

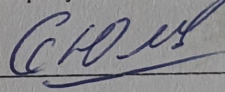
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування факультету)
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту
(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

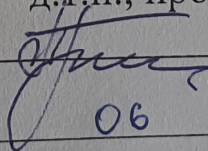
**Підвищення ефективності системи електропостачання товариства з
обмеженою відповідальністю «Агрокомплекс «Зелена долина»,
виробничий підрозділ «Цукровий завод» Томашпільської селищної
громади**

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



Самойлов В.К.
(прізвище та ініціал)

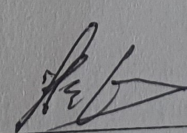
Керівник д.т.н., проф. каф. ЕСЕЕМ



Бурбело М.І.
(прізвище та ініціал)

«20» 06 2024 р.

Опонент:

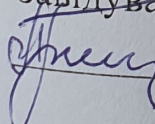


к.т.н., проф. каф.
Рубаненко О.Є.
(прізвище та ініціал)

«20» 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

 д.т.н., проф. Бурбело М.І.
(прізвище та ініціал)

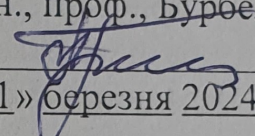
«18» 06 2024 р.

2

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Освітній ступінь – магістр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н., проф., Бурбело М.Й.


«11» березня 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Самойлову Василю Юрійовичу

1. Підвищення ефективності системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Агрокомплекс «Зелена долина», виробничий підрозділ «Цукровий завод» Томашпільської селищної громади, керівник Бурбело Михайло Йосипович затверджені наказом по ВНТУ від «11» березня 2024 року, №81

2. Строк подання студентом роботи «10» червня 2024 року.

3. Вихідні дані: джерело живлення: кількість, марка та потужність трансформаторів; відстань до джерела живлення; струм або потужність к.з. в заданій точці джерела живлення; вхідна реактивна потужність.

Дані про об'єкт проектування: генплан об'єкта з розміщенням цехів; встановлена активна потужність цехів; середньозважені коефіцієнти потужності цехів..

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Анотація

Вступ

Загальна характеристика підприємства

Аналіз системи електропостачання ВП «Цукровий завод»

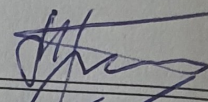
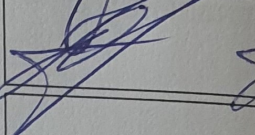
Проектування сонячної (фотоелектричної) електростанції для підвищення ефективності системи електропостачання заводу.

Економічна частина.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Додатки.

5. Консультанти розділів роботи

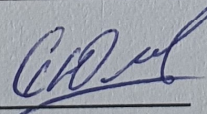
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	за п
Спеціальний розділ роботи	Бурбело М.Й. д.т.н., проф.,		
Економічна частина	Шулле Ю.А., к.т.н. доц.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

6. Дата видачі завдання «11» березня 2024 року

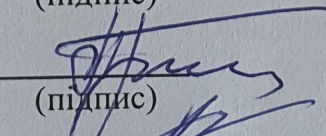
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	
1	Загальна характеристика підприємства	30.03.2024	6
2	Аналіз системи електропостачання ВП «Цукровий завод»	30.04.2024	6
3	Проектування сонячної (фотоелектричної) електростанції для підвищення ефективності системи електропостачання заводу.	15.05.2024	6
4	Економічна частина.	30.05.2024	6
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.06.2024	6

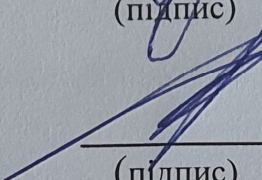
Студент


(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Самойлов В.Ю.
(прізвище та ініціали)

Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю. П.
(прізвище та ініціали)

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

менеджменту

(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**Підвищення ефективності системи електропостачання товариства з
обмеженою відповідальністю «Агрокомплекс «Зелена долина»,
виробничий підрозділ «Цукровий завод» Томашпільської селищної
громади**

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-
22мз

спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ **Самойлов**

В.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., проф. каф. ЕСЕЕМ

_____ **Бурбело М.Й.**

(прізвище та ініціали)

« » _____ 2024 р.

Опонент:

_____.

(прізвище та ініціали)

« » _____ 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

_____ **д.т.н., проф. Бурбело М.Й.**

(прізвище та ініціали)

« » _____ 2024 р.

Вінниця – 2024 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Освітній ступінь – магістр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

_«11» березня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Самойлову Василю Юрійовичу

1. Підвищення ефективності системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Агрокомплекс «Зелена долина», виробничий підрозділ «Цукровий завод» Томашпільської селищної громади, керівник Бурбело Михайло Йосипович затверджені наказом по ВНТУ від «14» березня 2024 року, №81

2. Строк подання студентом роботи «10» червня 2024 року.

3. Вихідні дані: джерело живлення: кількість, марка та потужність трансформаторів; відстань до джерела живлення; струм або потужність к.з. в заданій точці джерела живлення; вхідна реактивна потужність.

Дані про об'єкт проектування: генплан об'єкта з розміщенням цехів; встановлена активна потужність цехів; середньозважені коефіцієнти потужності цехів..

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Анотація

Вступ

Загальна характеристика підприємства

Аналіз системи електропостачання ВП «Цукровий завод»

Проектування сонячної (фотоелектричної) електростанції для підвищення ефективності системи електропостачання заводу.

Економічна частина.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Додатки.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальний розділ роботи	Бурбело М.Й. д.т.н., проф.,		
Економічна частина	Шулє Ю.А., к.т.н. доц.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

6. Дата видачі завдання «11» березня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика підприємства	30.03.2024	
2	Аналіз системи електропостачання ВП «Цукровий завод»	30.04.2024	
3	Проектування сонячної (фотоелектричної) електростанції для підвищення ефективності системи електропостачання заводу.	15.05.2024	
4	Економічна частина.	30.05.2024	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.06.2024	

Студент

(підпис)

Самойлов В.Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник
магістерської
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Войтюк Ю. П.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.311

Самойлов Василь Юрійович, «Підвищення ефективності системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю "Агрокомплекс "Зелена долина", виробничий підрозділ "Цукровий завод" Томашпільської селищної громади». Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Вінниця : ВНТУ, 2024. 108 с

На укр. мові. Бібліогр.: 26 назв; рис.: 20 табл. 12.

У даній магістерській кваліфікаційній роботі проведено детальний аналіз роботи системи електропостачання ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина», ВП «Цукровий завод» Томашпільської СГ.

Спроековано сонячну (фотоелектричну) станцію для часткового забезпечення потреби в електроенергії для власних потреб. Також розібрано основні юридичні та технічні аспекти роботи за моделлю «Активний споживач» або ж «Net billing».

Удосконалено методику вибору кута нахилу сонячних панелей та відстаней між рядами.

Ключові слова: ПОТУЖНІСТЬ, ГЕНЕРУВАННЯ, СПОЖИВАЧ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ФОТОЕЛЕКТРИЧНИЙ МОДУЛЬ, ІНВЕРТОР, АКТИВНИЙ СПОЖИВАЧ, КАБЕЛЬ ЗВ'ЯЗКУ.

ABSTRACT

UDC 621.311

Vasyl Yuriyovych Samoilo, "Increasing the efficiency of the power supply system of the limited liability company "Agrocomplex "Green Valley", production unit "Sugar factory" of the Tomashpil settlement community". Master's qualification thesis in the specialty 141 "Electric power, electrical engineering and electromechanics". Vinnytsia: VNTU, 2024. 108 p.

In Ukrainian. Bibliography: 26 titles; figures: 20; tables: 12.

This master's thesis provides a detailed analysis of the electricity supply system of LLC "Agrocomplex "Zelena Dolyna", Sugar Plant Division of Tomashpil Settlement Community.

A solar (photovoltaic) power plant was designed to partially meet the electricity needs for internal consumption. The main legal and technical aspects of operating under the "Active Consumer" or "Net Billing" model were also examined.

The methodology for selecting the tilt angle of solar panels and the distances between rows has been improved.

Keywords: POWER, GENERATION, CONSUMER, AUTOMATION, PHOTOVOLTAIC MODULE, INVERTER, ACTIVE CONSUMER, COMMUNICATION CABLE.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА.	12
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВП «ЦУКРОВИЙ ЗАВОД».	24
2.1 Аналіз живлення заводу на рівні середньої напруги (6-10 кВ)	27
2.2 Особливості мережі живлення електричних двигунів	30
2.3 Визначення втрат у мережі зв'язку між ГРЩ №1 та РЩ-0,4 кВ ТП «Станція вод I-го підйому» при живленні по ньому електродвигуна насоса вод II категорії потужністю 250 кВт	33
РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ (ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ) ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАВОДУ.	38
3.1 Вхідні данні для проектування	42
3.2 Вибір основного обладнання	43
3.2.1 Вибір типу металоконструкцій каркасу для кріплення фотоелектричних модулів.	43
3.2.2 Вибір типу та моделі фотоелектричних модулів.	46
3.2.3 Вибір типу та моделі інверторів модулів.	49
3.2.4 Вибір перерізу кабельної лінії 0,4 кВ за допомогою автоматизованої таблиці Excel.	52
3.3 Методи вибору кута нахилу ФЕП до горизонту та відстаней між рядами ФЕП	55
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.	63
4.1 Визначення необхідності в капіталовкладеннях (інвестиціях) для спорудження СЕС потужністю 100 кВт, що працює виключно на забезпечення власної потреби в електроенергії.	63

4.2 Визначення економічного ефекту від запровадження власної СЕС потужністю 100 кВт, що працює виключно на забезпечення власної потреби в електроенергії.	69
---	----

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	73
--	----

5.1 Технічні рішення з безпечної організації обслуговування електрообладнання	74
---	----

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час виконання робіт	74
--	----

5.1.2 Електробезпека	77
----------------------	----

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	78
---	----

5.2.1 Мікроклімат	78
-------------------	----

5.2.2 Склад повітря робочої зони	79
----------------------------------	----

5.2.3 Виробниче освітлення	80
----------------------------	----

5.2.4 Виробничий шум	81
----------------------	----

5.2.5 Психофізіологічні фактори	82
---------------------------------	----

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина»» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	84
---	----

5.3.1 Дослідження стійкості роботи СЕП ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина»» в умовах дії іонізуючих випромінювань	85
---	----

5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина»» в умовах дії електромагнітного імпульсу	86
---	----

5.4 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина»» в умовах дії загрозливих чинників НС	89
--	----

ВИСНОВОК	91
----------	----

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	93
----------------------------	----

ДОДАТКИ

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах економічного розвитку України особливої ваги набуває підвищення ефективності виробництва продукції, в тому числі генерації та розподілу електроенергії. ТОВ "Агрокомплекс "Зелена долина", ВП "Цукровий завод", є одним з провідних підприємств галузі, яке значно впливає на місцеву економіку та забезпечує робочі місця для значної кількості населення.

Витрати на енергоносії (електрика, природний газ, вугілля тощо) безпосередньо впливають на собівартість продукції, як результат на конкурентоспроможність та прибуток.

Тому оптимізація СЕП є важливою складовою стратегії розвитку компанії та забезпечення її стабільного функціонування.

Мета і завдання роботи. Метою даної магістерської роботи є підвищення ефективності системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю "Агрокомплекс "Зелена долина", виробничий підрозділ "Цукровий завод" Томашпільської селищної громади шляхом аналізу існуючих енергетичних процесів та впровадження сучасних технологій, зокрема проектування сонячної (фотоелектричної) електростанції.

Завдання роботи такі: надати загальну характеристику, провести детальний аналіз існуючої системи електропостачання підприємства, описати його структуру та енергетичні потреби;

Оцінити основні потоки енергії та визначити втрати у кабелі зв'язку (між щитами ТП);

Розробити проект сонячної (фотоелектричної) електростанції для підвищення ефективності системи електропостачання заводу, включаючи вибір, металоконструкцій для кріплення модулів, типу та моделі фотоелектричних модулів та інверторів, додаткового обладнання, а також оптимальний вибір перерізу кабельної лінії;

Обґрунтувати економічну доцільність впровадження запропонованих заходів, включаючи розрахунки економії енергоресурсів та фінансової вигоди для підприємства.

Об'єкт дослідження: система електропостачання ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина», ВП «Цукровий завод» Томашпільської селищної громади.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є методи підвищення ефективності системи електропостачання цього підприємства. Досліджуються такі елементи: аналіз живлення заводу (на підставі графіків погодинного навантаження системи АСКОЕ), визначення втрат у кабельній мережі, а також проектування сонячної (фотоелектричної) електростанції, що включає вибір основного обладнання, методики вибору оптимального кута нахилу та відстаней між рядами фотоелектричних модулів та оптимальний вибір перерізу кабельної лінії.

Новизна одержаних результатів. Удосконалено методику вибору кута нахилу сонячних панелей та відстаней між рядами. Це дозволяє максимізувати ефективність генерації електроенергії, що є вагомим внеском у розвиток технологій використання фотоелектричних станцій.

Практична цінність: розроблено детальні рекомендації щодо проектування фотоелектричної станції для ВП "Цукровий завод" ТОВ "Агрокомплекс "Зелена долина". Вибір основного обладнання, включаючи типи металоконструкцій, моделі фотоелектричних модулів та інверторів, базується на сучасних методах та критеріях.

Введення моделі "Активний споживач" (Net billing), що теоретично дозволяє підприємству керувати надлишками виробленої електроенергії (продавати її в об'єднану енергомережу), оптимізуючи економічні показники та інтеграцію відновлювальних джерел енергії.

Особистий внесок здобувача. Автором розроблено проект СЕС для часткового забезпечення електроенергією заводу. Зокрема, проведено вибір основного обладнання, удосконалено методику визначення оптимального кута нахилу фотоелектричних модулів та розраховано відстані між рядами для

максимізації ефективності. розглянуто основні юридичні та технічні сторони роботи за моделлю "Активний споживач".

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА.

Діяльність ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина» переважно спрямована за галузями: рослинництво, тваринництво, виробництво цукру, та зберігання зерна. Та говорити ми будемо про роботу ВП «Цукровий завод».

Діяльність ВП «Цукровий завод», як і, мабуть, усі підприємства даної галузі носить сезонний характер. Тривалий період очікувана тривалість сезону цукроваріння для нашого підприємства становила 90 діб. Проте після останніх реконструкцій було збільшено продуктивність переробки та надійність певного критично важливого для виробництва обладнання, що дало можливість ще й продовжити сезон до 115 діб. Період виробництва характеризується майже незмінним цілодобовим графіком споживання електроенергії. Зазвичай це стабільні 2,5 МВт споживання від власного турбогенератора 6 кВ та у середньому 700 кВт (1000 кВт у піку) (Додаток Д.1) від районних електричних мереж на напрузі 10 кВ (ПС 110/35/10 «Томашпіль»)

Час, коли не виробляється продукція офіційно вважається ремонтним періодом. Хоча зазвичай одразу після сезону виробництва та замовки, що триває ще близько 5 днів сезонні працівники звільняються, а ремонтні працівники можуть піти в оплачувану відпустку. Ремонтні роботи ще не починають а на підприємстві знаходиться мінімум працівників (в основному для забезпечення працездатності обладнання цукрових складів, мелясних чанів та електричних кранів (вивантаження жому)). Цей період, що як правило триває до середини весни характеризується необхідно мінімальним споживанням енергії (40-100 кВт, залежно від задіяного обладнання).

Безпосередньо ремонт зазвичай починається в середині весни, проте дата початку ремонту більше залежить від рішень керівництва компанії. Вони визначаються із обсягами необхідних реконструкцій та можливим складним ремонтом великогабаритного чи важкодоступного обладнання, що істотно впливають на обсяги виконуваних робіт під час ремонту, а отже і на терміни виконання цих робіт. Відремонтувати обладнання необхідно до

початку наступного сезону цукроваріння, коли буряки дозріють та їх почнуть викопувати та доставляти на завод. Як правило кінець ремонту очікується на кінець серпня-початок вересня. Період ремонту характеризується більшим споживанням удень, аніж зимою і сягає 160-200 кВт у години-пік (Додаток Д.2).

Шлях сировини у вигляді цукрового буряка до цукру кристалічного починається коли автомобільним вантажним транспортом привозять сировину на кагатне поле, де відбирають проби для лабораторного аналізу та буртоукладачем вивантажують машину і складають буряк у кагат. Із кагати буряк змивають водою та відправляють гідротранспортером до мийного відділення. На технологічній лінії очистки є два каменевловлювачі, два соломо-гичковловлювачі та водовідділювач.

Після кількох стадій ополіскування буряк транспортується до бурякопереробного відділення. У бурякопереробному відділенні відбувається (послідовно) зважування (технологічне), різання, транспортування до дифузії, транспортування жому до жомопресів, віджим жому та видалення жому (транспортування до складу жому). Віджатий сік (жомопресову воду) повертають до дифузії, таким чином підвищуються водночас і продуктивність переробки (т/год) і відсоток висолоджування стружки.

Виробництво оснащено двома бурякорізками із приводами від двигунів постійного струму із незалежним збудженням потужністю по 100 кВт кожен, що живляться та керуються тиристорними перетворювачами. Мають два режими управління: місцеве та дистанційне. Місьцеве керування використовують у ремонтний період для зручності проведення ремонтних та налагоджувальних робіт.

Під дистанційним управлінням мається на увазі віддалене керування із операторської дифузії. Оператор має можливість ручного управління (на випадок збоїв у системі автоматизації). В штатному режимі оператору дифузії достатньо вказати завдання на переробку буряка (тоннаж) і система

автоматично підлаштує завдання на тиристорні перетворювачі, а в результаті – оберти різки.

Оператор дифузії бачить на екрані комп'ютера мнемосхему даної технологічної лінії та має обширні можливості для відстеження основних параметрів процесу (на кшталт рівнів, температур, рівнів РН в різних частинах дифапарату. Також є можливості по регулюванню обв'язки: регулювання насосів жомопресової води, дифузійного соку, барометричної води, регулювальних заслінок та парових заслінок.

Оператор дифузії також здійснює регулювання обертів приводу дифузії (тобто швидкість просування стружки по тракту дифапарата).

Привод дифузії – це чотири двигуна постійного струму незалежного збудження, два з яких-основні, інші два – резервні. Основні двигуни, потужністю по 45 кВт і номінальною напругою 220 В розташовані по діагоналі дифапарату (один зверху інший-знизу) та підключені послідовно до одного тиристорного перетворювача на 440-460 В. Схема розподілу дозволяє швидко перемкнутися на допоміжні двигуни, аналогічні по будові, але потужністю по 37 кВт кожен. Послідовне підключення двигунів до одного джерела живлення дає змогу вирівняти механічні моменти на валах двигунів (виникає ефект електромеханічного диференціалу)

В подальшому дифузійний сік відправляється на дефекосатурацію (сокоочисне відділення) завдяки чому вдається відділити певні речовини та важкі метали у вигляді осаду. Який пізніше фільтрується фільтрами різної конструкції та розмірами фільтруючих отворів. Після стадії фільтрації суспензію вже називаємо сиропом, який потрапляє до І-го корпусу випарної станції.

Оператор дефекосатурації теж знаходиться у операторській дифузії та керує водо підготовкою, продувками та самою системою дефекосатурації. Мнемосхема містить відомості про температури, кислотність, витрати соків, завдання на приводи різних насосів, рівні у збірниках. Також є доступ до трендів для аналізу режимів роботи. Тож специфіка процесів на даній ділянці

вимагає точного регулювання приводів насосів, що досягається завдяки промислому ПЛК та ПЗ від фірми SIEMENS, та частотним перетворювачам, які керуються аналоговими сигналами 4-20 мА та регулюють швидкість обертання насосів в межах від 10 до 100% а у окремих випадках-навіть понад 120%. У даному випадку частотні перетворювачі забезпечують неперервність процесу перекачування соків, відмінну автоматизацію та мінімальне зношення деталей двигунів та насосів (за рахунок відсутності пускових перевантажень та плавності перехідних процесів). Ще ЧП володіють багатьма функціями по контролю основних параметрів та захисту власних внутрішніх компонентів, двигунів та ліній живлення(захист від обриву фази на вході та виході, захист від перевантажень інвертора та двигуна, контроль температури інвертора, контроль температури двигуна (опосередковано чи безпосередньо – по термісторі), захист від коротких замикань (міжфазних та «на землю»), тощо.

У випарній станції сироп проходить декілька стадій випарювання, під час яких сироп мігрує між 6-ма корпусами станції. Випарювання (згущення) сиропу відбувається в умовах розрідження і при температурах близько 65-70°C, тобто сироп кипить при доволі невисоких температурах. У подальшому продуктом із випарної станції набирають вакуум апарати-кристалізатори. Апарати-кристалізатори завантажують окрім соку із випарної станції ще і продуктами подальшої діяльності продуктового цеху, наприклад зеленою та білою патоками які утворюються при фугуванні утфеля.

Робота вакуум-апарата подібна до випарної станції, адже у ньому продукт також знаходиться під розрідженням (тиск нижчий за атмосферний), в теплообмінники подається пар, завдяки чому продукт підігрівається і в процесі згущується. На певному етапі до апарату подається затравка – мілка цукрова пудра, кожен кристал якої стане осередком, навколо якого виросте кристал цукру розміром близько 1 мм. Якщо недостатньо контролювати умови формування кристалу, то можна отримати і кристали розмірами в 5-7 см. Також щоб сформовані кристали не осідали на дно апарату, в його

конструкції передбачений рециркулятор (змішувач), що приводиться в рух частотно-керованим електроприводом.

На виході із вакуум-апарату отримуємо утфель. Його скидують до мішалок-кристалізатора. Із мішалок утфель через утфелерозподілювачі потрапляє до апаратів центрифугування.

У нас на виробництві встановлено 3 центрифуги І-го продукту німецького виробництва фірми ВМА – моделі В1300 одна з них потужністю 160 кВт, а інші дві по 184 кВт із частотно керованим електроприводом. Згадані частотні перетворювачі - фірми SIEMENS обладнані ПЛК та формують автономну систему керування із доволі гнучкими можливостями в налаштуваннях. В даний час вони працюють по черзі (зі зміщеними циклами фугування, під час яких машина споживає номінальну потужність). Дані частотні перетворювачі також мають режим гальмування рекуперацією, що значно підвищує ефективність використання енергоресурсів.

Деякі особливості роботи центрифуг І-го продукту:

Подача утфелю: утфель потрапляє до центрифуги із утфелерозподілювача через повітряну заслінку, яка керується тим же ПЛК в частотному перетворювачі

Обертальний рух і розділення: утфель потрапляє в центрифугу, де він піддається обертальному рухові з високою швидкістю. Цей обертальний рух призводить до утворення відцентрової сили, яка відокремлює цукрові кристали від рідини та нецукрових домішок. Цукрові кристали, які є найбільш важкими, знаходяться ближче до центру центрифуги, тоді як рідина та нецукрові домішки відводяться на периферію.

Видалення рідини та домішок: Рідина та нецукрові домішки (патоки: біла, зелена та бура), відокремлені від цукрових кристалів, відводяться з центрифуги через відповідні канали або систему виведення відходів.

Центрифугуванням відділяється більша частина між кристального розчину, який після центрифугування називають першим відтоком (зелена патока). На відміну від між кристального розчину він містить ще невелику

кількість кристалів (різниця чистот не повинна перевищувати 1%). Так як на кристалах цукру ще залишається невелика кількість між кристального розчину, який надає кристалам жовтуватого відтінку, то для його відділення цукор промивають артезіанською водою з $t = 85-90^{\circ}\text{C}$. В результаті утворюється другий відтік (біла патока). На промивання витрачається 3...3,5 % води до маси утфеля, тривалість промивання 15...30 с. Для того, щоб забезпечити необхідну різницю чистоти першого та другого відтоку (5...7 %), після початку промивання через 10...15 с автоматично повертається сегрегатор. У центрифуги є зовнішній кожух для відведення відтоків. На виході з центрифуги розташований сегрегатор, який розділяє відтоки та направляє їх у відповідні жолоби за допомогою перекидного жолобка або іншої конструкції [1].

Після промивання цукор підсушується до вологості 0,8...1,2 %. Після зсипання цукру на фільтрувальному ситі залишається шар цукру товщиною 2...5 мм, який періодично протягом 4...8 с промивають гарячою водою. Промий – у збірник другого відтоку.

Обидва види патоки можуть бути використані у виробництві різних продуктів залежно від їх складу та властивостей. Вони є важливою частиною виробничого процесу на цукрових заводах і можуть бути перероблені на багатоцільові продукти, проте в даному заводі кінцевий продукт виробництва-це цукор кристалічний білий I-го ґатунку, фасований у 50 кг мішки, або м'яку тару по типу BIG-BAG вагою 1 т., тож всі побічні продукти повторно «повертаються до котла» - із збірників через підігрівників набираються вакуум-апарати, де цукор, що залишився після попередніх стадій скристалізується та зфугується.

Ще одним продуктом виробництва є меляса. Меляса - це товста та густа сиропоподібна рідина, яка залишається після відокремлення цукрових кристалів від цукрового сиропу. Вона містить в собі значну кількість нецукрових домішок, включаючи мінерали, волокна та інші речовини. Мелясу можна використовувати в тваринництві як корм для тварин, в

харчовій промисловості для виробництва пектина або як сировину для виробництва різних хімічних продуктів.

Збір цукрових кристалів: Чисті цукрові кристали збираються з центрифуги і направляються на подальшу обробку та упаковку.

Контроль та налаштування: Робота центрифуги контролюється за допомогою спеціалізованих систем управління, які забезпечують оптимальну ефективність та якість продукту. Налаштування центрифуги проводиться відповідно до вимог виробничого процесу та якісних стандартів.

Центрифуги I продукту фірми ВМА відомі своєю надійністю, ефективністю та високою якістю продукту, що вони виробляють. Вони є важливою частиною виробничого процесу на багатьох цукрових заводах по всьому світу.

Окрім центрифуг I продукту також експлуатуються центрифуги (по одній) II та III-го продукту неперервної дії теж виробництва компанії ВМА-моделі K3080 та K3300 відповідно. Поряд із ними ще залишились дві центрифуги II та III продукту ФП-1321К-01 потужністю по 75 кВт вітчизняного виробництва, які використовуються для підтримки на час обслуговування та у випадку виходу з ладу основних агрегатів.

Потужність електроприводу центрифуги K3080 55 кВт., а схема ввімкнення зірка-трикутник із автоматизованим контролем по струму та часу. Така схема забезпечує плавний розгін (пуски відбуваються нечасто) високоінерційного механізму та відсутність кидка струму та просідання напруги на шинах приєднання при пуску.

Потужність електроприводу центрифуги K3300 90 кВт., а в схемі пуску використовується пристрій плавного пуску, що дозволяє плавно розігнати до робочої швидкості механізм центрифуги.

Цукор, що виробляється центрифугами II та III продукту повністю відправляється до клерувальних мішалок а дана клеровка додається до сиропу у вакуум-апаратах, а кінцева мета – це білий цукор I-го ґатунку.

I продукт: Це найбільш очищений вид цукру, який містить найменше нецукрових домішок. Він володіє найвищою чистотою та рівнем кристалічності серед трьох видів продукту.

II продукт: Цей вид цукру має трохи більше нецукрових домішок порівняно з I продуктом, але все ще є досить очищеним. Він може мати трохи темніший колір та меншу чистоту, ніж I продукт.

III продукт: Це найменш очищений вид цукру, який містить найбільше нецукрових домішок. Він може мати темніший колір, грубшу текстуру та меншу кристалічність порівняно з I та II продуктом.

Щоб забезпечити виробництво необхідним теплом на заводі функціонує ТЕЦ (тепло енергетичний цех), обладнаний трьома газовими котлами ДКВР - 14 - 21 – 350, паропродуктивністю 14 т/год., один із яких переобладнаний для роботи на пічному паливі (мазуті), коли це економічно виправдано. Є ще два котли ДКВР - 14 - 21 – 395 та ДКВР - 16 - 23 – 395, паропродуктивністю 14 т/год та 16 т/год відповідно, які працюють на вугіллі, та автоматизовані за останнім словом техніки. При звичайному режимі роботи достатньо пару, що виробляється двома вугільними котлами, проте при цьому, як правило, один із газових котлів готовий до швидкого запуску при дефіциті пару. Для забезпечення котлів живильною водою, в ТЕЦ встановлено систему водопідготовки, що включає в себе демінералізацію та деаерацію води.

ТЕЦ подає первісний пар із котлів на автономний турбогенератор потужністю 2,5 МВт та напругою 6 кВ , який забезпечує безперебійним живленням більшу частину виробництва. (в середньому потужність споживання заводу складає 3,2 МВт а найвище пікове- 3,652 МВт, нестачу покривають за рахунок живлення від об'єднаної мережі – підстанція «Томашпіль» 110/35/10 кВ на напрузі 10 кВ. Система водопідготовки для живлення парових котлів у теплоенергетичному цеху цукрового заводу відіграє важливу роль у забезпеченні безперебійного та ефективного функціонування обладнання. Основні стадії водопідготовки:

Фільтрація та очищення води: Першим етапом системи водопідготовки є фільтрація та очищення води від різних домішок, таких як піски, глини, органічні речовини та інші забруднення. Це може включати використання пісочних фільтрів, ультрафільтраційних систем, а також осадників для видалення твердих частинок.

Демінералізація: Після фільтрації вода може пройти процес демінералізації, щоб видалити розчинені солі та мінерали, які можуть призвести до утворення накипу в котлах. Це може включати використання іоннообмінних смол або процес зворотного осмосу для демінералізації води.

Деаерація: Перед тим, як вода потрапить до котлів, вона може пройти процес деаерації для видалення розчиненого кисню та інших газів, які можуть призвести до корозії обладнання. Деаератор використовується для видалення кисню та інших газів шляхом нагрівання води та аеровідведення. Це забезпечує захист від корозії та підтримує якість води, що подається до котлів.

Контроль параметрів води: Параметри якості води, такі як рН, твердість, концентрація кислотності та інші, також постійно моніторяться та контролюються для забезпечення оптимальних умов для роботи котлів.

Параметри роботи котлів які постійно контролюються та утримуються в необхідно-допустимих межах:

Тиск пару: У даному випадку, тиск пару зазначений на рівні 20 атмосфер. Це є критичним параметром, оскільки тиск пару безпосередньо впливає на ефективність генерації пару та роботу всієї системи теплоенергетичного цеху.

Температура пару: На парових котлах також регулюється температура пару, яка зазвичай пов'язана з тиском і повинна бути належним чином контрольована, щоб уникнути перегріву або недостатнього нагрівання пару.

Подача води: Система повинна забезпечувати стабільну подачу очищеної та демінералізованої води до котлів, щоб забезпечити надійну роботу та запобігти утворенню накипу або інших проблем. Підготовану воду

подають до котлів живильним насосом. Їх встановлено три, проте зазвичай в роботі знаходиться тільки один. Двигуни насосів потужністю 100 кВт та два інші по 132 кВт швидкість обертання – 3000 об/хв.

Контроль ефективності: Параметри ефективності котлів, такі як ККД (коефіцієнт корисної дії) або теплова потужність, також постійно моніторяться для забезпечення оптимальної роботи системи.

Узагальнюючи, система водопідготовки для живлення парових котлів у теплоенергетичному цеху цукрового заводу має на меті забезпечення безперебійного постачання чистої та оптимально підготовленої води, що є критичним для ефективного та безпечного функціонування котлів і всієї енергетичної системи заводу.

Понижувальні підстанції заводу 10/0,4 кВ (заживлені від районних електромереж) мають зв'язки по кабельних лініях 0,4 кВ. Це дає змогу конфігурувати мережу для різних режимів роботи.

Наприклад, у ремонтний період всі споживачі заводу живляться від одного трансформатора (наприклад Тр-р 630 кВА ТП «Ремонтний період») лінії зфазовані, тож таке переключення не несе проблем із напрямком обертання двигунів. Або ж є можливість паралельної роботи трансформаторів та підстанцій (усі мережеві силові трансформатори 10/0,4 кВ зфазовані, мають однакові групи з'єднань, однакові напруги короткого замикання та жоден із них не відноситься до жодного іншого більш як 1:3, це дає змогу паралельної роботи даних трансформаторів на спільне навантаження при тому що живляться від різних фідерів (хоча фідери різні, але підстанція все та – ПС 110/35/10 «Томашпіль»). Це дає змогу забезпечити збільшену потребу потужності, або підвищити стійкість та безперебійність живлення підприємства.

Під час практики я мав можливість поглиблено ознайомитися з базою практики та її організаційною структурою. Перш ніж розпочати активну діяльність, мені надали можливість провести екскурсію до різних підрозділів бази. Ця екскурсія була дуже цікавою та корисною, оскільки я отримав змогу

краще зрозуміти внутрішню організацію та взаємозв'язки між різними відділами. Крім того, після екскурсії я мав можливість ознайомитися з різноманітною документацією, що регламентує діяльність бази, що є важливим етапом у підготовці до практичної діяльності.

Основним способом подання структури електротехнічного обладнання є однолінійні схеми електропостачання та схеми електричні принципи. Під час практики я мав можливість детально ознайомитися з цими схемами та особливостями користування ними. Це дало мені можливість отримати глибокі знання у цій області, що буде корисним у моїй майбутній кар'єрі. Однолінійна схема електропостачання цукрового заводу приведена в додатку Б Особливістю даної схеми є живлення від двох незалежних джерел енергії, що вимагає чіткого розуміння усім електротехнічним персоналом поточного режиму роботи системи.

Помилка при перемиканнях може призвести до зустрічного вмикання двох несинхронізованих та потужних джерел електроживлення. У такій ситуації може не обійтися звичайним спрацюванням захисту та відімкненням хоча б одного із джерел. У такій ситуації виникає надзвичайно великий струм, який здатен пошкодити апарати комутації, провідники чи контактні з'єднання. Такий колосальний струм окрім теплової дії розвиває ще й великі механічні навантаження, здатні зірвати шинопроводи із кріплень та ізоляторів чи спричинити механічні пошкодження у будь-якому місці мережі між двома джерелами.

Отже, ВП «Цукровий завод» це підприємство харчової промисловості, зайняте виробництвом цукру кристалічного білого. Завод обладнано великою кількістю великогабаритного, потужного конструктивно складного та травмо й вибухонебезпечного обладнання, яке вимагає високої кваліфікації працівників для належної експлуатації та ремонту того ж обладнання. Для забезпечення належного контролю за режимом роботи конкретної ділянки впроваджено системи диспетчерського управління, завдяки чому більшість технологічних процесів автоматизовано.

На підприємстві масово використовуються частотно-керовані електроприводи різного рівня автоматизації. У виробництві також задіяні приводи від електродвигунів постійного струму із незалежним збудженням (живлення від тиристорних перетворювачів).

Живлення заводу від районних електричних мереж відбувається на напрузі 10 кВ. Під час сезону цукроваріння основну потребу в електроенергії забезпечує власний турбогенератор потужністю 2,5 МВт, пар для парової турбіни виробляється власною ТЕЦ, обладнаною 5-ма паровими котлами. Контроль за електроживленням підприємства здійснюється за допомогою автоматизованої системи комерційного обліку (АСКОЕ).

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВП «ЦУКРОВИЙ ЗАВОД».

Система електропостачання (СЕР) є невід'ємною частиною будь-якого виробничого підприємства, особливо такого великого і складного, як цукровий завод. Від її надійності, ефективності та безперервності залежить успіх всього виробничого процесу, якість продукції та економічні показники заводу. В умовах сучасних вимог до енергоефективності та зниження експлуатаційних витрат, необхідність проведення детального аналізу роботи СЕР стає очевидною. Аналіз спрямований на виявлення слабких місць у системі електропостачання, оптимізацію енергоспоживання та підвищення загальної ефективності роботи заводу.

Основною метою аналізу є оцінка поточного стану СЕР цукрового заводу, виявлення можливих проблем та надання рекомендацій щодо їх усунення. Це включає технічний аналіз обладнання, економічну оцінку витрат на електроенергію, а також аналіз заходів з підвищення енергоефективності та безпеки експлуатації.

Щоб провести такий аналіз доведеться виконати декілька завдань. По-перше, необхідно оцінити структуру СЕР, включаючи вивчення основних джерел живлення, таких як центральна підстанція, резервні генератори та джерела безперебійного живлення, а також аналіз системи розподілу електроенергії: розподільчі щити, трансформатори та кабельні мережі. По-друге, потрібно детально охарактеризувати обладнання, зокрема трансформатори, електродвигуни та кабельні лінії, оцінити їх технічні характеристики, стан та необхідність заміни або модернізації.

Наступним завданням є аналіз навантаження та розподілу потужності. Визначення основних споживачів електроенергії, таких як насоси, центрифуги, випарні апарати, а також вивчення пікових та середньодобових навантажень дозволить оптимізувати розподіл електроенергії та зменшити втрати. Оцінка

системи автоматизації та управління також є важливим аспектом аналізу. Вона включає дослідження контролюючих систем, таких як програмовані логічні контролери (PLC) та системи диспетчерського управління та збору даних (SCADA), а також оцінку рівня автоматизації виробничих процесів, ефективності моніторингу та управління обладнанням.

Особливу увагу слід приділити енергоефективності та оптимізації споживання електроенергії. Визначення коефіцієнта корисної дії обладнання та аналіз втрат енергії, а також розробка та впровадження заходів з підвищення енергоефективності, таких як встановлення частотних перетворювачів та використання енергоефективних електродвигунів, є важливими кроками на шляху до зниження витрат на електроенергію. Впровадження систем енергетичного моніторингу та управління дозволяє постійно контролювати та аналізувати споживання енергії, виявляти потенційні проблеми та вчасно їх вирішувати.

Безпека та надійність роботи СЕП є ключовими аспектами, які необхідно враховувати при аналізі. Оцінка заходів безпеки, таких як система заземлення, захист від перевантажень та коротких замикань, протипожежна безпека, а також аналіз надійності енергопостачання допоможуть виявити та усунути потенційні ризики аварійних ситуацій.

Не менш важливим є економічний аналіз витрат на електроенергію для виявлення потенціалу зниження витрат. Оцінка економічної доцільності інвестицій у модернізацію СЕП, включаючи розрахунок термінів окупності, дозволить приймати обґрунтовані рішення щодо поліпшення системи електропостачання.

В результаті проведеного аналізу будуть зроблені висновки щодо поточного стану СЕП цукрового заводу, виявлені основні проблеми та надані рекомендації з покращення її роботи, підвищення енергоефективності та безпеки. Це дозволить зменшити витрати на електроенергію, підвищити надійність енергопостачання та забезпечити безперебійну роботу заводу, що в

кінцевому результаті сприятиме підвищенню загальної ефективності та конкурентоспроможності підприємства.

Електропостачання ВП «Цукровий завод» від РЕМ відбувається на напрузі 10 кВ промислової частоти 50 Гц повітряними лініями АС-50, довжиною 1-2 км. Мережу заводу підключено до підстанції ПС 110/35/10 «Томашпіль» по трьох фідерах. Ці лінії підключені до комутаційних пристроїв РП-10 кВ підстанцій заводу, обладнаних захисними пристроями. Точку обліку спожитої електроенергії влаштовано на ПС 110/35/10 «Томашпіль». Там встановлено багатотарифні лічильники активної та реактивної електроенергії, підключені до GPRS модема, який забезпечує передавання зареєстрованих даних (показники, показники якості електроенергії та погодинний графік навантаження) на комп'ютер головного енергетика та в РЕМ.

На підстанціях 10/0,4 кВ заводу встановлено силові масляні понижуючі трансформатори, потужністю 1000, 630, 400 та 250 кВА. Виходи трансформаторів приєднано до ввідних автоматів в РЩ-0,4 кВ, виходи автоматів з'єднано із рубильниками, а рубильники – із шинами РЩ. На двотрансформаторних підстанціях є секційні роз'єднувачі (автомати), які дають змогу часткового виводу обладнання в ремонт та різні комбінації комутації зв'язків 0,4 кВ.

Також на підстанціях встановлено установки компенсації реактивної енергії, які регулюють свою ємність автоматично, орієнтуючись на зворотній зв'язок по струму та напрузі, забезпечуючи високий рівень коефіцієнта потужності ($\cos\phi$), допустимі рівні напруги та не допускають перекомпенсації.

Велика частина обладнання підстанцій є морально застарілим, виготовленим ще за часів СРСР. Як от трансформатори ТМ 1000/10 кВ та ТМ 1000/6 кВ, виготовлені та встановлені ще 1974 – 84 роках. Автомати захисту типу АВМ-10,15 та 20 також морально застарілі, і не можуть забезпечити сучасних потреб у точності регулювання вставок, та безпеці експлуатації, хоча конструктивно є дуже ремонтпридатними та наочними.

2.1 Аналіз живлення заводу на рівні середньої напруги (6-10 кВ)

Живлення повітряними лініями 10 кВ приходить від ПС 110/35/10 «Томашпіль» до чотирьох понижувальних підстанцій: ТП 1000/630кВА 10(6)/0,4кВ «Станція вод I-го підйому», ТП 2х1000кВА 10/0,4кВ «Очисні споруди», ТП 630(400)кВА 10/0,4кВ «Ремонтний період», ТП 250кВА 10/0,4кВ «Кагатне поле».

Загалом в процесі перетворення енергії від РЕМ можуть приймати участь 5 силових масляних трансформаторів. Проте більшу частину часу підстанції працюють на одному із трансформаторів, або ж трансформатори взагалі вимкнено, коли обсяги споживання таке допускають. Трансформатори вимикаються задля уникнення втрат холостого ходу, що дорівнюють приблизно 0,2% це близько 2 кВт для трансформатора потужністю 1000 кВА. При цьому живлення підстанції забезпечується лініями зв'язку 0,4 кВ.

Рівню напруги 6 кВ відповідає мережа живлення від власного турбогенератора Т2–2,5–2. Вихід турбогенератора двома кабелями паралельно подається на ввідний автомат РУ-6 кВ, де вироблена енергія розподіляється та обліковується. В РУ-6 кВ також облаштовано вузол обліку, дані з якого передаються на комп'ютер головного енергетика, що дозволяє віддалено слідкувати за режимом роботи генератора. РУ-6 кВ обладнано 13 комірками, в яких розміщуються масляні автоматичні вимикачі типу ВМПЭ-10к з електромагнітним приводом постійного струму та можливістю як дистанційного так і ручного керування; захисні реле (напругові та струмові), відповідають за виявлення несправностей і подачу сигналу для відключення вимикачів; трансформатори струму та напруги, використовуються для вимірювання параметрів електричного струму і напруги. Відхідні кабелі до ТП виконано кабелями з паперовою маслопросоченою ізоляцією перерізом 50-70 мм². Частина кабелів – броньовані, це підвищує стійкість кабелів до механічного пошкодження при електромонтажних роботах та до умов підвищеної вологості, корозії та інші несприятливих чинників. Кожен кабель до

ТП має «дублера» - незадіяного паралельно прокладеного кабелю, якого у разі пробою основного можна досить швидко підключити, щоб припинити аварійний режим роботи ТП, або ж відновити основне живлення.

Живлення кабельними лініями 6 кВ приходить від РУ-6 кВ до п'яти понижувальних підстанцій: ТП 2х1000кВА 6/0,4кВ «ГРЩ №1», ТП 2х1000кВА 6/0,4кВ «ГРЩ №2», ТП 1000/630кВА 10(6)/0,4кВ «Станція вод I-го підйому», ТП 1000кВА 6/0,4кВ «Газова піч», ТП 1000кВА 6/0,4кВ «Власні потреби ТЕЦ».

Кожного року релейний захист генератора та комірок РУ-6 кВ проходять перевірки та налагодження, які виконуються сторонньою організацією із відповідними дозволами, ліцензіями, необхідним обладнанням та сертифікатами на нього. Ця організація зайнята перевіркою вставок, часу спрацьовування реле, їх чутливість загальну придатність до використання в даній системі. Також щорічно всі кабелі 6-10 кВ піддаються випробування підвищеною постійною напругою, під час цього фіксуються струми витоку та робиться висновок про придатність до подальшої експлуатації та вірогідність безперебійної роботи на протязі всього сезону. Ще згідно графіка проводяться вимірювання основних параметрів трансформаторів, таких як опори обмоток, опори ізоляції та опори перехідних з'єднань. Це дає змогу вчасно виявити несправність та відремонтувати зазначене обладнання. Під час перевірки трансформаторів також відбирають проби трансформаторного масла для лабораторного аналізу на електричну міцність.

ТП «Станція вод I-го підйому» живить насоси вод II та III категорій, мішалки приямків II та III категорій, електрокрану РДК-160 відвантаження жому та «Автотранспортного цеху». Кабель живлення трансформатора 6 кВ пошкоджено, та у зв'язку із дефіцитом потужності генератора, в даний час не експлуатується. Для забезпечення можливості продовження живлення споживачів при вимкненні напруги 10 кВ (аварійному чи плановому по ГПВ) використовується кабельний зв'язок 0,4 кВ із ГРЩ №1, виконаний двома кабелями марки АВВГ 3х185+1х95, довжиною 150м. цією кабельною лінією

практично весь сезон заживлено електродвигун насоса води II категорії (для гідротранспортера буряка).

ТП «Очисні споруди» живить насоси II категорії - гідротранспортерів (подачі буряка в завод), насосів III категорії (відкачка непридатної (забрудненої великою кількістю домішок (мулу)) води на відстійники), насосів води з градирні, бурякоприймального пункту, частини цукрових складів та різних мішалок, вентиляторів і домішковловлювачів.

ТП «Ремонтний період» забезпечує живлення заводу під час ремонтного періоду, а в сезон виробництва використовується її зв'язок із ГРЩ №1 для балансування навантаженням генератора на номінальному рівні. Також від неї заживлені майстерні, плотня, КВПіА, електроцех та частина системи зовнішнього освітлення заводу.

ТП «Кагатне поле» заживлює РЮПРО та цукрових складів №1-2-3 та забезпечує надійність живлення вказаних споживачів за рахунок можливості увімкнення із двох сторін (при живленні ГРЩ №1А від генератора — тільки з однієї сторони одночасно).

ТП «ГРЩ №1» забезпечує первісний розподіл енергії на основні технологічні установки частини сокоочисного цеху, продуктового цеху, системи основного та аварійного освітлення заводу (система АВР при зникненні напруги на основних шинах перемикає навантаження автоматично на лінію від ТП «Ремонтний період». Також виконано лінії зв'язку 0,4 кВ із ТП «Власні потреби ТЕЦ», ТП «Станція вод I-го підйому» та ТП «ГРЩ №2». Ці зв'язки дають змогу аварійної роботи кожної із цих станцій шляхом увімкнення ліній зв'язку та направлення перетоків потужності від інших підстанцій до пошкодженої

ТП «Газова піч», потужністю 1000 кВА живить газові насоси, потужністю 250 кВт, лінію підготовки шихти, насоси перекачування рідин, вентиляцію, лінію подрібнення вугілля. Від ТП «Газова піч» прокладено лінії зв'язку 0,4 кВ до ТП «ГРЩ №2» та до ТП «Очисні споруди», цей зв'язок в ремонтний період забезпечує живлення «очисних споруд» від ТП «рем. періоду» або ж живлення

заводу від ТП «Очисні споруди» під час вимкнення фідера живлення на ТП «Ремонтний період».

ТП «Власні потреби ТЕЦ» - це однотрансформаторна понижувальна підстанція, яка забезпечує живленням Теплоенергетичний цех (ТЕЦ), основні споживачі – це димососи та вентилятори котлів, потужністю від 40 до 160 кВт, живильні насоси (потужністю 132 кВт), насоси водопідготовки та систему вугільних котлів. Дана підстанція має високу важливість для безпечної та безперебійної роботи заводу, адже обладнання котлів є вибухонебезпечним при зупинці певних механізмів, як от живильних насосів та може пошкодитись навіть при недотриманні технології зупинки, що є критичним. Для уникнення проблем із живленням ТП «Власні потреби ТЕЦ» має зв'язок із ГРЩ №1 заводу по шинному мосту ($3 \times 1000 \text{ мм}^2$) та окремі кабельні лінії. Окрім того один із живильних насосів має живлення від РЕМ (ТП «Ремонтний період»).

Отже, мережа заводу 10 кВ виконана повітряними лініями проводами марки АС-50. Мережа 6 кВ - кабельними лініями із паперовою маслопросоченою ізоляцією (броньованими та неброньованими) перерізами 50-70 мм^2 . Мережа виконана радіальною і має ряд комутаційних пристроїв (роз'єднувачів, вимикачів навантаження, масляних автоматичних вимикачів для комутації, захисту та конфігурування схеми. З ціллю захисту ліній живлення та обладнання від коротких замикань та перевантажень застосовуються масляних автоматичних вимикачі та плавкі запобіжники відповідного номіналу.

2.2 Особливості мережі живлення електричних двигунів

Переважна частина електроенергії яку споживає завод припадає на трифазні асинхронні двигуни різної потужності – для приводів насосів, транспортерів, вентиляторів, компресорів та іншого, більш специфічного обладнання.

Схема живлення електродвигунів включає в себе кабель від магнітного пускача до двигуна, магнітний пускач із тепловим захистом двигуна, кабель до

розподільчого пункту, та групу плавких вставок або автоматичний вимикач у розподільчому пункті.

Розподільчі пункти на 6-8 груп розташовуються якомога ближче до групи електродвигунів, які мають від нього живитися. Заживлюються РП кабелем від РЩ або ГРЩ ввідним кабелем, захищеним відповідним автоматичним вимикачем, прокладеним відкритим (по стінах та металоконструкціях в пучках та окремо) або прихованим способом (у підземних кабель-каналах, забетоновані в підлогу та перекриття, або ж в кабельних трасах, змонтованих із металевих кабельних лотків). Кабель живлення до розподільчого пункту підключається на рубильник, а від рубильника ошиновуванням розведено живлення до груп плавких запобіжників (типу ПН-2) – вставок, або автоматичних вимикачів.

Використання таких РП із плавкими запобіжниками є застарілим та призводить до ряду можливих небажаних явищ. Одним із таких є ремонт плавких вставок шляхом заміни перегорілого каліброваного плавкого елемента на мідний провідник відповідного перетину. Під час цього можуть припуститись помилки та «загрубити» вставку. Такий «зремонтований» запобіжник практично втрачає свою здатність відключити перевантаження, адже на елементі заводського виготовлення є перфорація та у найтоншому її місці нанесено каплю припою, яка знижує температуру перегорання цього елемента, а на проводі що встановлюється в запобіжник такого покриття немає.

Виправити ситуацію може модернізація існуючих або заміна на РП із використанням автоматичних вимикачів захисту двигунів. Такі вимикачі виготовляються в широкому асортименті номіналів, легко встановлюються та замінюються, а ще чудово захищають електродвигуни від небажаних режимів роботи. Окремі моделі мають поряд із тепловим та електромагнітним захистами ще і захист від «обриву фази», від перенапруги чи зниження напруги. Можуть також комплектуватись додатковими блок-контактами, дистанційними розчіплювачами (сервоприводами) тобто є багатоцільовими і можуть мати застосування в АСУ.

Магнітні пускачі як правило розташовані поблизу відповідного електродвигуна, у разі неможливості такого встановлення, біля двигуна розташовується місцевий кнопковий пост управління. Магнітні пускачі (контактори) монтуються в спеціальному, металевому або пластиковому, закритому корпусі (боксі), який захищає контактор від потрапляння всередину пилу, вологи та від випадкового дотику до відкритих струмоведучих частин.

Така схема побудови мережі живлення є доволі економічною, оскільки скорочує відстані прокладання кабелів живлення двигунів. Окрім того така схема має певні переваги щодо встановлення пускової апаратури в спеціальних щитах керування з точки зору можливостей ремонту. Бо окремо встановлена одиниця (кабелі - магнітний пускач - двигун) легко розпізнається візуально, легко знеструмлюється зніманням запобіжників (під напругою), або вимкненням відповідного автомата, після чого досить перевірити відсутність напруги на знеструмленій установці і можна приступати до виконання діагностики та ремонту. Таку роботу можна виконувати, з точки зору техніки безпеки, як таку, що виконується в порядку поточної експлуатації. Така організація роботи є досить привабливою, бо вимагає від працівника, якому належить займатися ремонтом, значно меншої кваліфікації та зосередженості.

Таким чином забезпечено живлення переважної більшості дублюючих установок цукрового заводу, що дає можливість безперервної переробки сировини.

Більшість основних приводів насосів та обладнання є частиною високоавтоматизованих систем і в такій системі часто пусковий апарат двигуна знаходиться в іншому приміщенні ніж двигун. Також пускова апаратура може знаходитись у щиті керування, де встановлену велику кількість однотипного обладнання. Тоді при ремонті обладнання, що вийшло з ладу є великий ризик помилитися і влізти до апарату, що знаходиться в роботі та під напругою. Поряд із ризиками необхідно уміти читати складні схеми управління, адже провідники часто зібрані в пучки та кабель-канали, де не можливо прослідкувати маршрути прокладання кабелів і єдина можливість

продіагностувати схему це маркування в середині щита, яке відповідає маркуванню на схемах.

З точки зору техніки безпеки для виконання робіт по ремонту чи заміні обладнання в таких щитах вимагає щонайменше оформлення розпорядження, в залежності від складності та небезпеки необхідних робіт може вимагати оформлення наряду-допуску. Рішення про те чи дана робота вимагає оформлення наряду-допуску чи розпорядження приймає особа, яка його видає на основі власного досвіду, виробничих факторів, кваліфікації працівників – бригади та згідно затвердженого особою, відповідальною за електрогосподарство переліку робіт, які виконуються в порядку поточної експлуатації, за розпорядженням чи за нарядом-допуском.

Багато приводів насосів заживлено від частотних перетворювачів із векторним управлінням. Самі частотні перетворювачі захищаються по входу швидкодіючими (напівпровідниковими) плавкими вставками, здатними вимикати струми короткого замикання за 8-10 мс (це відповідає одному півперіоду в мережі 50-60 Гц). Використання швидкодіючих запобіжників залишає шанс на подальше відновлення роботоздатності дороговартісному обладнанню після виходу його з ладу.

2.3 Визначення втрат у мережі зв'язку між ГРЩ №1 та РЩ-0,4 кВ ТП «Станція вод І-го підйому» при живленні по ньому електродвигуна насоса вод II категорії потужністю 250 кВт

Систему електропостачання можна описати за допомогою різних характеристик – її вартість (економічна характеристика), надійність електропостачання, якість електроенергії, гнучкість та масштабованість, безпека, однак в умовах сучасних вимог та технічних можливостей дуже важливим є контроль та зниження показника втрат напруги та активної електроенергії в мережі. Це предмет окремого розрахунку при проектуванні чи аналізі СЕП.

Розрахуємо втрату напруги в кабелі зв'язку між ГРЩ №1 та РЩ-0,4 кВ ТП «Станція вод I підйому» при живленні по ньому електродвигуна насоса вод II категорії номінальною потужністю 250 кВт, відомо, що двигун працює весь час протягом сезону за рідкісним винятком виходу з ладу електродвигуна чи насоса, необхідності перепакунання сальникової набивки насоса, необхідності розвантаження генератора, або досить масштабної поломки обладнання заводу, наслідком чого є простій (зупинка) заводу. При цьому зафіксовано параметри мережі: максимальний струм двигуна (при повністю відкритих всмоктувальній та нагнітальній заслінках) 395 А, $\cos\varphi=0,85$.

Кабель живлення (зв'язку) марки АВВГ 3х185+1х70 прокладений за двоє та має довжину 150 м.

Також в мережі необхідно порахувати втрату напруги в кабелі живлення двигуна – тип КГ 3х185+1х70, довжиною 20м.

Втрату напруги в кабелі знайдемо за формулою:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{\text{каб.}} \cdot (R_0 \cdot \cos \varphi + X_0 \cdot \sin \varphi) \cdot \frac{l}{n} \text{ [В]}, \quad (2.1)$$

де $I_{\text{каб.}}$ – це струм кабеля (у нашому випадку безпосередньо виміряний);

R_0 , X_0 – відповідно активний та реактивний погонний опір даної лінії;

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності електроприймача;

$\sin\varphi$ – фактично коефіцієнт реактивної потужності, його можна визначити з аналітичної залежності (2.2);

l – довжина кабельної лінії, км;

n – кількість паралельно прокладених кабелів.

Для нашого кабелю із довідникових матеріалів виберемо: $R_0=0,208$ Ом/км, $X_0=0,063$ Ом/км. Наближено X_0 дорівнює 0,06–0,08 Ом/км – для кабелів; 0,09 Ом/км – для ізольованих проводів; 0,15 Ом/км – для шинопроводів; 0,3 Ом/км – для повітряних ліній напругою 0,38 кВ; 0,4 Ом/км – для повітряних ліній

напругою 10 кВ. Основний параметр, який впливає на реактивний опір ЛЕП, – це відстань між проводами [2].

$$\sin \varphi = \pm \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}, \quad (2.2)$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - 0.85^2} = 0.527$$

Підставимо значення в (2.1):

$$\Delta U_{\text{зв'язку}} = \sqrt{3} \cdot 395 \cdot (0,208 \cdot 0,85 + 0,063 \cdot 0,527) \cdot \frac{0,15}{2} = 10,775 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\text{жив.дв.}} = \sqrt{3} \cdot 395 \cdot (0,152 \cdot 0,85 + 0,063 \cdot 0,527) \cdot \frac{0,15}{1} = 2,22 \text{ (В)}.$$

Загальні втрати напруги:

$$\Delta U_{\text{заг.}} = 10,755 + 2,22 = 13 \text{ (В)}.$$

Що складають:

$$\delta U = \frac{\Delta U_{\text{заг.}}}{U_{\text{ном.}}} \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

$$\delta U = \frac{13}{380} \cdot 100\% = 3.42\%.$$

Таке значення втрати напруги є допустимим.

Втрати активної та реактивної потужності в елементах ЕПС розраховують із використанням довідкових даних для ліній електропередачі (ЛЕП) та за паспортними даними для силових трансформаторів.

Втрати поділяють на навантажувальні втрати (змінні) і втрати неробочого ходу (постійні).

Втрати активної потужності (навантажувальні) в робочому режимі кабелю зв'язку між ГРЩ №1 та ТП «Станція вод І підйому» визначають за наступним виразом:

$$\Delta P_L = 3 \cdot I_e^2 \cdot R_0 \cdot l \cdot 10^{-3} \text{ [кВт]}, \quad (2.4)$$

де I_e – це значення ефективного струму, А. У нашому випадку $I_e = I_{\text{каб.}} = 395 \text{ А}$.

$$\Delta P_{\text{зв'язку}} = 3 \cdot 395^2 \cdot \frac{0,208}{2} \cdot 0,15 \cdot 10^{-3} = 7,302 \text{ (кВт)};$$

$$\Delta P_{\text{жив.дов.}} = 3 \cdot 395^2 \cdot 0,152 \cdot 0,02 \cdot 10^{-3} = 2,222 \text{ (кВт)}.$$

Сумарна потужність втрат:

$$\Delta P_{\Sigma} = 7,302 + 2,222 = 8,725 \text{ (кВт)}.$$

Для визначення втрати електричної енергії в системі живлення електродвигуна насоса вод ІІ категорії потужністю 250 кВт за виробничий сезон (115 діб) із ціллю врахування часу вимушених зупинок (простоїв) електродвигуна помножимо цей час на коефіцієнт увімкнення $K_v = 0,95$, скористаємось формулою (2.5)

$$\Delta W = \Delta P_{\Sigma} \cdot 24 \cdot T \cdot K_v \text{ [кВт·год]}, \quad (2.5)$$

де T – час роботи електроприймача.

$$\Delta W = 8,725 \cdot 24 \cdot 115 \cdot 0,95 = 22876,7 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Отже, даний кабель зв'язку забезпечує достатній рівень напруги для живлення даного електродвигуна. Втрати напруги в мережі складають всього 3,42% , що знаходиться в допустимих межах. Втрати активної потужності за сезон цукроваріння становлять 22876,7 кВт, що досить суттєво, зважаючи на високу ціну на електроенергію від РЕМ, яку можна було б не купувати, заощадивши на втратах. Тож для зниження втрат можна застосувати індивідуальний компенсуючий пристрій, що знизить реактивну складову струму навантаження в кабелі зв'язку, яка досить велика у зв'язку із роботою двигуна в недовантаженому режимі.

РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ (ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ) ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАВОДУ.

Після проходження практики на підприємстві та аналізу режимів роботи та споживання енергоресурсів, я дійшов висновку, що є можливість суттєво покращити енергоефективність мереж підприємства впровадивши на території власну генерацію – фотоелектричну сонячну електростанцію, яка зможе перекрити майже всю потребу в електроенергії під час ремонтного періоду, оскільки ремонтний період в зимові місяці характеризується відносно невисоким споживанням в той же час як сонячна станція в цей період працює десь на 40% встановленої потужності (бо взимку коротший світловий день і сонце знаходиться значно нижче на горизонті). А ось влітку, коли підвищується попит на електроенергію (піки споживання, як правило припадають на час, коли сонце уже високо над горизонтом, а станція виходить на номінальний режим роботи), сонячна станція зможе розкрити свій потенціал на повну, і при потужності електростанції 100 кВт буде здатна забезпечити базову потребу виробництва в електроенергії.

В зв'язку із припиненням державою політики «зеленого тарифу» із 01.01.2024 року для нових великих непобутових споживачів, у яких встановлена потужність генеруючих установок понад 50 кВт, встановлення потужнішої СЕС, що призведе до перевиробітку електроенергії стає недоцільним, оскільки така електроенергія буде майже втричі дешевшою за ту, що вироблена для власного споживання (власне ціна такої електроенергії буде диктуватися ринком електроенергії на добу наперед [3], або умовами укладеного договору із власним постачальником електроенергії, що погодиться викупити надлишки генерації).

Натомість «зеленому тарифу» держава надає можливість підприємствам та приватним домогосподарствам стати «активним споживачем», тобто споживачем із власною генерацією та можливістю продажу надлишку

виробленої електроенергії. «Активний споживач» або ж «Net billing» це спосіб знизити витрати на електроенергію, а не спосіб заробітку, бо така генеруюча установка обкладається доволі суттєвими обмеженнями, що значно знижують можливості для заробітку грошей на продажі електроенергії[4].

Сьогоднішні реалії та законодавча база дозволяють підприємству (чи приватному домогосподарству) стати «активним споживачем», тобто споживачем із власною генеруючою установкою (установками) які працюють на покриття власної потреби в електроенергії, а при наявності надлишку генерації споживач може віддати її в об'єднану енергомережу.

Покупка та продаж електроенергії через систему самовиробництва відбувається шляхом придбання обсягу електроенергії, що був згенерований електростанціями активного споживача, у відповідності до угоди, укладеної між активним споживачем та електропостачальником або постачальником універсальних послуг, що є додатком до угоди про постачання електроенергії споживачу. Як правило проведення розрахунків між електропостачальником або постачальником універсальних послуг та активним споживачем за механізмом самовиробництва ґрунтується на погодинному сальдуванні вартості відпуску та відбору електричної енергії, що визначається за даними автоматизованої системи комерційного обліку [5].

Одночасне застосування угоди про купівлю-продаж електроенергії через систему самовиробництва та угоди про купівлю-продаж за "зеленим" тарифом для однієї й тієї ж генеруючої установки активного споживача є забороненим.

Розрахунки за договором купівлі-продажу електричної енергії за механізмом самовиробництва проводяться протягом календарного місяця з урахуванням вартості послуг з передачі та/або розподілу електричної енергії. Взаємозалік вартості відпуску та відбору електричної енергії здійснюється на початку наступного місяця після закінчення розрахункового періоду.

Якщо за розрахунковий період (місяць) вартість спожитої з мережі електричної енергії перевищує вартість відпущеної електричної енергії, то

різниця між вартістю відпущеної та спожитої електричної енергії підлягає сплаті активним споживачем на користь електропостачальної організації відповідно до умов договору про постачання електричної енергії споживачу.

Вартість електричної енергії, відпущеної активним споживачем, зараховується на особовий рахунок такого активного споживача до 12 числа місяця, наступного місяця за розрахунковим.

Якщо за розрахунковий період (місяць) вартість відпущеної електричної енергії перевищує вартість відібраної електричної енергії з електричних мереж оператора системи, то різниця вартостей відпущеної та отриманої електричної енергії зараховується на особовий рахунок активного споживача та підлягає сплаті електропостачальником до 15 числа місяця, наступного за розрахунковим[6].

Окрім того електрична енергія, яка використовується для власного споживання виробниками електричної енергії, що мають ліцензію на право здійснення підприємницької діяльності з виробництва електричної енергії і продають її поза оптовим ринком електричної енергії, є об'єктом оподаткування акцизним податком.

Тому, у разі, якщо виробник здійснюватиме виробництво електричної енергії, виробленої на кваліфікованих когенераційних установках та використовуватиме її для власних потреб, то у такого виробника не виникатиме податкове зобов'язання з акцизного податку.

Якщо суб'єкт господарювання встановив та експлуатує СЕС, він займається виробництвом електроенергії.

Частина 1 ст. 8, ч. 1 ст. 30 Закону № 2019 передбачає: діяльність з виробництва електроенергії підлягає ліцензуванню відповідно до законодавства.

Ліцензія не потрібна, якщо виробництво електроенергії здійснюється без мети її продажу, а для власних потреб.

Тож ми для уникнення різного роду штрафів за несанкціоновану генерацію в мережу РЕМ та податкових зобов'язань встановимо на об'єкті проектування

реєстратор даних який надає широкі можливості для контролю виробництва електроенергії сонячною електростанцією та комбінування топології периферійних пристроїв та технологій їх об'єднання в цілісну систему. Для таких цілей підходить модель Huawei Smart Logger 3000 A. Пристрій може підключатися через Інтернет (WAN), локальну мережу (LAN), RS485, MBUS (сумісний з PLC, включає необхідний модуль), мобільні мережі (2G / 3G / 4G), а також цифрові та аналогові опції. Має вбудований веб-сервер та зручний в налаштуванні та експлуатації.

Використовувати Huawei Smart Logger 3000 A слід із обмежувачем генерації в енергопостачальну мережу. Для цих цілей ми використовуємо модель контролера динамічної потужності PRISMA 310A. Для його роботи необхідно задіяти відповідний трансформатор струму (у нашому випадку задіюється раніше встановлені номіналом 2000/5 A) на вводі від РЕМ.

PRISMA 310A — це контролер динамічної потужності сонячних панелей, який дозволяє регулювати рівень генерації інверторів виробничого підприємства на основі миттєвого споживання. Мета полягає в тому, щоб обмежити або припинити експорт енергії найбільш ефективним способом, зуміти максимізувати виробництво, дотримуючись нормативних і технічних обмежень [7].

Це дозволяє нам регулювати енергію, отриману з відновлюваних джерел, і надавати фізичні та логічні гарантії, щоб вирішити, яку електроенергію ми повинні або хочемо споживати з мережі.

Він містить лічильник для миттєвого регулювання та усуває потребу в інших зовнішніх компонентах для регулювання потужності.

Однолінійна та монтажна схеми контролера (обмежувача) генерації PRISMA 310A наведено в додатках Г.1 та Г.2 [7].

Характеристики Renesys Prisma 310A:

- вбудований 1,3-дюймовий OLED-екран із кнопкою;
- Ethernet RJ45;
- 3 зчитування напруги + 3 зчитування струму (5A);

- цифровий вихід (реле);
- вбудоване безперервне джерело живлення;
- цифровий вхід;
- шина зв'язку TTL (5В). Дозволяє спілкуватися з обладнанням 485;
- сигнальний світлодіод;
- внутрішній зумер для звукового сповіщення;
- інтегрований внутрішній годинник;
- дозволяє установку на стійку DIN.

Технічні характеристики (фізичні характеристики):

- живлення: 90-265 В змінного струму, 50-60 Гц;
- умови роботи: від -20 до 70 °С / від 5 до 95% HR без конденсації;
- розміри: 90 x 158 x 58;
- вага: 400 гр.;
- ступінь захисту: IP 20;
- матеріал коробки: самозатухаючий PC/ABS пластик UL94-V0;
- кріплення: на DIN-рейку EN60715;
- підключення первинної напруги: 3 x (85-265 В змінного струму) (50-60 Гц);
- тепловий клас: Ta70C/B;
- назва електроніки: E310A;
- назва прошивки: PRISMA 310A;
- реле відключення/лічильника: сухий контакт (без напруги). Тип AC1. Максимум 16 А / 250 В змінного струму. Тип AC15. Максимум 1,5 А / 240 В.

3.1 Вхідні данні для проектування

Проектування буде виконано за адресом вул. Заводська, 10, с.м.т. Томашпіль, Вінницька обл.

Генплан ВП «Цукровий завод» наведено в додатку А.

Проектування виконується на рівній не забудованій та не затіненій ділянці землі із площею, придатною для будівництва СЕС 5150 м².

Підключення станції до внутрішньозаводської мережі планується виконати до географічно найближчого силового розподільчого щита 0,4 кВ – ТП 2хТМ1000-10/0,4 кВ «Очисні споруди».

Селище міського типу Томашпіль розташоване в центральній частині країни. На сході Вінницької області. Географічні координати розташування: 48°54' північної широти та 28°52' східної довготи.

Вінниччина розташована в помірному поясі з помірно-континентальним кліматом. Літо тривале, нежарке і вологе, а зима коротка і м'яка. Вплив на клімат регіону мають атлантичні повітряні маси та периферійна частина сибірського антициклону, що приносить сухі холодні континентальні повітряні маси. Додатково впливають повітряні маси з Арктики та Середземномор'я. Область поділяється на два кліматичних райони: помірно теплий і вологий (північ і частина центральних районів) та теплий і недостатньо вологий (решта території).

Безморозний період триває в середньому 165-175 днів. Щорічно спостерігаються посухи середньої інтенсивності, а інтенсивні – один раз на десять років. Зими характеризуються нестійкою погодою та частими відлигами; стійкий сніговий покрив є тільки в 40% років. Середня температура липня +20°C, січня – -5°C. Температура може коливатися від -32...-38°C взимку до +37°C влітку. Середньорічна кількість опадів – 440-590 мм, з максимумом у травні-липні (130-170 мм) і мінімумом у зимові місяці (65-80 мм) [8].

3.2 Вибір основного обладнання

Для побудови мережевої сонячної електростанції ми маємо обрати фотомодулі, тип металоконструкцій каркасу (до якого безпосередньо кріпляться фотомодулі), перетворювачі постійного струму в змінний (мережеві інвертори), кабельно-провідникову продукцію, систему моніторингу електричних параметрів генерації та показників якості електроенергії.

3.2.1 Вибір типу металоконструкцій каркасу для кріплення фотоелектричних модулів.

Даний вибір зводиться до оптимізації компромісних завдань та параметрів, таких як ціна обладнання, раціональність його використання, надійність та легкість обслуговування.

Задля отримання максимального виробітку енергії потрібно:

- дотримуватися оптимального кута нахилу в різні пори року. Тут слід дотримуватись географічної широти регіону.

- на сонячний модуль має падати найбільша кількість світла, при цьому слід стежити, щоб він не був у затемненні від інших об'єктів, споруд, дерев.

- площину панелей орієнтувати строго перпендикулярно до сонячних променів.

При розташуванні конструкцій сонячних панелей в кілька рядів, крім правильної орієнтації і кута нахилу, дуже важливим є правильно вибрати відстань між рядами, щоб не відбувалося взаємного затінення поверхні модулів.

Ще одна вимога – це надійно фіксувати конструкції з огляду на можливі погодні умови – сильний вітер, сніг, який може посилити навантаження.

Поступово розберемося! Пріоритетними є нерухомі (стаціонарні) каркаси для кріплення панелей (фотомодулів), бо вони є значно дешевшими та надійнішими, проте для стаціонарних кріплень залишається відкритою проблема вибору оптимального кута нахилу відносно поверхні землі та сторін світу. Це пов'язано із особливостями експлуатації фотомодулів – для них є характерною зміна виробітку електроенергії в залежності від кута падіння сонячних променів (очевидно, що оптимальним є кут падіння по нормалі). Проте рух сонця над горизонтом мінливий – кожного ранку сонце встає на сході, підіймається до обіду і опиняється прямо на півдні, потім рухається на захід, поступово знижуючись (при цьому змінюється азимутний кут сонця відносно напрямку на південь). Цей процес тягне за собою графік добового виробітку, що починається через певний час після сходу, досягає піку о 12:00-14:00 та припиняється перед заходом сонця. Окрім щоденної зміни положення сонця, є ще й сезонний рух, тобто влітку сонце вдень підіймається високо над горизонтом (майже в зеніті), і при такому положенні можна було б розмістити

панелі майже горизонтально із мінімальними технічними проходами для обслуговування, проте взимку сонце підіймається над горизонтом дуже низько і таке розташування панелей привело б до сильного затінення модулів (після регулювання кута нахилу на зимовий період) і як наслідок до падіння генерації (взимку оптимальним є кут майже 70° , при цьому панелі здіймаються високо над землею, що призводить до значної тіні зранку та ввечері, відповідно виникає потреба в збільшенні відстаней між рядами панелей. А це зменшує коефіцієнт використання площі, на якій будується станція.

Для усунення впливу зміни кута падіння сонячних променів існують системи слідування за сонцем (трекери), вони обладнані світлочутливим елементом, контролером та двигуном і здатні утримувати панелі під кутом 90° до сонячних променів (оптимальним) від сходу до заходу сонця. І здатні реалізувати максимально потенціал фотомодулів. Проте в реальності вони займають значно більше місця (у зв'язку із збільшенням затінення) і краще підходять для встановлення одиничних неpotужних станцій для приватних будинків чи для підзарядки акумуляторів віддалених автономних електроприймачів (наприклад живлення автономної системи відеонагляду чи сигналізації будинку, де можливі тривалі відключення живлення, або ж його немає взагалі), або у місцях, де місцеві умови не сковують і є достатньо місця для встановлення великої кількості поворотних трекерних конструкцій (у таких умовах встановлення трекерних систем ,навіть при умові що вони значно збільшують вартість конструкції, можуть дати позитивний економічний ефект).

Отже, у зв'язку із всіма вище наведеними перевагами та недоліками різних конструкцій ми зупинимось на недорогій та надійній металоконструкції із чорного металу та забетонованими в землі стійками, на якій будуть розташовуватись фотомодулі (зорієнтовані вертикально) в два ряди . Металоконструкція буде дозволяти здійснювати сезонне регулювання кута нахилу панелей шляхом витягування спеціальних штифтів, регулювання відповідно до сезону та встановлення штифтів у новому положенні.

3.2.2 Вибір типу та моделі фотоелектричних модулів.

Для досить потужних і сучасних сонячних електростанцій (СЕС) з потужністю приблизно 100 кВт вибір сонячних фотомодулів відбувається за такими критеріями:

- ефективність модулів: оскільки розмір СЕС значно зростає, ефективність фотомодулів стає ключовою. Модулі з високим коефіцієнтом ефективності дозволяють отримати більше енергії з одного метра квадратного.

- простір для розміщення: для СЕС потужністю 100 кВт важливо враховувати простір для розміщення панелей. Ефективне використання площі забезпечує більшу виробничу потужність, або ж більші можливості для нарощування потужності у майбутньому.

- технології: сучасні технології, такі як PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) або HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer), можуть стати вигідним вибором для досягнення високої ефективності.

- міцність та довговічність: для великих СЕС важливо, щоб фотомодулі були міцними та довговічними, здатними стійко переносити різні погодні умови протягом десятиліть.

- гарантії та сервіс: виробник, який надає довготривалі гарантії та підтримку після продажу, може бути більш привабливим вибором для великих СЕС, оскільки забезпечують надійність та безпеку інвестиції.

- фінансові аспекти: враховуючи досить велику потужність СЕС, фінансові аспекти, такі як вартість модулів, їх ефективність та вартість встановлення, мають велике значення для економічної ефективності проекту.

При виборі сонячних батарей важливо розуміти різні типи та їх характеристики. Існують два основні типи сонячних батарей: монокристалічні та полікристалічні[9].

Монокристалічні панелі виготовляють з одного кристалу кремнію, що надає їм високий рівень ефективності та довговічності. Вони мають вищу потужність виробництва енергії на квадратний метр, але є трохи дорожчими у виробництві.

Полікристалічні панелі складаються з багатьох кристалів кремнію, що робить їх менш ефективними. Більшість виробників полікристалічних панелей відмовилися від виготовлення фотомодулів на основі цього типу кристалу через низький рівень ефективності та зростання вартості логістичних послуг.

Одним із ключових показників якості сонячних батарей є рейтинг Tier 1, який визначається надійністю та стабільністю виробника сонячних панелей. Компанії, що входять у рейтинг Tier 1, відомі своєю довговічністю, високою якістю продукції та фінансовою стійкістю.

Сонячна панель UL-550M-144HV – це модель монокристалічного фотомодуля, що відзначається високою якістю та чудовими показниками енергоефективності і низьким тепловим коефіцієнтом потужності. Фотомодулі виготовляє китайська компанія Ulica Solar, яка є членом Shanshan Group. Ця група входить в ТОП 500 підприємств в Китаї. З 2005 року Ulica Solar є провідним виробником сонячних панелей в Китаї з 2005 року та входить до списку Tier1, з річною потужністю виробництва 1,2 ГВт. Якість продукції підтверджується численними сертифікатами відповідності, таких як TUV, IEC 61215, IEC61730, ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001:2015;

Основні технічні характеристики такі:

- Номінальна потужність UL-550M-144HV складає 550 Вт.
- Показники напруги та сили струму при максимальній робочій потужності дорівнюють значенню в 41,9 В і 13,13 А відповідно;
- Струм короткого замикання становить 13,75 А;
- Напруга відкритого контуру – 50,00 В.
- Ключовими особливостями панелі є:
- Використання Half-Cell технології, що дозволяє скоротити потенційні втрати потужності фотомодуля під час затінення;
- Теплового коефіцієнта потужності V_{oc} – 0.29%. Це означає, що при нагріванні фотомодуля на 1°C вище за норму (45° C) він втрачатиме всього 0.29% від номінальної потужності;

- Високий ступінь стійкості до важких умов навколишнього середовища;
- Позитивний запас потужності становить від 0 до 5 Вт;
- Показник механічного навантаження дорівнює значенню 3800 Па, а снігова – 5400 Па;
- Габарити модуля 2279x1134x35 мм, а вага — 28,3 кг;
- Рама панелі зроблена з анодованого алюмінію та стійка до корозії;
- Діапазон робочої температури – від -40 до +85 °С.

Оригінальне подання характеристик панелей від виробника подано в додатку [В.1]

Параметри панелей наведені для нормальних умов при інтенсивності сонячної радіації 1000 Вт/м² та температурі панелі 25 °С.

Ми плануємо встановити стрингові мережеві інвертори, робоча напруга яких починається від 200В і сягає 1000В. Звісно, в ідеалі щоб згенерувати на виході синусоїдну напругу 380В потрібно на вході 600 В (це і є номінальна робоча напруга). Проте в реальності панелі на виході видають не заявлену робочу напругу. Тут все сильно залежить від освітлення та навантаження даної панелі (фотомодуля). Тому при збиранні послідовної схеми залишають суттєвий запас по напрузі в межах 10-30% (такий крок не шкодить ні фотомодулям ні інверторам, проте підвищує ефективність виробництва в погіршених умовах).

Проектом передбачено послідовне з'єднання панелей по 18 шт. в блок.

Електричні параметри блоку, зібраного з 18 шт. послідовно з'єднаних сонячних фотомодулів UL-550M-144HV потужністю 550 Вт кожен:

$$P_{\text{блоку}} = P_{\text{ном}} \cdot n_{\text{пан}} = 0,55 \cdot 18 = 9,9 \text{ кВт}, \quad (3.1)$$

$$U_{\text{блоку}} = U_{\text{ном}} \cdot n_{\text{панелей}} = 41,9 \cdot 18 = 754,2 \text{ В}, \quad (3.2)$$

$$I_{\text{блоку}} = I_{\text{ном}} = 13,13 \text{ А.} \quad (3.3)$$

3.2.3 Вибір типу та моделі інверторів модулів.

Інвертор функціонує лише коли є напруга в мережі змінного струму, напруга має знаходитись у фіксованих межах згідно чинних стандартів. За наявності струму від ФЕМ і напруги в мережі змінного струму, інвертор починає перетворення електроенергії постійного струму, що виробляють ФЕМ, і видає її в мережу змінного струму. Перетворювач відбирає максимальну потужність, яку здатний видати ФЕМ в мережу, в будь-який момент при різному рівні сонячного випромінювання. Роботою інвертора керують мікропроцесори, які забезпечують вихідний струм синусоїдальної форми з мінімальною похибкою та синхронізованою по фазі напругою. Застосований логічний контроль забезпечує автоматизоване функціонування інвертора і всієї ФЕС, а також постійний контроль точки максимальної потужності ФЕМ і зниження втрат в черговому режимі в той час доби, коли відсутня сонячна радіація.

До інвертора SUN2000-50KTL-M3 виконується підключення ФЕМ типу UL-550M-144HV: 6 блоків (стрингів) по 18 панелей в блоку (стрингу) сумарною потужністю по модулях 59,4 кВт (пік). Максимальна потужність на вихідних клеммах інвертора при цьому становить 50 кВт (розрахункова потужність інвертора).

Потужність фотомодулів нам відома, необхідно обрати тип та потужність інвертора. Потужність фотомодулів має перевищувати потужність інвертора орієнтовно від 10 до 30%, тобто інвертор 50 кВт в нашому випадку буде перевантажений на 18,8 %, що є нормою в роботі інвертора.

Таблиця 3.1 - Основні параметри інвертора типу SUN2000-50KTL-M3

№	Найменування параметра	Значення
1	Номінальна вхідна напруга, В	200...1000
2	Максимальний вихідний струм, А	79,8
3	Номінальна потужність, кВт	50
4	Максимальна потужність, кВА	55
5	Номінальна напруга, В	400
6	Номінальна частота, Гц	50
7	Максимальний к.к.д	98,05%
8	Температура навколишнього середовища, °С	-25...+65
9	Габаритні розміри, ВхШхГ, мм	640х530х270
10	Вага, кг	49

Оригінальне подання характеристик панелей від виробника подано в додатку [В.2]

Необхідно збудувати станцію потужністю 100 кВт, тож доведеться встановити два таких інвертори. Щоб не будувати дві окремі лінії 0,4 кВ від кожного інвертора до підстанції «Очисні споруди», ми об'єднаємо виходи інверторів у додатковому ящику, а вже вихід із ящика підключимо до ТП 10/0,4 «Очисні споруди» одним кабелем марки АВБбШв, прокладеним в землі на глибині 0,7 м.

Однолінійну схему підключення стрингів до інверторів показано на рисунку 3.1.

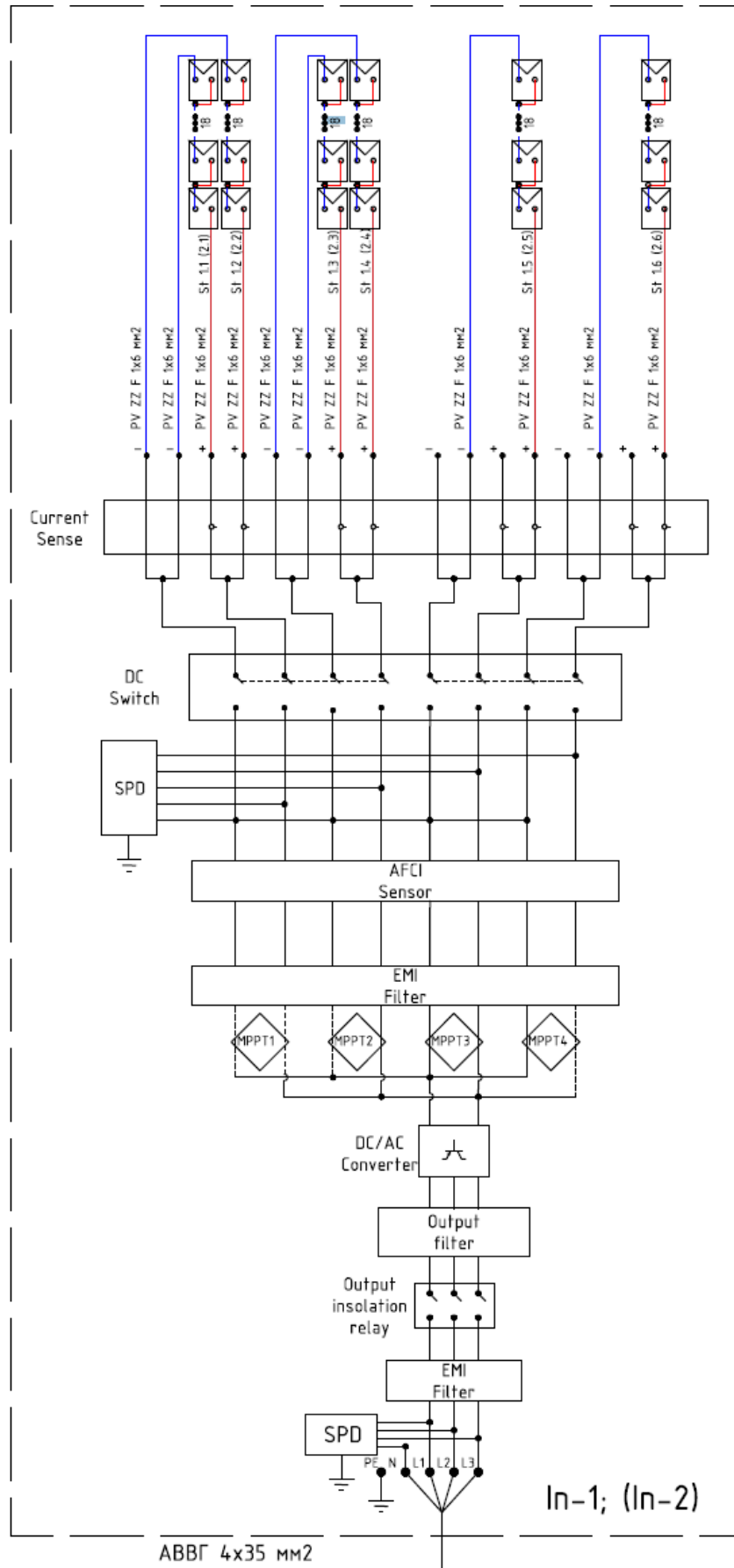


Рисунок 3.1 – Однолінійна схема підключення інверторів In-1, In-2.

3.2.4 Вибір перерізу кабельної лінії 0,4 кВ за допомогою автоматизованої таблиці Excel.

Перерізи кабелів оберемо за допомогою автоматизованої електронної таблиці Excel, яка виконує перевірки:

- на термічну стійкість, допустимий струм в кабелі;
- на рівень струму в після аварійному режимі роботи;
- втрату напруги в кабелі;
- втрату напруги в після аварійному режимі;
- за умовою мінімального перерізу лінії за умовою КЗ,

а також враховує витрати на амортизацію капіталовкладень (затрачений на кабель того чи іншого перерізу), вартість втрат потужності в кабельній лінії на протязі всього терміну служби кабелю, рахує зведені річні витрати і за цим показником із врахуванням обмежень (перевірок) приймає рішення яке задовольняє всім вимогам та відповідає мінімуму зведених річних витрат.

Основні техніко-економічні показники обладнання (погонні опори провідників, тариф за активну електроенергію, ціна за 1 м.п. кабелю і т.ін.), з-поміж якого робиться вибір заносять до бази даних, на окремому листі книги (для зручності) представлено на рисунках 3.2 та 3.3.

На іншому листі (рисунки 3.4, 3.5) безпосередньо вводяться параметри конкретної кабельної лінії, такі як номінальна напруга, навантаження, довжина, максимально допустима втрата напруги, коефіцієнти прокладання, середовища, ґрунту, параметри аварійного та післяаварійного режимів.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
10	Час використання максимального навантаження, год									Tm=	1369	K10:= Tm
11	Час максимальних втрат, год									τ=	620	K11:= τ
12	Тариф за активну електроенергію, грн/кВт*год									t=	7,26	K12:= t
13	Питома вартість втрат, грн/кВт									Bo=	4499,50	K13:= Bo
14	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень									Ee=	0,1	K14:= Ee
15												
16			Відрахування на амортизацію					Ea, %	Tc, років			
17			ПЛ 0,4-10 кВ на з. б. опорах					3%	33			
18			на дерев'яних опорах					6%	17			
19			КЛ 6-10 кВ із свинцевою оболонкою					2%	50			
20			алюмінієвою оболонкою					3,4%	30	H20:=Ea_kl		
21			пластмасовою оболонкою					5%	25			
22			ТП 10-750 кВ - електрообладнання					4,4%	23			
23			ТП в цілому					3,6%	---	H17:=Ea_pl		
24			Мачтові ТП та КТП 6-35 кВ					6,6%	16	H23:=Ea_TП		

Рисунок 3.2 – елемент бази даних для автоматизованого вибору перерізу кабельної лінії 0,4 кВ.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
66	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛ									
67										
68	Алюмінієві кабельні лінії									
69	1	2	3	4	5	6	7	8		
70	Пере-		0,38 кВ			10 кВ				
71	різ,	Ro	Хо	Ідоп	Ко1,	Хо	Ідоп	Ко1,		
72	мм^2	Ом/км	Ом/км	А	т.грн/км	Ом/км	А	т.грн/км		
73	10	3,1	0,073	65	16,875	0,122	50	257,526		
74	16	1,94	0,0675	75	69,300	0,113	75	372,141		
75	25	1,24	0,0662	90	95,700	0,099	90	536,031		
76	35	0,89	0,0637	115	117,800	0,095	115	700,731	A73:A83:=	Fkl
77	50	0,62	0,0625	140	155,400	0,09	140	997,002	B73:B83:=	R0kl
78	70	0,443	0,0612	165	198,000	0,086	165	1363,527	C73:C83:=	X0kl038
79	95	0,326	0,0602	205	259,600	0,083	205	1767,177	D73:D83:=	Idopkl038
80	120	0,258	0,0602	240	296,500	0,081	240	2236,221	E73:E83:=	Ko1kl038
81	150	0,206	0,0596	275	385,300	0,079	275	2756,943	F73:F83:=	X0kl10
82	185	0,167	0,0596	310	467,400	0,077	310	3711,960	G73:G83:=	Idopkl10
83	240	0,129	0,0587	355	630,000	0,075	355	5148,144	H73:H83:=	Ko1kl10

Рисунок 3.3 – елемент бази даних для автоматизованого вибору перерізу кабельної лінії 0,4 кВ, в якому задані питомі опори кабелів та питомі вартості того чи іншого перерізу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Початкові дані								Коефіцієнт середовища				
2	Нормальний режим								Коефіцієнт прокладки				
3	Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі							Кдоп= 1	Коефіцієнт ґрунту				
4	Напруга, кВ							U= 0,4	H4:=Uk1		кдоп=	1	L1:=kcer
5	Довжина КЛ, км							l= 0,250	H5:=lk1=LTP10/1000				L2:=kpr
6	Активна розрахункова потужність, кВт							P= 100,0	H6:=Pk1=Pвтр1				L3:=kgr
7	Реактивна потужність, квар							Q= 50,0	H7:=Qk1=Qвтр1				L4:=kdop1
8	Розрахунковий струм окремого кабелю, А							lл= 161,37	H8:=lk1				
9	Кількість кабелів							k= 1	H9:=kk1				
10	Допустима втрата напруги в КЛ, %							ΔUдоп = 5	H10:=dUдоп1				
11	Аварійний режим												
12	Струм КЗ на початку лінії, кА							Ikз = 0,8684	H12:=Ikzk1				
13	Приведений час КЗ, с							tn = 1,5	H13:=tp1				
14	Тепловий коефіцієнт С, (А*с^(1/2))/мм^2							C = 90	H14:=Cтер1				
15	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм^2							Fкз = 11,82	H15:=Fkz1				
16	Післяаварійний режим												
17	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження							Кпа = 1	H17:=kpa1				
18	Доля навантаження в післяаварійному режимі							Кппа = 0,5	H18:=knpa1				
19	Допустима втрата напруги в КЛ, %							ΔUпадоп = 5	H19:=dUpaдоп1				
20	Економічні характеристики												
21	Питома вартість втрат							Bo = 4499,50	H21:=Bok1				
22	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень							Ee = 10,00%	H22:=Eek1				
23	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію							Ea = 3,40%	H23:=Eak1				

Рисунок 3.4 – елемент автоматизованої таблиці для вибору перерізу кабельної лінії 0,4 кВ, в якому задаються основні параметри роботи майбутньої кабельної лінії.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
24	F, мм^2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Lдоп, А	Ko, т. грн/км	dUn, %	dUpa, %	dP, кВт	K, т. грн.	E*K, т. грн	Bв, т. Грн	З, т. грн	Доп	Кдоп*Idоп п >= Ip	Кпа*Кдоп оп*Idоп >= Кппа*Ip *Kл	ΔUn <= ΔUдоп	ΔUpa <= ΔUпадоп	F >= Fкз	V
25	10	3,1	0,073	65	16,875	49,007813	24,504	60,54688	4,21875	0,5653	272,43074	---	НЕДОП	+	---	---	---	---	---
26	16	1,94	0,0675	75	69,3	30,839844	15,42	37,89063	17,325	2,3216	170,48891	---	НЕДОП	+	---	---	---	---	+
27	25	1,24	0,0662	90	95,7	19,892188	9,9461	24,21875	23,925	3,206	108,97229	---	НЕДОП	+	+	---	---	---	+
28	35	0,89	0,0637	115	117,8	14,403906	7,202	17,38281	29,45	3,9463	78,213986	---	НЕДОП	+	+	---	---	---	+
29	50	0,62	0,0625	140	155,4	10,175781	5,0879	12,10938	38,85	5,2059	54,486147	---	НЕДОП	+	+	---	---	---	+
30	70	0,443	0,0612	165	198	7,4	3,7	8,652344	49,5	6,633	38,931231	---	НЕДОП	+	+	---	---	---	+
31	95	0,326	0,0602	205	259,6	5,5640625	2,782	6,367188	64,9	8,6966	28,649168	---	НЕДОП	+	+	---	---	---	+
32	120	0,258	0,0602	240	296,5	4,5015625	2,2508	5,039063	74,125	9,9328	22,673268	32,6060178	ДОП	+	+	+	+	+	+
33	150	0,206	0,0596	275	385,3	3,684375	1,8422	4,023438	96,325	12,908	18,103462	31,0110119	ДОП	+	+	+	+	+	+
34	185	0,167	0,0596	310	467,4	3,075	1,5375	3,261719	116,85	15,658	14,676107	30,3340074	ДОП	+	+	+	+	+	V
35	240	0,129	0,0587	355	630	2,4742188	1,2371	2,519531	157,5	21,105	11,336634	32,4416339	ДОП	+	+	+	+	+	+
36																			
37																			
38																			
39																			
40																			
41	Назви комірок, діапазонів та опорні формули																		
42	A26:A36=F_k1	lk1=(КОРЕНЬ(Pk1^2+Qk1^2))/(k1*КОРЕНЬ(3)*Uk1)																	
43	B26:B36=Rok1	lkzk1=lkr																	
44	C26:C36=Xok1	Fkz1=(lkzk1*1000*КОРЕНЬ(tp1))/Cтер1																	
45	D26:D36=Idopk1	Rok1=ВПР(F_k1;KL;2;0)																	
46	E26:E36=Kok1	Xok1=ЕСЛИ(Uk1=10;ВПР(F_k1;KL;6;0);ВПР(F_k1;KL;3;0))																	
47	F26:F36=dUnk1	Idopk1=ЕСЛИ(Uk1=10;ВПР(F_k1;KL;7;0);ВПР(F_k1;KL;4;0))																	
48	G26:G36=dUpak1	Kok1=ЕСЛИ(Uk1=10;ВПР(F_k1;KL;8;0);ВПР(F_k1;KL;5;0))																	
49	H26:H36=dPk1	dUnk1=((Pk1*Rok1+Qk1*Xok1)*lk1*100)/(Uk1^2*kk1*1000)																	
50	I26:I36=Klk1	dUpak1=dUnk1*knpa1*kk1																	
51	J26:J36=EKk1	dPk1=3*(lk1^2)*Rok1*lk1*10^-3																	
52	K26:K36=Bbk1	Klk1=Kok1*kk1*lk1																	
53	L26:L36=Зкл1	EKk1=Klk1*(Eek1+Eak1)																	
54	M26:M36=допка1	Bbk1=dPk1*Bok1*10^-3																	
55	N26:N36=Ylk1	Зкл1=ЕСЛИ(допка1="ДОП";(EKk1+Bbk1);"---")																	
56	O26:O36=Y2k1	допка1=ЕСЛИ(И(Ylk1="+";Y2k1="+";Y3k1="+";Y4k1="+";Y5k1="+";"ДОП";"НЕДОП"))																	
57	P26:P36=Y3k1	Ylk1=ЕСЛИ(kдоп1*Idopk1>=lkzk1;"+";"---")																	
58	Q26:Q36=Y4k1	Y2k1=ЕСЛИ(kпа1*kдоп1*Idopk1>=knpa1*lk1*kk1;"+";"---")																	
59	R26:R36=Y5k1	Y3k1=ЕСЛИ(dUnk1<=dUдоп1;"+";"---")																	
60	L37=Зкл1онт	Y4k1=ЕСЛИ(dUpak1<=dUpaдоп1;"+";"---")																	
61	L38=Fopk1	Y5k1=ЕСЛИ(F_k1>=Fkz1;"+";"---")																	
62		Зкл1онт=МИН(Зкл1)																	
63		Fopk1=ИНДЕКС(F_k1;ПОИСКПОЗ(Зкл1онт;Зкл1;0));1)																	
64		Зкл1онт=МИН(Зкл1)																	

Рисунок 3.5 - елемент автоматизованої таблиці для вибору перерізу кабельної лінії 0,4 кВ, в якому безпосередньо виконується вибір конкретного

перерізу за заданими обмеженнями (перевірками) та за властивістю мінімуму зведених річних витрат. А також наведені основні назви комірок, діапазонів та опорні формули.

Вартості кабелів, занесені до бази даних було взято із інтернет-магазину [10].

За результатом автоматизованого вибору перерізу оберемо кабель марки АВВБ 4х185 мм² для кабельної лінії від додаткового щитка до ТП «Очисні споруди» 10/0,4кВ.

3.3 Методи вибору кута нахилу ФЕП до горизонту та відстаней між рядами ФЕП

Щоб отримати максимальну віддачу від фотоелектричних панелей (максимальну потужність на виході системи), необхідно встановлювати їх у напрямку, який охоплює найбільше сонячного освітлення. Також є ряд змінних у визначенні найкращого напрямку [11]. У наступній таблиці наведено найкращі дати для коригування кута нахилу (таблиця 3.2). Наведені дані представляють високий інтерес так як їх значення підібрані для широти, в якій географічно знаходиться територія України [12].

Таблиця 3.2 Дані для зміни кута нахилу сонячних панелей.

	Північна півкуля, час зміни кута нахилу	Південна півкуля, час зміни кута нахилу	Оптимальний кут нахилу широти від 25° до 50°
Налаштування кута в літній час.	18.04	18.10	(Широта*0.92)-24.3°
Налаштування кута восени.	24.08	23.02	(Широта*0.98)-2.3°
Налаштування кута взимку.	07.10	08.04	(Широта*0.89)+24°
Налаштування кута навесні.	05.03	04.09	(Широта*0.98)-2.3°

Загальна формула для розрахунку оптимального кута (K_{opt}) для будь-якої широти, з таблиці 2.2, виглядає наступним чином:

$$K_{opt} = K_{ш} \cdot K_{м} + Д, \quad (3.4)$$

де:

- $K_{ш}$ – кут широти в градусах;
- $K_{м}$ – коефіцієнт множення, який визначається за часом року та географічним положенням.
- $Д$ – додаткові градуси, які визначають відхилення положення сонця в конкретний час від нормалі (на екваторі).

Даний параметр також залежить від пори року та географічного положення, значення обох величин є табличними. Кут нахилу панелі змінюється чотири рази на рік. Дане рішення вигідно для систем SmartGrid і це наочно показують експерименти, які були проведені в [13]. Так в зимовий час

панель, закріплена під «зимовим кутом», буде показувати значення ефективності, вловлюючи від 80 до 87% енергії від джерела світла, в порівнянні з методикою оптимального відстеження. Навесні, влітку та восени ККД постійно фіксованих сонячних панелей буде ще нижче. Так навесні та восени значення $\eta = 74-75\%$, а влітку - $68-74\%$, останнє можна пояснюється тим, що в цю пору року сонце проходить велику область небосхилу, а фіксована панель не може захопити повністю цей шлях. Літній час - це період року, коли система відстеження дає найбільшу вигоду в значенні виробленої потужності. Слід також звернути увагу, що є сенс зрегулювати кут установки панелей в зимовий період приблизно на 5° крутіше, ніж зазвичай рекомендується. Причина в тому, що взимку більшість сонячної енергії надходить в полудень, тому панель в цей час повинна бути спрямована майже прямо на Сонце. Кут точно налаштований для збору максимальної енергії протягом дня. Кут нахилу в літній період приблизно на 12° нижче, ніж зазвичай рекомендується. Фактично, влітку для 25° широти панель насправді повинна бути трохи нахилена в сторону від екватора. Отже з розглянутого вище, можна зробити висновок, що немає необхідності в постійній динамічній зміні кута нахилу, тобто в застосуванні технологій солярного терекера. Адже використання технологій динамічної зміни кута нахилу, протягом дня, вимагає певних коштів на конструкції, додаткове устаткування та програмне забезпечення. Достатньо змінювати кут нахилу за сезонами, як було описано вище та проілюстровано на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Рекомендації щодо кута нахилу сонячних панелей, в залежності від пори року.

На рисунку значення α – це коефіцієнт нахилу, який визначається як кут, утворений від поверхні землі до поверхні сонячної фотоелектричної пластини.

Отже, для компонування рядів та знаходження відстаней між ними ми визначимо оптимальний кут нахилу фотомодуля (α) для найгіршого випадку – для умов експлуатації в зимній період, коли сонце невисоко над горизонтом і фотомодуль зрегульований під відповідним кутом, а в літній час після літнього регулювання зона затінення зранку та ввечері, внаслідок такого регулювання, ще знизиться [14].

Порахуємо кути регулювання нахилу фотомодуля (α) для різних сезонів згідно формул (див. табл. 3.2):

$$(\text{Літо}) \quad \alpha_{\text{л}} = (\text{Широта} * 0.92) - 24,3^\circ = (48,53 * 0,92) - 24,3 = 20,4^\circ, \quad (3.5)$$

$$(\text{Весна/осінь}) \quad \alpha_{\text{во}} = (\text{Широта} * 0.98) - 2,3^\circ = (48,53 * 0,98) - 2,3 = 45,7^\circ, \quad (3.6)$$

$$(\text{Зима}) \quad \alpha_{\text{з}} = (\text{Широта} * 0.89) + 24^\circ = (48,53 * 0,89) + 24 = 67,2^\circ. \quad (3.7)$$

При цьому кут падіння сонячних променів на поверхню землі в даний період буде визначатися як:

$$\beta_c = \text{Широта} + \delta(\text{мінімальний}) = 48,54 + (-23,45) = 25,1^\circ, \quad (3.8)$$

Кут відхилення (δ) - утворений лінією, що з'єднує центр Сонця і Землі з проекцією цієї лінії на екваторіальну площину та розраховується за:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left(360 \cdot \frac{(284 + n)}{365} \right), \quad (3.9)$$

де: n - порядковий номер дня в році, відрахований від 1-го січня.

Графік зміни кута відхилення δ протягом року подано на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – зміна кута відхилення осі Землі (δ) на протязі року.

Як видно з рисунку, зміна кута відхилення осі Землі (δ) коливається від $-23,45^\circ$ в найкоротший зимовий день до $23,45^\circ$ - у найдовший літній день.

Отже, при розміщенні рядів будемо вважати, що сонячні промені падають під кутом $25,1^\circ$.

Проте слід зауважити, що дане значення справедливе для сонячного опівдня і не враховує щоденного руху сонця, це означає, що при

використанні даного кута ми можемо отримаємо значні затінення рядів у ранковий та вечірній час, проте для нас це не є критичним.

При розташуванні конструкцій сонячних панелей в кілька рядів, крім правильної орієнтації і кута нахилу, дуже важливим є правильно вибрати відстань між рядами, щоб не відбувалося взаємного затінення поверхні модулів. Тож розрахуємо відстані між рядами за умови оптимальної роботи у зимний період (найнесприятливіший) а за однією із рекомендованих формул слід провести перевірку (знайденого поточним методом значення має приблизно відповідати до розрахованого по рекомендованій формулі).

Знайдемо висоту конструкції із встановленими фотомодулями:

$$w_3 = \sin(\alpha_3) \cdot (l_{пан} \cdot n_{пан} + l_{пром} \cdot n_{пром}), \quad (3.10)$$

де: α_3 - кут регулювання нахилу фотомодуля для зимового періоду;

- $l_{пан}$ та $n_{пан}$ - відповідно довжина та кількість встановлюваних на металоконструкції панелей;
- $l_{пром}$ та $n_{пром}$ - відповідно довжина та кількість технологічних зазорів між встановлюваними панелями (для кріплення).

$$w_3 = \sin(67,2^\circ) \cdot (2279 \cdot 2 + 30 \cdot 1) = 4230 \text{ мм.}$$

Відстань між рядами (однойменними частинами рядів) L_p визначимо за формулою:

$$L_p = \frac{w}{\operatorname{tg}(\beta_c)} + \frac{w}{\operatorname{tg}(\alpha_3)}. \quad (3.11)$$

$$L_p = \frac{4230}{\tan(25,1^\circ)} + \frac{4230}{\tan(67,2^\circ)} = 10808 \text{ мм}$$

Для середньої смуги, при оптимальному фіксованому куті нахилу, інколи використовують просту наближену формулу:

$$L_p = 3 \cdot w, \quad (3.12)$$

де d - відстань між рядами;

і w - висота панелі під оптимальним кутом нахилу.

$$L_p = 3 \cdot 4230 = 12690 \text{ мм}$$

Як ми бачимо результати розрахунків різними методами розбігаються не надто (на 17%), це свідчить про припустимість використання наближеної формули, адже результат приблизно відповідає необхідному значенню. Хоча це результат для зимового кута регулювання. А у випадку стаціонарно встановлених конструкцій без можливості регулювання кута нахилу обирають кут нахилу при якому теоретично досягається найбільший річний виробіток електроенергії на території України зазвичай це кути близько 30° - 40° , при такому куті нахилу розрахунок за даною формулою дасть значно менші проміжки між рядами панелей.

Схема розташування рядів фотомодулів, інверторів, стрингів та прокладання силових кабелів показано на рисунку 3.8.

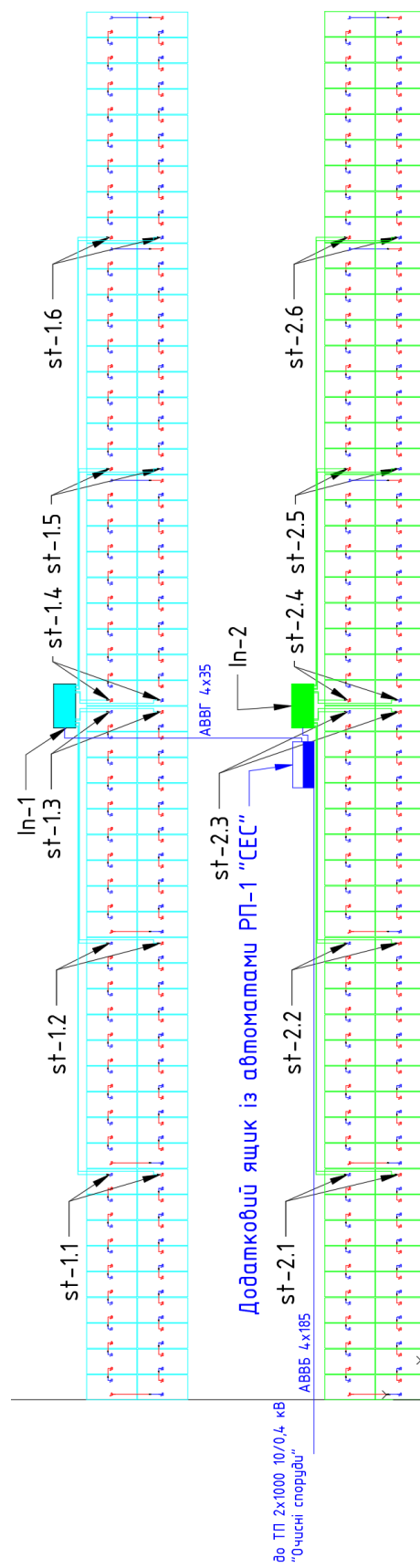


Рисунок 3.8 - Схема розташування рядів фотомодулів, інверторів, стрингів та прокладання силових кабелів

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.

Головним економічним показником для об'єктів даного типу є термін окупності системи. Термін окупності розраховують за формулою :

$$T_{ок} = \frac{K + B}{E}, \quad (4.1)$$

де $T_{ок}$ - термін окупності СЕС, років;

K - капіталовкладення, (одноразові грошові витрати на початку будівництва, необхідні для введення в експлуатацію дану СЕС), грн;

B – річні експлуатаційні витрати на підтримкування СЕС у справному стані;

E – економія за рік, грн.

4.1 Визначення необхідності в капіталовкладеннях (інвестиціях) для спорудження СЕС потужністю 100 кВт, що працює виключно на забезпечення власної потреби в електроенергії.

Загальні витрати складаються із капітальних і поточних витрат. Капітальні витрати є одноразовими інвестиціями, які допомагають підприємству збільшувати обсяг основних засобів. У них включено вартість сонячної електростанції, транспортні витрати на обладнання, будівельні роботи, роботи та обладнання для підключення до мереж енергосистеми, а також вартість землі.

Загальні капіталовкладення можна розрахувати за допомогою формули:

$$K = K_{уст} + K_{пр} + K_{вст} + K_{обл}, \quad (4.2)$$

де K – загальні капіталовкладення, грн;

$K_{уст}$ – вартість сонячної установки, грн;

$K_{пр}$ – вартість проектних робіт по визначенні місця для встановлення СЕС та оформлення необхідних документів;

$K_{вст}$ – вартість будівельних та монтажних робіт при влаштуванні СЕС, підключенні їх до електричної мережі та підприємства;

$K_{обл}$ – вартість додаткового обладнання для підключення СЕС.

Розрахунок вартості сонячної установки зведемо до таблиці 3.1.

Таблиця 4.1 – розрахунок вартості СЕС ($K_{уст}$)

Обладнання	Кількість, одиниць	Кіна за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
фотоелектричний модуль UL-550M-144HV	216	6000	1296000
інвертор SUN2000-50KTL-M3	2	150000	300000
реєстратор даних Huawei Smart Logger 3000 A	1	21000	21000
металоконструкції (із поворотним механізмом по одній осі)	36	20000	720000
бетон для встановлення металоконструкцій	18	3000	54000
кабель (для з'єднання додаткового ящика та ТП "Очисні споруди" АВБ6Шв 4x185	250	467,4	116850
Всього ($K_{уст}$)			2507850

Вартість проектних робіт по визначенні місця для встановлення СЕС та оформлення необхідних документів приймемо на рівні $K_{пр} = 100000$ грн.

Вартість будівельних та монтажних робіт при влаштуванні СЕС як правило розраховується виходячи із кількості металу в конструкції, або ж конструктивних одиниць (наприклад кількість одиниць сонячних панелей чи комплектів металоконструкцій). Приймемо що будівельна організація встановлює один комплект металоконструкцій під фотоелектричний модуль по ціні 5000 грн за один, земляні роботи вартують в середньому $B_3=830$ грн за 1 м. куб., а загальний об'єм:

- риття котловану:

$$V_K = (250 + 11) \cdot 0,4 \cdot 0,7 = 73 \text{ м}^3;$$

- викопування ям для бетонування стійок:

$$V_C = 20 \text{ м}^3;$$

- повний об'єм земляних робіт:

$$V = V_K + V_C = 73 + 20 = 93 \text{ м}^3.$$

Отже, вартість земляних робіт буде:

$$K_3 = V + B_3 = 93 \cdot 830 = 77190 \text{ грн.}$$

Тоді повна вартість будівельних та монтажних робіт при влаштуванні СЕС та підключенні їх до електричної мережі та підприємства ($K_{вст}$) буде:

$$K_{\text{вст}} = K_z + n_k \cdot B_k = 77190 + 36 \cdot 5000 = 257190 \text{ грн.}$$

Розрахунок вартості додаткового обладнання для підключення СЕС проведемо аналогічно та зведемо до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – розрахунок вартості додаткового обладнання для підключення СЕС ($K_{\text{обл}}$)

Обладнання	Кількість, одиниць	Ціна за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
роз'єм (пара) для мережі постійного струму МС4	24	60	1440
кабель інформаційний "вита пара"	300	16,2	4860
контролер динамічної потужності сонячних панелей PRISMA 310A	1	48655	48655
ящик із автоматичними вимикачами (для об'єднання виходів інверторів)	1	14000	14000
Автоматичний вимикач для становлення на ТП 10/0,4 кВ "Очисні споруди" EB2S 250/3SA 200A	1	8 340	8340
кабель для мережі DC (між фотомодулями та інверторами) PV ZZ-F 1x6 мм ²	312	50	15600

кабель (для з'єднання інверторів та додаткового ящика) АВВГ 4х35 мм ²	22	120	2640
металевий кругляк $\phi 16$ мм для улаштування контуру захисного заземлення	48	57	2736
металевий кругляк $\phi 10$ мм для улаштування контуру захисного заземлення	140	49	6860
кабель ПВЗ 6х1 (багатожильний, в жовто-зеленій ізоляції) для підключення металевих частин корпусів електрообладнання СЕС до захисного контуру заземлення	90	31	2790
інші монтажні приналежності: -кріплення панелей; -кабельні наконечники; -кабельні стяжки; -сигнальна стрічка, і т. ін.	-	-	5000
Всього ($K_{\text{обл}}$)			112921

Розрахуємо загальні капіталовкладення за формулою (4.2):

$$K = 2507850 + 100000 + 257190 + 112921 = 2977961 \text{ грн.}$$

Поточні витрати – це короткострокові витрати за поточний звітний період. Річні витрати включають витрати на технічне обслуговування, ремонт сонячних установок, амортизаційні відрахування, заробітну плату обслуговуючому персоналу і визначаються за формулою:

$$B = B_{ам} + B_{зп}, \quad (4.3)$$

де B – це річні експлуатаційні витрати, грн;

$B_{ам}$ – амортизаційні витрати, грн;

$B_{зп}$ - витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн.

Оскільки обслуговуючий персонал не потрібен, поточні витрати складаються виключно з амортизаційних відрахувань. Їх прийнято вважати рівними 1% від вартості всієї установки. Таким чином, амортизаційні витрати розраховуються за формулою:

$$B_{ам} = K_{уст} \cdot 1\%. \quad (4.4)$$

Підставимо знайдене раніше (в таблиці 4.1) значення $K_{уст} = 2507850$ грн., отримаємо:

$$B = B_{ам} = 2507850 \cdot 1\% = 25078,5 \text{ грн.}$$

Приблизно в таку суму в рік буде обходитись обслуговування нашої СЕС для підтримування її в робочому стані.

4.2 Визначення економічного ефекту від запровадження власної СЕС потужністю 100 кВт, що працює виключно на забезпечення власної потреби в електроенергії.

Розрахунок зведених річних витрат на кіловат встановленої потужності дозволяє оцінити економічну ефективність проекту. Його покликання це дати можливість інвесторам і проектувальникам порівнювати різні проекти на основі витрат на виробництво одиниці енергії, а також дати якісну оцінку проектному рішення.

Оцінка економічної ефективності показує, скільки коштує виробництво однієї кіловат-години електроенергії з урахуванням всіх витрат за весь життєвий цикл проекту.

Зведені річні витрати на кіловат встановленої потужності (3) розраховується за наступною формулою:

$$З = \frac{P_H \cdot K + B}{P}, \quad (4.5)$$

де З - зведені річні витрати на кіловат встановленої потужності грн/кВт;

P_H – нормативний коефіцієнт рентабельності;

К - загальні капіталовкладення (знайдені за формулою (4.2) , грн;

В - річні експлуатаційні витрати (знайдені за формулою (4.3), грн;

Р – встановлена потужність об'єкту (СЕС);

Нормативний коефіцієнт рентабельності розраховується як відношення:

$$P_H = \frac{1}{T}, \quad (4.6)$$

де Т – це економічний термін служби обладнання, років.

Виробник вказує про лінійну характеристику зниження виробництва панелей з роками на протязі 25 років тож, очевидно, що термін служби панелей UL-550M-144HV щонайменше 25 років, тоді нормативний коефіцієнт рентабельності буде:

$$P_H = \frac{1}{25} = 0,04.$$

Порахуємо зведені річні витрати на кіловат встановленої потужності (за формулою (4.5)):

$$З = \frac{0,04 \cdot 2977961 + 25078,5}{100} = 1441,97 \text{ грн/кВт.}$$

Коефіцієнт використання встановленої потужності показує ефективність роботи, та визначається за відношенням:

$$K_{веп} = \frac{P_d}{P_{пл}}, \quad (4.7)$$

де P_d - дійсна генерація електроенергії за даний період часу, кВт·год;

$P_{пл}$ - планова генерація електроенергії, при умові що установка працюватиме на повну потужність весь час даного періоду, кВт·год.

Виробник обраних фотоелектричних модулів надає 12 років гарантії на дану продукцію, та термін експлуатації не обмежується цим терміном., за 25 років продуктивність знизиться до показника 84,8% (тобто наша станція знизить свій потенціал «по модулях» PV із 118,8 кВт до 100,7кВт), що є доволі непоганим показником.

За допомогою програми на сайті [15] PVGIS-CMSAF (фотоелектрична географічна інформаційна система) було знайдено помісячну та річну генерацію електроенергії (PV) для конфігурації нашої СЕС, звіт програми подано в додатку Е. Відповідно в перший рік наша СЕС виробить 136896 кВт·год електроенергії.

Знайдемо дійсну генерацію P_d за станції на 100 кВт весь термін служби – 25 років. Оскільки крива зниження продуктивності прямолінійна і відомі показники продуктивності на початку та в кінці даного періоду – відповідно 100% та 84,8%, то ми можемо знайти дійсну генерацію з урахуванням втрат через зношування обладнання як середнє значення, помножене на кількість років:

$$P_d = \frac{136896 + 136896 \cdot 0,848}{2} \cdot 25 = 3162297,6 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Планова генерація електроенергії, при умові що установка працюватиме на повну потужність весь час даного періоду розраховується як добуток максимальної потужності панелей на їх кількість на термін роботи (год). Отже планова генерація електроенергії ($P_{пл}$):

$$P_{пл} = 0,55 \cdot 216 \cdot (25 \cdot 365 \cdot 24) = 26017200 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad ,$$

тоді (за (4.7)):

$$K_{вен} = \frac{3162297,6}{26017200} = 0,122.$$

Для визначення терміну окупності скористаємось наступною формулою:

$$T_{ок} = \frac{K + B}{E}, \quad (4.8)$$

де $T_{ок}$ – термін окупності СЕС, років;

K - загальні капіталовкладення, грн;

B - річні експлуатаційні витрати, грн;

E – економія за рік, грн.

Економію за рік визначають як добуток кількості електроенергії, що довелося б купити (по тарифу) без встановлення сонячної електростанції на тариф на електроенергію. Порахуємо економію:

$$E = 136896 \cdot 7,26 = 993865.$$

Всі необхідні дані відомі, тож порахуємо термін окупності за формулою (3.8):

$$T_{ок} = \frac{2977961 + 25078,5}{993865} = 3,022 \approx 3 \text{ роки.}$$

Отже, в даному розділі було пораховано основні економічні показники ефективності проекту. Для реалізації проекту знадобляться капіталовкладення в розмірі 2977961 грн. Було пораховано зведені річні витрати на кіловат встановленої потужності, які дорівнюють 1441,97 грн/кВт. Також було визначено коефіцієнт використання встановленої потужності, що показує ефективність роботи. Він дорівнює 0,122. Впровадження даної СЕС призведе до економії у розмірі 993865 грн на рік, а термін окупності всього 3 роки. Термін служби спроектованої електростанції імовірно перевищує 25 років, у такому разі такі показники як зведені річні витрати на кіловат встановленої потужності та загальної економії можуть значно покращитися.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської роботи розглянуті заходи з підвищення ефективності системи електропостачання ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина», виробничий підрозділ «Цукровий завод» Томашпільської селищної громади. Під час виконання робіт з монтажу та обслуговування електрообладнання підприємства передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці і виробництва продовольчих товарів. Усі металеві неструмопровідні частини (корпуси електродвигунів, шаф, світильників, тощо), які можуть опинитися під напругою в наслідок пошкодження ізоляції, заземлюються шляхом приєднання до нульового проводу живлячої мережі.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на оперативно-ремонтний персонал, що приймає участь у реконструкції та обслуговуванні обладнання підприємства [16, 17]:

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

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

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

5.1 Технічні рішення з безпечної організації обслуговування електрообладнання

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час виконання робіт

Живлення силового обладнання підприємства та систем освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380х220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В), з'єднаної з силовим трансформатором. Категорія умов за небезпекою електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю на об'єктах, що будуються та реконструюються, струмопровідної підлоги, підвищеної температури та вологості.

До виконання робіт із підвищеною небезпекою в умовах дії небезпечних і/або шкідливих виробничих факторів допускаються особи, які не мають медичних протипоказань, пройшли попередні та періодичні медичні огляди відповідно до Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій (наказ МОЗ України від 21.05.07 № 246) і визнані придатними до виконання даного виду робіт; пройшли спеціальне навчання безпечним методам і прийомам праці, інструктаж із безпеки праці, стажування на робочому місці, перевірку знань із безпеки праці і мають відповідну професійну підготовку [18].

Для убезпечення робіт, що їх виконують в колах вимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту, всі вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів струму і напруги слід постійно заземлювати. За необхідності розриву кола струму вимірювальних приладів і реле кола вторинної обмотки трансформатора струму попередньо закорочуються на спеціально призначених для цього затискачах [19, 20].

Розривати кола, підключені до вторинної обмотки трансформатора струму, забороняється. За необхідності розриву цих кіл вони мають бути попередньо

замкнуті перемичкою, встановленою до передбачуваного місця розриву (рахуючи від трансформатора струму). Під час встановлення перемички слід застосовувати інструмент з ізолювальними рукоятками.

Під час роботи на трансформаторах струму або в колах, підключених до їх вторинних обмоток, слід виконувати такі заходи безпеки: зажими вторинних обмоток до закінчення монтажу кіл, що до них підключаються, мають бути замкнені накоротко. Після приєднання змонтованих кіл до трансформатора струму закоротку слід переносити на найближчу збірку затискачів і знімати тільки після повного закінчення монтажу та перевірки правильності приєднання змонтованих кіл; під час перевірки полярності до подавання імпульсів струму в первинну обмотку прилади слід приєднувати до затискачів вторинної обмотки. Забороняється використовувати шини первинних обмоток як струмопровідні під час монтажних та зварювальних робіт.

Робота в колах пристроїв релейного захисту, електроавтоматики і телемеханіки (РЗАіТ) проводиться за виконавчими схемами. Під час робіт в пристроях РЗАіТ слід користуватися слюсарно-монтажним інструментом з ізолювальними рукоятками.

Під час перевірки кіл вимірювання, сигналізації, керування і захисту за необхідності в приміщенні електроустановок напругою понад 1000 В дозволяється залишатися одному члену бригади за умовами роботи (наприклад, регулювання вимикачів, перевірка ізоляції); працівник, який перебуває окремо від керівника робіт, повинен мати групу III. Під час робіт в колах трансформаторів напруги з подачею напруги від стороннього джерела знімаються запобіжники з боку вищої і нижчої напруги, а також відключаються автомати від вторинних обмоток.

За необхідності проведення будь-яких робіт в колах чи на апаратурі РЗАіТ за умови ввімкненого основного обладнання слід вжити додаткових заходів щодо запобігання його випадковому відключенню. Забороняється на панелях або поблизу місця розміщення релейної апаратури провадити роботи, які викликають сильний струс релейної апаратури, що може спричинити до

помилкових дій реле.

Перемикання, вмикання і вимикання вимикачів, роз'єднувачів та іншої комутаційної апаратури, пускання і зупинення агрегатів, регулювання режиму їх роботи, необхідні під час налагодження або перевірки пристроїв РЗАіТ, проводять тільки оперативні працівники.

Записувати покази електролічильників та інших вимірювальних приладів, встановлених на щитах керування і в РУ, дозволяється:

- одноособово працівникам з групою II за наявності місцевих оперативних працівників (з чергуванням двох осіб) і з групою III — без місцевих оперативних працівників;

- працівникам інших організацій з групою III у супроводі місцевого оперативного працівника.

Встановлення і зняття електролічильників та інших вимірювальних приладів, підключених до вимірювальних трансформаторів, повинні проводити за нарядом зі зняттям напруги два працівники, один з яких повинен мати групу IV, а другий — групу III. За наявності в колах електролічильників контактів (блоків), що дозволяють працювати без розмикання кіл, підключених до вторинних обмоток трансформатора струму, ці роботи можна виконувати за розпорядженням, не знімаючи напруги зі схеми електролічильника. За відсутності вказаних контактів напругу і струм в колах електролічильника слід відключити.

Приєднання вимірювальних приладів, встановлення і зняття електролічильників, підключених до вимірювальних трансформаторів, за наявності випробувальних блоків або спеціальних затискачів, що дають змогу безпечно закорочувати кола струму, виконуються без зняття навантаження і напруги. Встановлення і зняття електролічильників безпосереднього ввімкнення допускається проводити за розпорядженням одному працівнику з групою III. Встановлення і зняття електролічильників, а також приєднання вимірювальних приладів виконуються зі зняттям напруги.

Роботи з електролічильниками на різних приєднаннях, розміщених в

одному приміщенні, можна виконувати за одним нарядом (розпорядженням). Оформлення в наряді переходу з одного робочого місця на інше не вимагається.

5.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам: для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні – написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

- 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.

- електрозахисні засоби захисту. Електротехнічний персонал 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. Забороняється користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов.

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

ізолюваними 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.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні. Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

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

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт) [6]. Параметри мікроклімату в приміщенні наведено в

таблиці 5.1.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оператора крану передбачається [21]:

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

-

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°C	0,2-0,5
Холодний	Пб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

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 [22] наведено в таблиці 5.2.

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено [23]:

- провітрювання приміщень;
- встановлення пиловловлюючих засобів.

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

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас
	Максимально разова	Середньодобова	
Вуглецю оксид (CO)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

5.2.3 Виробниче освітлення

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

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

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормуємо освітлення на робочому місці працівника.

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [24] розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Норми при штучному, природньому та суміщеному освітленні наведено в таблиці 5.3.

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

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення виробничих приміщень

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

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

Для забезпечення нормативних значень освітлення передбачено:

- використання додаткового штучного освітлення, а саме світлодіодних ламп;
- необхідна кількість природного світла (великі вікна);
- для підтримки постійної освітленості повинно бути організовано систематичне, не рідше двох разів на місяць, очищення арматури світильників і ламп від пилу та бруду, а в приміщеннях із значним виділенням пилу, диму та кіптяви - не рідше чотирьох разів на місяць згідно з графіком.

5.2.4 Виробничий шум

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

Норми звукового тиску на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

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

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі (ширми, екрани тощо).
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.5 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [16]. Робота оперативно-ремонтного персоналу під час будівництва фото ЕС потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кГ/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кГ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 18000; при загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 61600; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кГ – до 35 кГ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук) – до 60000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30000; статичне навантаження (кГ/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю м'язів тулуба та ніг – до 140 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі від 25% до 50% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 101-300 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 12, вертикалі – 8 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом (робота за серією інструкцій); розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота в умовах дефіциту часу.

Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) – більше 75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – більше 300; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

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

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина»» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації військового характеру є не безпечні тим, що застосування зброї масового ураження, негативно впливає на характеристики систем енергопостачання, вони погіршують свою роботу. Також, небезпечними є загрозові чинники при надзвичайних ситуаціях техногенного характеру тому, що вони призводять до викидів шкідливих радіоактивних, біологічних речовин, які можуть пошкодити метали, що входять до складу радіоелементів.

З усіх загрозливих чинників найбільш небезпечними є дія іонізуючих випромінювань та електромагнітні імпульси. Дослідження стійкості роботи ОГ в надзвичайних ситуаціях (НС) мирного та військового часу має велике значення, тому що вона дозволяє не тільки оцінити можливі втрати, нанесені об'єкту, але й розробити комплекс заходів, направлених на підвищення його стійкості [26].

Дослідження стійкості роботи об'єкта може бути проведена за допомогою моделювання його ураження при дії деяких еквівалентних факторів ураження, що враховують можливі наслідки руйнувань, пожеж і уражень людей у НС мирного та військового часу.

При оцінці стійкості потрібно приймати до уваги такі положення :

- Дослідження стійкості роботи ОГ передбачає максимальні значення факторів ураження;
- стійкість роботи об'єкта в цілому визначається стійкістю роботи кожного елемента ОГ окремо. Як правило, зі всієї сукупності елементів ОГ вибираються ті, без яких неможливий випуск продукції (функціонування ОГ);
- обов'язково повинна враховуватись можливість виникнення на ОГ повторних факторів ураження.

Дія радіації на матеріали і деталі апаратури залежить від виду випромінювання, дози радіації, природи опроміненої речовини та умов навколишнього середовища.

В енергетичних системах використовуються елементи, до складу яких входять матеріали: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та різні органічні сполуки (діелектрики, смоли та ін.). Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до радіації.

В радіоелектронній апаратурі радіація викликає оборотні і необоротні процеси, внаслідок яких можуть бути порушення роботи елементів схеми, що приведе до пошкодження апаратури.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи СЕП ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина»» в умовах дії іонізуючих випромінювань

За критерій стійкості приймається максимальне значення дози радіоактивного опромінення. Функціонування РЕА при дії іонізуючих випромінювань залежить від стійкості її окремих елементів.

1) Визначаємо елементи, від яких залежить функціонування схеми.

2) Визначаємо граничні значення експозиційних доз, при яких в елементах можуть виникнути зворотні зміни, але елемент ще буде працювати. Дані заносимо до таблиці 5.5

Таблиця 5.5 - Експозиційні дози для матеріалів і елементів обладнання (початок зміни параметрів, при яких елементи ще можуть працювати).

№	Дільниця	Елементи РЕА	$D_{гр1}, P$	$D_{гр}, P$
1	Блок живлення	Мікросхеми ТТЛ DA3	10^5	10^3
		Транзистори, діоди KT531, VD 648	10^4	
		Інтегральні схеми K1553ЛА	$5 \cdot 10^5$	
2	Пульт управління	Конденсатори К-41	10^7	
3	Розвідна мережа	Резистори СП1-10	10^3-10^7	
		Напівпровідникові елементи	10^5-10^6	
		Електричні батареї Е48, Е96	10^5-10^6	
4		Випрямлячі ВД-306	10^6	
		Діелектричні матеріали	10^{10}	

По мінімальному значенню визначаємо границю стійкості роботи РЕА в

цілому $D_{гр} = 103 \text{ Р}$. Можлива експозиційна доза опромінення:

$$t_{п} = 1 \text{ год}$$

$$t_{к} = 12 \text{ років} = 105120 \text{ год}$$

$$K_{осл} = 1$$

$$D_{м} = \frac{2 \cdot P_{1\max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{нос}} [P]. \quad (5.1)$$

$$D_{м} = \frac{2 \cdot 3 \cdot (\sqrt{105120} - \sqrt{1})}{1} = 1927 \text{ (Р)}.$$

Визначаємо допустимий час роботи за формулою:

$$t_{дон} = \left(\frac{D_{зр} \cdot K_{носл} + 2 \cdot P_{1\max} \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2 [год]. \quad (5.2)$$

$$t_{дон} = \left(\frac{10^3 \cdot 1 + 2 \cdot 3 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 3} \right)^2 = 28112,11 \text{ (год)}.$$

Отже, $D_{м} > D_{гр}$, робота системи електропостачання не стійка, допустимий час роботи РЕА складатиме 28112,11 годин.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина»» в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій стійкості роботи СЕП або окремих її елементів в умовах дії електромагнітного імпульсу можна прийняти коефіцієнт безпеки:

$$K_B = 20 \lg \frac{U_{\text{доп}}}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 [\text{дБ}], \quad (5.3)$$

де $U_{\text{доп}}$ - допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$ - наруга наведення за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Вхідні дані.

Приймаємо вертикальну складову напруженості електричного поля, $E_B = 9,92 \text{ кВ/м}$.

Напруга живлення, $U_{\text{ж}} = 36, 220, 380 \text{ В}$.

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електричного поля:

$$E_{\Gamma} = E_B \cdot 10^{-3} = 9,92 \cdot 10^{-3} (\text{В/м})$$

Напруга наводки:

$$U_{\Gamma 1} = E_B \cdot l_{\Gamma 1}, [\text{кВ}]; U_{B 1} = E_{\Gamma} \cdot l_{\Gamma 1}, [\text{кВ}]. \quad (5.4)$$

На кожній ділянці визначаємо максимальну довжину струмопровідних частин (в горизонтальній і вертикальній площинах) $l_{B1}, l_{\Gamma 1}, \text{ м}$.

$$l_{B1} = 7,5 \text{ м}, l_{B2} = 9 \text{ м}, l_{B3} = 4 \text{ м}, l_{B4} = 11 \text{ м},$$

$$l_{\Gamma 1} = 6 \text{ м}, l_{\Gamma 2} = 15 \text{ м}, l_{\Gamma 3} = 12 \text{ м}, l_{\Gamma 4} = 8 \text{ м}.$$

$$U_{\Gamma 1} = 9920 \cdot 6 = 59520 (\text{кВ})$$

$$U_{B 1} = 9,92 \cdot 7,5 = 74,4 (\text{В})$$

Допустиме коливання напруги живлення дорівнює:

$$U_{Д} = U_{Ж} + \frac{U_{Ж}}{100} \cdot N \text{ [В]}; \quad (5.5)$$

$$U_{Д1} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 10 = 418 \text{ (В)};$$

$$U_{Д2} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 10 = 242 \text{ (В)};$$

$$U_{Д3} = 36 + \frac{36}{100} \cdot 10 = 39,6 \text{ (В)},$$

де $U_{Ж}$ – напруга живлення, В;

- N – допустиме відхилення напруги, 10%.

Визначаються коефіцієнти безпеки для горизонтальних струмопровідних частин:

$$K_{бг1} = 20 \lg \frac{U_{\partial 1}}{U_{Г}} \text{ [дБ]}; \quad (5.6)$$

$$K_{бг1} = 20 \lg \frac{440}{59520} = -42,6 \text{ (дБ)}$$

Визначимо коефіцієнти безпеки для вертикальних струмопровідних частин:

$$K_{бв1} = 20 \lg \frac{U_{\partial 1}}{U_{В}} \text{ [дБ]}; \quad (5.7)$$

$$K_{\text{бв1}} = 20 \cdot \lg \frac{440}{74,4} = 15,4 \text{ (дБ)}.$$

Дані всіх розрахунків закосимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 - Результати розрахунків по стійкості обладнання до ЕМІ

№	Дільниця	U _ж ,В	U _в ,В	U _г ,В	K _{бв}	K _{бг}	Результати дії
1	Блок живлення	380	74,4	59520	15,4	-42,6	нестійкий
2	Розвідна мережа	220	81	135000	9,5	-54,9	нестійкий
3	Пульт управління	36	36	108000	0,8	-68,7	нестійкий

Оскільки $K_{\text{бгi}}$ та $K_{\text{бвi}} < 40$ дБ, то апаратура буде не стійкою в роботі, а отже потрібно виконати екранування.

5.4 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина»» в умовах дії загрозливих чинників НС

Для зменшення дії іонізуючих випромінювань використовують такі заходи: зменшення чутливості перемикальних схем до зміни вхідних сигналів і напруг джерел живлення; зниження напруги живлення на аноді і збільшення негативного зміщення сіток газорозрядних приладів, збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням та ін.

Проводимо захисне екранування.

Розрахунок екрану для сталі:

$$t = \frac{A_{\text{екр}}}{k \cdot \sqrt{f}} [\text{см}] \quad (5.8),$$

де $k=5,2$ (для сталі);

- f - частота, $f = 1500$ Гц;

- $A_{\text{екр}}$ - затухання в екрані, дБ:

$$A_{\text{екр}} = K_{\text{б}} - K_{\text{б.роз}} \text{ [дБ]}; \quad (5.9)$$

$$t_1 = \frac{40 - 15}{5,2 \cdot \sqrt{1500}} = 0,124 \text{ (см)};$$

$$t_2 = \frac{40 - 9,5}{5,2 \cdot \sqrt{1500}} = 0,151 \text{ (см)};$$

$$t_3 = \frac{40 - 0,8}{5,2 \cdot \sqrt{1500}} = 0,195 \text{ (см)}.$$

Отже при екрануванні блоку живлення з використанням екрану товщиною 0,124 см зі сталі, розвідної мережі з використанням екрану товщиною що дорівнює 0,151 см, пульту управління 0,195 см система електропостачання буде безпечно працювати в умовах дії електромагнітного імпульсу.

Також, в даному розділі приведено аналіз і дана Дослідження стійкості роботи елементів системи електропостачання ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина»» при дії іонізуючих випромінювань, при цьому виявлено, що система працює не стійко в заданих умовах, оскільки $D_m > D_{gr}$, тому запропоновано заходи по підвищенню стійкості системи.

Дослідження стійкості роботи елементів системи електропостачання при дії електромагнітного імпульсу показала, що вона буде стійкою при застосуванні захисного екрану товщиною 0,124; 0,151; 0,195 см зі сталі. Для чого може використовуватись кожух на лотках з кабелями.

ВИСНОВОК

Отже, в даній МКР наведено загальну характеристику ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина» ВП «цукровий завод» із детальним описом технологічних процесів та технологічних установок. Зокрема описано роботу та технологічні процеси мийного відділення, бурякопереробного цеху, продуктового цеху та теплоенергетичного цеху.

Проведено аналіз системи живлення заводу на напругах 10, 6 та 0,4 кВ. Вказано на основні напрями перетоків та можливості до трансформації внутрішньо заводської мережі. Описано схеми живлення електродвигунів із зазначенням їх технічних та експлуатаційних характеристик. Показано розрахунок втрат в кабелі зв'язку між ГРЩ №1 та ТП «Станція вод I підйому».

На підставі вихідних даних для проектування розроблено проект сонячної електростанції для часткового забезпечення власної потреби в електроенергії без генерації в районній електромережі. Було обрано тип металоконструкцій із можливістю регулювання кута нахилу по одній осі (сезонне регулювання) розроблено рекомендовані кути сезонного регулювання. Було обрано тип та моделі фотоелектричних модулів та інверторів, їх кількість, схему розташування та схему підключення. Сонячні панелі - типу UL-550M-144HV. Інвертори - типу SUN2000-50KTL-M3 Також наведено автоматизований вибір перерізу кабельної лінії із врахуванням перевірок на допустимий струм, термічну стійкість, та за умовою найменших зведених річних витрат на експлуатацію. В результаті було обрано кабель марки АВВГ 4х185.

Визначено необхідність у капіталовкладеннях для реалізації проекту, які становлять 2977961 грн. Зведені річні витрати на кіловат встановленої потужності на рівні 1441,97 грн. Економія за рік – 993865 грн. Термін окупності проекту становить 3 роки.

В роботі було розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. При цьому розроблено технічні рішення з безпечної організації обслуговування електрообладнання, з гігієни праці і виробничої

санітарії, та розроблено превентивні заходи по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання ТОВ «Агрокомплекс «Зелена долина»» в умовах дії загрозливих чинників НС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Теоретичні та практичні аспекти вдосконалення технології кристалізації цукрози [електронний ресурс] — Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5194137/page:2/>
- 2) Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.
- 3) Оператор ринку «на добу наперед» [електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.oree.com.ua/>
- 4) Відеозапис вебінару "Механізм самовиробництва net billing: як економити на електроенергії" [електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=2fVWC2YcziY>
- 5) Відеозапис вебінару "Net billing: як зменшити витрати на оплату електроенергії"" [електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=L3853Ji0CYs>
- 6) Порядок продажу та обліку електричної енергії, виробленої активними споживачами, та розрахунків за неї, затверджено Постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг 29.12.2023 № 2651 [електронний ресурс] — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v2651874-23#Text>
- 7) PRISMA 310A Regulador de potencia y controlador para el autoconsumo [електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.realenergysystems.com/prisma310a/>
- 8) Бухгалтерський облік сонячних електростанцій (СЕС) [електронний ресурс] — Режим доступу: <https://audit-invest.com.ua/articles/blog/osoblyvosti-obliku-sonyachnyh-panelej>
- 9) Екологічний паспорт Вінницької області [електронний ресурс] — Режим доступу: https://www.vin.gov.ua/images/UPRTER/oholoshennia/2023_%20Vinnitska_08.12.2023_F.pdf
- 9) На що звернути увагу при виборі сонячної панелі [електронний ресурс] — Режим доступу: https://sun-energy.com.ua/solar-power/solar-panels/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwouexBhAuEiwAtW_ZxwooKkGCF1vPVEoqvLvVFOBi2dANVtaybetzlkxqQ2aCf_VCo-ho1hoCIPIQAvD_BwE
- 10) інтернет-магазин (каталог кабельної продукції) [електронний ресурс] — Режим доступу: <https://amperok.com.ua/ru/pivdenkabel/page-4>
- 11) Сокорчук І. П. Імітаційна модель виробітку електричної енергії сонячною електростанцією [електронний ресурс] — Режим доступу: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/72fcc839-b587-44f6-b10f-ded64020cd6c/content>
- 12) Аналіз впливу кута нахилу сонячних панелей на роботу [електронний ресурс] — Режим доступу: <https://doi.org/10.31474/2074-2630-2020-2-70-76>

13) Onur Yemenici; Muhammed Osman Aksoy, «Numerical Study of Wind Loads on A Solar Panel at Different Inclination Angles», 2018 9th International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering (ICMAE), Budapest, Hungary, 20.09.2018, pp 406-409

14) дослідження режимів роботи сонячних електростанцій в matlab simulink [електронний ресурс] — Режим доступу:

15) photovoltaic geographical information system [електронний ресурс] — Режим доступу: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

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

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

18) ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074220455066862610?doc_type=2.

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

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

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

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

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

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

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

26) Кодекс цивільного захисту України. К.: ВР України, 2012. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

ДОДАТКИ

Додаток А



Имя пользователя:
Юрій Лобода

ID проверки:
1016352704

Дата проверки:
12.06.2024 15:27:22 EEST

Тип проверки:
Doc vs Internet + Library

Дата отчета:
12.06.2024 15:34:59 EEST

ID пользователя:
100013826

Название файла: ПЗ диплом Самойлов плаг

Количество страниц: 54 Количество слов: 10868 Количество символов: 80949 Размер файла: 1.17 MB ID файла: 1016156558

11%
Совпадения

Наибольшее совпадение: 4.1% с Интернет-источником ([https://elen.donntu.edu.ua/Zbirnyk_2\(23\)2020.pdf](https://elen.donntu.edu.ua/Zbirnyk_2(23)2020.pdf))

10.1% Источники из Интернета	148	Страница 56
1.43% Источники из Библиотеки	3	Страница 57

0% Цитат

- Исключение цитат выключено
- Исключение списка библиографических ссылок выключено

0% Исключений

Нет исключенных источников

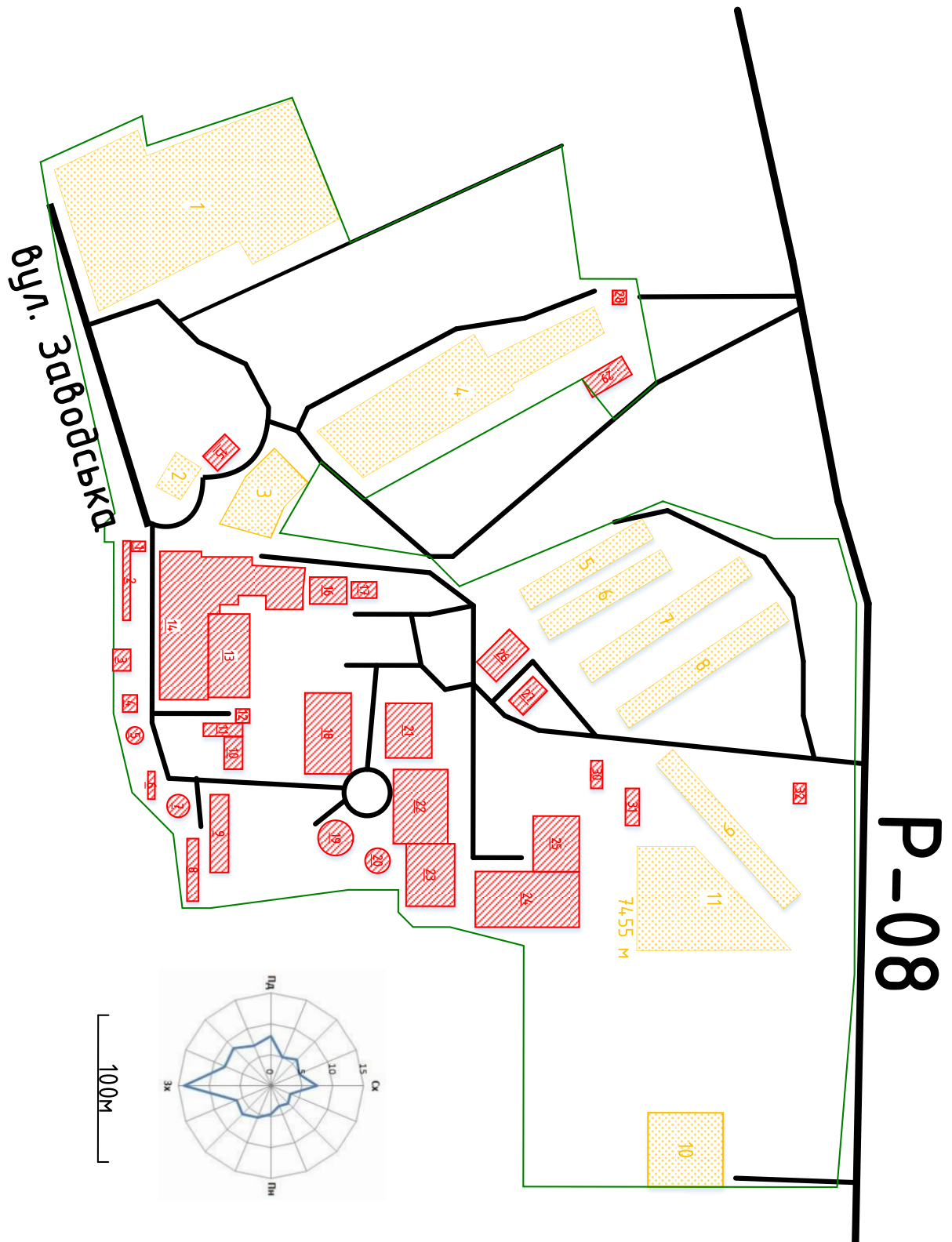
Модификации

Обнаружены модификации текста. Подробная информация доступна в онлайн-отчете.

Замененные символы	29
--------------------	----

Додаток Б.1

Генеральний план товариства з обмеженою відповідальністю «Агрокомплекс
«Зелена долина», виробничий підрозділ «Цукровий завод».



Таблиця 1. Найменування будівель та споруд на генплані.

№ п/п	Найменування будівлі/споруди
1	Центральна прохідна заводу
2	Електроцех; КВПІа
3	Насосна технічної води на ставу
4	ТП 10/0,4кВ "Ремонтний період"
5	Бочка
6	Майстерня по наплавці; комірчина.
7	Нижній мелясний чан
8	Критий склад металу
9	Матеріальний склад
10	Плотня
11	Майстерня
12	Кузня
13	Тепло-енергетичний цех
14	Головна будівля заводу
15	Станція вод I-го підйому
16	Газова піч
17	Механізм приготування вугільно-кам'яної суміші
18	Цукровий склад №1
19	Середній мелясний чан
20	Верхній мелясний чан
21	Цукровий склад №2
22	Цукровий склад №3
23	Цукровий склад №4

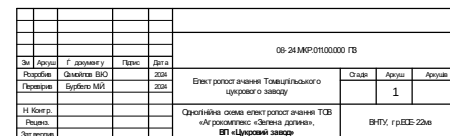
24	Цукровий склад №5
25	Цукровий склад №6
26	Очисні споруди
27	Градирня
28	Вагова жому
29	Гуртожиток
30	Майстерня по ремонту БУМів
31	Майстерня по ремонту Тракторів
32	лабораторія РЮПРО

Таблиця 2. Найменування площ та місцевостей на генплані.

№ п/п	Найменування площі/місцевості
1	Автотранспортний цех
2	Прямо́к-відстійник III кат.
3	Жомова яма №1
4	Жомова яма №2
5-9	Кагатне поле
10	Склад ПММ із АЗП
11	Вільна ділянка для проектування СЕС

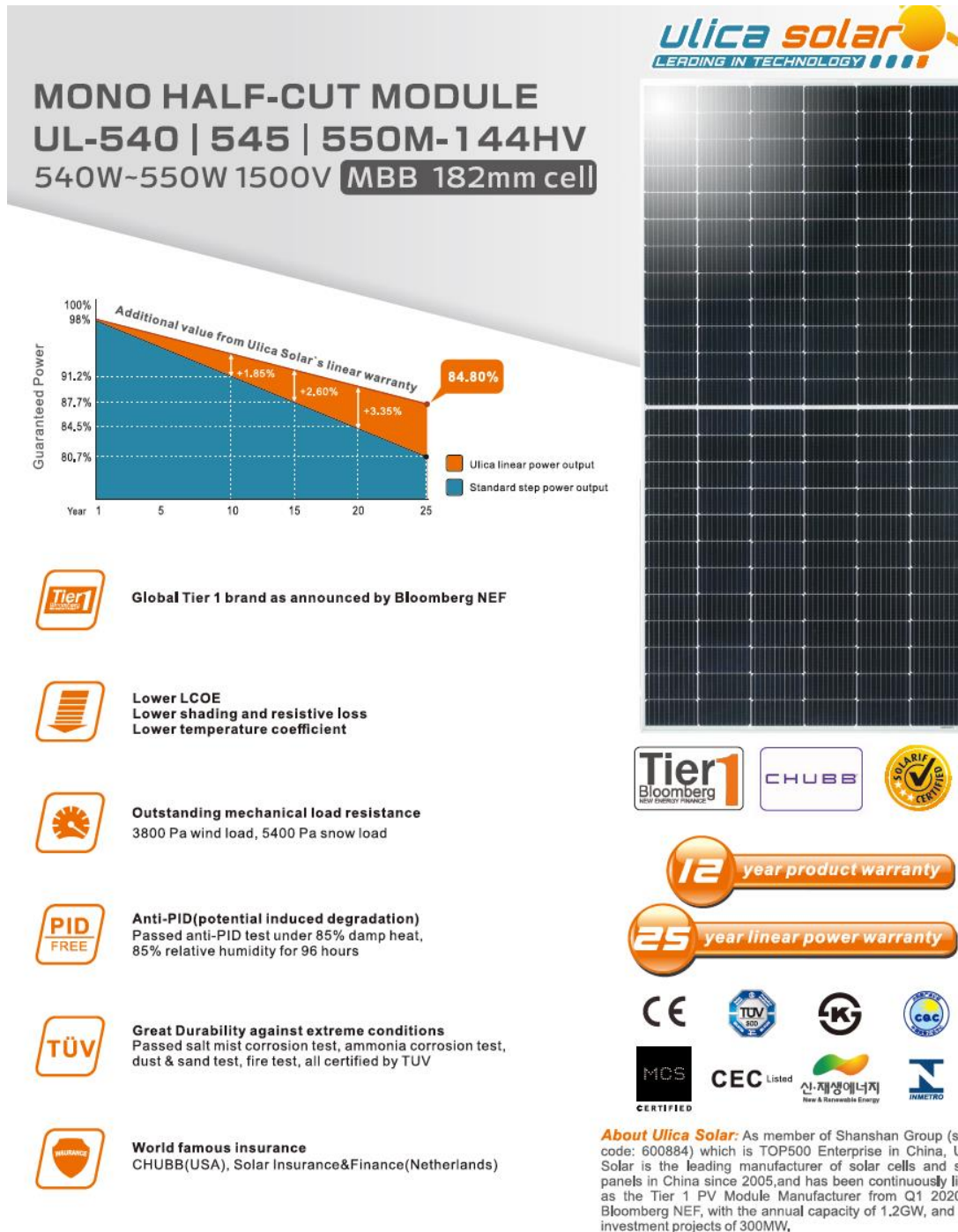
Додаток Б.2

Однолінійна схема електропостачання ВП «Цукровий завод»



Додаток В.1

Оригінальний вигляд характеристик сонячних фотомодулів UL-550M-144HV
від виробника.



Add: No. 218 Yunlin Middle Road, Wangchun Industrial District, Ningbo, China

Tel: +86-574-28828978 | Fax: +86-574-28828997 | Email: sales@ulsolar.com.cn | Web: www.ulicasolar.com

MONO UL-540 | 545 | 550M-144HV



ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical Parameters Standard Test Conditions

Module Type	UL-540M-144HV UL-545M-144HV UL-550M-144HV		
Power Output	P _{max}	W	540 545 550
Power Tolerance	ΔP _{max}	W	0/+5W
Module Efficiency	η _m	%	20.84 21.09 21.28
Voltage at P _{max}	V _m	V	41.7 41.8 41.9
Current at P _{max}	I _m	A	12.95 13.04 13.13
Open-Circuit Voltage	V _{oc}	V	49.8 49.9 50.0
Short-Circuit Current	I _{sc}	A	13.60 13.65 13.75

STC:1000W/m² irradiance, 25°C module temperature, AM1.5

THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal Operating Cell Temperature	NOCT	°C	43±2
Temperature Coefficient of P _{max}	γ	%/°C	-0.360
Temperature Coefficient of V _{oc}	β _{voc}	%/°C	-0.290
Temperature Coefficient of I _{sc}	α _{isc}	%/°C	+0.049

OPERATING CONDITIONS

Max. System Voltage	DC1500V
Max. Series Fuse Rating	25A
Operating Temperature Range	-40°C~85°C
Max static snow load	5400Pa
Max static wind load	3800Pa
Application Class	A

CONSTRUCTION MATERIALS

Front Cover(material/type/thickness)	low-iron tempered glass/3.2mm
Cell(quantity/material/type/dimension)	144/monocrystalline/ 182X91mm
Encapsulant(material)	ethylene vinyl acetate(EVA)
Frame(material/anodization color)	anodized aluminum alloy/silver or black
Junction Box(protection degree)	IP68
Cable(length/cross-sectional area)	400mm(or Customized Length)/4mm ²
Plug Connector	MC4 compatible

GENERAL CHARACTERISTICS

Dimension(L/W/H)	2279/1134/35mm
Weight	28.3kg

PACKING CONFIGURATION

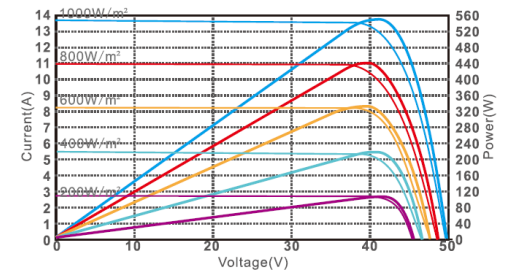
Pallet Size(L/W/H)	2325/1120/2550mm
Pallet Weight	1887kg
Pieces per Pallet	62pcs
Pieces per Container	620pcs

INTERNATIONAL CERTIFICATES

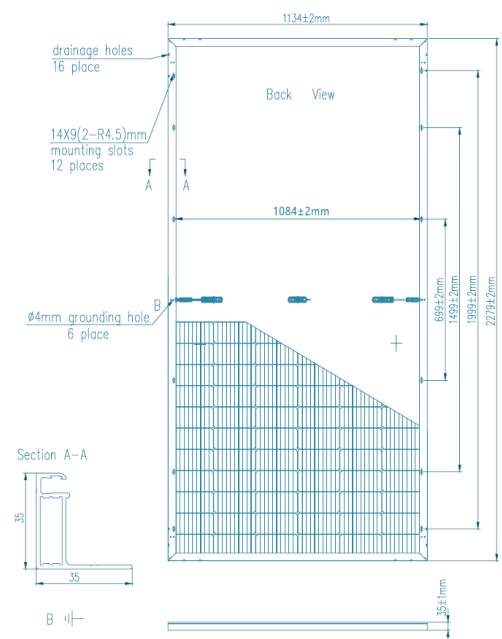
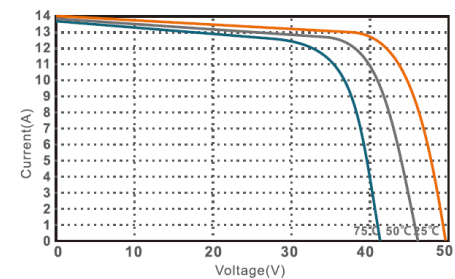
IEC 61215, IEC 61730
 ISO 9001: 2015(Quality management systems)
 ISO 14001: 2015 (Environmental management systems)
 OHSAS 18001: 2015 (Occupational health and safety)

I-V CURVE

I-V characteristics at different irradiances



I-V characteristics at different temperature



Please read the instruction entirely before handling, installing and operating Ulica Solar modules.

Due to continuous research and development, the specification is subject to change without prior notice.

Додаток В.2

Оригінальний вигляд характеристик інвертора SUN2000-50KTL-M3 від виробника.

SUN2000-50KTL-M3
Smart PV Controller

**Higher Yields**

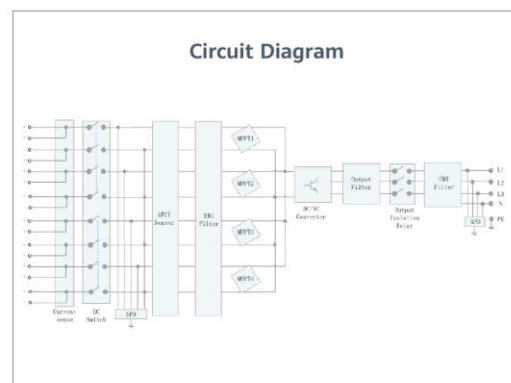
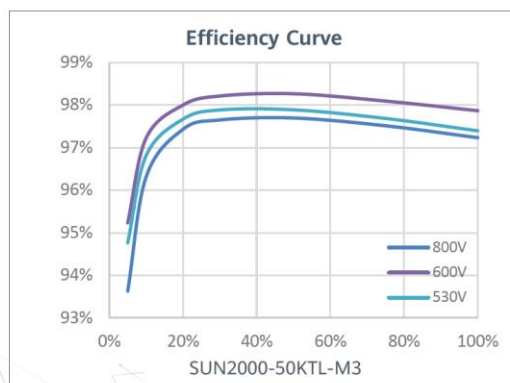
Up to 30% More Energy
with Optimizer

**Active Safety**

AI Powered
Active Arcing Protection

**Flexible Communication**

WLAN, Fast Ethernet, 4G
Communication Supported



solar.huawei.com
inverter@huawei.com

SOLAR.HUAWEI.COM/



photomate.eu
sales@photomate.eu

10021201020

SUN2000-50KTL-M3
Technical Specification

Technical Specification	SUN2000-50KTL-M3
Efficiency	
Max. Efficiency	98.5%
European Efficiency	98.0%
Input	
Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	30 A (per MPPT) / 20 A (per Input)
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V
Number of Inputs	8
Number of MPP Trackers	4
Output	
Rated AC Active Power	50,000 W
Max. AC Apparent Power	55,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	55,000 W
Rated Output Voltage	400 Vac / 480 Vac, 3W+(N) + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	72.2 A @ 400Vac, 60.1 A @ 480Vac
Max. Output Current	79.8 A @ 400Vac, 66.5 A @ 480Vac
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	<3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Arc Fault Protection	Yes
Ripple Receiver Control	Yes
Integrated PID Recovery ³	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, Bluetooth + APP
RS485	Yes
Smart Dongle	WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (Isolation Transformer required)
General Data	
Dimensions (W x H x D)	640 x 530 x 270 mm (25.2 x 20.9 x 10.6 inch)
Weight (with mounting plate)	49 kg (108.1 lb)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0% RH ~ 100% RH
DC Connector	Amphenol Helios H4
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP 66
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	≤ 5.5W
Standard Compliance (more available upon request)	
Safety	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 4110, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, DEWA

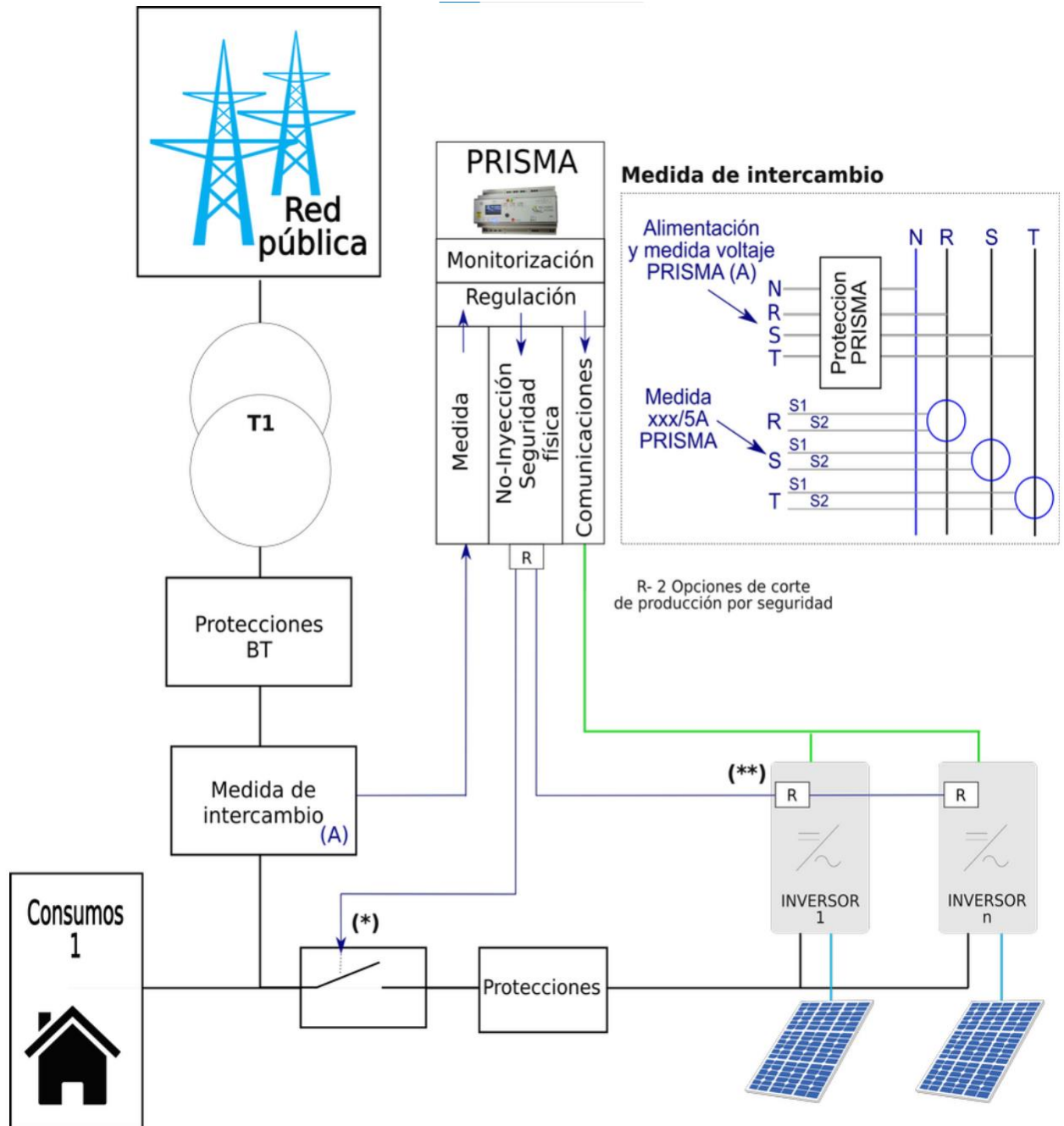
1. The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

2. Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

3. SUN2000-30-50KTL-M3 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly), N-type (nPERT, HIT)

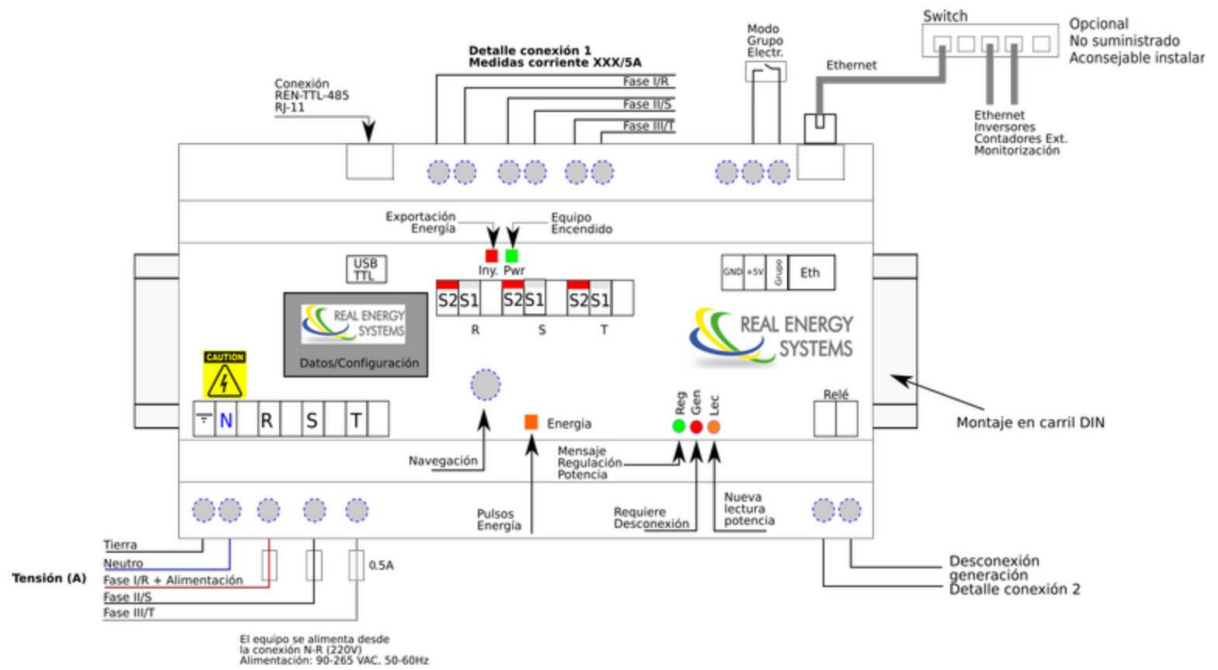
Додаток Г.1

Однолінійна та монтажна схеми контролера (обмежувача) генерації
PRISMA 310A.



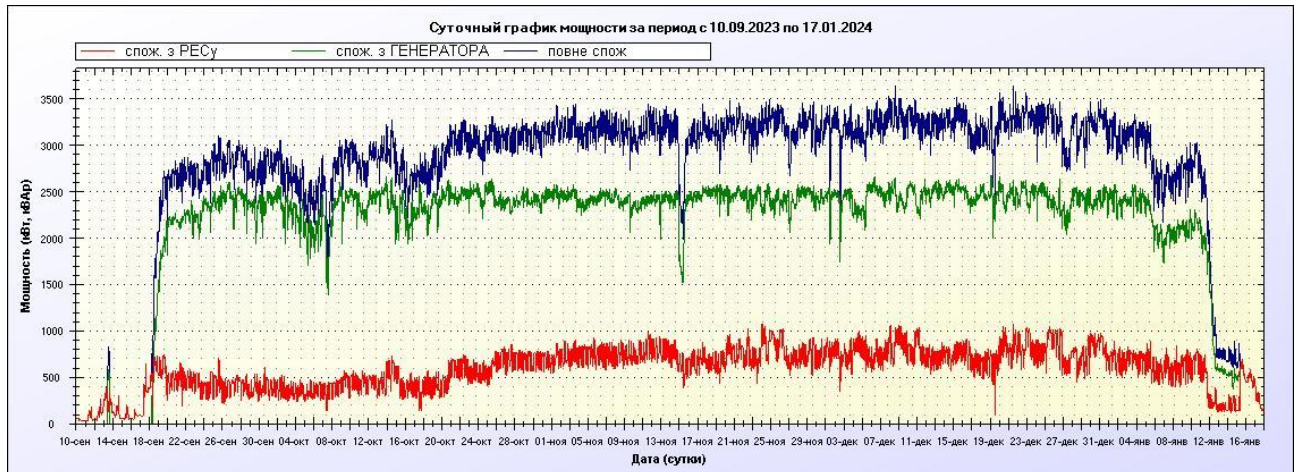
Додаток Г.2

Монтажна схеми контролера (обмежувача) генерації PRISMA 310A.



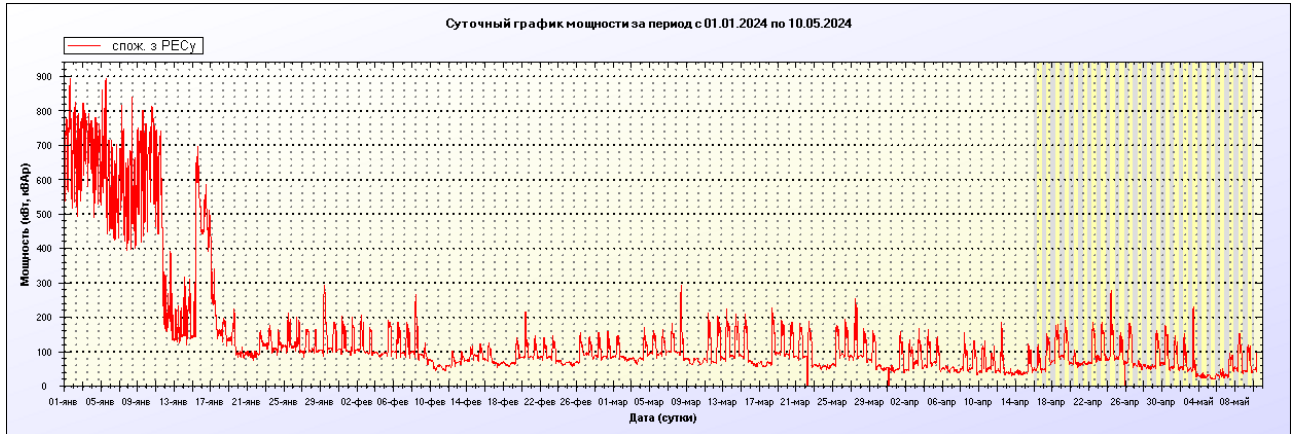
Додаток Д.1

Суміщений графік споживання електроенергії за сезон виробництва цукру 2023 року ВП «Цукровий завод» (АСКОЕ)



Додаток Д.2

Графік споживання електроенергії від РЕМ після завершення виробничого сезону 2023 року ВП «Цукровий завод» (АСКОЕ)



Додаток Е

Результат розрахунку річної (помісячно) генерації в програмі PVGIS-5 для спроектованої СЕС (відповідних встановленої потужності, типу сонячних панелей, їх розташування)



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

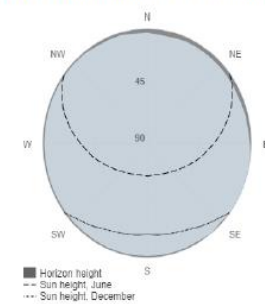
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 48.538,28.527
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH2
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 118.8 kWp
 System loss: 14 %

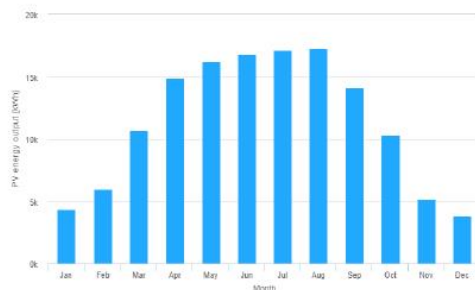
Simulation outputs

Slope angle: 36 (opt) °
 Azimuth angle: -1 (opt) °
 Yearly PV energy production: 136896.41 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1450.65 kWh/m²
 Year-to-year variability: 5479.64 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -2.9 %
 Spectral effects: 1.4 %
 Temperature and low irradiance: -6.19 %
 Total loss: -20.56 %
 PV electricity cost [per kWh]: 2.304 per kWh

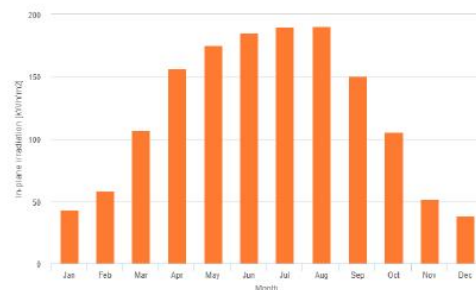
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	4350.6	42.5	1286.4
February	5977.3	58.2	1711.4
March	10679.7	107.0	2362.4
April	14914.4	156.2	2050.2
May	16225.3	175.4	1616.1
June	16829.9	185.3	1088.5
July	17161.4	189.8	973.5
August	17241.6	190.4	1366.8
September	14180.5	150.3	2123.3
October	10329.1	105.6	1875.9
November	5137.0	51.6	702.8
December	3869.6	38.3	1272.3

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].

H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them. However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

It is our goal to minimise disruption caused by technical errors. However, some data or information on this site may have been created or introduced in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

For more information, please visit https://ec.europa.eu/info/legal-notice_en

PVGIS ©European Union, 2001-2024.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2024/05/08