Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення ефективності електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю УПП «Євромед» з встановленням дахової сонячної електростанції»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-22м
спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Лазюк В.В.
(прізвище та ініціали)

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

«___» _____ 2023 р.

Опонент:

доцент каф. ЕСС Нетребський В.В
(прізвище та ініціали)

«___» _____ 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)
«8» 12 2023 р.

Вінниця – 2023 року

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
проф. М. Й. Бурбело
"19" вересня 2023 року

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

Лазюку Владиславу Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю УПП «Євромед» з встановленням дахової сонячної електростанції

керівник роботи Войтюк Юрій Петрович к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "18" вересня 2023року № 247

2. Термін подання студентом роботи "4" грудня 2023року

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

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
План підприємства із силовими та живильними мережами. Однолінійна схема електропостачання підприємства. Основні техніко-економічні показники системи електропостачання. Капіталовкладення в спорудження СЕС 23,1 кВт. Повна схема підключення СЕС 23,1 кВт. Цифрова модель для дослідження роботи сонячних панелей в MATLAB Simulink.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Войтюк Ю.П., к.т.н., доцент, каф. ЕСЕЕМ		
Економічна частина	Шуллє Ю.А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання 23 вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу	30.09.23	
2	Синтез зовнішньої СЕП	13.10.23	
3	Науково дослідна частина	19.10.23	
4	Синтез результатів наукової роботи	26.10.23	
5	Економічна частина	25.11.23	
6	Охорона праці	28.11.23	
7	Графічна частина	04.12.23	

Студент _____ Лазюк В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Войтюк Ю.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

7Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення ефективності електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю УПП «Євромед» з встановленням дахової сонячної електростанції»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-22м
спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Лазюк В.В.
(прізвище та ініціали)

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

«___» _____ 2023 р.

Опонент:

_____.
(прізвище та ініціали)

«___» _____ 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)
«___» _____ 2023 р.

Вінниця – 2023 року

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
проф. М. Й. Бурбело
“___” _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Лазюку Владиславу Володимировичу
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю УПП «Євромед» з встановленням дахової сонячної електростанції

керівник роботи Войтюк Юрій Петрович к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “____”_____2023року №_____

2. Термін подання студентом роботи “____”_____2023року

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

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
План підприємства із силовими та живильними мережами. Однолінійна схема електропостачання підприємства. Основні техніко-економічні показники системи електропостачання. Капіталовкладення в спорудження СЕС 23,1 кВт. Повна схема підключення СЕС 23,1 кВт. Цифрова модель для дослідження роботи сонячних панелей в MATLAB Simulink.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Войтюк Ю.П., к.т.н., доцент, каф. ЕСЕЕМ		
Економічна частина	Шуллє Ю.А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., д.пед.н., проСЕСор		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу		
2	Синтез зовнішньої СЕП		
3	Науково дослідна частина		
4	Синтез результатів наукової роботи		
5	Економічна частина		
6	Охорона праці		
7	Графічна частина		

Студент _____ ___Лазюк В.В.___
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ __Войтюк Ю.П.__
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ 5
ВСТУП 7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА 9
1.1 Характеристика підприємства 9
1.2 Розрахунок електричних навантажень підприємства 11
1.3 Визначення кількості, потужності та місця розташування цехових ТП 15
1.4 Визначення оптимального перерізу ліній живлення 17
1.5 Вибір високовольтних вимикачів та роз'єднувачів 20
1.6 Перевірка вибраного електрообладнання 10 кВ 20
1.7 Оптимізація і моделювання вибору місця розташування ЦРП 22
1.8 Вибір потужності конденсаторних батарей 25
1.9 Релейний захист автоматика 27
2 ХАРАКТЕРИСТИКИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІ 31
2.1 Аналіз основного обладнання сонячних електричних станцій 31
2.2 Конфігурації сонячних фотоелектричних систем електропостачання 32
2.3 Типи сонячних модулей 34
2.4 Аналіз використання інверторів в системі керування СЕС 36
2.5 Методика визначення оптимальних параметрів СЕС 39
3 ПРОЕКТУВАННЯ ДАХОВОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ 43
3.1 Практична реалізація дахової сонячної електростанції 43
3.2 Розробка схеми підключення основних елементів ФЕС 45
3.3 Розрахунок терміну окупності СЕС 46
3.4 Цифрова модель для дослідження роботи сонячних панелей 49
3.5 Моделювння основних режимів роботи СЕС 51
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ 52
4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання 54
4.2 Розрахунок поточних витрат 55
4.2.1 Вибір системи освітлення 55
4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі 57
4.2.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються 59
4.2.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат 61

4.3 Розрахунок собівартості електроенергії 62
4.3.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію 62
4.3.2 Розрахунок собівартості електроенергії 65
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 66
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта 67
Технічні рішення з безпечної експлуатації робочої зони 67
5.1.2 Електробезпека 69
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії 73
5.2.1 Мікроклімат 73
5.2.2 Склад повітря робочої зони 74
5.2.3 Виробниче освітлення 74
5.2.4 Виробничий шум 75
5.2.5 Виробничі вібрації 76
5.2.6 Психофізичні фактори 77
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи СЕП ТОВ УПП «Євромед» в умовах надзвичайних ситуацій 79
5.3.1 Дослідження безпеки роботи СЕП ТОВ УПП «Євромед» в умовах впливу іонізуючих випромінювань 81
5.3.2 Дослідження безпеки роботи СЕП ТОВ УПП «Євромед» в умовах дії електромагнітного імпульсу 84
5.4 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи СЕП ТОВ УПП «Євромед» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій 85
ВИСНОВКИ 86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 88
Додаток А – Технічне завдання
Додаток Б – План підприємства із силовими та живильними мережами
Додаток В – Однолінійна схема електропостачання підприємства
Додаток Г – Капіталовкладення в спорудження СЕС 23,1 кВт
Додаток Д – Повна схема підключення СЕС 23,1 кВт
Додаток Є – Цифрова модель для дослідження роботи сонячних панелей в MATLAB Simulink
Додаток З – Основні техніко економічні показники системи електропостачання

АНОТАЦІЯ

Лазюк Владислав Володимирович. Підвищення ефективності електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю УПП «Євромед» з встановленням дахової сонячної електростанції. МКР. Спеціальність 141 – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2023 – 90 с.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто питання щодо підвищення ефективності електропостачання ТОВ УПП «Євромед». Розроблено проект дахової СЕС.

Магістерська робота базується на даних, отриманих під час проходження переддипломної практики на даному підприємстві.

У першому розділі кваліфікаційної роботи розглядаються такі питання, як розрахунок електропостачання підприємства, вибір кількості та потужності підстанцій, ліній живлення, потужності компенсуючи пристроїв, релейного захисту та автоматики.

У другому розділі кваліфікаційної роботи було здійснено аналіз основного обладнання яке використовується на СЕС та основних конфігурацій схем їх виконання.

Третій розділ присвячений науково-дослідній роботі. Спроектовано СЕС потужністю 23,1 кВт на даху Комерційного відділу (№1 на генплані). Здійснено математичне моделювання основних режимів роботи панелей станції.

Четвертий розділ був присвячений розрахунку техніко-економічних показників спроектованої СЕП підприємства.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: електричні мережі, фотопанель, інвертор.

Рисунків – 28 Таблиць - 25 Бібліографій – 32

ABSTRACT

Lazyuk Vladyslav Volodymyrovych. Increasing the efficiency of the electricity supply of the limited liability company UPP "Euromed" with the installation of a rooftop solar power plant. MTW. Specialty 141 - Vinnytsia: VNTU, FEEM, ESEEM department, 2023 - 90 p.

In the master's qualification work, the issue of increasing the efficiency of electricity supply of UPP "Euromed" LLC was considered. A project of a rooftop SES has been developed.

The master's thesis is based on the data obtained during the pre-diploma practice at this enterprise.

The first section of the qualification work deals with such issues as the calculation of the company's power supply, the selection of the number and power of substations, power lines, power compensating devices, relay protection and automation.

In the second section of the qualification work, an analysis of the main equipment used at SES and the main configurations of their implementation schemes was carried out.

The third section is devoted to research work. A 23.1 kW HPS was designed on the roof of the Commercial Department (No. 1 on the master plan). Mathematical modeling of the main operating modes of the station's panels has been carried out.

The fourth section was devoted to the calculation of technical and economic indicators of the designed SEP enterprise.

The issue of occupational health and safety in emergency situations was considered.

Keywords: electrical networks, photopanel, inverter.

Drawings – 28 Tables - 25 Bibliographies – 32

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогоднішній день використання відновлюваних джерел енергії є важливим напрямком розвитку енергетики в світі та в Україні [2]. Україна має великий потенціал у сфері відновлюваної енергетики, що дозволить повисити енергетичну незалежність України.

Надійність та ефективність системи електропостачання реалізується шляхом вибором новітнього електрообладнання, для ключових елементів СЕП, відповідно до нормальних і аварійних режимів роботи. Застосуванням систем резервування, автоматики і пристроїв релейного захисту для захисту обладнання та ліній живлення.

Відновлювані джерела енергії починають відігравати важливу роль у покращенні ситуації в енергетичному секторі. Сьогодні когенераційні установки, сонячні колектори, вітрогенератори та теплові насоси конкурують з традиційними видами енергії, а витрати на їх будівництво та експлуатацію знижуються.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності електропостачання ТОВ УПП «Євромед» з встановленням дахової сонячної електростанції. Здійснити аналіз системи електропостачання підприємства на основі існуючих найбільш енергоефективних методів розрахунку, розрахувати електричні навантаження зовнішніх та внутрішніх електромереж, визначити оптимальні місця розташування трансформаторних підстанцій та вибрати пристрої КРП.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- оптимізація СЕП шляхом вибору класів напруг, визначення електричних навантажень та забезпечення надійності енергосистеми;
- вибір оптимальної кількості та потужності трансформаторів і пристроїв КРП.
- спроектувати сонячну електростанції на даху одного із цехів.

Об’єкт дослідження – система електропостачання ТОВ УПП «Євромед».

Предмет дослідження – Предметом роботи є методи та засоби для створення оптимальної, ефективної СЕС на даху одного із цехів.

Методи досліджень. Для аналізу та вирішення поставлених завдань використовувалися загальноприйняті методи розрахунку та методи математичного моделювання.

Наукова новизна. Основним результатом наукової роботи є повний проект СЕС потужністю 23,1 кВт на даху Комерційного відділу (№1 на генплані) з оптимальними параметрами ключових елементів та режимів роботи СЕС. Обрано оптимальну конфігурацію станції яка дає змогу досягти максимального економічного ефекту від її встановлення. Розраховано загальні капіталовкладення в СЕС та період окупності проекту. Здійснено математичне моделювання основних режимів роботи панелей станції.

Практична цінність. В роботі представлені цифрові моделі СЕС. Використання даних цифрових систем в організаціях, які здійснюють експлуатацію таких пристроїв дає змогу виконувати вибір параметрів обладнання, яке буде оптимально задіяне місця його встановлення.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристика підприємства

ТОВ УПП «Євромед» – підприємство яке спеціалізується на виготовлені соєвої олії та соєвої макухи. Підприємство знаходиться за адресою вул. Першотравнева, с. Горбанівка, Вінницька обл., Україна, 21000.

Соєва олія - це перероблений соєвий продукт, отриманий шляхом пресування або екстракції соєвих бобів. Соєва олія є однією з найкращих серед інших рослинних олій завдяки своїй високій біологічній активності, вмісту незамінних жирних кислот і природному антиоксиданту токоферолу.

Макуха - це відходи процесу виробництва рослинної олії. Його отримують шляхом пресування олійних культур. Макуха є хорошою добавкою до комбікормів, а також може використовуватися як чистий корм для великої рогатої худоби та інших тварин.

Основними покупцями продукції підприємства є комбікормові заводи ТМ Калинка, ТМ Агропрогрес, ТМ Nuscience Цехаве корм, ТМ Константа, птахофабрики та свинокомплекси.

Передова технологія заводу з виробництва соєвих масел забезпечує високопродуктивну екстракцію соєвої олії з низькими інвестиціями. Весь комплекс виробничої лінії для соєвої олії включає: машину для попередньої обробки соєвої олії, машину для екстракції соєвої олії та машина для рафінування соєвої олії.

Технологічний процес виготовлення соєвої олії має кілька особливостей:

- в екструдері соєві боби подрібнюються та розігріваються під тиском. Що дозволяє знизити активність уреази до 0,05...0,2 pH;

- для наступного етапу у спеціальному транспортері знижується температура сировини до 90 … 115 °C і відводиться надлишок пари;

- в соєвій олійниці з сої олійність до 27% виробляється механічний віджим олії. Олійність отриманої макухи становить 7...9%. Вихід олії з сої - 19...20%;

- соєва олія подається в систему очищення і зберігання;

- перед переведенням на склад, макуха проходить етап охолодження в охолоджувачі для збереження в сої поживних кондицій протеїнів.

Процес попередньої обробки для соєвої олії: соя - чищення - видалення каменів - магнітний вибір - дроблення - розм'якшення - відшаровування - сушіння - цех з екстракції розчинником.

Цех попередньої обробки сої є основним процесом заводу з виробництва соєвої олії, в основному видалити домішки в сої, регулювати вологість і температуру сої і розкладання сої на дрібні частинки, змінити молекулярну структуру сої і т.д.

Процес екстракції соєвої олії: являє собою систему екстракції, систему видалення розчинників, систему конденсації та систему рециркуляції.

Продукт вижиму використовується для виготовлення соєвої макухи в наступному технологічному циклі виробництва.

Генеральний план ТОВ УПП «Євромед» з елементами, які входять до проектування показано на рисунок 1.1, а в таблиці 1.1 наведено значення електричних навантажень.

Таблиця 1.1 – Електричні навантаження цехів підприємства

№	Назва споруди	Рн, кВт
1	Комерційний відділ	25
2	Лабораторія	18
3	Майстерня	44
4	Холодильна камера	36
5	Вагова	10
6	Компресорна	55
7	Цех виготовлення соєвої макухи	106
8	Котельня	38
9	Насосна станція	23
10	Склад серовини	46
11	Цех виготовлення соєвої олії	98
12	Склад готової продукції	61
	Разом	**560**

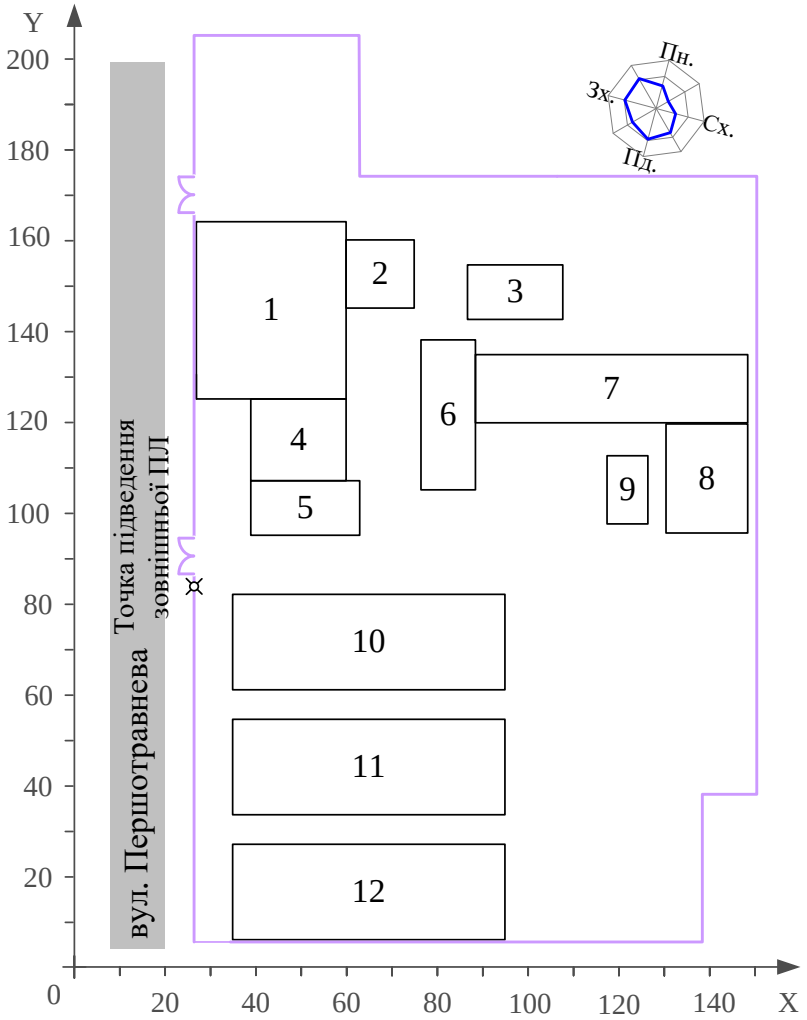

Рисунок 1.1 – Генеральний план ТОВ УПП «Євромед» для проектування

1.2 Розрахунок електричних навантажень підприємства

Використовуючи послідовно формули представлені в таблиці 1.2 здійснюється розрахунок навантажень споруд підприємства. Результати розрахунків показані на рисунку 1.2. Виробничі процеси залежать від системи електропостачання, яка гарантує нормовану роботу підприємства. Система електропостачання повинна відповідати таким вимогам: безпечна експлуатація, надійність, ефективність, можливість подальшого розвитку, а також забезпечувати якість електроенергії.

Таблиця 1.2 – Послідовність формул для розрахунку навантажень

Назва параметра	Формула	Приклад розрахунку
Коефіцієнт РП	$\mathrm{tg}(\varphi) = \mathrm{tg}(\arg\cos(\varphi))$	$\mathrm{tg}(\varphi) = \mathrm{tg}(\arg\cos(0,7)) = 1,02$

Продовження таблиці 1.2

Розрахункова активна потужність освітлення, кВт	$P_{ро} = F \cdot k_{по} \cdot k_{пра} \cdot P_{пито}$	$P_{ро} = 106 \cdot 0,08 \cdot 1,2 \cdot 0,022 = 19,01$
Розрахункова реактивна потужність освітлення, квар	$Q_{ро} = P_{ро} \cdot tg(\varphi o)$	$Q_{ро} = 19,01 \cdot tg(0,9) = 9,2$
Середня активна потужність, кВт	$P_{с} = k_{в} \cdot P_{н} + P_{ро}$	$P_{с} = 0,57 \cdot 106 + 19,01 = 75,2$
Середня реактивна потужність, квар	$Q_{с} = k_{в} \cdot P_{н} \cdot tg(\varphi) + Q_{ро}$	$Q_{с} = 0,53 \cdot 106 \cdot 1,02 + 9,2 = 66,5$
Середня повна потужність, кВА	$S_{с} = \sqrt{P_{с}^2 + Q_{с}^2}$	$S_{с} = \sqrt{75,2^2 + 66,5^2} = 100,4$
Розрахункова активна потужніст, кВт	$P_{р} = k_{п} \cdot P_{н} + P_{ро}$	$P_{р} = 0,57 \cdot 106 + 19,01 = 79,4$
Розрахункова реактивна потужність, квар	$Q_{р} = k_{п} \cdot P_{н} \cdot tg(\varphi) + Q_{ро}$	$Q_{р} = 0,57 \cdot 106 \cdot 1,02 + 9,2 = 70,8$
Розрахункова повна потужність, кВА	$S_{р} = \sqrt{P_{р}^2 + Q_{р}^2}$	$S_{р} = \sqrt{79,4^2 + 70,8^2} = 106,4$
Розрахунковий струм, А	$I_{р} = \frac{S_{р}}{\sqrt{3} \cdot U}$	$I_{р} = \frac{106,4}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 161,7$
Питома густина навантажень, кВА/м²	$\rho = \frac{S_{р}}{F}$	$\rho = \frac{106,4}{900} = 0,12$
Сумарна середня активна	$P_{с\Sigma} = \sum_{1}^{N} P_{с}$	$P_{с\Sigma} = 385,5$

Продовження таблиці 1.2

Сумарна середня реактивна потужність, квар	$Q_{c\Sigma} = \sum_{1}^{N} Q_c$	$Q_{c\Sigma} = 292,9$
Сумарна середня повна потужність, кВА	$S_{c\Sigma} = \sqrt{P_{c\Sigma}^2 + Q_{c\Sigma}^2}$	$S_{c\Sigma} = \sqrt{385,5^2 + 292,9^2} = 484,19$
Сумарна розрахункова активна потужність освітлення, кВт	$P_{po\Sigma} = \sum_{1}^{N} P_{po}$	$P_{po\Sigma} = 113,49$
Сумарна розрахункова реактивна потужність освітлення, квар	$Q_{po\Sigma} = \sum_{1}^{N} Q_{po}$	$Q_{po\Sigma} = 54,96$
Сумарна розрахункова активна потужність, кВт	$P_{p\Sigma} = k_o \cdot \sum_{1}^{N} k_п \cdot P_н + P_{po\Sigma}$	$P_{p\Sigma} = 0,95 \cdot 287,1$ $+113,49 = 400,6$
Сумарна розрахункова реактивна потужність, квар	$Q_{p\Sigma} = k_o \cdot \sum_{1}^{N} P_н \cdot K_п \cdot tg + Q_{po\Sigma}$	$Q_{p\Sigma} = 0,95 \cdot 263,3 +$ $+54,96 = 305,1$
Сумарна розрахункова повна потужність, кВА	$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}{}^2 + Q_{p\Sigma}{}^2}$	$S_{p\Sigma} = \sqrt{400,6^{\,2} + 305,1^{\,2}} =$ $= 503,57$
Сумарна питома густина навантажень, кВА/м²	$\rho_\Sigma = \frac{S_{p\Sigma}}{F_\Sigma}$	$\rho_\Sigma = \frac{503,57}{8073} = 0,06$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1			навантаження цехів та заводу в цілому																					
2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
3											Uном=	0,38						Ко=	0,95					
4	№	Найменування цехів	Дані сили					Дані світла								Середні навантаження				Розрахункове навантаження				, кВА/м
5			Рн, кВт	Cos	tg	Кп	Кв	Площа, м^2	Кпо	Рпит, Вт/м^2	Кпра	Cos_o	tg_o	Рро, кВт	Qро, квар	Рс, кВт	Qс,квар	Sс,кВА	Iс, А	Рр, кВт	Qр, квар	Sр,кВА	Iр, А	
6																								
7	1	Комерційний відділ	25	0,7	1,02	0,6	0,54	1287	0,6	0,022	1,3	0,9	0,48	22,1	10,7	35,58	24,47	43,186	65,61	37,08	26	45,291	68,812	0,035
8	2	Лабораторія	18	0,8	0,75	0,45	0,4	225	0,8	0,022	1,3	0,9	0,48	5,1	2,5	12,35	7,893	14,655	22,27	13,25	8,568	15,777	23,971	0,07
9	3	Майстерня	44	0,8	0,75	0,4	0,35	252	0,6	0,012	1,1	0,9	0,48	2,0	1,0	17,4	12,52	21,431	32,56	19,6	14,17	24,18	36,738	0,096
10	4	Холодильна камера	36	0,7	1,02	0,4	0,32	378	0,6	0,011	1,1	0,9	0,48	2,7	1,3	14,26	13,08	19,355	29,41	17,14	16,02	23,464	35,65	0,062
11	5	Вагова	10	0,9	0,48	0,24	0,2	288	0,6	0,014	1,2	0,9	0,48	2,9	1,4	4,903	2,375	5,4478	8,277	5,303	2,568	5,8923	8,9524	0,02
12	6	Компресорна	55	0,85	0,62	0,6	0,5	396	0,6	0,014	1,2	0,9	0,48	4,0	1,9	31,49	18,98	36,767	55,86	36,99	22,38	43,237	65,692	0,109
13	7	Цех виготовлення соєвої макухи	106	0,7	1,02	0,57	0,53	900	0,8	0,022	1,2	0,9	0,48	19,0	9,2	75,19	66,52	100,39	152,5	79,43	70,85	106,43	161,71	0,118
14	8	Котельня	38	0,7	1,02	0,6	0,55	432	0,6	0,014	1,2	0,9	0,48	4,4	2,1	25,25	23,43	34,45	52,34	27,15	25,37	37,162	56,461	0,086
15	9	Насосна станція	23	0,7	1,02	0,6	0,54	135	0,6	0,014	1,2	0,9	0,48	1,4	0,7	13,78	13,33	19,173	29,13	15,16	14,74	21,144	32,124	0,157
16	10	Склад серовини	46	0,85	0,62	0,55	0,5	1260	0,7	0,012	1,1	0,9	0,48	11,6	5,6	34,64	19,89	39,948	60,69	36,94	21,32	42,652	64,803	0,034
17	11	Цех виготовлення соєвої олії	98	0,7	1,02	0,57	0,53	1260	0,8	0,022	1,2	0,9	0,48	26,6	12,9	78,55	65,88	102,52	155,8	82,47	69,88	108,09	164,23	0,086
18	12	Склад готової продукції	61	0,85	0,62	0,55	0,5	1260	0,7	0,012	1,1	0,9	0,48	11,6	5,6	42,14	24,54	48,767	74,09	45,19	26,43	52,354	79,544	0,042
19		**Всього**	**560**			**0,54**	**0,49**	**8073**						**113,49**	**54,96**	**385,5**	**292,9**	**484,19**	**735,7**	**400,6**	**305,1**	**503,57**	**765,1**	**0,062**

Рисунок 1.2 - Розрахунок навантаження підприємства

1.3 Визначення потужності, кількості та місця встановлення цехових ТП

Для здійснення живлення окремої групи споживачів підприємства проводимо вибір трансформаторних підстанцій (ТП) дотримуватися наступних положень [8]:

- показник ефективності приведена вартість витрат протягом року;
- максимум дві стандартні потужністі трансформаторів.

Відповідно класу надійності споживача згідно з ПУЕ приймається кількість трансформаторів в ТП[1].

Для живлення споживачів підприємства буде використана одна двотрансформаторна підстанція. Потіжність і місце встановлення якої здійснюємо за допомогою автоматизованого пошуку рішень.

Модель на робочому листі EXCEL автоматично вирішує задачу вибору потужності трансформатора за наступними даними:

1) E_e=0,1 – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень в ТП;

2) E_a=0,066 – величина коефіцієнта відрахувань на амортизацію;

3) коефіцієнт навантаження в нормальному режимі:

- річна температура для Вінницької обл. береться рівною θ=10,7°С;
- $k_н$=0,91 –коефіцієнт навантаження для нормального режиму роботи ТП.

4) коефіцієнт навантаження трансформатора для післяаварійного режиму роботи;

Значення максимальної температури навколишнього середовища необхідно прийняти ≈30°С;

$k_{па}$=1,3 –коефіцієнт навантаження для післяаварійного режиму роботи.

5) $k_{нпа}$=0,9 – коефіцієнт під час післяаварійного режиму роботи.

Таким чином, маючи необхідні дані, можна розробити математичну модель для підбору потужності трансформаторів - $S_т$, а параметром визначення ефективності вибору – річні приведені затрати З в ТП.

Всі формули, необхідні для побудови математичної моделі вибору потужності трансформатора, наведені нижче у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 Формули для оптимального визначення потужності трансформаторів

Назва параметра	Формула
Річні приведені затрати в ТП, грн	$З(S_Т) = B_{ТП}(S_{ТП}) + B_В(S_{ТП});$ $З(S_Т) = (E_а + E_е)\cdot k_{ТП}(S_Т, k_Т) +$ $+\left[\Delta P_{ХХ}(S_Т) + \Delta P_{КЗ}(S_Т)\cdot k_З^2\right]\cdot k_Т \cdot B_0$
Вартість річних втрат електроенергії, грн	$B_В(S_Т) = \left[\Delta P_{ХХ}(S_Т) + \Delta P_{КЗ}(S_Т)\cdot k_З^2\right]\cdot k_Т \cdot B_0$
Річна приведена вартість капіталовкладень, грн	$B_{ТП}(S_{ТП}) = (E_а + E_е)\cdot k_{ТП}(S_Т, k_Т)$
Обмеження, які накладаються на керовану зміну	$S_т \cdot k_т \cdot k_н \geq S_{тп};$ $k_т > 1 \Rightarrow S_т \cdot k_{па} \geq S_{тп} \cdot k_{нпа}$
Втрати активної потужності, кВт	$\Delta P_{тр} = n \cdot \Delta P_{хх} + \frac{1}{n}\cdot \Delta P_{кз}\cdot\left(\frac{S_р}{S_{ном.тр}}\right)^2$
Втрати реактивної потужності, квар	$\Delta Q_{тр} = n \cdot \frac{I_{хх}}{100}\cdot\frac{1}{n}\cdot\frac{U_{кз}}{100}\cdot\left(\frac{S_р}{S_{ном.тр}}\right)^2$

На рисунку 1.4 показана таблична форма, для автоматизованого находження оптимальної потужності трансформаторів ТП.

За результатами виконаного автоматизованого вибору вибираємо комплектну ТП з трансформаторами 2х400 кВА [11].

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

Рисунок 1.4 – Находження потужності ТП

1.4 Визначення перерізів ліній живлення

Дане підприємство відноситься до споживача малої потужності, яке доцільно заживити на напрузі 10 кВ. Розміщення підприємства дає можливість здійснити його живлення повітряною лінією, яка є економічно вигіднішим варіантом ніж живлення кабельною лінією. Отже підприємство буде живитися від двоколової повітряної лінії від підстанції 35/10, що знаходиться на відстані 2,6 км від підприємства.

Приймаємо напругу 10 кВ для ПЛ живлення підприємства. Перевірка за умовами коронування не проводиться.

Проектування СЕП промислових підприємств є складним і відповідальним завданням. Кожен споживач електроенергії має свої специфічні характеристики, які визначають певні вимоги до електропостачання (наприклад, надійність електропостачання, якість електроенергії, резервування, захист окремих елементів даної системи тощо).

Складемо математичну модель вибору оптимальних перерізів ПЛ 10кВ:

$$\begin{cases} З(x)=\left[\left(E_e+E_a\right)\cdot K_0(x,k_л)+3\cdot I_л^2\cdot r_0(x)\cdot t\cdot\tau\right]\cdot L\cdot k_л\rightarrow\min\limits_{x\in X_{ст}} \\ x\geq x_{доп}\equiv k_{доп}\cdot I_{доп}(x)\geq I_л \\ x\geq x_{доп}\equiv k_{па}\cdot I_{доп}(x)\geq I_л\cdot k_л\cdot k_{нпа} \\ \Delta U_н(x)\leq\Delta U_{доп} \\ \Delta U_{па}(x)\leq\Delta U_{доп} \\ x\geq x_{кор}, \\ x\geq x_{мех}, \\ x\in X_{ст} \end{cases} \quad (1.1)$$

Використовуючи табличну форму, зображену на рисунку 1.4 проведено автоматизований пошук рішень для даної проектної задачі вибору перерізу ПЛ 10 кВ для живлення підприємства.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРЕРІЗУ ПЛ 10 кВ													
2	**Дані нормального режиму**													
3	Напруга, кВ							Un =	10					
4	Активна розрахункова потужність споживача, кВт							Pp =	400,6056					
5	Реактивна розрахункова потужність споживача, кВар							Qp =	305,1218					
6	Повна розрахункова потужність, кВА							Sp =	503,5714					
7	Розрахунковий струм окремого проводу, А							I =	14,53686					
8	Коефіцієнт допустимого навантаження							kдоп =	0,94					
9	Кількість ланцюгів							k =	2					
10	Довжина лінії, км							L =	2,6					
11	Мінімально допустимий переріз за механічною міцністю, мм²							Fмех =	50					
12	Коефіцієнт завантаження							Кз =	0,629464					
13	Втрати активної потужності в трансформаторі, кВт							dPт =	6,575459					
14	Втрати реактивної потужності в ТП, квар							dQт =	16,94264					
15	Активна розр. потужність, яка передається по лінії, кВт							Pл =	407,1811					
16	Реактивна розр. потужність , що передається по лінії, квар							Qл =	322,0645					
17	Повна розр. потужність, яка передається по лінії, кВА							Sл =	519,155					
18	Струм в лінії, А							Iл =	29,97343					
19	Допустима втрата напруги в ПЛ,%							lUndop =	5					
20	**Дані післяаварійного режиму**													
21	Коефіцієнт перевантаження ПЛ у післяаварійному режимі							Кп =	1					
22	Доля навантаження у післяаварійному режимі							Кнпа =	0,8					
23	Допустима втрата напруги в ПЛ, %							dUпадоп=	5					
24	**Економічні характеристики**													
25	Питома вартість втрат, грн/кВт							Во =	8203,353					
26	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень							Ее =	0,1					
27	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію							Еа =	0,03					
28														
29		F, мм^2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Ідоп, А	Ко, тис. грн/км	dUн, %	dUпа, %	dP, кВт	E*K, тис.грн	Вв, тис.грн	З, тис.грн	*	X
30		10	2,766	0,412	84	51,3172	1,636639	2,618623	19,38294	150,7699	159,0051	-		
31		16	1,801	0,399	111	57,8354	1,120388	1,792621	12,62063	169,9204	103,5315	-		
32		25	1,176	0,385	142	59,5467	0,783692	1,253907	8,240903	174,9482	67,60304	-		
33		35	0,79	0,373	175	61,694	0,574344	0,91895	5,535981	181,257	45,41361	-		
34		50	0,603	0,365	210	65,509	0,472009	0,755214	4,225565	192,4654	34,6638	227,1292	v	+
35		70	0,428	0,354	265	70,7519	0,37477	0,599631	2,99924	207,8691	24,60383	232,4729		+
36		95	0,31	0,343	330	77,1066	0,307703	0,492324	2,172347	226,5392	17,82053	244,3597		+
37		120	0,25	0,336	390	82,0661	0,273012	0,436819	1,751893	241,1102	14,37139	255,4816		+
38		150	0,199	0,33	450	89,4345	0,243503	0,389605	1,394507	262,7586				+
39		185	0,158	0,323	520	92,6718	0,21887	0,350192	1,107196	272,2697				+
40		240	0,122	0,314	605	117,0878	0,196046	0,313673	0,854924	344,004				+
41		300	0,099	0,307	710	125,1538	0,18094	0,289504	0,693749	367,7019				+
42										Змин=	227,1292			
43										F мин=	50			

Рисунок 4.2 – Вибір оптимального перерізу зовнішньої ПЛ 10 кВ

На основі виконаного в табличній формі автоматизованого пошуку для зовнішньої лінії живлення обрано двоколову ПЛ 10 кВ з проводом марки АС перерізом 50 мм^2, як найбільш економічний варіант.

На рисунку 4.3 показано автоматизований вибір кабельної лінії 0,38 кВ для живлення РП Комерційного відділу (№ 1 на генплані).

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

Рисунок 4.3 – Вибір оптимального перерізу КЛ 0,38 кВ

Для усіх інших приєднань аналогічно здійснюємо автоматизований пошук оптимального перерізу кабельних ліній 0,38 кВ а результати заносимо в тблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Оптимальні перерізи ліній живлення

№	Назва цеху	Ір, А	n, шт.	Марка	Переріз, мм^2	Спосіб прокладки	Затрати, тис.грн.
1	Комерційний відділ	34,46	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	3,367
2	Лабораторія	11,38	2	АВВГ	3х16+1х10	в землі	2,698
3	Майстерня	17,45	2	АВВГ	3х35+1х25	в землі	4,552
4	Холодильна камера	16,93	2	АВВГ	3х25+1х16	в землі	1,38
5	Вагова	4,25	2	АВВГ	3х10+1х6	в землі	0,289
6	Компресорна	31,2	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	4,561
7	Цех виготовлення соєвої макухи	38,4	4	АВВГ	3х70+1х35	в землі	16,91

8	Котельня	26,82	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	6,367
9	Насосна станція	15,25	2	АВВГ	3х25+1х16	в землі	3,498
10	Склад серовини	30,78	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	0,600
11	Цех виготовлення соєвої олії	39,01	4	АВВГ	3х70+1х35	в землі	6,428
12	Склад готової продукції	37,78	2	АВВГ	3х70+1х35	в землі	5,214

1.5 Вибір високовольтного захисного обладнання

Електричні захисні апарати вибирають за характером місця їх установлення, номінальними значеннями струму та напруги, та їх відповідності місую приєднання, а також здійснюють перевірки апартів на термічну і динамічну стійкість, яка виникає в аварійному режимі у місці їх приєднання.

Високовольтні захисні апарати такі як автоматичні силові вимикачі вибираються за наступними співвідношеннями, а також з умов проходити необхідні перевірки:

$$U_{ном.в} \geq U_{ном.мережі}, \quad (1.2)$$

$$I_{ном.в} \geq I_{max}, \quad (1.3)$$

Розраховуємо величину I_{max} для нормального та післяаварійного режиму роботи:

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

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

Для захисту повітряної лінії та трансформаторів підприємства зі сторони 10 кВ встановлюємо вакуумні вимикачі ВРС-10. Значення номінального струму вимикачів $I_{ном.в} = 250 \text{ А} > I_{м.ав}$

Розрахунки струму КЗ виконуються для вибору і перевірки параметрів електрообладнання, а також для вибору і перевірки систем релейного захисту і автоматики.

1.6 Перевірка вибраного електрообладнання 10 кВ

Для перевірки вибраних вимикачів, повітряних і кабельних ліній проводимо розрахунок струмів КЗ. Необхідні формули та результати розрахунку відповідно них наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Формули для перевірки обраного обладнання

Назва параметра	Формула	Розрахунок
Базисний струм на напрузі 10 кВ, в.о.	$I_{б} = \frac{S_{б}}{\sqrt{3} \cdot U_{ср}}$	$I_{б} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55$
Опір системи, в.о.	$X_{C} = \frac{S_{б}}{S_{К}}$	$X_{C} = \frac{1000}{200} = 5;$
Періодична складова струму трифазного КЗ в початковий момент часу, кА	$I_{ПО} = \frac{E_{C}^{``}}{X_{\Sigma}} \cdot I_{б}$	$I_{ПО} = \frac{1}{5} \cdot 55 = 11$
Постійна часу затухання аперіодичної складової струму, с	$T_{ас} = \frac{X_{\Sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_{\Sigma}}$	$T_{ас} = \frac{5}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5} = 0,032$
Розрахунковий час початку розмикання контактів вим., с	$\tau = t_{рз.min} + t_{в.в.}$	$\tau = 0,01 + 0,055 = 0,065$
Аперіодична складова струму КЗ при $t = \tau = 0,065$ с, кА	$i_{ат.С} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_{ас}}}$	$i_{ат.С} = \sqrt{2} \cdot 11 \cdot e^{-\frac{0,065}{0,032}} = 2,04$
Ударний струм КЗ, кА	$i_{уд.С} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot \left(1 + e^{\frac{-\tau}{T_{ас}}}\right)$	$i_{уд.С} = \sqrt{2} \cdot 11 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,065}{0,032}}\right) = 17,6$
Час відключення, с	$t_{від} = t_{рз} + t_{пВ}$	$t_{від} = 0,5 + 0,1 = 0,6$
Тепловий імпульс, $кА^2 \cdot с$	$B_{к} = I_{ПО}^2 \cdot \left(t_{від} + T_{ас}\right)$	$B_{к} = 11^2 \cdot \left(0,6 + 0,032\right) = 76,5$

Струми короткого замикання розраховуються для вибору і перевірки параметрів електрообладнання, а також для вибору і перевірки систем релейного захисту і автоматики.

Використання комп'ютерів для дослідження ПП викликаних КЗ дозволяє підвищити точність прийнятих рішень та електричних характеристик систем електропостачання, що призводить до підвищення надійності та ефективності. Тому слід приділяти увагу аналізу та розвитку методів дослідження перехідних процесів з метою підвищення стійкості систем електропостачання.

Здійснюєм необхідні перевірки прийнятих силових вимикачів типу ВРС-10 на комутаційну здатність і стійкість до дії струмів КЗ. Результати перевірки представлені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Перевірка обраних вимикачів

Умова вибору	Номінальні параметри вимикачів	Розрахункові параметри мережі
$I_{ном.від}=I_{Пτ.}$	$I_{ном.від}=$ 40 кА	$I_{Пτ}=I_{ПτС}=11$ кА
$\sqrt{2}\cdot I_{ном.від}\cdot\left(1+\frac{\beta_н}{100}\right)\geq$ $\geq\sqrt{2}\cdot I_{Пτ}+i_{aτ}$	$\sqrt{2}\cdot 40\cdot\left(1+\frac{21}{100}\right)=$ $=68,45$ кА	$\sqrt{2}\cdot 11+2,04=$ $=13,04$ кА
$i_{дин}\geq i_{уд}$	$i_{дин}=128$ кА	$i_{уд.С}=17,6$ кА
$I_{дин}\geq I_{ПО}$	$I_{дин}=40$ кА	$I_{ПО}=11$ кА
$I_T^2\cdot t_T\geq B_к$	$I_T^2\cdot t_T=40^2\cdot 4=$ $=6400$ кА$^2\cdot$с	$B_к=76,5$ кА$^2\cdot$с

Отже вимикач типу ВРС-10 підходить для встановлення на ТП підприємства на стороні 10 кВ.

1.7 Оптимізація і моделювання вибору місця розташування ТП

Для рішення даної задачі використовуємо наступну математичну модель [8]:

$$З(x_0,y_0)=\left[\left(E_e+E_{аж}\right)\cdot\left(a_ж+K_0(F_ж)\right)+3\cdot I^2\cdot R_0(F_ж)\cdot B_0\right]\cdot k_ж\cdot L_ж+$$
$$+\sum_{i=1}^{n}\left[\left(E_e+E_a\right)\cdot\left(a+K_0(F_i)+3\cdot I^2\cdot R_0(F_i)\cdot B_0\cdot k_i\right]\cdot L_i\rightarrow\min,\qquad(1.4)$$
$$X_{min}\leq X_0\leq X_{max},$$
$$Y_{min}\leq Y_0\leq Y_{max}.$$

де $З(x_0,y_0)$ - річні приведені затрати;

$К_0(F_i)$ - питома вартіст КЛ перерізом F_i;

I – струм окремої лінії;

$В_0$ - питома вартість втрат активної потужності грн/кВт;

$Е_а$ - Коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

$Е_е$ - коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

$k_ж$ - кількість кабелів живлячої лінії;

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

$F_ж$ - переріз живлячої кабельної лінії;

F_i - переріз і-тої кабельної лінії;

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

$а_ж$ - складова питомої вартості живлячої КЛ на 1км;

$L_ж$ - довжина живлячої лінії км;

L_i - довжина і-тої розподільної лінії;

Причому довжина лінії живлення визначається за такими формулами: $L_i=\sqrt{(X_0-X)^2+(Y_0-Y)^2}$ - для евклідової метрики;

$L_i=|X_0-X|+|Y_0-Y|$ - для неевклідової метрики.

$X_0;Y_0$ - координати центру мережі;

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

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

На рисунку 1.5 показана таблична форма в якій автоматизовано процес вибору ЦМ за мінімумом річних приведених затрат.

Для ТП підприємства доцільно виконати встановити як найближче до центра мережі. Це дозволить знизити перетоки потужності, що призведе до зменшення втрат енергії в лініях живлення.

В даному розділів побудовано картограму електричних навантажень представлену на рисунку 1.6. Розраховано оптимальні координати розміщення ТП за критерієм мінімуму затрат в СЕП $X_0=32$ м та $Y_0=78$ м.

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

Рисунок 1.5 – Таблична форма для визначення ЦЕН

Генплан підприємства з картограмою навантажень та розміщенням ТП представлено на рисунку 1.6.

Також на даху Комерційного відділу (№1 на генплані) зображено розміщення СЕС 23,1, яка буде спроектована у третьому розділі даної кваліфікаційної роботи.

Використання сучасних технологій проектування значно покращує інженерні рішення, скорочує терміни проектних робіт, підбирає обладнання, що працює в оптимальному режимі, забезпечує надійну і безаварійну роботу системи електропостачання підприємства.

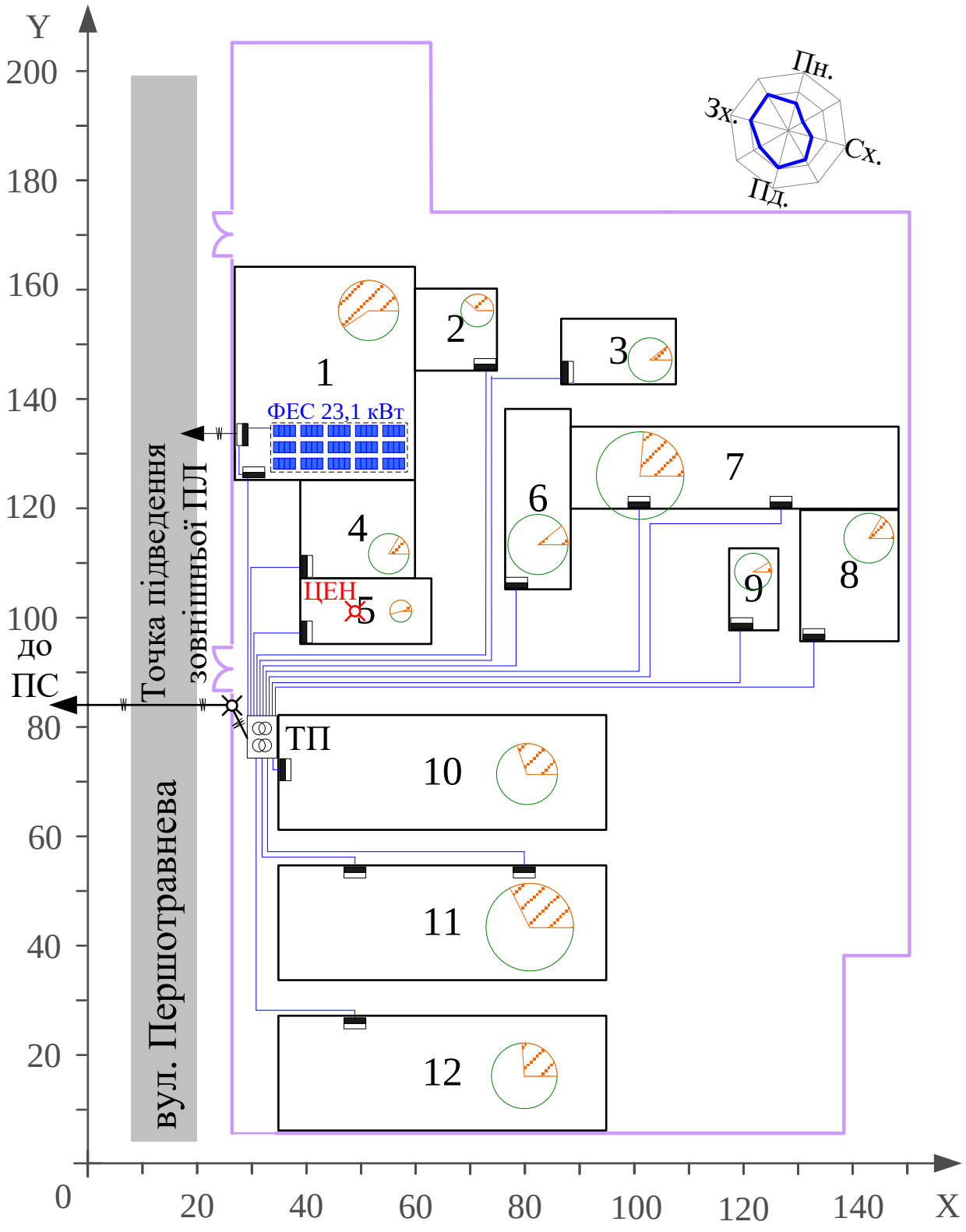

Рисунок 1.6 – Розміщення ТП та РП на картограмі підприємства

1.8 Вибір потужності конденсаторних батарей

Найбільш ефективним і дієвим способом зниження реактивної потужності, споживаної з мережі, є використання компенсаторів РП (БСК, СД, синхронні

компенсатори). Підключення компенсаторів до мережі зменшує втрати потужності та напруги.

Постійно увімкнені конденсаторні батареї неприйнятні для підприємств, що потребують змінної реактивної потужності. У цьому випадку конденсаторна батарея оснащується спеціальним контролером, пристроями комутації та захисту: якщо значення cosφ відрізняється від нормованого значення, контролер здійснює вмикання чи вимикання конденсаторної ступінчатої батареї. Перевагою використання централізованої компенсації є те, що величина ємності переключеного конденсатора відповідає реактивній потужності, спожитій в конкретний момент часу, без надлишкової або недостатньої компенсації.

На рисунку 1.7 зображено добовий графік реактивного навантаження для ТП. На графіку присутні години мінімальних та пікових навантажень.

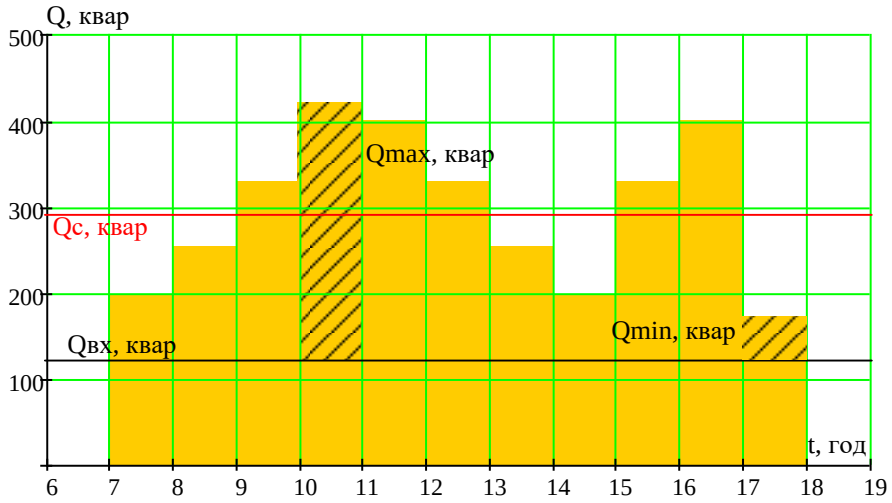

Рисунок 1.7 – Добовий графік реактивного навантаження до КРП для ТП

З добового графіку реактивного навантаження слідує що мінімальне значення яке необхідно скомпенсувати для дотримання величини вхідної реактивної потужності рівна 50 квар, а максимальне значення 300 квар.

На рисунку 1.8 зображено однолінійну схему живлення підприємтсва. На схемі видно що КУ будуть підключенні у колі РП 0,4 кВ.

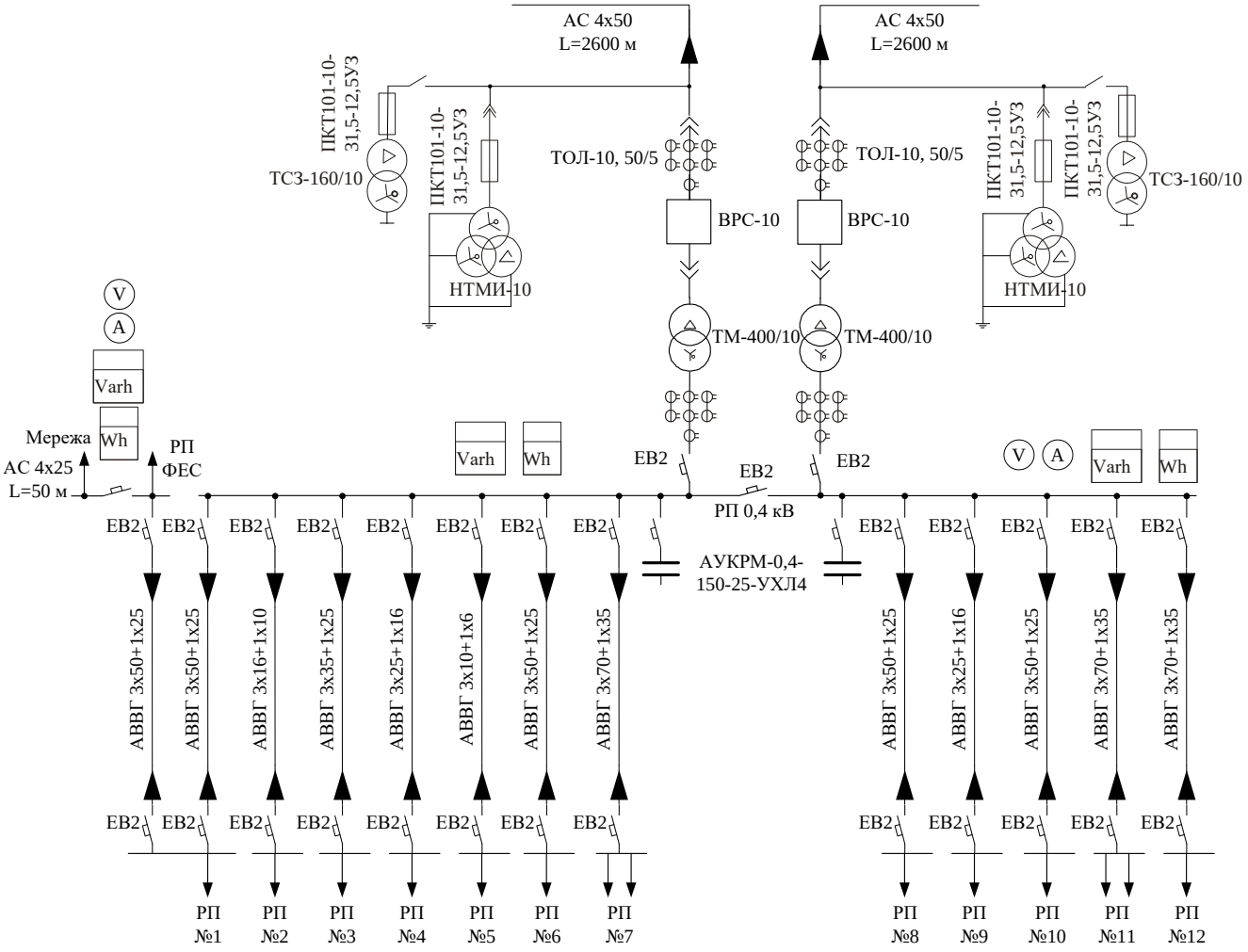

Рисунок 1.8 – Однолінійна схема живлення підприємства

Результат вибору показав що на ТОВ УПП «Євромед» оптимально використати дві конденсаторні установки типу АУКРМ-0,4-150-25-УХЛ4.

1.9 Релейний захист та автоматика

Здійснюємо вибір захисних апаратів для АУКРМ-0,4-150-25-УХЛ4 які встановлено на РП 0,4 кВ.

Струмова відсічка. Здійснюєм налагодження від величини амплітудного струму включення.

$$I_{св} = k_н \cdot I_{вкл}; \quad (1.5)$$

де $k_н$ - коефіцієнт надійності, $k_н$ = 1,5;

$I_{вкл}$ - струм включення БСК, розраховується за формулою:

$$I_{вкл.БСК} = \sqrt{2} \cdot I_{ном.БСК} \left(k_u + \sqrt{\frac{W_{кз}}{Q_{ном.БСК}}} \right); \quad (1.6)$$

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

k_u - коефіцієнт загрузки БСК:

$$k_u = \frac{U_{розр}}{\sqrt{2} \cdot n \cdot U_{н.к.}} = \frac{0,4}{\sqrt{2} \cdot 6 \cdot 0,4} = 0,118; \quad (1.7)$$

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

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

Визначимо струм трифазного КЗ.

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

$$k_ч = \frac{I_к^{(2)}}{I_{сз}} = \frac{0,865 \cdot 11820}{4990} = 2.$$

Обираємо реле РНм-1-40/200.

Витримка часу для ступеня селективності 0,3 – 0,5 с:

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

Обираємо реле часу ЭВ-114.

Максимальний струмовий захист.

Перевірка при умові неспрацьовування захисту при післяаварійних перевантаженнях знаходиться за наступною формулою:

$$I_{сз} = \frac{k_н \cdot I_{ном.БСК}}{k_в}; \quad (1.8)$$

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

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

Перевірка за умовою роботи з узгодженням відповідно попереднього

захисту:

$$I_{сз} = k_{нс} \cdot I_{сзТр} = 1,3 \cdot 303 = 393,9 \text{ (А)}.$$

Отже необхідно прийняти уставку струму величиною $I_{сз} = 393,9$ (А).

Чутливість захисту при двофазному КЗ:

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

Струм спрацьовування реле:

$$I_{ср} = \frac{I_{сз}}{n_{ТС}} = \frac{393,9}{20} = 19,7 \text{ (А)}.$$

де $n_{ТС}$ – коефіцієнт трансформації ТС.

Обираємо реле РНм-1-40/100.

Визначаємо час спрацьовування захисту:

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

Приймаємо реле часу ЕВ-124.

Захист від однофазних замикань на землю.

Струм замикання на землю 10 кВ, яка живить ТП:

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

де $U_{мф}$ – міжфазна напруга, кВ;

Струм спрацьовування захисту:

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

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

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

Отже приймаємо сумове реле РТЗ-51 [5].

1.10 Висновки до розділу 1

Проведений аналіз СЕП підприємства ТОВ УПП «Євромед» показав що для підвищення енергоефективності необхідно здійснити наступні проектні рішення:

- для оптимального електропостачання достатньо однієї двотрансформаторної підстанції трансформаторами типу ТМ 2х400/10;

- переріз зовнішньої повітряної лінії повинен бути 3х50 мм², повітряні лінії виконані алюміневим проводом типу АС на напрузі 10 кВ;

- у даному розділі також проводиться аналіз і вибір типу захисту електрообладнання для аварійних режимів роботи.

Загалом для підприємства ТОВ УПП «Євромед» розроблено енергоефективну СЕП, яка відповідає необхідним стандартам і є оптимізованою з точки зору економічних показників роботи системи живлення.

2 ХАРАКТЕРИСТИКИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІ

2.1 Аналіз основного обладнання сонячних електричних станцій

Хоча безпосередня технічна реалізація окремих модулів і підсистем фотоелектричних електростанцій відрізняється, їх функціональне призначення в принципі залишається однаковим. Фотоелектрична станція складається з декількох основних елементів, без яких процес перетворення сонячної енергії в електричну був би неможливий, як показано на рисунку 1.1.

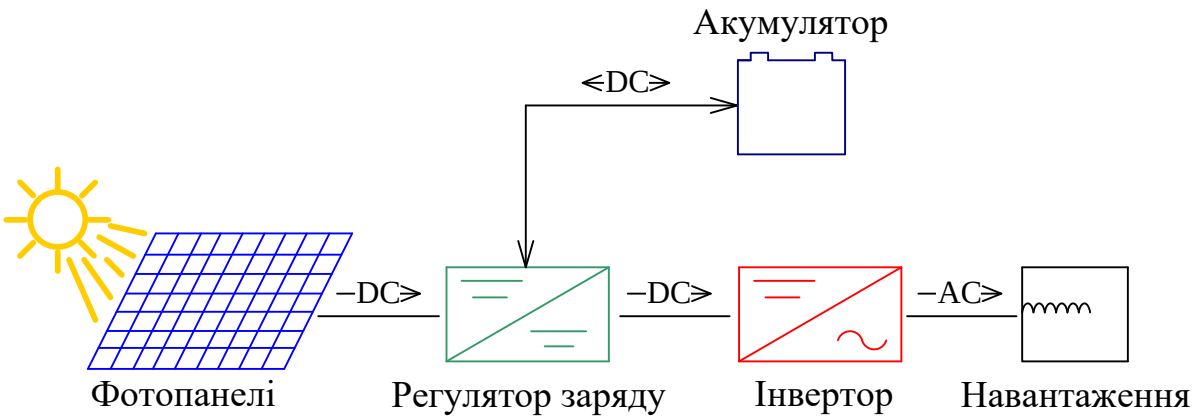

Рисунок 1.1 – Принципова схема реалізації СЕС

- фотопанель – ключовий елемент СЕС, служить первинним перетворювачем світлової енергії сонячного випромінювання на електричну. Матеріали, типи, розміри і кількість сонячних панелей в одній електростанції можуть бути різними, і найкраще інженерне рішення часто пов'язане з поєднанням різних сонячних панелей в одній електростанції.

- регулятор заряду –пристрій для здійснення контролю роботи, призначений для керування режимами роботи фотогальванічних панелей, процесу заряду та розряду акумуляторних батарей, регулювання заданого рівня величини вихідної напруги та інших необхідних функцій. Від вибору алгоритму управління та контролю залежить ефективність усієї фотоелектричної системи загалом.

- інвертор - - це пристрій, який перетворює постійний струм сонячних батарей в змінний. З огляду на те, що більшість споживчих мережевих навантажень розраховані на напругу 220 В змінного струму і промислову частоту 50 Гц, інвертор практично завжди є необхідним елементом сонячної електростанції. У деяких випадках, коли є навантаження, розраховані на постійну напругу, електрична схема проектується з окремою гілкою, призначеною для живлення споживачів постійного струму.

- навантаження – являє собою споживачі електричної енергії, яку генерує СЕС.

- акумулятори – пристрій, необхідний для зберігання електроенергії від сонячних панелей. З різних причин сонячні панелі не завжди забезпечують стабільні вихідні характеристики, тому в будь-якій системі генерації електроенергії необхідно використовувати акумулятори. Крім того, сонячні батареї не можна використовувати в темний час доби або в хмарну погоду, тому споживачі повинні отримувати попередньо накопичену електроенергію протягом дня.

Сонячні електричні станції можуть бути різні за комплектацією, що визначається переважно вимогами споживачів електроенергії (їх потужність, режим роботи, вимоги до якості електроенергії, надійності електропостачання тощо).

Необхідних кількість сонячних модулів залежить від розміру площі, на якій встановлюються модулі, кількості необхідної електроенергії та вартості. По-перше, необхідно визначити загальну потужність сонячних модулів, з яких складається СЕС. При розрахунку необхідно враховувати: розташування сонячної електростанції; час використання та період (зима, літо або цілий рік); погодні умови цієї території; наявність дерев, будов тощо. що затінюють модулі від прямого освітлення сонячними променями; можливість стеження за сонцем за однією або двома координатами.

Що стосується питання вибору обладнання, то важливою особливістю фотоелектричних систем є те, що вони повинні не тільки ефективно перетворювати сонячну енергію в електричну і постачати її споживачам, а й забезпечувати ефективне зберігання надлишкової енергії.

2.1 Конфігурації сонячних фотоелектричних систем електропостачання

Найбільш широке використання набули нижче описані три вида конфігурації сонячних електричних систем електропостачання.

Автономна фотоелектрична система (рисунок 2.2) є повністю незалежною від мереж централізованого електропостачання. Всі автономні системи повинні мати АКБ. Енергія накопичена АКБ використовується в періоди недостатнього сонячного випромінювання або в періоди коли навантаження перевищує кількість електроенергії, що генерується сонячними панелями.

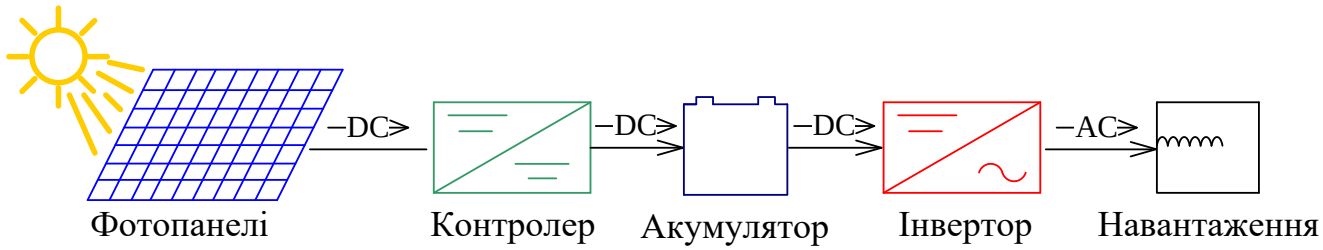

Рисунок 2.2 – Автономна фотоелектрична система

Батарейна з'єднана з мережею фотоелектрична система (рисунок 2.3) нагадує автономну систему. У ній також використовують акумулятори. При цьому СЕС в той же час підключена до мережі централізованого електропостачання. Виникаючі надлишки, що генеруються сонячними батареями, можуть спрямовуватися в навантаження або при необхідності мережу (при цьому необхідно використовувати перетворювачі напруги, які можуть здійснювати функціонування паралельно з мережею). В періоди коли споживання перевищує кількість енергії, виробленої сонячними панелями, нестачу покриває живлення через мережу. Частина подібних інверторів із зарядними пристроями можуть віддавати перевагу зарядці від джерел постійного струму (наприклад, сонячних контролерів), що знижує споживання енергії від мережі для заряду акумуляторів.

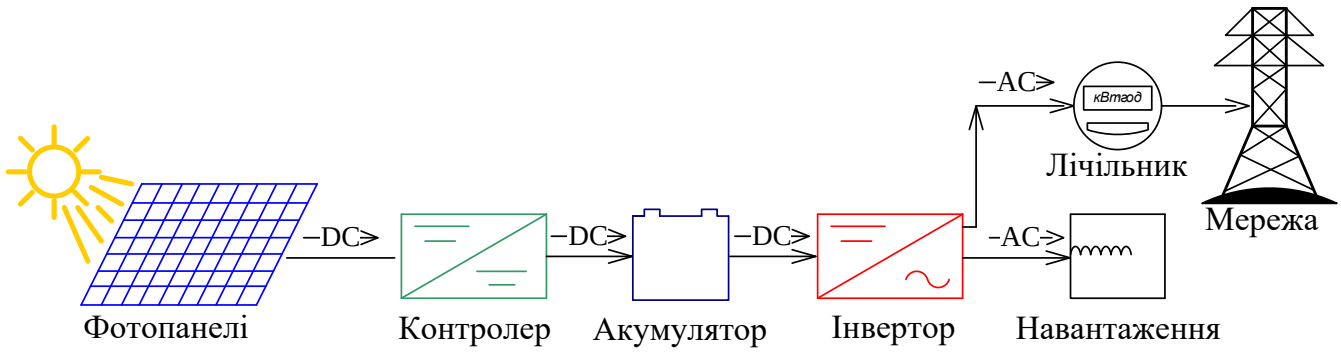

Рисунок 2.3 – Батарейна з'єднана з мережею фотоелектрична система

Фотоелектрична система, з'єднана з електромережею (рисунок 2.4). Є найпростішою із усіх систем. Вона складається із сонячних батарей та спеціального інвертора, підключеного до мережі.

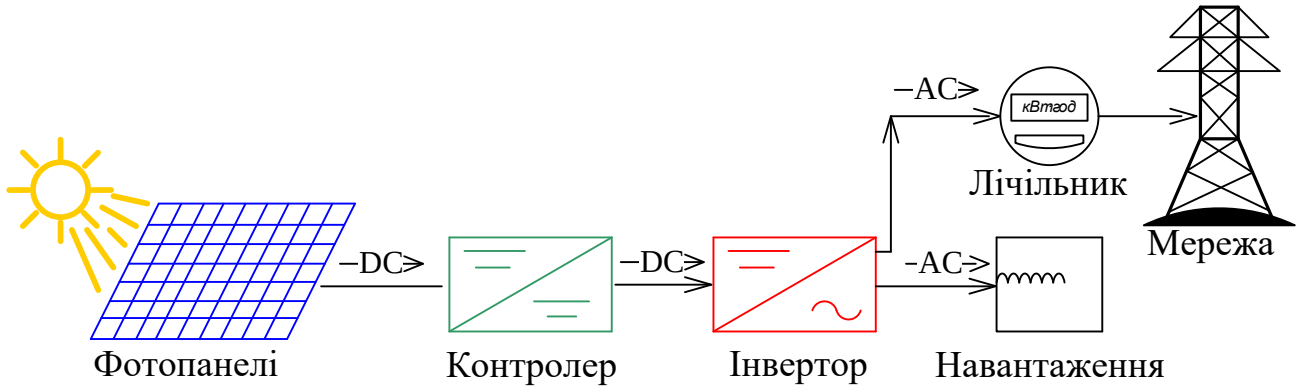

Рисунок 2.4 – Фотоелектрична система, з'єднана з електромережею

Для даного типу систем характерним є відсутність акумуляторів, що свідчить про тещо вони не можуть використовуватися як резервні системи. Основна перевага даних систем висока ефективність, низька ціна (за рахунок відсутності акумуляторів та менш дорогого мережевого інвертора) та висока надійність.

2.3 Типи сонячних модулей

Найбільш широко використовуються наступні види конструктивного виконання фотоелектричних модулей:

– монокристалічні;

– полікристалічні;

– на основі аморфного кремнію;

– на основі телурида кадмію;

– на основі CIGS.

Панелі СЕС, виготовлені з монокристалічних елементів, є більш ефективними, але при цьому і дорожчими з точки зору пропорції до потужності. Їх ефективність зазвичай становить 14-16%.

Основним матеріалом цього типу панелей є надзвичайно чистий кремній, який пройшов багато етапів лабараторного очищення від шкідливих і небажаних домішок. Цей матеріал добре вивчений людством і освоєний в напівпровідниковій промисловості.

Як правило, монокристалічні частини мають полігональну форму, а їх полігональна структура ускладнює заповнення всієї площі панелі. В результаті питома потужність сонячної батареї трохи нижча, ніж питома потужність окремих елементів.

Виготовлення сонячної панелі з полікристалічного кремнію набагато легше, оскільки даний матеріал структурно зібраний з випадково зведених різних монокристалічних решіток елементу кремнію.

Панелі з полікристалічних фотоелектричних елементів набули найбільшого поширеня, зважаючи на їх оптимальне співвідношення ціни та ККД серед усіх різновидів панелей. Їх ККД становить від 12 до 15%. У елементів, що утворюють панель, характерний синій колір та кристалічна структура.

Сонячні батареї, виготовлені з аморфного кремнію, характеризуються одинією з найнижчих величин ККД. Дана величина коливаються не більше 6- 8%. Однак варто зауважити, що перевагою являється те, що серед усіх кремнієвих технологій в сфері фотоелектричних панелей вони виробляють найдешевшу електроенергію через дешевизну виробництва та, як наслідок, низьку собівартість елементів.

CIGS - це напівпровідник, що складається з міді, індії, галію та селену. Плівку даного складу отримують шляхом розпилення міді, індію та галію з подальшою обробкою парами селену. У порівнянні з панелями з телуриду кадмію, GIGS має більш високу ефективність, величина його ККД доходить до 15%. Сьогодні на

світовому ринку найбільш помітні кристалічні кремнієві елементи (близько 85% світового ринку). Сонячні панелі з полікристалічних та монокристалічних фотоелектричних елементів найбільш поширені через їх оптимальне співвідношення ціни та ККД серед усіх різновидів сонячних панелей.

2.4 Аналіз використання інверторів в системі керування ФЕС

Інвертор (DC/ACconverter) - пристрій призначений для перетворення постійного струму в змінний струм. Крім того, інвертор дозволяє регулювати частоту вихідної напруги. Конструктивно інвертор виконаний як джерело генерування періодичних напруг, форма графіка таких напруг наближається до параметрів синусоїдальної хвилі [18].

За способом підключення до сонячної станції, споживачам та акумуляторам інвертори поділяються на:

– мережеві;

– автономні;

–гібридні.

Мережеві моделі з позначенням on grid працюють від сонячної електростанції на навантаження громадської електричної мережі. Вони найбільше використовуються в системах із потужностями, що перевищують 10 кВт.

Автономні інвертори позначають off grid. Їх підключають до домашніх побутових споживачів, а заживлюють від акумуляторних батарей, що заряджаються сонячними модулями через контролери.

Гібридні конструкції використовують обидва методи підключення. Вони добре поєднуються зі схемами джерел безперебійного живлення, можуть за допомогою автоматики контролера працювати від акумуляторної батареї та/або сонячного модуля за необхідності.

З точки зору технічної реалізації, існує безліч варіантів побудови інверторних схем. Раніше інвертори були механічними, але з розвитком технологій їх замінили

напівпровідникові інвертори та схеми. В принципі, існує три основні типи систем підключення інверторів:

- мостовий ІН без використання трансформатора. Область застосування такого ІН це джерела безперебійного живлення потужністю 500 ВА, або установки високої напруги рисунок 2.5 (від 220 до 360 В).

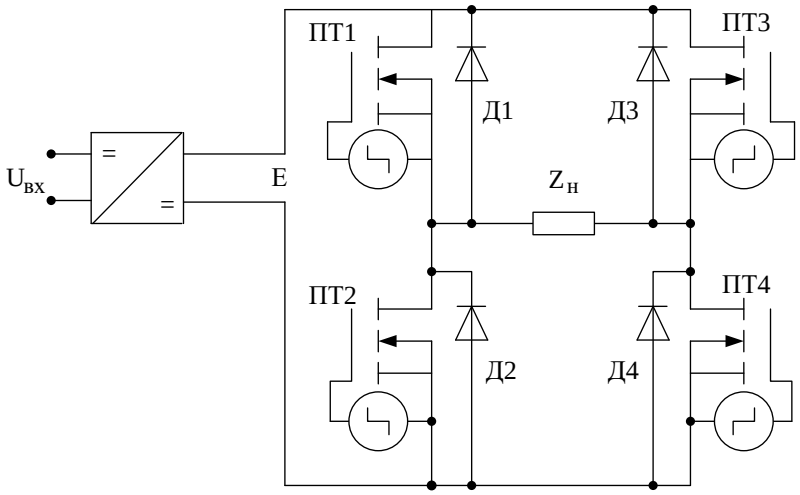

Рисунок 2.5 – Мостовий інвертор без використання трансформатора

- з нульовим виведенням трансформатора. Найчастіше комп'ютерні джерела безперебійного живлення потужністю від 250 до 500 ВА, також інвертори для пересувних систем радіозв'язку (рисунок 2.6).

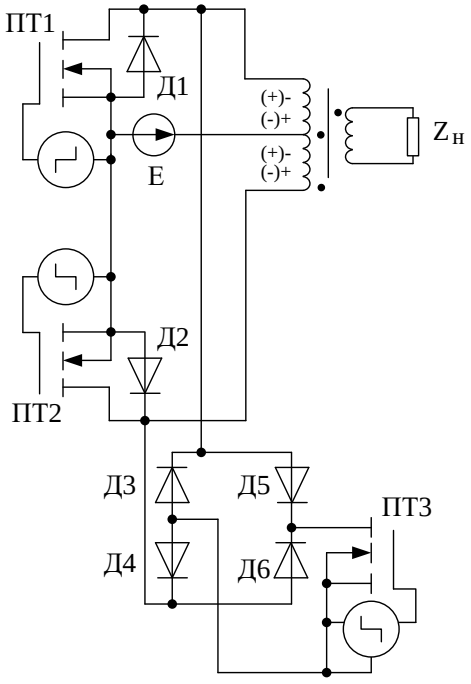

Рисунок 2.6 – Інвертор з нульовим виведенням трансформатора

- схема з трансформатором. Використання пристроями безперебійного живлення з досить широким діапазоном потужностей (рисунок 2.7).

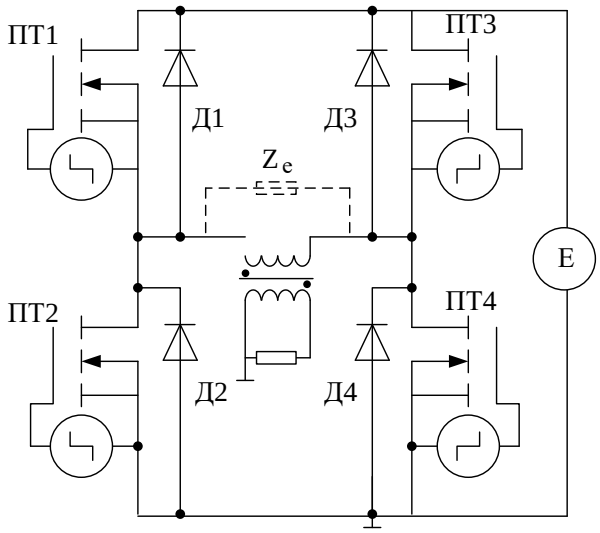

Рисунок 2.7 – Мостова схема інвертора з трансформатором

Інвертор прийнято вважати генератором періодичної напруги, яка за формою дуже близька до синусоїдальних гармоніків або значно відрізняється від нього формою вихідного сигналу.

За структурними принципами інвертори можна розділити на наступні категорії:

- з прямокутною формою вихідної величини напруги;

- перетворювачі напруги зі ступінчастою формою вихідного сигналу;

- з синусоїдальною формою напруги на виході інвертора;

У режимі запуску інвертор може видавати надлишкову потужність протягом короткого періоду часу. Цей режим зазвичай з'являється при вмиканні холодильників, пральних і посудомийних машин.

Інвертори є одним з основних елементів систем реалізації СЕС. Оскільки ККД сонячних панелей не перевищує 20-30%, використання інверторів з низьким ККД знижує ефективність СЕС і робить її нерентабельною. Інвертори напруги можуть використовуватися як автономне обладнання або як частина джерела безперебійного живлення чи джерела змінного струму.

2.5 Методика визначення оптимальних параметрів СЕС

В даний час однією з основних труднощів оптимального проектування сонячних фотоелектричних станцій є оптимальне прогнозування генерації електричного навантаження.

При визначені необхідної кількості сонячної енергії, для роботи СЕСї, слід враховувати особливості майданчика по поглинані енергії сонця. Для розрахунку потрібно брати значення інсоляції: для майданчика, нахил якого дорівнює широті місцевості, у тих випадках, коли необхідне вироблення максимально можливої кількості електроенергії протягом року загалом; для майданчика, розташованої під кутом до горизонту більшим за широту місцевості на 15º в тому випадку, коли система працює цілий рік з однаковим навантаженням (така система нерентабельна через надлишок електроенергії в літній період); для майданчика орієнтованої оптимально: для літнього періоду під кутом до горизонту меншим широти місцевості на 15º, для зимового-великим на ті ж 15º.

Методика для визначення оптимальних параметрів елементів СЕС базується на цільовій функції економічної ефективності СЕС:

$$E\left(\sum P_{мод}\right) \to \max. \qquad (2.1)$$

де E – економічний ефект від впровадження сонячних модулів, грн;

Визначення загальної генеруючої потужності СЕС базується на аналізі потужності окремих модулів і параметрів, що на неї впливають.

Величина потужності окремого модуля рівна [2]

$$P_{мод} = I_{опт} \cdot S_{еф} \cdot \eta \cdot k_T \cdot k \cdot \cos\alpha. \qquad (2.2)$$

де $I_{опт}$ – інтенсивність оптичної потужності сонця, Вт/м^2;

$S_{еф}$ – ефективна площа поверхні модуля, м^2;

Добуток складових

$$I_{опт} \cdot S_{еф} \cdot \eta \cdot k_T \cdot k \approx P_{ном}. \quad (2.3)$$

де $P_{ном}$ –номінальна потужность сонячного модуля.

$$P_{мод} = P_{ном} \cdot \cos\alpha. \quad (2.4)$$

Однак використання цієї формули на практиці дасть точні результати, якщо сонце розташоване відносно модуля і через його центр можна провести площину (рисунок 2.8).

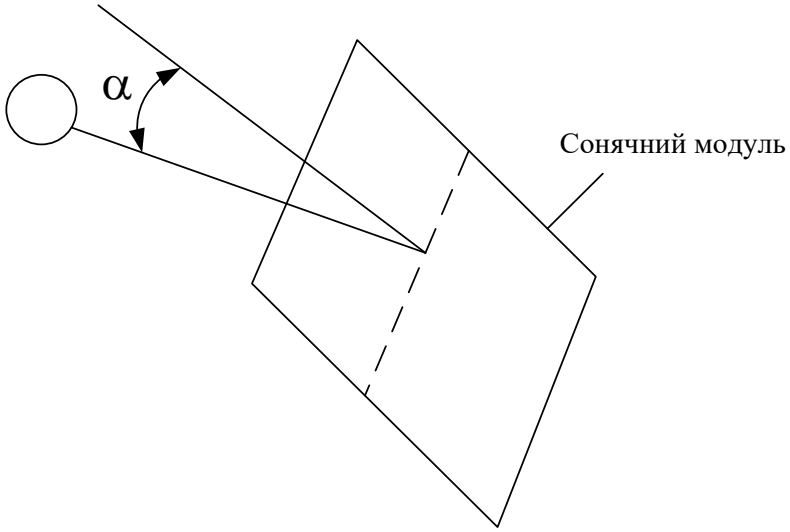

Рисунок 2.8 – Ілюстрація кута α

При розглядані умов, які характерні для реальних процесів, коли панелі модулів нерухомі, необхідно врахувати ще азимутальний кут δ [14] (рисунок 2.9)

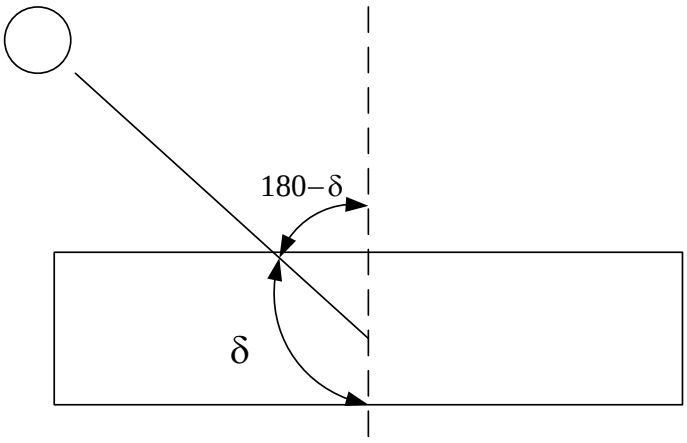

Рисунок 2.9 – Ілюстрація азимутального кута δ

З врахуванням останнього, вираз (2.4) для визначення потужності модуля:

$$P_{мод} = P_{ном} \cdot \cos\alpha \cdot \cos(180 - \delta). \quad (2.5)$$

Кількість електроенергії, виробленої за день, можна розрахувати шляхом підсумовування значень вироблення електроенергії модулем за годину від сходу до заходу сонця (що відповідає середньому виробленню електроенергії модулем за годину) за наступною формулою:

$$W_{доб} = \sum_{\alpha'_{t=t_{сх}},\beta_{t=t_{сх}}}^{\alpha'_{t=t_{зах}},\beta_{t=t_{зах}}} \left(N \cdot P_{мод1}(\alpha, \alpha', \delta) + N \cdot M \cdot P_{мод2}(\alpha, \alpha', \delta)\right). \quad (2.6)$$

де $\alpha'_{t=t_{сх}}$ – кут сонцестояння в першу годину після його сходу, °;

$\alpha'_{t=t_{зах}}$ – кут сонцестояння в останню годину перед його заходом, °;

При виконані задачі по максимальному заповнені даху сонячними панелями, то кількість рядів визначається як:

$$M = Округл.меньш.(\frac{Ш}{d}) + 1. \quad (2.7)$$

тут – $Округл.меньш.(\frac{Ш}{d})$ – округлення частки $\frac{Ш}{d}$ до меншого цілого, де Ш – ширина даху, м.

Висновки. У даному розділі кваліфікаційної роботи було здійснено аналіз основного обладнання яке використовується на СЕС та основних конфігурацій схем їх виконання. Також наведено методику визначення оптимальних параметрів СЕС.

Проблема вибору правильного обладнання для максимального використання сонячної енергії часто виникає в процесі розробки автономних систем електропостачання на основі сонячних панелей. Щоб фотоелектричні модулі були надійним джерелом живлення, необхідні додаткові елементи системи, такі як кабелі, опорні конструкції, електронні інвертори в залежності від типу системи (підключені до мережі, автономні або резервні) і контролери заряду акумуляторних батарей.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ДАХОВОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

3.1 Практична реалізація дахової сонячної електростанції

Сонячна електрична станція - це інженерна система, що складається з великої кількості необхідних компонентів (сонячна панель, перетворювач напруги, система здійснення кріплень, електричний захист, комутаційне обладнання, контролер заряду та акумулятори при потрібності та інше). Тому для ефективної та безперебійної роботи дуже важливо грамотно провести проектування сонячної системи.

Постановою Національної комісії встановлена потужність СЕС яких не перевищує 30 кВт та які введені в експлуатацію з 01 січня 2024 року по 31 грудня 2024 року величина оплати за зеленим тарифом становить – 4,0959 грн/кВт·год.

Прогнозована ціна закупівлі електричної енергії на ринку електричної енергії на період початку 2024 року для даного підприємства становить 6,6949 грн/кВт·год.

Враховуючи те, що закупівельна ціна електричної енергії для підприємства перевищує вартість продажу електричної енергії згенерованої за "зелениим" тарифом то доцільніше виконати проектування СЕС за конфігурацією – фотоелектрична система, з'єднана з електромережею (рисунок 3.1). Дана конфігурація дозволить споживати згенеровану електричну енергію у робочий період підприємства, а також продавати надлишки згенерованої потужності у неробочий період за "зеленим" тарифом. Також вагомую перевагою даної конфігурації є відсутність акумуляторних батарей, що дозволить зменшити капіталовкладення в спорудження СЕС.

Прибуток від встановленої СЕС буде складатися з двох складових. Перша складова економія на споживаній електричній енергії що становить 6,6949 грн/кВт·год у робочі періоди. Друга складова прибуток від продажу електроенергії за зеленим тарифом що становить 4,0959 грн/кВт·год у не робочі періоди. Продавати згенеровану потужність за зеленим тарифом у неробочий період підприємства буде більш доцільніше, а ніж накопичувати дану електроенергію за допомогою акумуляторних батарей для власного споживання. Адже у неробочий час

настає темний період доби і СЕС генерую лише 20% потужності від загальної генерації.

Обираємо для спорудження СЕС встановлену потужність в 23,1 кВт (встановлена потужність не повинна перевищувати 30 кВт) для розміщення якої необхідна площа в 230 м² та складатиметься з 60 фотопанелей. СЕС буде споруджена на даху Комерційного відділу (№1 на генплані) з номінальною потужністю усіх електроприймачів 25 кВт з коефіцієнтом попиту рівним 0,67 та коефіцієнтом використання рівним 0,62. Даний вибір обумовленний тим, що дах даної будівлі має достатню площину для розміщення панелей СЕС 23,1 кВт (загальна площа простору даху на якому можна розмістити панелі СЕС становить 620 м² при необхідних 230 м², що також дає змогу для подальшого збільшення потужності), та має плоску поверню, що спрощує монтаж та експлуатацію СЕС, також перевагою плоского даху є відсутність північної (тіньової) сторони, що дає змогу використовувати усю площу будівлі.

На рисунку 3.1 представлений загальний принцип реалізації СЕС, яка буде спроектована на даху Комерційного відділу (№1 на генплані).

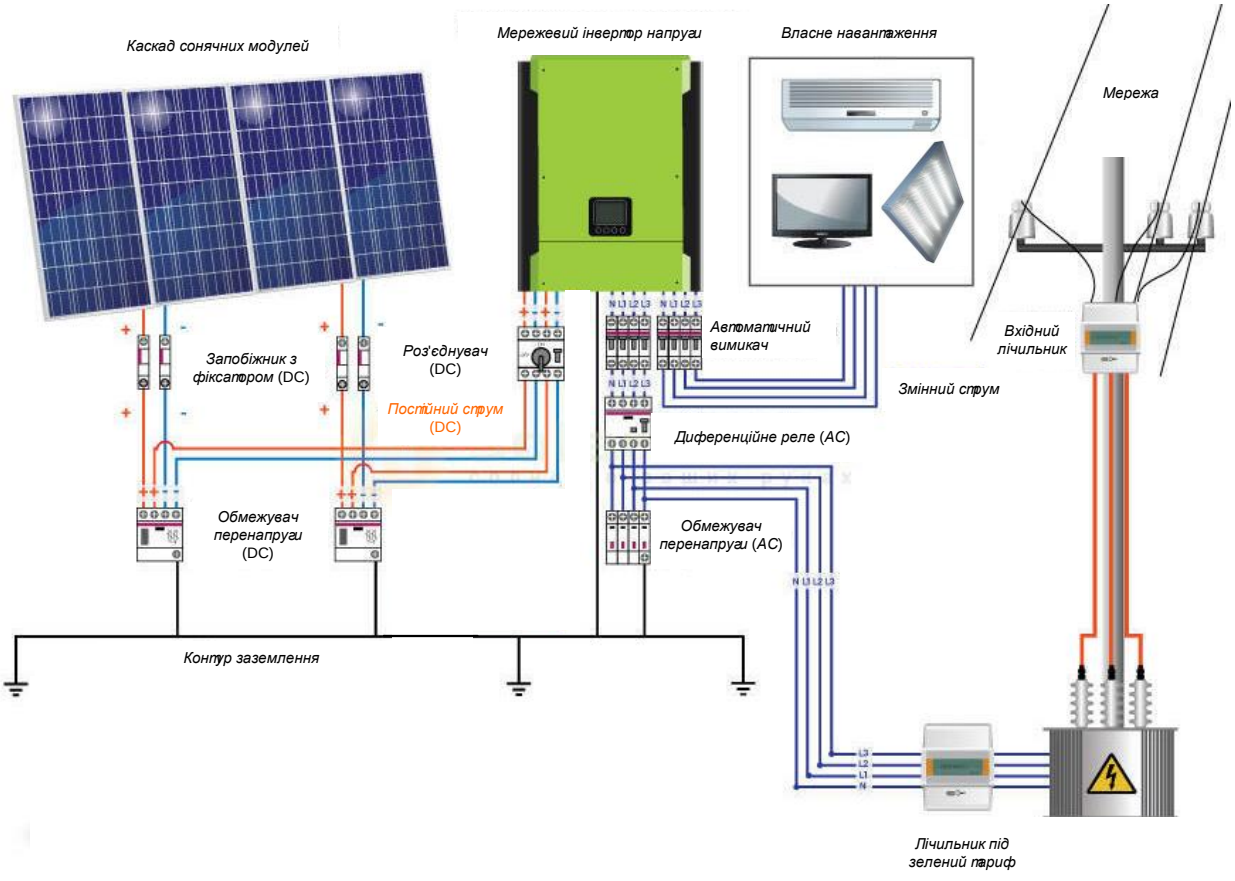

Рисунок 3.1 – Загальний принцип реалізації СЕС

На рисунку 3.2 представлено розміщення панелей СЕС на даху Комерційного відділу (№1 на генплані). Дане розміщення дозволяє безперешкодно виконувати чистку, ремонт чи заміну усіх ключових елементів СЕС.

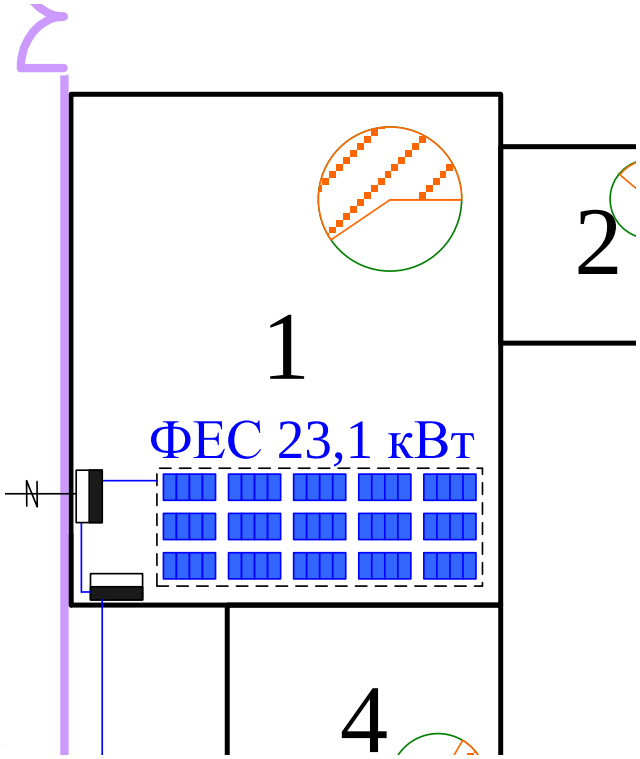

Рисунок 3.2 – Розміщення панелей СЕС на даху

Для монтажу будуть використані вітчизняні системи кріплення фотомодулів, призначені як для монтажу панелей, окремих конструкцій, так і для установки на даху будівель. Система кріплення являє собою повністю оригінальну розробку, виготовлену з алюмінію з кріпильними елементами з нержавіючої сталі і дозволяє встановлювати як в невеликих, так і у великих масивах в області фотоенергетики.

3.2 Розробка схеми підключення основних елементів ФЕС

На рисунку 3.3 представлена повна схема підключення СЕС 23,1 кВт з 60 фотопанелей по 385 Вт. СЕС конструктивно поділена на 3 окремі вузла, кожен з яких складаєаться з 2 стрингів по 10 модулів.

Схема включає пристрої захисту для змінного та постійного струму, заземлення та інші елементи, необхідні для стабільної роботи системи.

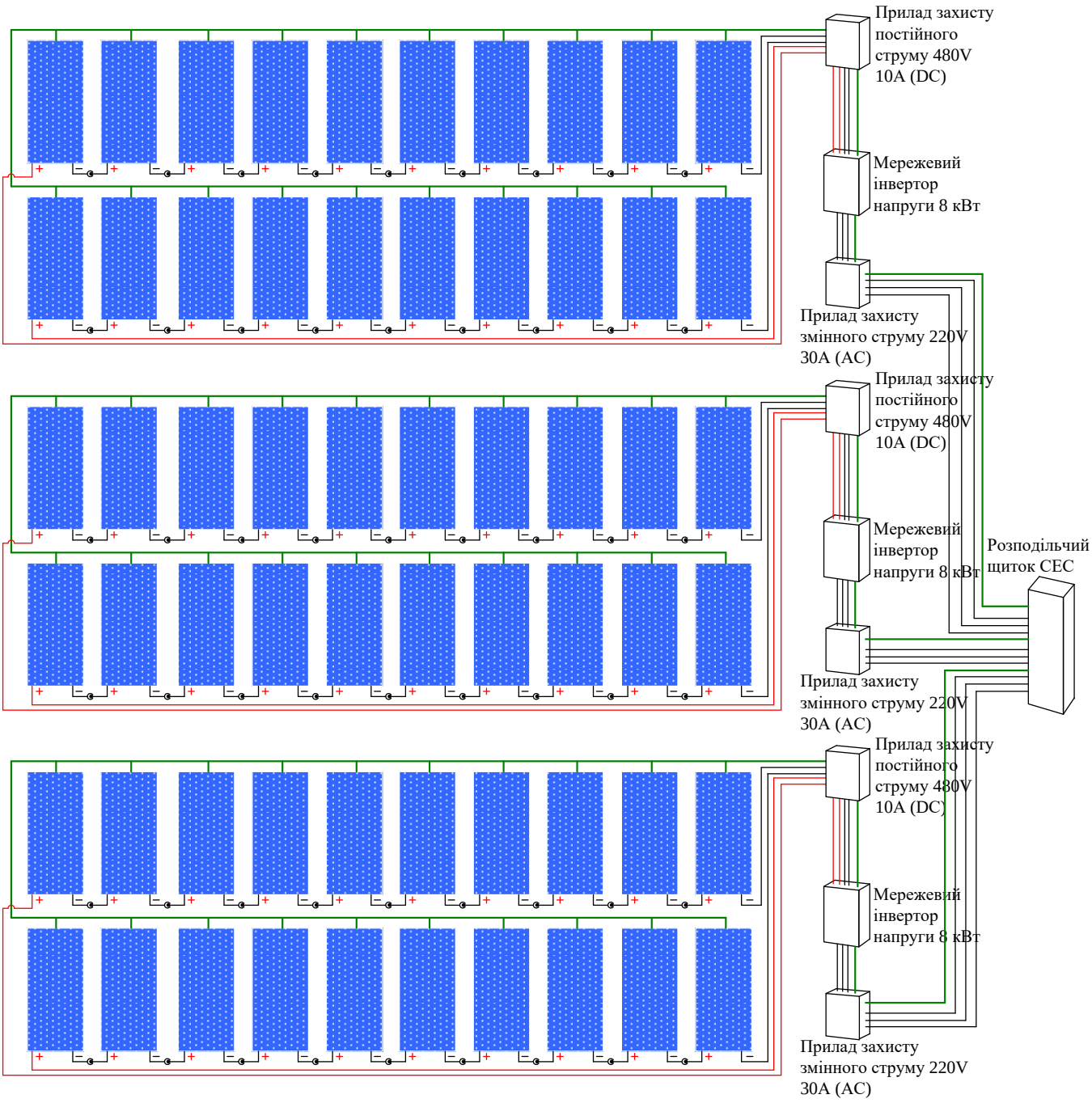

Рисунок 3.3 – Повна схема підключення СЕС 23,1 кВт

3.3 Розрахунок терміну окупності СЕС

Для встановлення були вибрані монокристалічні сонячні елементи вітчизняного виробника KNESS типу SNRG-385-FR72. Характеристики приведені на рисунку 3.4.

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

Рисунок 3.4 – Характеристика сонячних елементів

Для встановлення обираємо трифазний інвертор AXIOMA Energy AXGRID-8/11 у кількості 3 одиниць. Характеристики яких приведені на рисунку 3.5.

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

Рисунок 3.5 – Характеристика трифазного інвертора

У колі постійного струму встановлюється автоматичний вимикач для постійного струму C60H-DC 2П 10A C 500В DC Schneider Electric A9N101526. Ціна якого становить 1030 грн.

У колі змінного струму встановлюється трифазний автоматичний вимикач Schneider EASY9 3P, 32A, 4.5кА. Ціна якого становить 730 грн.

Спеціальні кабелі для фотоелектричних систем з подвійною кремнієвою ізоляцією, стійкою до ультрафіолетового випромінювання, і герметичними фотоелектричними роз'ємами використовуються для підключення фотомодулів до РП і до інвертора.

Для визначення неохідних капіталовкладень у проект СЕС складаємо табличну форму в яку заносимо всі неохідні дані про необхідні апарати та елементи їх кількисть та ціну та здійснюємо неохідні розрахунки (Таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Визначення капіталовкладень проекту

Комплектуючий елемент	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Загальна сума, грн.
Сонячна панель KNESS типу SNRG-385-FR72	60	5800	348000
Трифазний інвертор AXIOMA Energy AXGRID-8/11	3	47900	143700
Вимикач для постійного струму C60H-DC 2П 10А C 500В DC Schneider Electric A9N101526	3	1030	3090
Трифазний автоматичний вимикач Schneider EASY9 3P, 32A, 4.5кА	3	730	2190
Трифазний лічильник активної енергії	1	3950	3950
Кабельні звязки	Довжина, м	Ціна за 1 пог.м, грн	
Для з'єднання фотомодулів між собою в стринги кабелем для PV систем перерізом 4мм ²	100	32,1	3210
Підключення стрингів через АВ постійного струму до інвертора спеціальним кабелем для PV систем перерізом 6мм ²	150	55	8250
Підключення інвертора до РП-0,4 кВ ФЕС кабелем АВВГ перерізом 3х16+1х10 мм ²	30	43,73	1311,9
Підключення РП-0,4 кВ ФЕС до РП цеху N1 кабелем АВВГ перерізом 3х50+1х25 мм ²	10	123,3	1233
Підключення РП-0,4 кВ ФЕС до мережі повітряним проводом АС перерізом 4х25 мм ²	138	141,77	19564,26
		Разом	534499,2

Проведем розрахунок терміну окупності.

Період окупності є одним з найбільш часто використовуваних показників при аналізі інвестиційних проектів.

Період окупності - це мінімальний період (від початку реалізації проекту), протягом якого інтеграційний ефект стає і залишається позитивним.

Іншими словами, це період часу (вимірюється в місяцях, кварталах або роках), доки початкові інвестиції та інші витрати, пов'язані з інвестиційним проектом, не будуть покриті загальними доходами від його реалізації.

Рекомендується визначати термін окупності інвестицій на дисконтованій основі.

Очікувана вартість монтажу та введення в експлуатацію СЕС, а також оформлення необхідної документації для можливості використання зеленого тарифу спеціалізованою компанією становитеме:

$$В_{введ.} = 0,20 \cdot В_{ел}, \quad (3.1)$$

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

Розрахуємо загальну вартість станції:

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

Величина енергії яку станція генерує протягом року:

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

де $t_{зв}$ – зведений річний час при якому відбувається використання максимальної потужності СЕС для центрального регіону країни ($t_{зв} = 4,78$ год/добу).

$$W_{рік} = 23,1 \cdot 4,78 \cdot 365 = 40\,302,57 \text{ (кВт·год/рік)}.$$

Знайдемо річний прибуток станції:

$$П = W_{рік} \cdot c; \qquad (3.2)$$

де c – тариф на електроенергію для підприємства.

$$П_{рік} = (0,8 \cdot 40\,302,57) \cdot 6,6949 + (0,2 \cdot 40\,302,57) \cdot 4,0959 = 227923,12 \text{ (грн./рік)}.$$

Віднімаємо експлуатаційні витрати протягом року:

$$П_{рік.чист.} = 227923,12 – 227923,12 \cdot 0,3 = 159546,2 \text{ (грн./рік)}.$$

Визначимо термін окупності станції:

$$ТО = В_{загальна} / П_{рік} \qquad (3.3)$$

$$ТО = 641399/159546,2 = 4,02 \text{ (роки)}.$$

При встановленні на даху СЕС потужністю 23,1 кВт, вартість введення в експлуатацію станції становитиме – 534499,2 грн.. Станція працює у робочий період на навантаження заводу та не у робочий період на мережу. Визначено річний прибуток який складає – 159546,2 тис. грн./рік за рахунок економії на плату за електроенергію та прибуток від продажу електроенергії за зеленим тарифом. Термін окупності даної СЕС – 4,02 роки.

3.4 Цифрова модель для дослідження роботи сонячних панелей

Актуальність створення комп'ютерної моделі СЕС обумовлена необхідністю вивчення поведінки фотоелектричних елементів у різних режимах роботи та виконання розрахунків параметрів та проектування фотоелектричних елементів. На основі комп'ютерної моделі можна зняти характеристики фотоелектричного елемента, на основі яких можна зробити висновок про режим роботи СЕС при різних змінах вхідних параметрів. Комп'ютерна модель дозволяє описати об'єкт або явище в усіх режимах роботи та за різних умов. Розробка математичної моделі СЕС здійснена в середовищі Simulink в програмно-обчислювальному комплексі MATLAB [12, 13].

Комп'ютерна модель сонячного елемента у програмно-обчислювальному комплексі MATLAB реалізована блоком PV Array, представленим на рисунку 3.6.

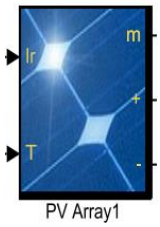

Рисунок 3.6 – Блок PV Array у MATLAB

Комп'ютерну модель СЕС представлено на рисунку 3.7. Розроблена модель містить елементи: сонячну панель блок PV Array, перетворювач постійного струму у змінний, а також навантаження.

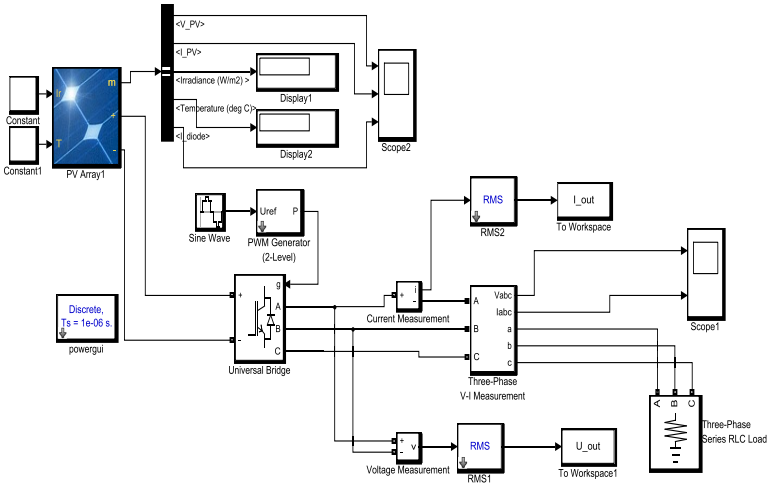

Рисунок 3.6 – Комп'ютерна модель СЕС

У наведеній схемі необхідно враховувати ємнісну складову навантаження або використовувати фільтр компенсації гармонійних складових.

3.5 Моделювння основних режимів роботи СЕС

На рисунку 3.7 наведено осцилограми зміни напруги та струму в мережі. На рисунку 3.8 наведено осцилограми вихідного сигналу інвертора.

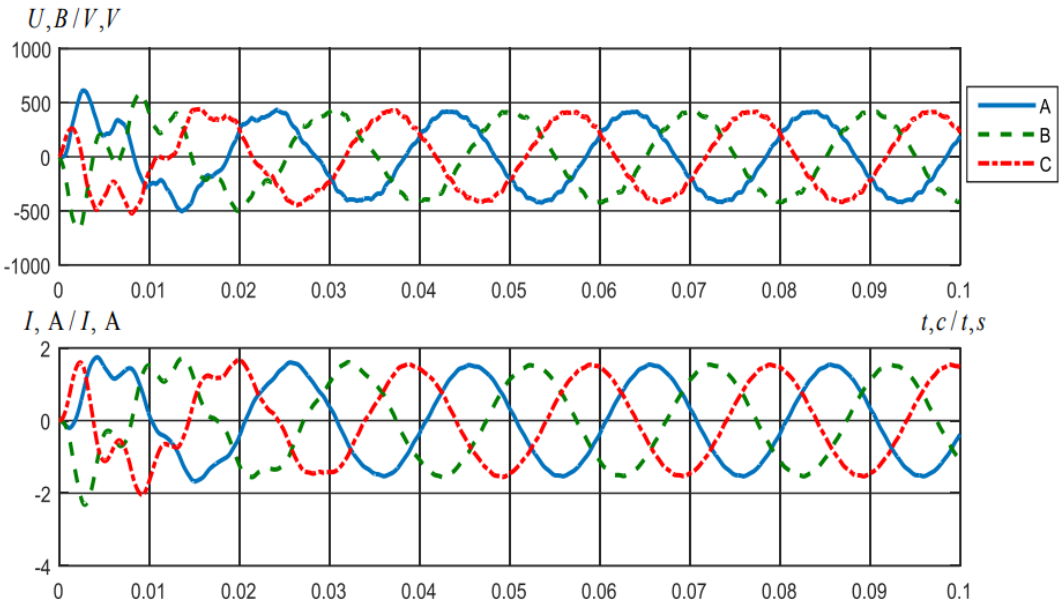

Рисунок 3.7 – Напруга та струм у мережі

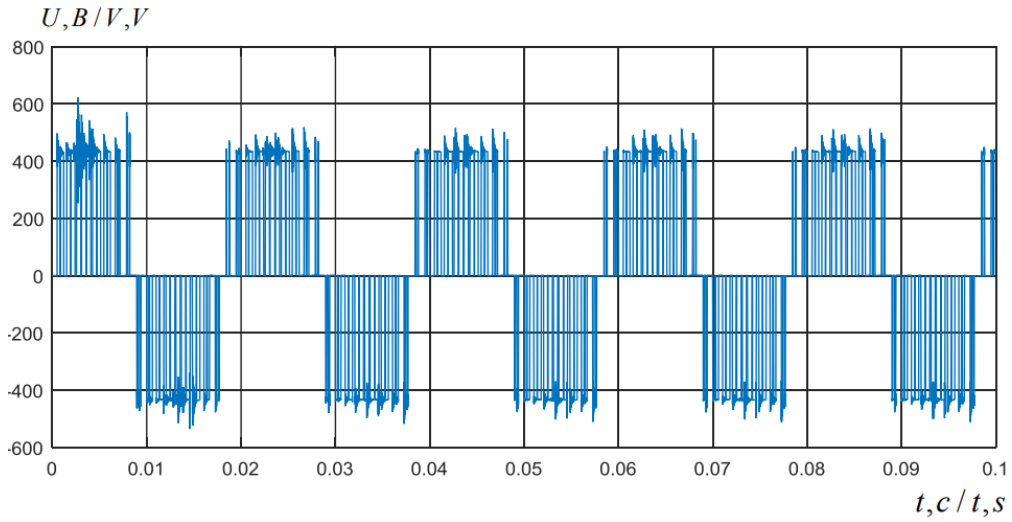

Рисунок 3.7 – Вихідний сигнал інвертора

На комп'ютерній моделі проведено дослідження впливу величини та характеру навантаження на вихідну напругу СЕС. З цією метою було знято зовнішні характеристики та проведено порівняння їх з виглядом зовнішніх характеристик електромашинних джерел електричної енергії.

Потім виконується побудова зовнішніх характеристик, отриманих для різних за величиною та характером навантажень (рисунок 3.8).

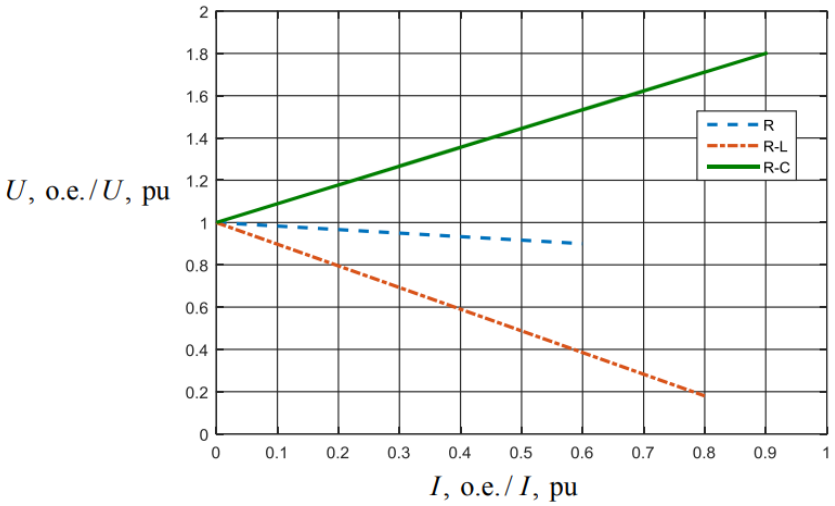

Рисунок 3.7 – Зовнішні характеристики СЕС при різних за величиною та характером навантаженнях

У процесі моделювання в середовищі MATLAB Simulink були отримані залежності струму фотоелектричного модуля від напруги при зміні навантаження від часу на всіх елементах фотоелектричної системи.

Як видно з графіків, характер залежностей відображає фізичну картину зміни енергетичних характеристик у часі, що є істотним для аналізу та оптимізації в необхідних режимах роботи. Крім того, модель дозволяє визначити часткові втрати потужності на кожній ділянці системи.

Висновки. В даному розділі МКР спроектовано СЕС потужністю 23,1 кВт на даху Комерційного відділу (№1 на генплані). Обрано оптимальну конфігурацію станції та режимів її роботи. Проведено вибір усього необхідного обладнання яке забезпечит надійну та економічну роботу станції. Розраховано загальні капіталовкладення в СЕС та період окупності проекту. Здійснено математичне моделювання основних режимів роботи панелей станції.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

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

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

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

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

№	Назва цеху	Ір, А	n, шт.	Марка	Переріз, мм²	Спосіб прокладки	Довжина, м.	Затрати, тис.грн.
1	Комерційний відділ	34,46	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	50,00	3,367
2	Лабораторія	11,38	2	АВВГ	3х16+1х10	в землі	109,00	2,698
3	Майстерня	17,45	2	АВВГ	3х35+1х25	в землі	125,00	4,552
4	Холодильна камера	16,93	2	АВВГ	3х25+1х16	в землі	39,00	1,38
5	Вагова	4,25	2	АВВГ	3х10+1х6	в землі	27,00	0,289
6	Компресорна	31,2	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	75,00	4,561
7	Цех виготовлення соєвої макухи	38,4	4	АВВГ	3х70+1х35	в землі	112,00	16,91
8	Котельня	26,82	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	120,00	6,367
9	Насосна станція	15,25	2	АВВГ	3х25+1х16	в землі	109,00	3,498
10	Склад серовини	30,78	2	АВВГ	3х50+1х25	в землі	10,00	0,600
11	Цех виготовлення соєвої олії	39,01	4	АВВГ	3х70+1х35	в землі	42,00	6,428
12	Склад готової продукції	37,78	2	АВВГ	3х70+1х35	в землі	70,00	5,214

4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

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

Капітальні вкладення для ліній електропередачі:

$$К_л = (К_{пит} \cdot n + К_{прок}) \cdot L, \quad (4.5)$$

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

$К_{прок}$ - питома вартість прокладання, тис. грн./км;

L - довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

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

$$К_{л} = 55,864 \text{ (тис.грн).}$$

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

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

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

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

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

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

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

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

Вартість підстанцій з вимикачами:

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

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

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

4.2 Розрахунок поточних витрат

4.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі

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

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

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

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

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

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

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

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

де 12 – кількість місяців у році;

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

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

h – кількість обладнання в групі.

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

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	n, шт	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю обладнання рем/рік	Норма трудомісткості люд.-год.	Заг. трудомісткість люд.-год.	К-сть на одиницю обладнання огл./рік	Норма трудомісткості люд.-год.	Заг. трудомісткість люд.-год.
Вимикач 10кВ	2	1	16	32	12	1	24
ТМ-400	2	0,33	100	66	12	20	480
Кабельні лінії, км	2,084	1	54	112,536	1	13,5	28,134
Разом:				210,536			532,134

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

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

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

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

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

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

Приймаємо за нормами ПУЕ $Н_{тр}$ = 2 чол., $Н_{обс}$ = 2 чол

4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

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

$$Ф_е = Н_{обс} \cdot \beta_н \cdot t_{ге} \cdot Ф_д, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{ге} = ((К3+К4)/2) \cdot С_I, \quad (4.15)$$

де К3, К4 – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [7];

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

$$С_i = \frac{З_{min} \cdot k_{r.i}}{Ф_Н}, \quad (4.16)$$

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

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

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

Заробітна плата робітників-погодинників:

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

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

$$Ф_р = Т_{пр} \cdot t_{гр}, \quad (4.19)$$

$$t_{гр} = ((К4+К5)/2) \cdot С_I, \quad (4.20)$$

де К4, К5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [22].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

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

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

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

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

де Ф - тарифний фонд $Ф_е$ експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати $Ф_р$ 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:

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

і для ремонтних:

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

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

$$Ф_{од} = Ф_о \cdot 1,15, \quad (4.24)$$

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

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

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

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

$$С_{ЗП} = Ф_{ОБ} \cdot \left(1 + \frac{\beta_П + \beta_З + \beta_с}{100}\right), \quad (4.25)$$

де $\beta_П$ - нарахування в пенсійний фонд, $\beta_П = 33\%$;

$\beta_З$ - нарахування у фонд зайнятості, $\beta_з = 1{,}5\%$;

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

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

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

і ремонтному персоналу:

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

4.2.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

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

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

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_м = 0{,}01 \cdot \left(\sum_{i=1}^{n} C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{Л0} \right), \quad (4.26)$$

де C0i – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування і-го виду трансформаторів,

Ti – трудомісткість обслуговування і-го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

СЛ0 – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, можна розрахувати:

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

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

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

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

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

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

4.2.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

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

де a – норма амортизації, %

К – капіталовкладення, грн.

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

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

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

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

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

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

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

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

4.3. Розрахунок собівартості електроенергії

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

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

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{мі}, = K_п \cdot P_{ном} \cdot T_{мі}, \quad (4.31)$$

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для Лабораторії:

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

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

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

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

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_л = 3 \cdot n \cdot I_м^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.32)$$

де $I_м$ – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год./рік.

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

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

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

Величина τ визначається за часом використання максимального навантаження:

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

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

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

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

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_р + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_ф}{S_н}\right)^2 \cdot \tau, \quad (4.36)$$

де n - кількість трансформаторів;

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

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

$S_ф$ - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

$S_н$ - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах ТП-1:

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

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

$$E = E_а + \Delta E_л + \Delta E_Т; \quad (4.37)$$

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

Оплата за спожиту електроенергію:

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

4.3.2 Розрахунок собівартості електроенергії

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

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

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

$E_а$ – 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:

$$C_{сум} = П + C_п, \quad (4.40)$$

де П – оплата за спожиту електроенергію;

$C_п$ – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

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

$$C_п = C_{обс} + C_{пр} + C_а + C_{ір}, \quad (4.41)$$

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

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

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

$C_п = 550985,5 + 37880,67 + 19754,58 + 152155,19 = 760775,93$ (грн/рік).

Отже, сумарні витрати визначаються так:

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

Отже, собівартість електроенергії з врахування того що підприємство додатково заробить на продожі електроенергії згенерованої СЕСза зеленим тарифом:

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

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позна-чення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	Еа	946580,5	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	Е	981383,08	кВт·год.
Плата за електроенергію	$П_1$	6570261,551	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.енергії	$С_п$	760775,93	грн.
Сумарні витрати під-ва	$С_{сум}$	7331037,48	грн.
Собівартість ел.енергії	S	734,48	коп/кВт·год.

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

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випускній кваліфікаційній роботі здійснюється підвищення ефективності електропостачання ТОВ УПП «Євромед».

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

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

фізичні:

- рухомі машини і механізми;
- вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються;
- незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та понижена рухливість повітря;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- недостатня освітленість робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання.

психофізіологічні:

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

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання

5.1.1 Вимоги до організації робочих місць оперативного персоналу

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

Площа одного робочого місця користувача ПК повинна складати не менше 6 $м^2$, а об’єм – не менше 20 $м^3$.

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

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

Розташування монітора ПК має забезпечувати: безпечність роботи в цілому; зручність та ефективність зорової роботи з екраном в вертикальній площині під кутом $\pm 30^0$ від лінії зору, площина екрана при цьому має бути перпендикулярною нормальній лінії зору користувача.

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

Оптимальна робоча поза:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.1.2 Електробезпека

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

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

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

- розміщувати неізольовані струмовідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

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

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

3) Електрозахисні засоби захисту

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

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

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

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

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

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

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

Електрифікований інструмент за умовами безпеки поділяється на такі класи:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Електроінструмент класів II і III не заземлюють.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

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

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

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

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

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

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату

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

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

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

5.2.2 Склад повітря робочої зони

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

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

Назва речовини	ГДК, мг/м3		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглецю оксид (СО)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

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

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

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

5.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення

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

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

Штучне освітлення.

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

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

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

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

Таблиця 5.4 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

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

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

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

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

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

5.2.4 Виробничий шум

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.2.5 Психофізіологічні фактори

Фізичні навантаження.

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

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

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

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

По горизонталі: до 4.

По вертикалі: до 2.

Інтелектуальні навантаження: Відсутня необхідність прийняття рішення.

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

Сенсорні навантаження:

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

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

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження до 5

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

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

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

Емоційне навантаження:

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

Ступінь ризику для власного життя – Виключений.

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – Виключений .

Монотонність навантажень:.

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

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

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

Режим праці:

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

Змінність роботи Однозмінна робота (без нічної зміни);

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

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

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

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

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

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

5.3.1 Дослідження стійкості роботи СЕС в умовах дії іонізуючих випромінювань.

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

Приймаємо $К_{осл}=1$; $t_к=87660$ год.

Таблиця 5.4 – Граничні дози для елементів СЕС

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

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

$$Д_{ем} = \frac{2 \cdot P_{1max} \cdot (\sqrt{t_к} - \sqrt{t_п})}{k_{осл}} \text{ [Р];}$$

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

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

Визначаємо допустимий час роботи елементів СЕС:

$p_{1max}=4,27$

$$t_{доп} = \left(\frac{Д_{гр} \cdot К_{осл} + 2 \cdot p_{1max} \cdot \sqrt{t_р}}{2 \cdot p_{1max}} \right)^2;$$

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

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

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

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

5.3.2 Дослідження стійкості роботи СЕС в умовах дії електромагнітного імпульсу.

Напруга наводки в горизонтальній і вертикальній струмопровідній частині:

$$U_{г(в)}=E_{в(г)} \cdot l_{г(в),};$$

де $E_в$ – величина електромагнітного імпульсу (кВ/м);

$l_г$ – довжина горизонтальної струмопровідної частини системи (м),

$l_в$ – довжина вертикальної струмопровідної частини системи (м).

Розрахуємо $U_г$ для трансформаторів та вимикачів:

$E_В = 10,16 \text{кВ} / \text{м}$

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

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

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

Допустиме коливання напруги живлення:

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

де N – відсоток допуску,

$U_ж$ – напруга живлення;

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

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

$$К_б \geq 40 \text{ (дБ)}.$$

Визначаємо коефіцієнти безпеки горизонтальної і вертикальної складової блоків:

$$К_{бв(г)} = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_д}{U_{в(г)}}\right);$$

$$К_{бВТр-р} = 20\lg\left(\frac{132000}{18288}\right) = 17.168\,(дБ);$$

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

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

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

Для збільшення стійкості слід застосувати екранування. Перехідне затухання екрану:

$$А = К_{Бном} - К_{Бмін}, \text{ [дБ]},$$

де $К_{Бном}$ – номінальний коефіцієнт безпеки(40 дБ),

$К_{Бмін}$ – мінімальний коефіцієнт безпеки, отриманий при розрахунку;

$$А = 40 - 17,12 = 22,8(дБ).$$

Товщина захисного екрану

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

де f – частота,

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

Розрахуємо $U_в$ трансформатора:

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

Визначаємо коефіцієнти горизонтальної безпеки для трансформатора:

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

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

Розрахуємо $U_в$ для контактора

$$U_в=10,16 \cdot 0,4=4,064(кВ/м).$$

Визначаємо коефіцієнти безпеки для контактора:

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

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

Розрахуємо $U_в$ для генератора:

$$U_в=10,16 \cdot 0,8=8,128(кВ/м).$$

Визначаємо коефіцієнти безпеки для генератора:

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

Результати зведемо у таблицю 5.5.

Таблиця 5.5 – Результати розрахунків

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

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

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

ВИСНОВКИ

Аналіз СЕП підприємства ТОВ УПП «Євромед» показав що для оптимізації процесу електроспоживання доцільно виконати наступні проектні рішення:

- для оптимального електропостачання достатньо однієї двотрансформаторної підстанції, а потужність та тип трансформаторів ТМ 2х400/10;

- переріз зовнішньої повітряної лінії повинен бути 3х50 мм², повітряні лінії виконані алюміневим проводом типу АС на напрузі 10 кВ;

- аналіз типу засобів захисту електрообладнання в аварійних режимах роботи показав що на стороні 10 кВ доцільно використати вакуумні вимикачі ВРС-10.

Для оптимального встановлення РП були розраховані координати центру енергетичного навантаження. Це дозволяє встановити РП в оптимальних місцях з мінімальними витратами електроенергії.

У другому розділі кваліфікаційної роботи було здійснено аналіз основного обладнання яке використовується на СЕС та основних конфігурацій схем їх виконання. Також наведено методику визначення оптимальних параметрів СЕС.

В науково-дослідній частині кваліфікаційної роботи спроектовано СЕС потужністю 23,1 кВт на даху Комерційного відділу (№1 на генплані). Обрано оптимальну конфігурацію станції та режимів її роботи. Проведено вибір усього необхідного обладнання яке забезпечит надійну та економічну роботу станції. Розраховано загальні капіталовкладення в СЕС та період окупності проекту. Здійснено математичне моделювання основних режимів роботи панелей станції.

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

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

Проведені розрахунки забезпечили максимально надійне електропостачання підприємства.

Аналіз результатів і розрахунків, проведених на реальних споживачах електроенергії з використанням розробленої комп'ютерної моделі, дозволяє стверджувати, що розроблена комп'ютерна модель може бути використана в реальному процесі проектування СЕП для споживачів електроенергії. Для використання моделі достатньо програми електронної обробки даних Excel.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.

2. ДСТУ 3463-96: 1999. Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів. [Чинний від 01.01.1999]. Київ, 1999. 204 с. (Інформація та документація).

3. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папаїка Ю. А. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 148 с.

4. СОУ НЕК 03.120.4-14:2021 Норми якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК Укренерго. [Чинний від 03.02.2021]. Науково-технічний центр електроенергетики «НЕК «Укренерго», 2021. 316 с. (Інформація та документація).

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

6. ДСТУ IEC/TR 60909-4:2008 (IEC/TR 60909-4:2000, IDT): 2008. Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання. . [Чинний від 01.01.2008]. Київ, 2008. 82 с. (Інформація та документація).

7. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 95 с.

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. Ягуп В. Г., Ягуп К. В. Моделювання та оптимізація режимів систем енергопостачання та електроспоживання : навч. посібник. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 183 с.

10. Кабельно-провідникова продукція [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189

11. Трансформатори силові [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099

12. Інвертори для систем резервного та сонячного електропостачання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.solbat.su/dopobr/inverters/

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

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

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

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

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

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

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

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

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

22. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: https://zakon.rada.gov.ua/ rada/show/v0272203-01#Text.

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

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

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

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

27. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99.

28. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.

29. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: https://dwg.ru/dnl/15125.

30. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/ dstu-8829-2019-1.pdf.

31. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

32. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об`єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn _v.1.1-7-2002.pdf.

Додатки

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО	ЗАТВЕРДЖЕНО Зав. кафедри ЕСЕЕМ
_____	д.т.н., проф. Бурбело М.Й._____
“___”_____ 2023р.	“___”_____ 2023р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

Підвищення ефективності електропостачання

Товариства з обмеженою відповідальністю УПП «Євромед»

з встановленням дахової сонячної електростанції

08-17.МКР.000.00.000 ТЗ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Войтюк Ю.П. _____
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ - 22м

Лазюк В.В. _____
(підпис)

Вінниця 2023 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № _____ від ___ . ___ .23р.

Дата початку роботи ___ . ___ .23р.

Дата закінчення роботи ___ . ___ .23р.

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

а) мета – підвищення ефективності електропостачання ТОВ УПП «Євромед» з розробкою сонячної електростанції;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

генплан підприємства (об’єкта); план цеха (об’єкта, дільниці, приміщення) із розташуванням обладнання; відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства (цеха, об’єкта, дільниці, приміщення); відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень (для діючого підприємства, енергетичного району); основні техніко-економічні показники.

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 (ПУЕ) – видання третє, перероблене і доповнене, - 2014 р.

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 Демов О. Д. «Економія електроенергії на промислових підприємствах». – Вінниця: ВНТУ, 2006р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження		
4.2 Проведення дослідних розрахунків		
4.3 Розробка робочих креслень		
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи		

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