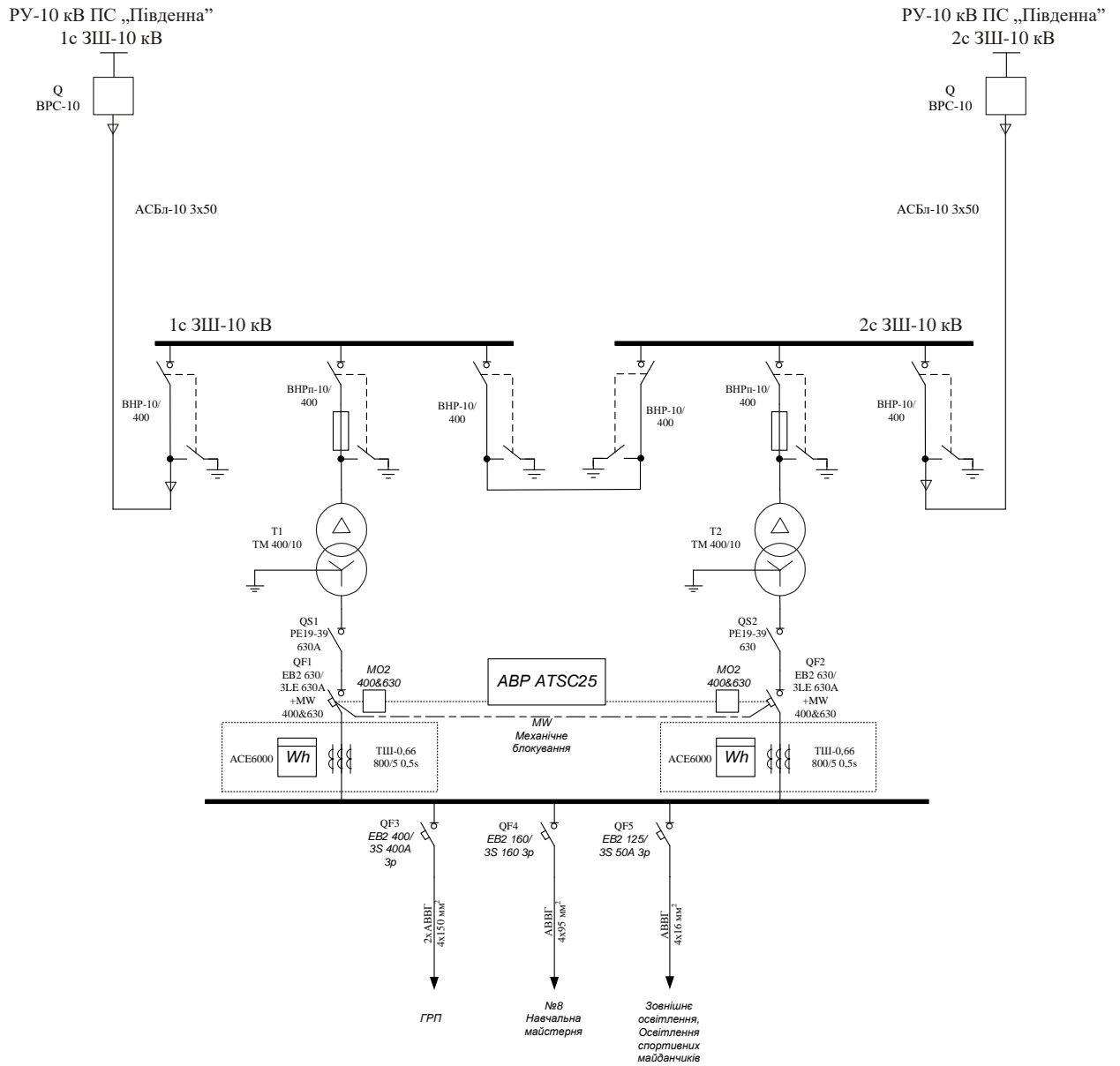


Рисунок А.1 - Генплан

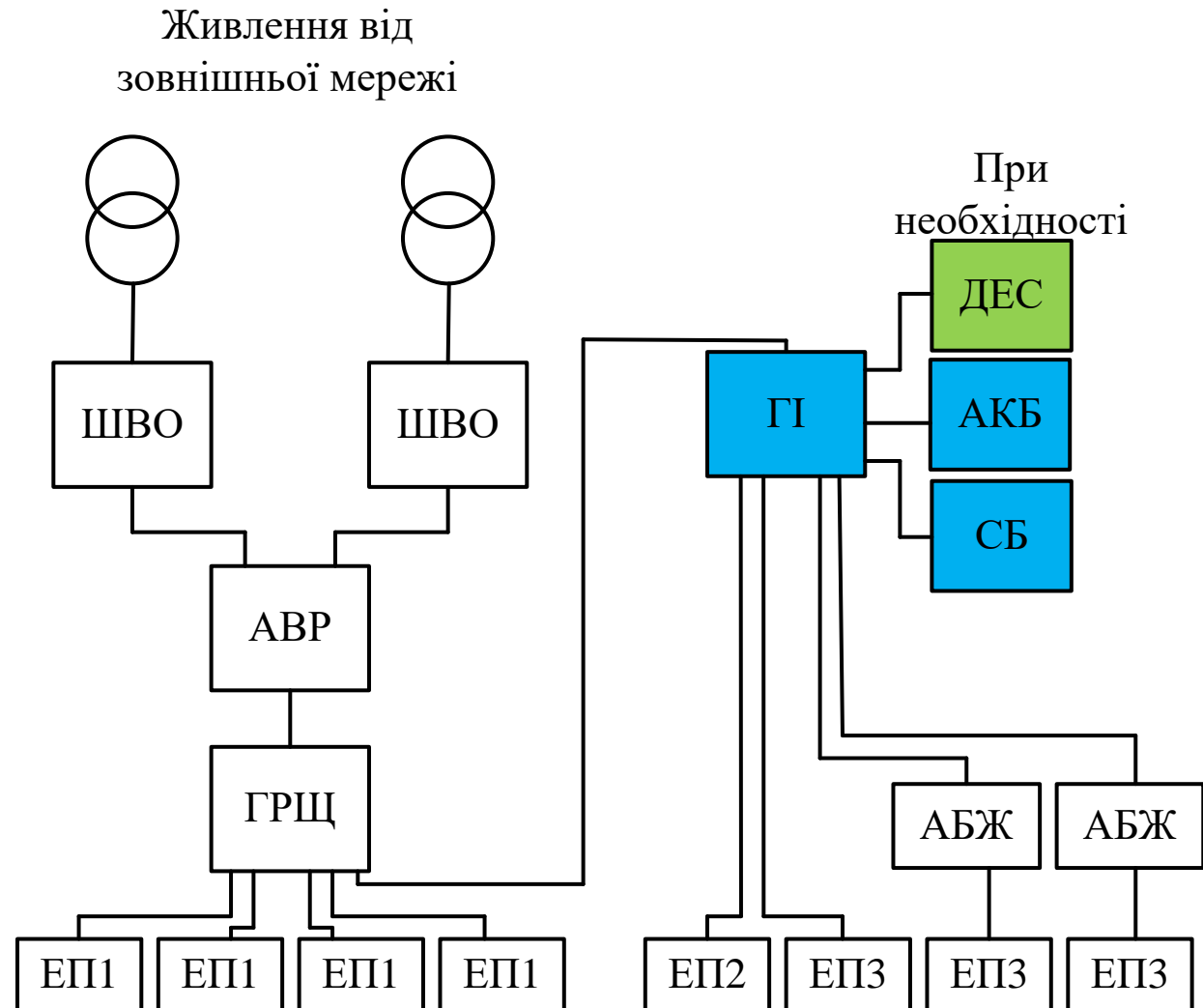
Додаток Б – Генплан підприємства



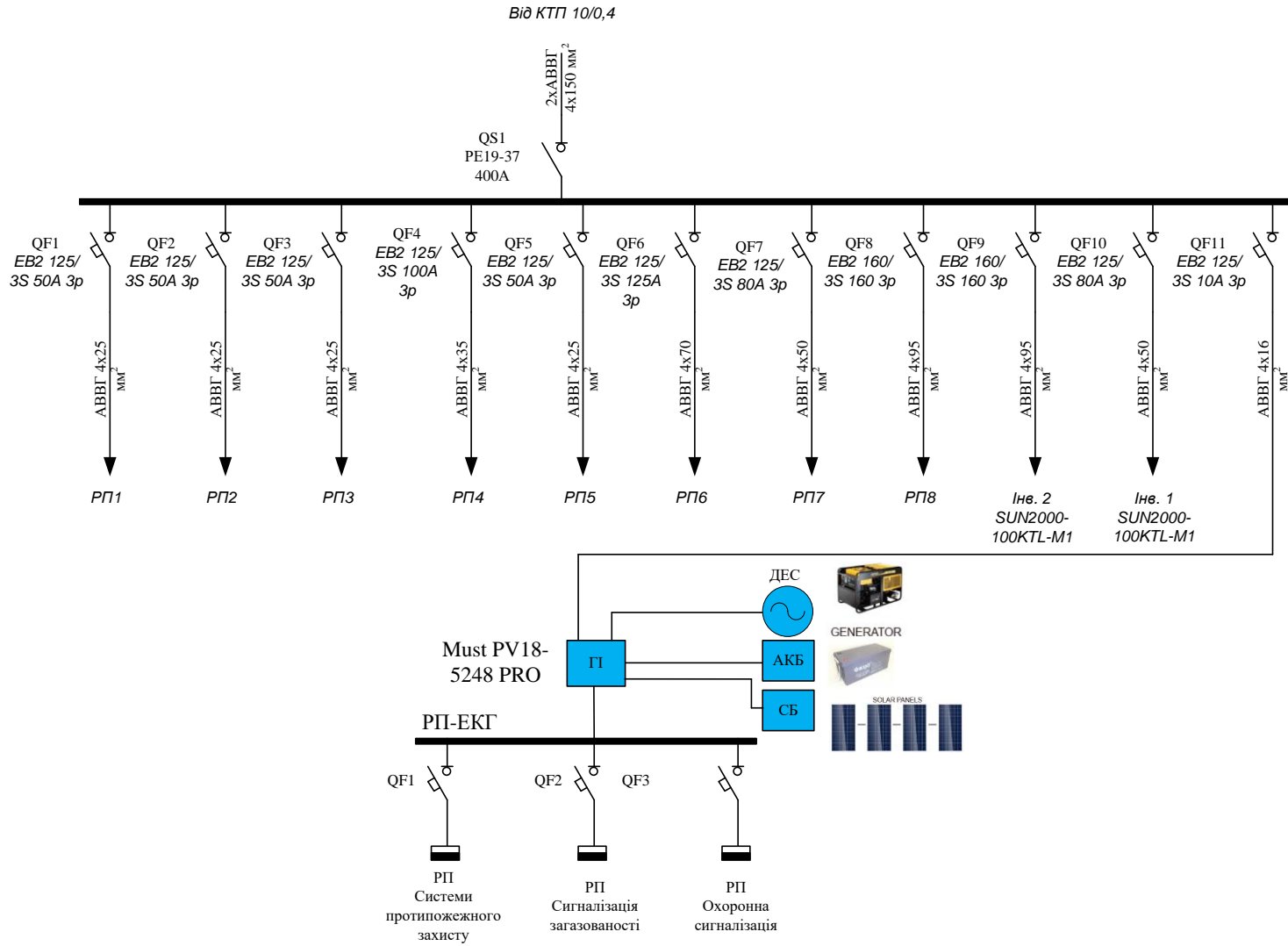
Додаток В – Однолінійна схема трансформаторної підстанції



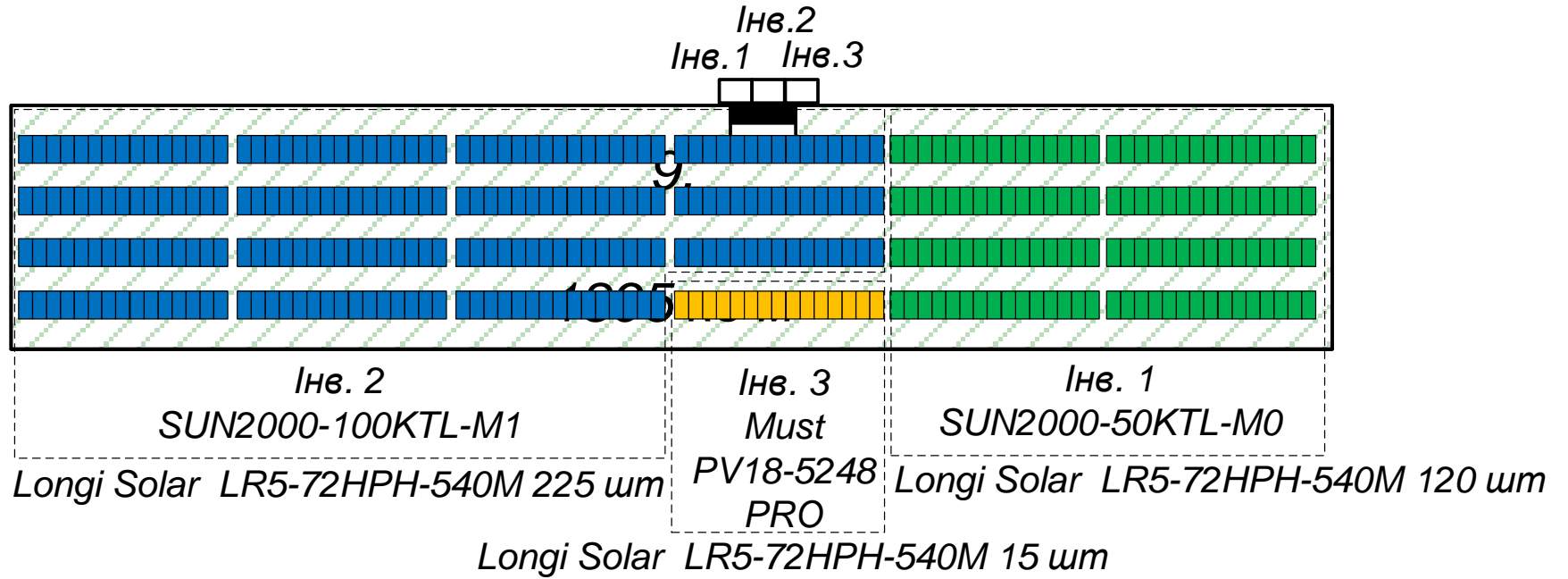
Додаток Г – Живлення споживачів критичної групи



Додаток Д – Однолінійна схема ГРП



Додаток Е – Розташування обладнання СЕС на даху головного навчального корпусу



Додаток Є – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Реконструкція системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей №10» з встановленням сонячної електростанції

Тип роботи: _____ МКР _____
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність _____ 93,5% _____ Схожість _____ 6,5% _____

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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 Unichesk щодо роботи.

Автор роботи _____ Тимощук В. В. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Лобода Ю. В. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Ж – Презентаційні матеріали

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Доповідь до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: Реконструкція системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей №10» з встановленням дахової сонячної електростанції

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-22м
спеціальності 141 – Електротехнічні
системи електроспоживання

Тимошук В. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник: доцент, Ph. D., Лобода Ю. В.
(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2023 року

Актуальність теми. Сучасний розвиток технологій та постійні зміни у сфері енергетики вимагають пошуку нових підходів до забезпечення ефективного та стабільного електропостачання для комунальних установ. У цьому контексті, реконструкція системи електропостачання є актуальною задачею, особливо коли йдеться про освітні заклади, де необхідно забезпечити не лише надійність, а й енергоефективність електропостачання.

Об'єктом даного дослідження є Комунальний заклад «Вінницький ліцей №10», який, як і багато інших, стикається з викликами забезпечення стійкості та оптимізації енергоспоживання. У цьому контексті, розглянемо можливості впровадження сучасних технологій, зокрема встановлення сонячної електростанції, що сприятиме підвищенню енергоефективності та зменшенню витрат на електроенергію.

Мета і задачі дослідження. Метою даного дослідження є реконструкція системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей №10» з встановленням сонячної електростанції та використанням сучасних методів автоматизованого проектування для підвищення енергоефективності, зменшення витрат та забезпечення стійкості електропостачання.

Предмет дослідження – є методи та засоби автоматизованого проектування.

Практична цінність даного дослідження полягає у вдосконаленні енергетичної інфраструктури Комунального закладу «Вінницький ліцей №10», забезпечуючи йому не тільки стійке та надійне електропостачання, але й високий рівень енергоефективності. Впровадження сонячної електростанції та застосування сучасних методів автоматизованого проектування дозволять значно знизити витрати на електроенергію та оптимізувати роботу системи, сприяючи економії ресурсів та зменшенню екологічного впливу.

Публікація по темі роботи:

Апробація результатів роботи. Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було обговорено на LIII Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки. За результатами опубліковані тези доповідей (36) - посилання в квадратних дужках. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/paper/view/19573> .

Розрахунок закладу ДБН В.2.5-23:2010

Таблиця 2.1

Будинки навчальних закладів, в яких навчається понад 1000 осіб: електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація;	I
---	---

Таблиця 3.15 – Орієнтовні питомі розрахункові електричні навантаження будинків та споруд (приміщень) громадського призначення

Навчальні корпуси вищих, середніх спеціальних навчальних закладів (без їдальні):	»			
а) з кондиціонуванням повітря;	кВт на м ² корисної площі	0,05 0,05	0,90 0,90	0,48 0,48
б) без кондиціонування повітря		0,035	0,92	0,43

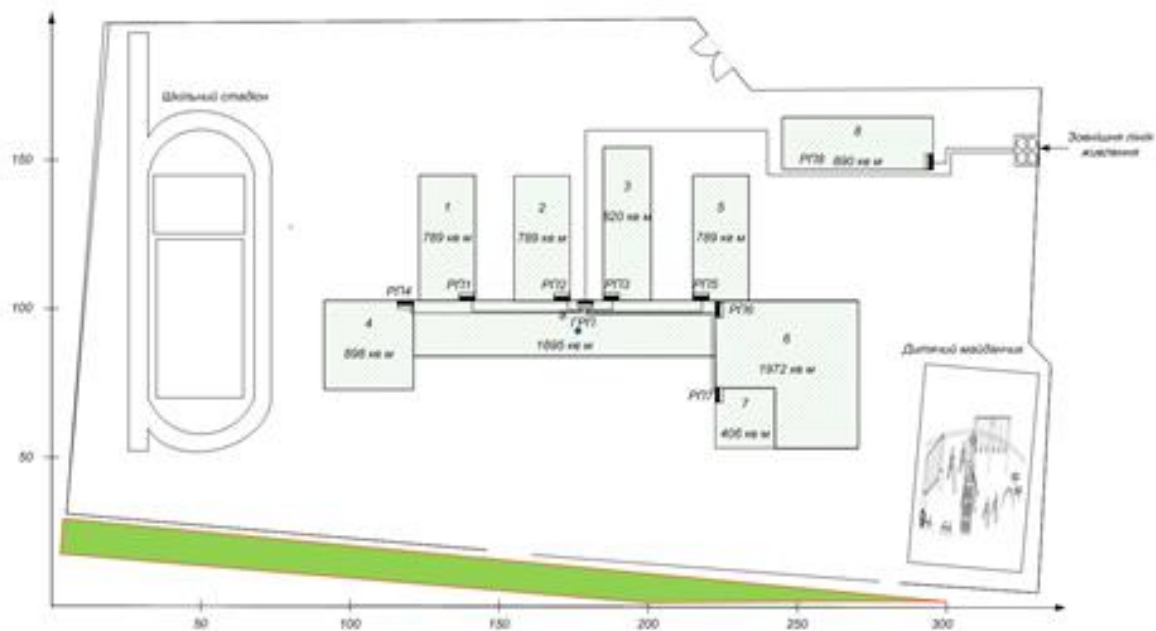
№	Цех	Кількість люстр	Площа, м ²	Загальна площа	Ритм, Вт/м ²	cos(φ)	tan(φ)	Pc, кВт	Qc, звар	Sc, кВА	Pp, кВт	Qp, звар	Sp, кВА	Ip, А	p0, кВА/м ²
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	Навчальний корпус №1	1	389	710.1	35	09	0.80-0.2-0.05	4.97	2.41	11.05	24.85	12.04	2762	41.96	0.04
2	Навчальний корпус №2	1	389	710.1	35	09	0.80-0.2-0.05	4.97	2.41	11.05	24.85	12.04	2762	41.96	0.04
3	Навчальний корпус №3	1	800	738	35	09	0.80-0.2-0.05	5.17	2.50	11.48	25.83	12.51	2870	43.61	0.04
4	Спортивна зала	1	368	808.2	30	092	0.42-0.90-0.10	8.08	3.44	17.57	40.41	17.21	4392	66.74	0.05
5	Навчальний корпус №4	1	389	710.1	35	09	0.80-0.2-0.05	4.97	2.41	11.05	24.85	12.04	2762	41.96	0.04
6	Навчальний корпус №5	1	1932	1774.8	35	09	0.80-0.2-0.05	12.42	6.02	27.61	62.12	30.09	6902	104.87	0.04
7	Капелітін	1	406	406				9.74	3.40	20.64	48.70	17.01	5159	78.38	0.13
8	Навчальна їдальня-прот.	1	360	890	35	09	0.80-0.2-0.05	16.91	8.19	37.58	84.55	40.95	9304	142.73	0.11
9	Головний навчальний корпус	4	3095	3411	35	09	0.80-0.2-0.05	23.88	11.56	53.06	119.39	57.82	132.65	201.34	0.04
	Всього		9252	10163.3				91.11	42.34	100.47	467.56	224.71	518.75	788.16	0.05

Розрахунок навантажень харчоблоку



№	Назва групи ЕП	Цінова категорія	n	P _н , кВт	N ^н , кВт	K _д	cosφ	tanφ	P _р , кВт	Q _р , кВАр	S _р , кВт·А
2	Холодильник	220	5	0,32	1,6	0,6	0,9	0,180/2305	0,95	0,464989	1,07
15	Холодильник	220	1	0,5	0,5	0,6	0,9	0,180/2305	0,3	0,145287	0,33
3	Паточник	220	4	0,5	2	1	0,85	0,6/97/0149	2	1,239489	2,35
4	Морозильна камера	220	1	0,57	0,57	0,6	0,9	0,180/2305	0,30	0,105208	0,38
9	Бойлер	220	1	2	2	0,75	1	0	1,5	0	1,50
12	Електропечар з/б/а	220	1	1,5	1,5	1	0,85	0,6/97/0149	1,5	0,929027	1,76
13	Морозильна ланка	220	1	0,5	0,5	1	1	0	0,5	0	0,50
14	Електрокалі	220	1	0,2	0,2	1	1	0	0,2	0	0,20
5	Електроплита	380	1	12	12	0,75	0,95	0,126/0105	9	1,827298	9,18
6	Електропечар	380	1	10,5	10,5	0,75	0,95	0,126/0105	7,825	1,599087	8,04
7	Паровий апарат	380	1	5,7	5,7	0,75	0,95	0,126/0105	4,225	1,605205	4,50
8	Духова піч	380	1	13	13	0,75	0,95	0,126/0105	9,75	3,20667	10,26
10	Посушувальна машина	380	1	3,5	3,5	1	0,9	0,180/2305	3,5	1,695227	3,89
11	Запірочна плита	380	1	7	7	1	0,85	0,6/97/0149	7	4,33821	8,24
Всього			21		60,57	0,804	0,93291	0,18608019	48,702	17,0147	52,20

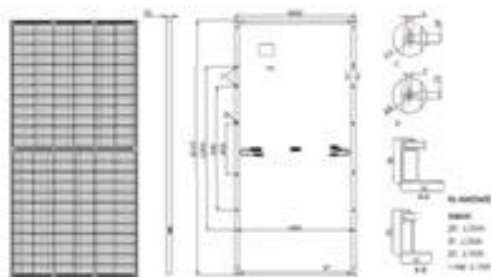
Генплан закладу



SUN2000-100KTL-M1

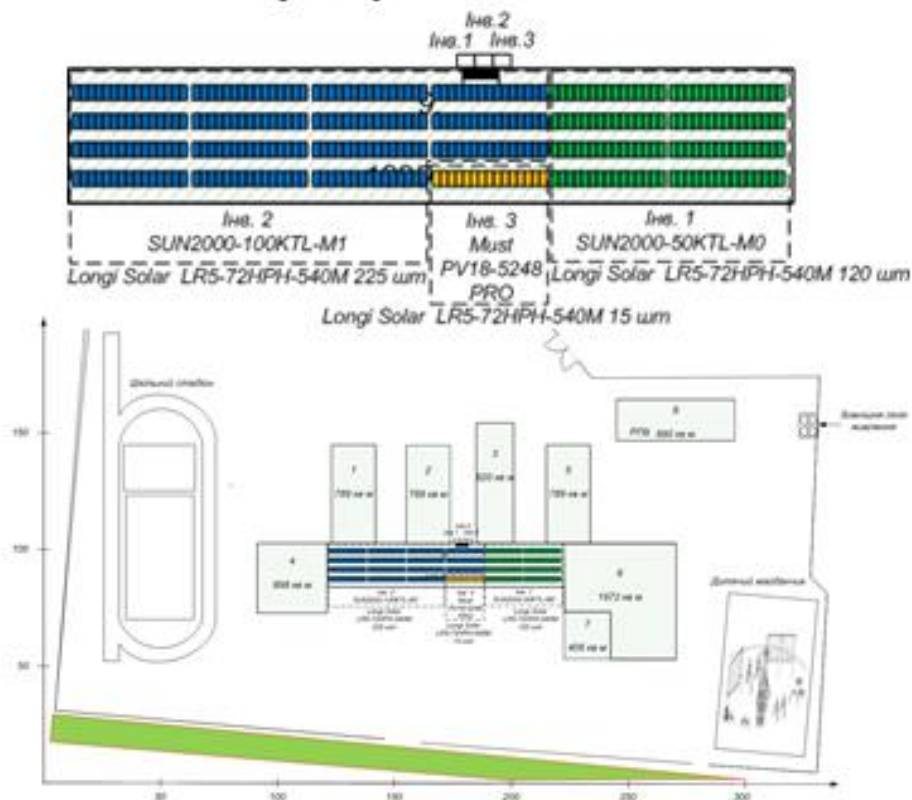
Обладнання СЕС
Must PV18-5248 PRO

SUN2000-50KTL-M0

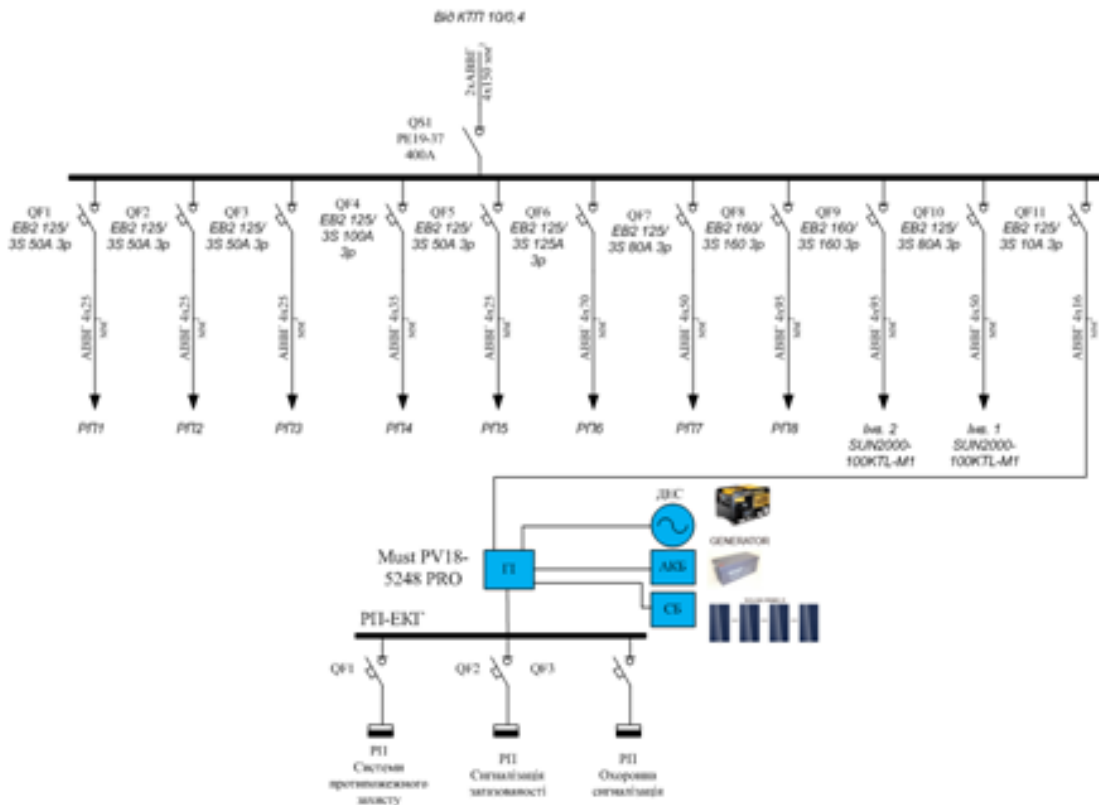


Модель	LRS-72HPH-540M
Умови тестування	STC NOCT
Номінальна потужність (Pmax/Wp)	540 403.3
Напруга холостого ходу (Voc/V)	49.90 46.41
Струм короткого замикання (Isc/A)	12.85 11.20
Напруга при максимальній потужності (Vmp/V)	41.65 38.78
Струм при максимальній потужності (Imp/A)	12.97 10.40
ККД (%)	21.2

План розташування обладнання СЕС

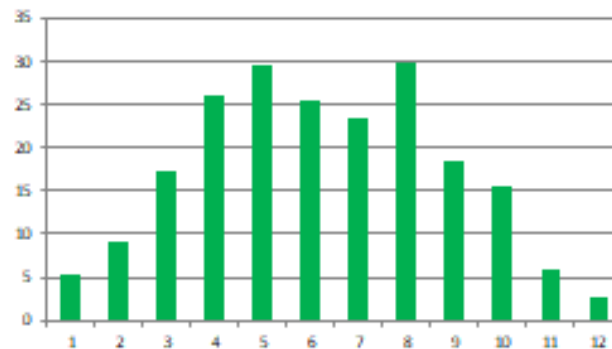


Однолінійна схема ГРП



Розрахунок генерації СЕС

Місяць	Сонячне випромінювання (кВт/м ² /день)	Енергія змінного струму (кВт/год)
Січень	1.02	5,175
Лютий	1.96	9,245
Березень	3.37	17,273
Квітень	5.54	26,090
травень	6.24	29,451
червень	5.67	25,540
липень	5.01	23,325
Серпень	6.45	29,894
Вересень	4.00	18,324
Жовтень	3.17	15,588
Листопад	1.22	5,964
Грудень	0.58	2,815
Annual	3.69	208,684



Техніко-економічні показники

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	532088.82	кВт·год.
Кількість згенерованої електроенергії СЕС	$E_{сес}$	208684	кВт·год.
Річне споживання електроенергії із втратами	E	326404.82	кВт·год.
Плата за електроенергію	P_1	2121631.36	грн.
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_p	63648.94	грн.
Сумарні витрати закладу	C_{sum}	2185280.30	грн.
Собівартість електроенергії	S	683,5	коп/кВт·год.

Висновок

На підставі зібраних даних можна зробити висновок, що робота з реконструкції системи електропостачання Комунального закладу «Вінницький ліцей №10» пройшла успішно. Зовнішня лінія живлення, реалізована за допомогою кабелю АСБл-10 3х35, забезпечує надійне та безперебійне електропостачання закладу.

Важливим етапом є встановлення двотрансформаторної підстанції з трансформаторами ТМ-400, що сприятиме оптимальному розподілу електроенергії та забезпеченню ефективної роботи системи. Реалізація сонячної електростанції, яка дозволяє покривати 208 тис. кВт електроенергії на рік власного споживання. Це складає 40% від загального обсягу споживаної електроенергії, що свідчить не лише про раціональне використання сонячних ресурсів, але і про значний внесок у зменшення витрат та екологічний вплив. Зазначені досягнення виявляються важливим кроком у напрямку підвищення стійкості та енергоефективності електропостачання ліцею, що може служити прикладом для інших комунальних закладів.

Розглянуті питання охорони праці, прийняті технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта, гігієни праці та виробничої санітарії, а також пожежної безпеки.