

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування інституту)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

менеджменту

**Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи**

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З
ВПРОВАДЖЕННЯМ ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ МОДУЛІВ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «KNESS» (ПОДІЛЬСЬКИЙ
ЕНЕРГОКОНСАЛТИНГ), МІСТО ВІННИЦЯ

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕСЕ-18м
Спеціальність 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва)

Освітня програма «Електротехнічні системи
електроспоживання»

(назва)

Кутик Є.Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Шулле Ю. А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма – Електротехнічні системи електроспоживання

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

«_____» _____ 2019р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Кутику Євгенію Борисовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З
ВПРОВАДЖЕННЯМ ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ МОДУЛІВ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «KNESS» (ПОДІЛЬСЬКИЙ
ЕНЕРГОКОНСАЛТИНГ), МІСТО ВІННИЦЯ

керівник роботи Шулле Юлія Андріївна к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом вищого навчального закладу від 02.10.2019 року № 254

2. Термін подання студентом роботи 03.12.2019 року.

3. Вихідні дані до роботи: генплан підприємства з відомостями про нього (ДодатокБ).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Відомості про підприємство та особливості архітектурно-будівельних рішень заводу з виготовлення сонячних панелей у місті Вінниця. Живлення заводу KNESS PV від ПС 110/10 кВ «ВЗТА» Ф-436 до ТП 10/0,4 кВ. Загальні відомості ФЕС. Економічне обґрунтування доцільності встановлення сонячної станції. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): слайди презентації по виконаній роботі.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання « 03 « 09 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	03.09.19	
2	Відомості про підприємство та особливості АБ рішень заводу з виготовлення сонячних панелей у місті Вінниця.	09.09.19	
3	Розробка заживлення заводу KNESS PV від ПС 110/10 кВ «ВЗТА» Ф-436 до ТП 10/0,4 кВ	29.09.19	
4	Розробка рішень щодо живлення заводу від ФЕС	25.10.19	
5	Розробка економічної частини	22.11.19	
6	Розробка розділу з ОП та безпеки в НС	29.11.19	
7	Висновки	30.11.19	
8	Попередній захист МКР	03.12.19	

Студент

_____ (підпис)

Кутик Є.Б.
(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Шулле Ю.А.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кутик Євгеній Борисович. Розробка системи електропостачання з впровадженням фотовольтаїчних модулів товариства з обмеженою відповідальністю «KNESS» (Подільський Енергоконсалтинг), місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ФЕЕЕМ. Кафедра ЕСЕЕМ. – Вінниця: ВНТУ, 2019 – 75 с.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто встановлення і заживлення дахової ФЕС та вибору обладнання виходячи із розрахунків. Також були проведені розрахунки, які дозволяють зробити економічні оцінки ефективності капітальних вкладень в дахову ФЕС. Розрахунки ФЕС проведені за розробленими математичними моделями в конкретній схемі електропостачання. Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: електропостачання, фотоелектрична станція, дахова ФЕС, сонячна енергія, сонячна панель.

Рисунків - 3

Таблиць - 30

Бібліографій –34

ANNOTATION

Kutyk Yevgeny Borisovich. Development of power supply system with implementation of photovoltaic modules of KNESS Limited Liability Company (Podilsky Energy Consulting), Vinnytsia. Master's qualification work. Specialty 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics. - Vinnitsia: VNTU, 2019 – 75 p.

The master's qualification work deals with the installation and supply of roofing power plants and the selection of equipment based on the calculations. Also, calculations have been made that allow to make economic estimates of the efficiency of capital investments in the roof FES, the calculations of which are made according to the developed mathematical models, in a specific power supply scheme. The issues of occupational safety and health in emergency situations are considered.

Keywords: power supply, photoelectric station, roof FES, solar energy, solar panel.

Pictures - 3

Tables – 30

Bibliographies –34

ЗМІСТ

1 ВІДОМОСТІ ПРО ЗАВОД З ВИГОТОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ У МІСТІ ВІННИЦЯ	9
1.1 Відомість про підприємство KNESS PV	9
1.2 Короткий опис технологічного процесу.....	10
1.3 Техніко-економічне обґрунтування роботи	11
Висновок по розділу 1	12
2 ЗАЖИВЛЕННЯ ЗАВОДУ KNESS PV ВІД ПС 110/10 КВ «ВЗТА» Ф-436 ДО ТП 10/0,4 КВ.....	13
2.1 Коротка характеристика об'єкту та його склад.....	13
2.2 Технологічні рішення	14
2.3 Вибір перерізу кабелю.....	16
2.4 Тривалість будівництва КЛ	23
Висновок по розділу 2	24
3 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ФЕС.....	25
3.1 Генерування енергії за місцем її використання.....	25
3.2 Коротка характеристика об'єкту	26
3.3 Основні техніко-економічні показники об'єкту	27
3.4 Розрахунки СЕП ФЕС	27
3.4.1 Розрахунок струмів КЗ.....	27
3.4.2 Вибір вимикача 10 кВ	28
3.4.3 Вибір та перевірка автоматичних вимикачів 0,4 кВ.....	31
3.4.4 Перевірка граничної вимикаючої здатності	31
3.4.5 Вибір струму розчеплювача захисту від перевантаження за максимальним тривалим струмом навантаження та тривало допустимим струмом кабелю.	32
3.4.6 Перевірка чутливості захистів	33
3.4.7 Розрахунок параметрів блоків фотогальванічних панелей.....	34
3.4.8 Розрахунок втрат напруги в лініях	34
Висновок по розділу 3	35
4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ЗАВОДІ KNESS PV	36
4.1 Мета розрахунків та характеристика вихідних даних	36
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	37
4.3 Розрахунок потреби в робочій силі.....	39

4.4 Розрахунок витрат по заробітній платі.....	42
4.5 Планування вартості матеріалів, що витрачаються	45
4.6 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат	45
4.7 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	46
4.8 Розрахунок собівартості електроенергії.....	48
Висновок по розділу 4	50
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	51
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	51
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	51
5.1.2 Електробезпека	56
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	57
5.2.1 Мікроклімат	57
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	57
5.2.3 Виробниче освітлення.....	58
5.2.4 Виробничий шум	59
5.2.5 Виробничі вібрації	60
5.2.6 Психофізіологічні фактори.....	61
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП з фотовольтаїчними модулями в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	62
5.3.1 Дослідження стійкості роботи СЕП з фотовольтаїчними модулями в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	63
5.3.2 Дослідження стійкості роботи елементів системи електропостачання з фотовольтаїчними модулями в умовах дії електромагнітного імпульсу	65
5.4 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи елементів системи електропостачання з фотовольтаїчними модулями в умовах впливу загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	66
Висновок по розділу 5	68
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71
ДОДАТКИ.....	75

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогоднішній день використання альтернативних джерел енергії стало досить поширеним на Україні. Катастрофічне погіршення екологічної ситуації у світі, а також необґрунтована економічна залежність від традиційних джерел, призвели до того, що вчені почали оцінювати енергетичний потенціал природних явищ і поступово знайшли методи його використання. Так, зараз людство має можливість використовувати енергію сонця, вітру, руху води, тепла та ін.

Кількість сонячного випромінювання, що потрапляє на Землю, настільки велика, що в кілька десятків тисяч разів перевищує потребу в ньому всього людства. Це означає, що при правильній організації використання цієї енергії на всій планеті, людство зможе забезпечити себе постійним потоком електроенергії всього з одного джерела. При цьому, завдяки його відновлюваності, ми не зможемо перевищити свої потреби і привести до нестачі ресурсів.

В наш час активно впроваджуються нові екологічно чисті джерела енергії. Вже сьогодні можна сказати, що сонячна енергія є серйозною альтернативою традиційній енергетиці. Потрібно відзначити, що діючі в Україні ціни на традиційне паливо й енергію не вміщують реальні витрати на їх виробництво та не враховують екологічної «вартості» енергії. Оцінки прямих соціальних витрат, зв'язаних зі шкідливим впливом електростанцій, включаючи хвороби і зниження тривалості життя людей, оплату медичного обслуговування, втрати на виробництві, зниження врожаю, відновлення лісів і ремонт будинків у результаті забруднення повітря, води і ґрунту дають величину, що додає близько 75 % світових цін на паливо й енергію. Тому, якщо врахувати ці приховані зараз витрати в тарифах на енергію, то більшість нових технологій у сфері сонячної енергетики стає цілком конкурентноспроможними з існуючими технологіями. У силу розглянутої актуальності, використання сонячної енергії, метою даної роботи є розрахунок ефективності використання автоматизованих систем орієнтації площини сонячних батареї та колекторів (приймачів) перпендикулярно сонячному промінню.

Об'єкт дослідження: процеси генерації та споживання електричної енергії.

Предмет дослідження: встановлення фотоелектричної станції на даху підприємства.

Мета дослідження: поліпшення електропостачання підприємства та згладження його графіка навантаження за рахунок встановлення на ньому сонячних батарей. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- виконати розрахунок заживлення заводу з виробництва сонячних батарей;
- виконати розрахунок по встановленню сонячних батарей;
- виконати техніко-економічні розрахунки.

Наукова новизна роботи полягає у аналізі електропостачання підприємства KNESS PV та його поліпшенні за рахунок встановлення сонячних панелей.

Практична цінність роботи полягає в розробці рекомендацій щодо поліпшення електропостачання підприємства за рахунок встановлення на ньому сонячних панелей.

Економічний ефект полягає в можливості зменшення витрат на оплату електричної енергії з мережі за рахунок енергії, виробленої СЕС.

Методи дослідження. Виконана робота базується на теоретичних основах електротехніки, теорії електричних систем, теорії електропостачання, методах та теорії прийняття рішень. Використані такі програмні продукти як MS Excel, MS MathCad.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було обговорено на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області у 2018, 2019 роках. За результатами опубліковані тези доповідей [33], [34].

1 ВІДОМОСТІ ПРО ЗАВОД З ВИГОТОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ У МІСТІ ВІННИЦЯ

1.1 Відомість про підприємство KNESS PV

I черга заводу запущена у лютому 2019 року. Її річна потужність виробництва складає 200 МВт.

Завод виробляє сонячні панелі для побутових, комерційних та промислових сонячних електростанцій номінальною потужністю від 270 до 370 Вт згідно з найвищими технологічними вимогами сучасних виробників.

Усі характеристики панелей відповідають найвищим світовим вимогам, що робить можливим реалізувати продукцію KNESS PV і за межами країни.

Історія групи компаній KNESS починається з 2009 року Перша компанія – ТОВ «Подільський Енергоконсалтинг» займалася проектуванням та будівництвом об'єктів розподільчих мереж для електроенергетичних компаній та промислових підприємств.

Незмінний головний принцип – проектування, будівництво/реконструкція та введення в експлуатацію об'єктів електроенергетики – повний комплекс робіт від одного виконавця з гарантією результату!

В 2012 році, в якості експерименту, втілено перші проекти по сонячній енергетиці.

З 2015 року компанія «Подільський Енергоконсалтинг» вийшла на рівень генпідрядника (EPC-контрактора) в проектах промислової сонячної енергетики.

Цей статус є свідченням довіри партнерів та підтвердженням компетентності компанії в управлінні складними проектами...

В кінці 2015 року відбулося розширення бізнес-діяльності в сфері інноваційних розробок та девелопменту проектів енергетики.

З 2016 року компанії об'єднуються під одним брендом – KNESS та утворюють KNESS Group.

В 2017 році в групу входить власний центр інноваційних розробок в галузі відновлюваної енергетики «KNESS R&D Center» та будівельно-монтажна компанія «KNESS Construction».

1.2 Короткий опис технологічного процесу

Профіль роботи підприємства: проектування, будівництво/реконструкція та введення в експлуатацію об'єктів електроенергетики.

Сонячна енергетика – інноваційна промислова галузь яка бурхливо розвивається. Головною її складовою є сонячні батареї. Останні є, власне, джерелом отримання сонячної енергії. При цьому кінцева вартість готової до роботи електростанції повністю залежить від підбору типу фотопанелей, їх типу з'єднання і ціни монтажу.

Процес виготовлення сонячних батарей починається з виробництва технічного кремнію. Для цього плавиться кварцовий пісок з-за впливу високих температур, потім з-за впливу хімічних реагентів відбувається процес синтезу. В результаті отримують технічний кремній, який потім перевіряють на наявність домішок, і якщо їх концентрація не більше 0,001%, то очищений кремній можна застосувати для виробництва сонячних батарей.

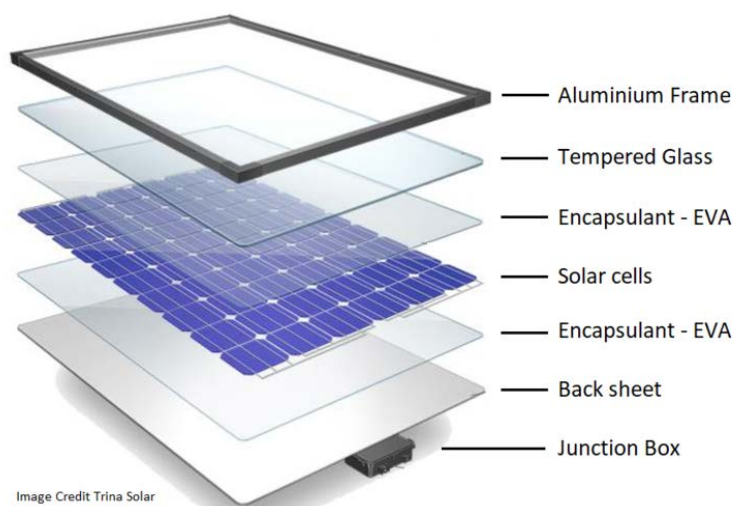


Рисунок 1.1 – Конструкція сонячної панелі

Виробнича лінія включає застосування автоматичного (або напівавтоматичного) обладнання:

- верстати гідроабразивного і/або лазерного різання;
- апарат для ламінування;
- обрамлювальні, шліфувальні і полірувальні верстати;
- лазерні рівні;
- машини для тестування роботи готових панелей під напругою.

Автоматизоване виробництво сонячних батарей відрізняється більшою швидкістю виготовлення, меншою кількістю витратних матеріалів і високою якістю кінцевої продукції порівняно з таким же виробничим процесом, але із більшою часткою ручної праці.

Приміщення трансформаторної підстанції приблоковані до виробничих приміщень і оснащені самостійними конструкціями. Дане приміщення за ступенем вогнестійкості - II. У будівлі ТП розміщуються: камери трансформаторів - 2 приміщення по 10,14м²; приміщення РУ 0,4 кВ - 20,90 м²; приміщення РУ-10 (6) кВ - 14,82 м².

Зовнішній вигляд, план, та розпланування заводу див. в Додатку Г.

1.3 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Техніко-економічне обґрунтування роботи базується на проведенні попереднього економічного аналізу, що підтверджує доцільність капіталовкладень в даний енергетичний об'єкт.

Вхідні дані для розрахунку:

- 1.Виручка від реалізації виробленої продукції (обсяг реалізованої продукції або послуг), млн. грн/рік: $V = 490$.
- 2.Середньооблікова чисельність персоналу: $Ч = 445$ чол.
- 3.Нарахування на соціальні потреби, %: $C_{\Pi} = 37\%$.
- 4.Середньомісячна зарплата одного працівника, грн/міс: $З_{\text{м}} = 8500$ грн/міс.
- 5.Питома вага заробітної плати в собівартості продукції: $d = 10\%$.
- 6.Первісна або балансова вартість основних фондів, млн. грн.: $\Phi = 1930$.
- 7.Нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень $E_{\text{н}} = 0,1$.
- 8.Нормативний термін окупності $T_{\text{он}} = 7,5$ років.

Система електропостачання підприємства разом з системою водопостачання, зв'язку, газопостачання, тепlopостачання і системою стислого повітря знаходяться в основі створення виробничого процесу. Відсутність цих систем призводить до неможливості виробництва продукції і виробничої діяльності підприємства в цілому. Тому техніко-економічне обґрунтування системи електропостачання є тотожним техніко-економічному обґрунтуванню будівництва даного об'єкту.

Визначимо середньорічний фонд заробітної плати одного працівника $Z_{пл}$:

$$Z_{пл} = Z_m \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 8500 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,102 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Повна собівартість продукції, C :

$$C = (1 + C_n / 100) \cdot (Z_{пл} \cdot Ч) / d = (1 + 37 / 100) \cdot (0,102 \cdot 445) / 10 =$$

$$C = (1 + \frac{C_n}{100}) \cdot \frac{Z_{пл} \cdot Ч}{d} = (1 + \frac{38}{100}) \cdot \frac{0,106 \cdot 650}{10 \cdot 10^{-2}} = 62,63 \text{ (млн. грн/рік)}.$$

Балансовий прибуток Π :

$$\Pi = B - C = 490 - 62,63 = 427,37 \text{ (млн. грн/рік)}.$$

Розрахунковий термін окупності:

$$T_{ор} = \Phi / \Pi = 1930 / 427,37 = 4,52 \text{ (років)}.$$

Оскільки $T_{ор} < T_{он} \equiv 4,52 < 7,5$, то робота є економічно обґрунтованою.

Висновок по розділу 1

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи описано історію створення фірми KNESS, коротко описаний технологічний процес підприємства. Наведено детальний рисунок комплектації сонячного модуля, виконано техніко-економічне обґрунтування роботи.

2 ЗАЖИВЛЕННЯ ЗАВОДУ KNESS PV ВІД ПС 110/10 КВ «ВЗТА» Ф-436 ДО ТП 10/0,4 КВ

2.1 Коротка характеристика об'єкту та його склад

Даним розділом передбачено вибір та розрахунок КЛ-10 кВ від ПС 110/10 кВ «ВЗТА» до ТП 10/0,4 заводу по виробництву сонячних панелей.

Передбачено будівництво однієї кабельної лінії 10 кВ. Кабельна лінія складається з трьох одножильних кабелів, які укладаються по схемі «у трикутник» в землі (у траншеї).

Основні техніко-економічні показники об'єкту вказані в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні техніко-економічні показники об'єкту

№ з/п	Найменування показника	Значення
1	Найменування об'єкту будівництва	КЛ - 10 кВ ПС 110/10 кВ «ВЗТА» – ТП 10/0,4
2	Місце розташування об'єкту будівництва	м. Вінниця
3	Вид будівництва	Нове будівництво
4	Тривалість будівництва	2 міс.
5	Довжина траси проєктованої КЛ, м, -КЛ-10 кВ Л-1 х АПвЭгаПу-15-1х120(г)/35	1562
6	Довжина траншеї, м	1409
7	Виконання горизонтально-направленого буріння, м	26
8	Довжина однофазного кабелю 10 кВ з алюмінієвою СПЖ, в ізоляції із «зшитого» поліетилену марки АПвЭгаПу-15-1х120(г)/35, м	4686
9	Муфта кінцева внутрішньої установки типу СНЕ-І 17кВ (70-240), к-т (по 3 шт. у 1 комплекті)	2
10	Муфта з'єднувальна типу СНМ-І 17кВ (70-240), шт.	3

Передбачено прокладання однієї КЛ-10 кВ в землі в траншеї. Довжина траси КЛ Л-1, виконаної кабелем марки 3хАПвЭгаПу-15-1х120(г)/35, становить 1562 (м).

Довжина траншеї становить 1409 (м).

Траса КЛ проходить по землях м. Вінниця, приватній території та по території ПС 110/10 кВ «ВЗТА».

Основна частина траси КЛ прокладається в землі в траншеї.

По території ПС кабелі прокладаються у з/б лотках ЛК 300.45.45-1 та накриті з/б плитою ПТ 75.45.6-3, згідно ПУЕ:2017 [27] – для забезпечення механічного захисту.

По трасі проектних КЛ передбачено встановлення розпізнавальних знаків (інформаційних стовпців), згідно ПУЕ:2017 [27].

2.2 Технологічні рішення

Відповідно до завдання було розроблені наступні проектні рішення:

- електротехнічний розрахунок вибору перерізу та марки кабелю;
- розробка рішень щодо способу прокладки КЛ-10 кВ згідно вибраного та затвердженого напрямку траси КЛ-10 кВ;
- організація перетинів проектною КЛ-10 кВ існуючих підземних та наземних споруд;
- організація заземлення струмопровідних екранів КЛ.

Для живлення ТП 10/0,4 заводу по виробництву сонячних панелей розроблено рішення по прокладанню однієї КЛ-10 кВ від ТП 10/0,4 кВ заводу до ЗРУ-10 кВ ПС 110/10 кВ «ВЗТА».

Схема розподільчого пристрою ТП 10/0,4 являє собою дві секції збірних шин 10 кВ. КЛ-10 кВ Л-1 приєднується до першої секції збірних шин 10 кВ.

Приєднання КЛ-10 кВ Л-1 передбачено до першої секції збірних шин ЗРУ-10 кВ ПС 110/10 кВ «ВЗТА».

Принципова електрична схема, наведена в Додатку В.

Прийнято КЛ-10 кВ, яка виконується з трьох одножильних кабелів в ізоляції із зшитого поліетилену із алюмінієвими струмопровідними жилами та мідним

екраном кожна, марки АПвЭгаПу-15-1х120(г)/35 згідно [39] виробництва ПАТ «Завод «ЮЖКАБЕЛЬ» м. Харків:

- алюмінієва струмопровідна жила (А);
- ізоляція із зшитого поліетилену (Пв);
- мідний екран по ізольованій жилі (Э);
- повздовжня та поперечна герметизація екрану водоблокуючими матеріалами та алюмополімерною стрічкою (га);
- посилена зовнішня оболонка із поліетилену (Пу).

Електричні та механічні параметри вибраного кабелю зведено у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Електричні та механічні параметри вибраного кабелю

АПвЭгаПу-15-1х120(г)/35		
№ з/п	Найменування параметру	Знач. пар.
Електричні параметри		
1	Номінальна напруга між жилами, кВ	15
2	Максимальне значення напруги мережі, при якому може використовуватись кабель, кВ	17,5
3	Довготривале допустиме струмове навантаження при прокладанні в землі, за схемою «у трикутник», А	252
4	Довготривале допустиме струмове навантаження при прокладанні в землі в трубі, за схемою «у трикутник», А	240
5	Вел. односекундного допустимого струму КЗ, кА	11,3
6	Вел. односекундного допустимого струму КЗ для екрану мм ² , кА	7,1
Механічні параметри		
7	Зовнішній діаметр кабелю по оболонці, мм	36
8	Мінімальний радіус повороту кабелю, м	0,6
9	Маса, кг/км	1100

Наведемо однолінійну схему із вказаними вихідними даними для проведення подальших розрахунків (рис.2.1).

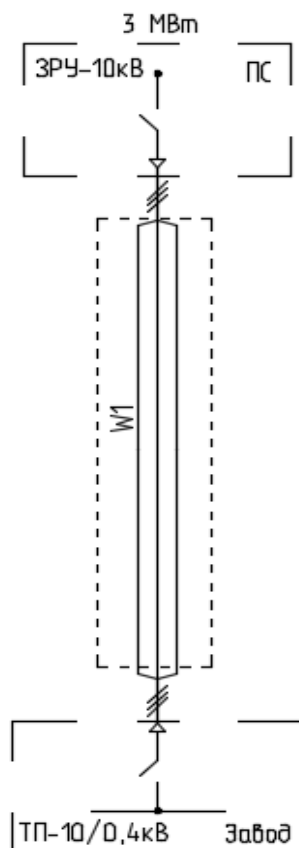


Рисунок 2.1 – Структурна схема передачі потужності по КЛ

З урахуванням розвитку заводу передбачено будівництво однієї кабельної лінії 10 кВ пропускною здатністю 3 МВт для заживлення ТП 10/0,4 заводу від ПС 110/10 «ВЗТА» .

2.3 Вибір перерізу кабелю

Наведемо значення вихідних умов для проведення розрахунків.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для розрахунків

№ з/п	Найменування параметру	Значення параметру
1	Розрахункова температура ґрунту, °С	20
2	Глибина прокладання кабелів в ґрунті, м	0,8 (1)
3	Питомий тепловий опір ґрунту, К*м/Вт	1,2
4	Найбільша робоча напруга, кВ	12
5	Фактор навантаження	1
6	Величина розрахункового навантаження, кВт	
	- на одну КЛ із трьох одножильних кабелів у післяав. режимі	3 000
7	Струм трифазного короткого замикання на шинах 10 кВ ПС 110/10 кВ «ВЗТА», кА	9,52

Таблиця 2.4 – Стандартні умови прокладання кабелів у ізоляції із зшитого поліетилену напругою 10 кВ

№ з/п	Найменування параметру	Значення параметру
1	Максимально допустима температура жили, °С	90
2	Температура повітря, °С	30
3	Глибина прокладання в землі, м	0,8
4	Питомий тепловий опір ґрунту, К*м/Вт	1,5
5	Фактор навантаження	1
6	Питомий тепловий опір керамічних труб, К*м/Вт	1,2

Визначимо розрахунковий струм КЛ у нормальному режимі роботи:

$$I_{\text{норм.розр}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.1)$$

де P - потужність, що передається;

$U_{\text{ном}}$ - номінальна напруга мережі;

n - кількість КЛ-10 кВ, по яких передається генерована потужність

$$I_{\text{норм.розр}} = \frac{3000}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9} = 192,5(\text{А}).$$

Вибираємо номінальний переріз жили кабелю, допустимий струм для якого – не менше 192,5 (А).

До подальшої перевірки приймаємо кабель із перетином алюмінієвої струмопровідної жили 120 мм² – по одному однофазному кабелю на одну фазу.

Сумарне значення тривало-допустимого струмового навантаження при прокладанні кабелів «в трикутник», в ґрунті, складає 252 (А).

Перевірку прийнятого перерізу виконаємо згідно РД К28-003:2007 [29].

1) Вибір перерізу робочої жили кабелю

-по тривало допустимому струму з урахуванням реальних умов прокладання

Виконаємо коригування тривало-допустимого струму, згідно поправкових коефіцієнтів, які враховують нестандартні умови прокладання КЛ.

Для кабелів, прокладених у землі:

а) у траншеї за схемою «у трикутник» (глибина прокладання КЛ – 0,7 м)

До застосування приймаємо наступні коефіцієнти (табл. 2.8 – 2.21 РД К28-003:2007 [29]):

$\kappa_1 = 1$ - коефіцієнт, який враховується температуру землі 20°C (табл. 2.9 РД К28-003:2007 [29]);

$\kappa_2 = 1,02$ – коефіцієнт, який враховує глибину прокладки 0,7 м (табл. 2.10 РД К28-003:2007 [29]);

$\kappa_3 = 1$ - коефіцієнт, який враховує питомий тепловий опір ґрунту (табл. 2.12 РД К28-003:2007 [29]);

κ_4 - не застосовується

κ_5 – не застосовується;

κ_6 – не застосовується;

$\kappa_m = 1$ – коефіцієнт до фактору навантаження m (рис. 2.15 РД К28-003:2007 [29]);

$$I_{\text{трив доп}}^{\text{роз}} = \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3 \cdot \kappa_4 \cdot \kappa_5 \cdot \kappa_m \cdot I_{\text{тр доп}} ; \quad (2.2)$$

$$I_{\text{трив доп}}^{\text{роз}} = 1 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 252 = 257 \text{ (A)};$$

$$\begin{aligned} I_{\text{трив доп}}^{\text{роз}} &\geq I_{\text{норм розр}} ; \\ 257 \text{ (A)} &> 192,5 \text{ (A)}. \end{aligned} \quad (2.3)$$

б) у разі прокладання кабелів в траншеї у трубі за схемою «у трикутник» (кожен кабель в окремій трубі).

До застосування приймаємо наступні коефіцієнти (згідно табл. 2.8 – 2.21 РД К28-003:2007 [29]):

$\kappa_1 = 1$ - коефіцієнт, який враховується температуру землі 20°C (табл. 2.9 РД К28-003:2007 [29]);

$\kappa_2 = 1,01$ – коефіцієнт, який враховує глибину прокладки 1,5 м (табл. 2.11 РД К28-003:2007 [29]);

$\kappa_3 = 1$ - коефіцієнт, який враховує питомий тепловий опір ґрунту (табл. 2.13 РД К28-003:2007 [29]);

κ_4 - не застосовується

κ_5 – не застосовується;

κ_6 – не застосовується;

$\kappa_m = 1$ – коефіцієнт до фактору навантаження m (рис. 2.15 РД К28-003:2007 [29]);

$$I_{\text{трив доп}}^{\text{роз}} = \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3 \cdot \kappa_4 \cdot \kappa_5 \cdot \kappa_m \cdot I_{\text{тр доп}}; \quad (2.4)$$

$$I_{\text{трив доп}}^{\text{роз}} = 1 \cdot 1,01 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 240 = 242,4 \text{ (A)};$$

$$I_{\text{трив доп}}^{\text{роз}} \geq I_{\text{норм розр}}; \quad (2.5)$$

$$242,4 \text{ (A)} \geq 192,5 \text{ (A)}.$$

Отже, переріз алюмінієвих струмопровідних жил кабелю КЛ 3хАПвЭгаПу-15-1х120 за вказаних умов прокладання – достатній.

-за післяаварійним режимом роботи

Відповідно до п. 2.3.117 глави 2.3 ПУЕ 2017 [27] перевантажувальні можливості кабелю не враховуються.

$$I_{\text{ав доп}} \geq I_{\text{авар}}, \quad (2.6)$$

де $I_{\text{ав доп}}$ - допустимий струм жили кабелю в післяаварійному режимі роботи;

$I_{\text{авар}}$ - очікуваний струм передавання по одній КЛ-10 кВ разом із додатковим навантаженням КЛ під час аварії .

$$I_{\text{авар}} = I_{\text{норм.розр}} = 192,5 \text{ (A)}.$$

Визначимо допустимий струм жили кабелю в післяаварійному режимі роботи:

$$I_{\text{ав.доп.}} = \kappa_{\text{тр}} \cdot I_{\text{трив доп}}^{\text{роз}}, \quad (2.7)$$

де $\kappa_{\text{тр}} = 1,17$ - коефіцієнт, що враховує тривалість післяаварійного режиму, який не перевищує 72 години за рік, та допускає нагрівання жили кабелю до 130° C при прокладанні в ґрунті;

$I_{\text{трив доп}}^{\text{роз}}$ - тривало-допустиме значення струму для перерізу робочої жили кабелю, визначене згідно реальних найгірших умов прокладання КЛ.

Для кабелів, прокладених у траншеї за схемою «у трикутник»:

$$I_{\text{ав.доп.}} = 1,17 \cdot 257 = 300 \text{ (A)};$$

$$300 \text{ (A)} \geq 192,5 \text{ (A)}.$$

Для кабелів, прокладених в траншеї у трубі за схемою «у трикутник» (кожен кабель в окремій трубі):

$$I_{\text{ав.доп.}} = 1,17 \cdot 242,4 = 283,6 \text{ (A)};$$

$$283,6 \text{ (A)} > 192,5 \text{ (A)}.$$

-за режимом короткого замикання

$$k_T \cdot I_{\text{КЗ.доп.}} > I_{\text{КЗроз}}^{(3)} \quad (2.8)$$

де $I_{\text{КЗ.доп.}} = 11,3 \text{ кА}$ - допустимий струм короткого замикання протягом 1 с згідно (табл. 2.25 РД К28-003:2007 [29]).

$$k_T = \frac{1}{\sqrt{t}} \text{ - коефіцієнт, що враховує час дії струму короткого замикання,}$$

відмінного від 1с;

$I_{\text{КЗроз}}^{(3)} = 9,52 \text{ кА}$ - розрахунковий струм трифазного короткого замикання на збірних шинах другої секції 10 кВ ПС 110/10 кВ «ВЗТА», кА;

Визначимо коефіцієнт k_T :

$$k_T = \frac{1}{\sqrt{t}}, \quad (2.9)$$

де $t = 0,5 \text{ с}$ - час спрацювання релейного захисту на відключення при трифазному струмі КЗ.

$$k_T = \frac{1}{\sqrt{0,5}} = 1,4;$$

$$1,4 \cdot 11,3 = 15,8 \text{ (кА)};$$

$$15,8 \text{ (кА)} > 9,52 \text{ (кА)}.$$

Отже, із виразу бачимо, що значення допустимого струму КЗ струмопровідної жили є більшим за очікуване значення струму розрахункового виду КЗ.

Вибір перерізу зворотної жили кабелю

Для подальших розрахунків приймаємо номінальний переріз мідного екрану кабелю 35 мм^2 .

-при режимі короткого замикання

$$k_T \cdot I_{\text{КЗ.доп.}} > I_{\text{КЗроз}}^{(3)}, \quad (2.10)$$

де $k_T = \frac{1}{\sqrt{t}}$ - коефіцієнт, що враховує час дії струму короткого замикання, відмінного від 1с;

$I_{K3\text{доп}} = 7,1(\text{кА})$ - допустимий струм короткого замикання протягом 1 с, (згідно табл. 2.27 РД К28-003:2007 [29]);

$I_{K3\text{роз}}^{(1.1)} = 8,2(\text{кА})$ - КЗ на землю, яке відбувається у кінцевій муфті на шинах 10кВ ПС 110/10 кВ «ВЗТА» (на одній фазі), відповідно до п.2.3.121 ПУЕ:2017 [27].

$$k_T = \frac{1}{\sqrt{0,5}} = 1,4;$$

$$1,4 \cdot 7,1 = 9,94(\text{кА}) > 8,2(\text{кА});$$

Отже, із виразу бачимо, що значення допустимого струму КЗ екрана є більшим за очікуване значення струму розрахункового виду КЗ на землю.

-за значенням наведеного струму.

Приймаємо спосіб заземлення екрану кабелів з обох кінців, тому згідно п. 2.3.122 ПУЕ:2014 [38], перевіряємо номінальний переріз екрану кабелю за значенням наведеного струму від протікання жилою КЛ 10 кВ струму нормального робочого режиму. Значення наведеного струму в екрані у разі розташування кабелів за схемою «у трикутник» впритул один до одного, визначається за формулою:

$$I_e = I_{\text{норм розр}} \cdot \sqrt{\frac{0,0019}{R_{70}^2 + 0,0019}}; \quad (2.11)$$

де I_e – наведений струм екрана, А;

$I_{\text{норм розр}} = 192,5(\text{А})$ – розрахунковий струм КЛ 10 кВ у нормальному режимі роботи;

R_{70} – активний опір екрана кабелю за температури 70°C.

Визначимо R_{70} :

$$R_{70} = 1,19 \cdot R_{20}; \quad (2.12)$$

де $R_{20} = 0,524 \text{ Ом/км}$ - опір екрану кабелю при постійному струму при $t = 20^\circ \text{C}$;

$$R_{70} = 1,19 \cdot 0,524 = 0,62 (\text{Ом/км});$$

$$I_e = 192,5 \cdot \sqrt{\frac{0,0019}{0,62^2 + 0,0019}} = 15,9 \text{ (A)};$$

Виконаємо перевірку екрану кабелю на допустимий наведений струм екрана по відношенню до розрахункового струму КЛ 10 кВ у нормальному режимі роботи:

$$\frac{I_e}{I_{\text{норм розр}}} \leq 15\% \quad (2.13)$$

$$\frac{15,9}{192,5} \cdot 100\% = 8,3\%$$

$$8,3\% < 15\%$$

Вибір кабельних муфт проводиться за такими параметрами:

- по напрузі;
- по перетину кабеля.

Вибір по напрузі

Кабельні муфти обираємо на максимальне значення напруги мережі, при якому може використовуватись кабель – 17 (кВ):

- Комплект кінцевих муфт внутрішньої установки марки СНЕ-І 17кV відповідно до напруги мережі.

- З'єднувальні муфти марки СНМ 17кV відповідно до напруги мережі.

Вибір по перетину кабеля

Кабельні муфти обираються відповідно до перетину кабеля. Для кабелю перетином 120 мм² обираємо муфти, які відповідають даній умові:

- Комплект кінцевих муфт внутрішньої установки марки СНЕ-І 17 кВ (70-240) – відповідно до перетину кабеля обраної марки.

- З'єднувальні муфти марки СНМ 17 кВ (70-240) – відповідно до перетину кабелю обраної марки.

Отже, відповідно до параметрів вибору приймаємо комплект кінцевих муфт внутрішньої установки марки СНЕ-І 17кV (70-240) та з'єднувальні муфти внутрішніх муфт марки СНМ 17кV (70-240).

Приймаємо виконання заземлення екранів однофазних кабелів «з обох кінців». Заземлення здійснюється приєднанням випусків екранів кожного

однофазного кабелю лінії до пристрою заземлення ЗРУ-10 кВ ПС 110/10 кВ «ВЗТА» та до пристрою заземлення ТП 10/0,4 кВ заводу.

Прийнято перетин захисного екрану кабелю – 35 мм².

Опір пристрою заземлення, до яких приєднуються екрани, має не перевищувати 10 Ом у будь-яку пору року.

Так, як кабелі прокладаються за схемою «у трикутник» заземлення екранів з обох кінців виконується без транспозиції.

2.4 Тривалість будівництва КЛ

Нормативний термін виконання БМР згідно проектної документації визначається на підставі ДСТУ Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва об'єктів» [30].

Згідно п.п. 4.2.3 тривалість будівництва Тб визначається за формулою:

$$T_{б-КЛ-10кВ} = \frac{T_{с-КЛ-10} \cdot K_{1-КЛ-10} \cdot K_{2-КЛ-10}}{K_{3-КЛ-10}}; \quad (2.14)$$

де $T_{б-КЛ-10кВ}$ - тривалість будівництва КЛ-10 кВ;

$T_{с-КЛ-10} = 0,94$ міс – усереднений показник тривалості будівництва КЛ-10 кВ, згідно додатку А, ДСТУ Б А.3.1-22:2013 [30] і з врахуванням довжини КЛ-10 кВ (до 5 км).

$K_{1-КЛ-10}$ - коефіцієнт, який враховує сукупність конкретних умов зведення об'єкта;

Коефіцієнт K_1 обчислюють за формулою :

$$K_{1-КЛ-10} = K_{11-КЛ-10} \cdot K_{12-КЛ-10} \cdot K_{13-КЛ-10}; \quad (2.15)$$

де $K_{11-КЛ-10} = 1$ - коефіцієнт, який характеризує звичайні інженерно-геологічні умови при будівництві КЛ-10 кВ згідно з ДБН В.2.1-10-2009 [31].

$K_{12-КЛ-10} = 1,1$ - коефіцієнт, який враховує будівництво в сейсмонебезпечних умовах;

$K_{13-КЛ-10}$ - коефіцієнт, який характеризує ступінь впливу умов ущільненої забудови на тривалість будівництва КЛ-10 кВ.

$$K_{13-КЛ-10} = 1 + (P_{1-КЛ-10} + P_{2-КЛ-10} + P_{3-КЛ-10}); \quad (2.16)$$

де $P_{1-КЛ-10}$ - коефіцієнт, що враховує наявність поблизу будівельного майданчика існуючих будівель та споруд.

$$P_{1-КЛ-10} = 0,48 + 0,06 = 0,54$$

де $P_{2-КЛ-10} = 0,15$ - коефіцієнт, що враховує наявність на території буд. майданчика інженерних мереж.

$P_3 = 0$ - коефіцієнт, що враховує інтенсивність руху транспорту та пішоходів.

$$K_{13-КЛ-10} = 1 + (0,54 + 0,15) = 1,69$$

$$K_{1-КЛ-10} = 1 \cdot 1,1 \cdot 1,69 = 1,86$$

де $K_{2-КЛ-10} = 1$ - коефіцієнт, який враховує сукупність конструктивних особливостей будівлі (тип фундаменту, обсяги підземної та надземної частин будинку, тощо);

$K_{3-КЛ-10} = 1$ - коефіцієнт, який враховує прийняті організаційно-технологічні заходи, що впливають на тривалість будівництва (змінність роботи).

$$T_{б-КЛ-10} = \frac{0,94 \cdot 1,86 \cdot 1}{1} = 1,7 \approx 2 \text{ (міс);}$$

Приймаємо розрахунковий термін будівництва 2 місяці.

Висновок по розділу 2

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи проведено заживлення заводу KNESS PV від ПС 110/10 кВ «ВЗТА» Ф-436 до ТП 10/0,4 кВ, проведено оптимальний варіант розташування фаз кабелю у групі, проведено розрахунки по вибору кабеля та виконана перевірка кабеля АПвЭгаПу. Також було вибрано кінцеві кабельні муфти типу СНЕ-I 17kV та з'єднувальні типу СНМ 17kV, було проведено розрахунок тривалості будівництва даної КЛ.

3 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ФЕС

На сьогоднішній день накопичення електроенергії в досить великих обсягах економічно недоцільно, а часто і технічно неможливо, тому електроенергія повинна вироблятися в чіткій відповідності з її споживанням. У зв'язку з цим постачальники електроенергії змушені забезпечувати рівень генерації, рівній максимальному навантаженні, яке не так часто зустрічається. В інший час, енергія може бути зайвою і непотрібною, нагадуючи капітал, заморожений в обладнанні промислових підприємств, що не використовується. З цієї причини постачальникам електроенергії вигідно згладжувати піки енергоспоживання. Розподіл навантаження по часу є активним підходом до енергозбереження, тому що навіть високотехнологічні пристрої можуть створювати максимуми споживання.

3.1 Генерування енергії за місцем її використання

Дуже легко досягти певної гнучкості на виробництві за рахунок вироблення електроенергії безпосередньо на підприємстві. Автоматизована система електричної мережі підприємства може бути розширена для впровадження системи управління генераторними установками, включеними в єдину електричну мережу підприємства. Автоматична система управління може бути запрограмована для постійного зчитування інформації про підприємство, а саме його енергоспоживання. В світлу пору дня підприємство запрограмованно для споживання електроенергії, що виробляється додатковим джерелом енергії, наприклад, автономною сонячною електростанцією. А в другу половину дня, забезпечувати електропостачання підприємства із енергосистеми. Адже сонячна станція не в змозі забезпечити підприємство у темну пору доби. А саме, якщо підприємству потрібно спожити більше енергії чим виробляє сонячна станція, то за допомогою реле навантаження, відбувається автоматичне споживання електроенергії із енергосистеми.

3.2 Коротка характеристика об'єкту

Даною роботою передбачена розробка рішень щодо створення об'єкту будівництва – дахової фотогальванічної електростанції (ФЕС) з встановленою сумарною потужністю інверторів 600 кВт.

Проектована ФЕС призначена для виробництва електроенергії, шляхом безпосереднього перетворення енергії сонячного випромінювання в електричну енергію, за допомогою фотоелектричних напівпровідникових монокристалічних модулів. Встановлення фотоелектричних модулів передбачається на дахові будівлі з південного та північного боку, а саме на даху першої черги будівництва заводу по виготовленню сонячних панелей. Кут нахилу фотоелектричних модулів відповідає куту нахилу даху будівлі. Всього передбачається використання 1 споруди.

Електрична потужність постійної напруги отримана з фотоелектричних модулів, одиничною потужністю 375 Вт та 380 Вт збирається по радіальній мережі до 1000 В в стрінгових інверторах. В інверторах відбувається перетворення потужності з постійної напруги в змінну. Від них вона збирається до розподільчих щитів (РЩ) по 2 інвертора на кожен РЩ. Кількість РЩ складає 5 шт. (5 шт. на два приєднання). Далі змінна напруга передається до КТП-0,4/10 кВ.

Таблиця 3.1 – Відомості про обладнання, що прийняті до установки

З/п	Найменування обладнання	Кількість
	Фотоелектричні модулі типу SNRG-FR72-5BB-MONOPERC-375 W	897 шт.
	Фотоелектричні модулі типу SNRG-FR72-5BB-MONOPERC-380 W	1012 шт.
	Стрінгові інвертора типу SUN2000-60KTL-M0	10 шт.
	Розподільчі щити (РЩ) типу EMITER UMO OS80x80+K	5 шт.
	КТП 10/0,4 В	1 компл.

В даній роботі розроблені наступні рішення з будівництва ФЕС:

- розстановка блоків фотоелектричних модулів на даху будівлі на опорних металоконструкціях під фотоелектричні модулі;
- розстановка стрінгових інверторів, розподільчих щитів 0,4 кВ та КТП 0,4/10 кВ;
- улаштування заземлення та захисту від грозових перенапруг;
- організація кабельних зв'язків між різними ланками технологічного процесу генерації електроенергії.

3.3 Основні техніко-економічні показники об'єкту

Таблиця 3.2 – Основні техніко-економічні показники об'єкту

№ 3/п	Найменування показника	Показник
1	Найменування об'єкту	«Будівництво ФЕС на даху будівлі заводу по виготовленню сонячних панелей»
2	Місце розташування об'єкту	Вінницька обл., м. Вінниця вул. С.Зулінського б/н
3	Кількість змін	одна
4	Встановлена потужність станції	600 кВт
5	Сумарна пікова потужність фотоелектричних модулів	720,935 кВт
6	Загальна кількість працюючих	2 чоловіка в зміні, з яких: охорона - 0 чол.; оперативний персонал - 2 чол.
9	Тривалість будівництва	2 місяці
11	Розрахунковий річний виробіток електроенергії	0,6871 млн.кВт·г
12	Річна потреба об'єкта в ресурсах на технологію	відсутня
13	Загальна кількість будівель, що використовується для встановлення фотоелектричних модулів	1 шт.

3.4 Розрахунки СЕП ФЕС

3.4.1 Розрахунок струмів КЗ

Ударний струм на виводах НН:

$$i_{y0} = \sqrt{2} \cdot I_{K3-1}^{(3)} \cdot \left[1 + e^{\frac{-0,01}{T_a}} \right] \quad (3.1)$$

Мінімальним струмом КЗ на ввіді 0,4 кВ ТП буде струм двофазного КЗ при живленні в мінімальному режимі енергосистеми:

$$I_{K3-ТП1}^{(2)} = \frac{0,95 \cdot U_{HH}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(X_{ТП1\min})^2 + (k_t \cdot R_{ТП1})^2}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (3.2)$$

Результати розрахунків струмів КЗ в кінці кабелів для КТП наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Струми КЗ в точках приєднання інверторів.

Приєднання	L, м	Кабель	I_{K3_max}, A	$i_{уд}, A$	I_{K3_min1}, A	I_{K3_min2}, A
РЩ 1	4	АВВГнг 4х50	6595,17	14923,2	4805,34	4587,05
РЩ 2	4	АВВГнг 4х50	5548,11	12553,9	3895,76	3818,18
РЩ 3	4	АВВГнг 4х50	6495,58	14697,8	4775,67	4440,49
РЩ 4	4	АВВГнг 4х50	6708,36	15179,3	4963,58	4598,73
РЩ 5	5	АВВГнг 4х50	6212,63	14057,6	4535,12	4228,39

3.4.2 Вибір вимикача 10 кВ

Перевірку електротехнічного обладнання проводимо з урахуванням можливого максимального навантаження – для ввідної комірки, $S_{ном} = 600$ кВт. Технічні параметри роз'єднувачів наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики роз'єднувачів 10 кВ типу РВЗ-10/400-УЗ, РВЗ-10/400-УЗ

Найменування параметра	Значення параметра
Номінальний струм [$I_{ном.р.}$], А	400
Номінальна робоча напруга [$U_{ном.р.}$], кВ	10
Найбільша робоча напруга [$U_{max.р.}$], кВ	12
Струм термічної стійкості [$I_{тер.р.}$], кА	16
Кількість заземлюючих ножів	1 (2) ¹
Час протікання струму термічної стійкості, с:	
– для головних ножів	3
– для ЗН	1
Струм динамічної стійкості [$I_{дин.р.}$], кА	41

Перевірка обраного роз'єднувача 10 кВ виконується:

1. По номінальній напрузі:

$$U_{\text{ном.м.}} \geq U_{\text{ном.р.}} ;$$

$$10 (\text{кВ}) = 10 (\text{кВ}). \quad (3.3)$$

2. За найбільшою робочою напругою:

$$U_{\text{мах м.}} \leq U_{\text{мах р.}} ;$$

$$12 (\text{кВ}) = 12 (\text{кВ}). \quad (3.4)$$

3. За максимальним робочим струмом:

$$I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{мах роб.}} , \quad (3.5)$$

де $I_{\text{мах.роб.}}$ – максимальний струм в нормальному режимі роботи ФЕС:

$$I_{\text{мах.роб.}} = \frac{S_{\text{мах}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} , \quad (3.6)$$

де $S_{\text{мах}}$ – номінальна потужність ввідної комірки кВ, $S_{\text{мах}} = 600 (\text{кВА})$;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга на шинах, $U_{\text{ном}} = 10 (\text{кВ})$.

$$I_{\text{мах.роб.}} = \frac{2250}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9} = 144,33 (\text{А}) - \text{ввідна комірка};$$

$$400 (\text{А}) > 144,33 (\text{А}).$$

4. За динамічною стійкістю (при протіканні через роз'єднувач ударного струму КЗ):

$$i_{\text{уд.}} \leq I_{\text{дин.р.}} ; \quad (3.7)$$

де $i_{\text{уд}}$ – ударний струм КЗ:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п0}} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right) ; \quad (3.8)$$

де $I_{\text{п0}}$ – початкове значення періодичної складової струму КЗ, $I_{\text{п0}} = 1,209 \text{ кА}$;

$I_{\text{дин.р.}}$ – електродинамічний струм, який роз'єднувач може витримати.

Відповідно до каталожних даних для ввідної комірки – $I_{\text{дин.р.}} = 41 \text{ кА}$.

T_a – постійна часу затухання аперіодичної складової струму КЗ для розрахункової точки, $T_a = 0,03 \text{ с}$.

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 1,209 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,03}} \right) = 2,93 (\text{кА});$$

5. За термічною стійкістю:

За термічною стійкістю роз'єднувач перевіряється по тепловому імпульсу:

$$W_K \leq I_{\text{терм.р.}}^2 \cdot t_{\text{терм.р.}}, \quad (3.9)$$

де W_K – тепловий імпульс розрахункового струму КЗ, який визначається:

$$W_K = I_{\text{п0}}^2 \cdot (t_{\text{відкл}} + T_a), \quad (3.10)$$

де $t_{\text{відкл}}$ – сума часу дії РЗ та часу відключення вимикача типу VL-12P20A06, який встановлено у РП - 10кВ ТП-3. В якості тривалості дії ПРЗА при КЗ приймається 0,7 с. Повний час відключення вакуумного вимикача складає не більше 0,04 (с). Тому $t_{\text{відкл}}=0,74$ (с).

$I_{\text{терм.р.}}$ – струм КЗ, який роз'єднувач може витримувати протягом часу 3 с (струм термічної стійкості). Відповідно до каталожних даних для ввідної коміррки $I_{\text{терм.р.}} = 20$ кА; для лінійної коміррки $I_{\text{терм.р.}} = 16$ (кА).

$t_{\text{терм.р.}}$ – час протікання струму КЗ. Відповідно до каталожних даних $t_{\text{терм.р.}} = 3$ с – для головних ножів та $t_{\text{терм.р.}} = 1$ с – для ЗН.

Допустимий тепловий імпульс для головних та заземлюючих ножів роз'єднувачів становитиме:

$$W_K = 1,209^2 \cdot (0,74 + 0,03) = 1,125(\text{кА}^2 \cdot \text{с});$$

Для РВЗ-10/400-УЗ:

$$\text{для головних ножів} - I_{\text{терм.в}}^2 \cdot t_{\text{терм.в}} = 16^2 \cdot 3 = 768 (\text{кА}^2 \cdot \text{с});$$

$$\text{для ЗН} - I_{\text{терм.в}}^2 \cdot t_{\text{терм.в}} = 16^2 \cdot 1 = 256 (\text{кА}^2 \cdot \text{с});$$

Узагальнені результати розрахунків роз'єднувача наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Узагальнені результати перевірки запроєктованого роз'єднувача 10 кВ

Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{\text{ном.м.}} = 10$ кВ	$U_{\text{ном.м.}} = 10$ кВ
$U_{\text{ном.р.}} = 12$ кВ	$U_{\text{ном.р.}} = 12$ кВ
$I_{\text{макс.р.}} = 144,33$ А	$I_{\text{макс.р.}} = 400$ А
$i_{\text{уд.}} = 2,93$ кА	$I_{\text{дин.р.}} = 41$ А
$W_K = 1,125 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	Для головних ножів 768 $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$; Для ЗН: 256 $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$;

3.4.3 Вибір та перевірка автоматичних вимикачів 0,4 кВ

При виборі автоматичного вимикача будемо керуватись вимогами щодо виконання наступних пунктів:

- номінальна напруга;
- кількість полюсів;
- номінальний струм навантаження;
- координація струму автоматичного вимикача та тривало допустимого струму кабелю;
- виконання захисту від перевантажень та забезпечення його чутливості;
- перевірка за граничною відключаючою здатністю при максимальних струмах КЗ;
- виконання захисту від КЗ та забезпечення його чутливості;
- перевірка селективності роботи автомати відповідно автоматичних вимикачів нижчого рівня.

Для захисту усіх приєднань 0,4 кВ застосовуються триполюсні автоматичні вимикачі оснащені захистом від перевантажень та швидкодіючим захистом від КЗ.

Виконаємо вибір уставок та перевірку допустимості застосування наступних автоматичних вимикачів.

Ввідні автомати:

Для ліній підключення 2-х інверторів - EB2S 160/3SF 160A 3р $I_{nom} = 160A$
 $I_{cu} (440 V) = 25/13$ кА, з фіксованим тепловим та електромагнітним захистами.

Для ліній підключення 3-х інверторів - EB2S 250/3SA 250A 3р $I_{nom} = 250A$
 $I_{cu} (440 V) = 25/13$ кА, з тепловим/електромагнітним захистом 0,63-1/5-11.

Для ліній живлення інверторів - EB2S 160/3SF 80A 3р $I_{nom} = 80 A$ $I_{cu} (440 V) = 25/13$ кА з фіксованим тепловим та електромагнітним захистами.

3.4.4 Перевірка граничної вимикаючої здатності

Дані про діючі значення максимальних струмів КЗ, що можуть протікати через вимикачі та паспортні значення вимикаючої здатності наведемо у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Гранична відключаюча здатність автоматичних вимикачів.

Приєднання	$I_{КЗ_max}$, кА	I_{CU} кА
Тр-р 750 кВА	11,696	65
КЛ між ТП та РЩ	11,696	25/13
КЛ від РЩ до інвертора	9,529	25/13

3.4.5 Вибір струму розчеплювача захисту від перевантаження за максимальним тривалим струмом навантаження та тривало допустимим струмом кабелю.

Стандарт МЕК 60364-4-43 (ГОСТ Р 50571.5 [32]) «Електроустановки будівель. Вимоги по забезпеченню безпеки. Захист від надструмів» регламентує координацію між провідниками та пристроями захисту від перевантаження (зазвичай вони встановлені на початку провідника, що захищається), яка полягає в забезпеченні відповідності двом наступним умовам:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (3.11)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (3.12)$$

де I_b - струм навантаження;

I_z - тривала навантажувальна здатність кабелю;

I_n - номінальний струм захисного пристрою; для пристроїв захисту з можливістю настройки, номінальним струмом I_n є струм уставки;

I_2 - струм, що забезпечує ефективну роботу захисного пристрою за визначений час.

Відповідно до умови (1) для правильного вибору захисного пристрою необхідно перевірити, щоб автоматичний вимикач мав номінальний (чи виставлений) струм, який:

- вище струму навантаження, щоб не допустити хибного спрацювання;
- нижче навантажувальної здатності кабелю, щоб не допустити перевантаження кабелю.

Стандарт допускає струм перевантаження, який може бути на 45% більше навантажувальною здатності кабелю, але тільки на протязі обмеженого періоду (умовний час спрацювання захисного пристрою).

Перевірка умови (2) не є необхідною у випадку застосування автоматичних вимикачів, так як розчеплювач захисту спрацьовує автоматично, якщо:

- $I_2 = 1,3 \cdot I_n$ для автоматичних вимикачів, що відповідають стандарту МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2 [32]) (автоматичні вимикачі промислового призначення);

- $I_2 = 1,45 \cdot I_n$ для автоматичних вимикачів, що відповідають стандарту МЭК 60898 (ГОСТ Р 50345 [32]) (автоматичні вимикачі для установок побутового та аналогічного призначення);

Таким чином, для автоматичних вимикачів, якщо $I_n < I_z$, формула $I_2 < 1,45 \cdot I_z$ буде теж підтверджена.

Номинальний струм інвертора складає 77 А. Відповідно до вимоги глави 1.3 ПЕУ 2017 р. [27] тривало допустимий струм трьохжильного кабелю з алюмінієвою жилою 50 мм² складає 126 А при прокладанні в повітрі, що відповідає величині струму уставки захисту від перевантаження - 80 А для кабелів, які з'єднують інвертори з РЩ.

Отже, уставки захисту від перевантажень складають:

- для ввідного автоматичного вимикача трансформатора 750 кВА – $I_n = 1250$ (А), $I_L = 1 \cdot I_{nom} = 1250$ (А) $t_L = 8$ (с);

- для автоматичного вимикача живлення 2-х інверторів – 160 (А);

- для автоматичного вимикача живлення 3-х інверторів – 250 (А);

- для автоматичного вимикача, КЛ між РЩ та інвертором – 80 (А).

При цьому виробник гарантує початок роботи захисту від перевантаження в діапазоні струмів $(1,05 - 1,2) I_1$.

3.4.6 Перевірка чутливості захистів

Для перевірки чутливості розчеплювачів автоматичних вимикачів будемо використовувати менший з струмів одно та двофазного замикань в мінімальному режимі енергосистеми

Визначення коефіцієнтів чутливості виконується за формулою:

$$k_{\text{чут}} = \frac{I_{\text{КЗ min}}}{I_{\text{роз}}} \quad (3.13)$$

де $I_{\text{р}}$ - струм спрацювання розщеплювача автоматичного вимикача.

Розрахункові величини коефіцієнтів чутливості для усіх приєднань наведені нижче по тексту у відповідних таблицях.

3.4.7 Розрахунок параметрів блоків фотогальванічних панелей

Основною технологічною ланкою виробництва електроенергії є фотогальванічні панелі, які перетворюють електромагнітну енергію сонячної радіації безпосередньо в електричний струм постійної напруги. В таблиці 3.7 наведені основні параметри панелі типу RCM-270-6PB.

Таблиця 3.7 – Основні параметри фотогальванічних панелей типу RCM-270-6PB

№ п/п	Найменування показника	RCM-270-6PB
1	Максимальна потужність, $P_{\text{м}}$	270 Вт
2	Струм короткого замикання, $I_{\text{к}}$	9,13 А
3	Напруга холостого ходу, $U_{\text{хх}}$	39,0 В
4	Напруга в режимі видачі максимальної потужності, $U_{\text{мп}}$	31,18 В
5	Струм в режимі видачі максимальної потужності, $I_{\text{мп}}$	8,66 А
6	Габаритні розміри (Д, Ш, Т), мм	1645x991x35
7	Вага	18,7 кг
8	Відносне значення ефективності	16,5 %

Роботою передбачено послідовне з'єднання панелей по 22 шт. в блоки.

Електричні параметри блоків з панелей типу RCM-270-6PB потужністю 270 Вт виробництва компанії RECOM: $P_{\text{м}} = 5,940$ кВт, $U_{\text{мп}} = 685,96$ В, $I_{\text{мп}} = 8,66$ А.

3.4.8 Розрахунок втрат напруги в лініях

Втрати напруги в лінії електричної мережі визначаються за формулою:

$$\Delta U = I \cdot R; \quad (3.14)$$

де I – струм у фазі, А;

$I = P/U$ – для постійного струму;

$I = P / (\sqrt{3} \cdot U)$ – для змінного струму;

R – опір фази (або кола «+/-»):

$$R = R_0 \cdot l, \quad (3.15)$$

де R_0 – питомий опір фазного провідника, Ом/км;

l – довжина лінії, км.

3.4.9 Ділянка РЩ-0,4 кВ – КТП-0,4/10 кВ

Для ділянки «розподільчий щит – трансформаторна підстанція» з максимальною довжиною в 289 м запроєктовано кабель марки АВВГ з перетином струмовідної жили 300 мм^2 (по два кабелів на фазу) розраховуються таким чином:

$$R_{РЩ-ТП} = R_{АВВГ} \cdot l_{АВВГ} = 0,1 \frac{\text{Ом}}{\text{км}} \cdot 0,289 \text{ км} = 0,0289 (\text{Ом})$$

Струм I на даній ділянці складає:

$$I_{РЩ-ТП} = 77 (\text{А})$$

Відповідно до вищенаведеної формули втрати напруги на ділянці, що розглядається, будуть складати:

$$\Delta U_{РЩ-ТП} = I_{РЩ-ТП} \cdot R_{РЩ-ТП} = 2 \cdot 77 \cdot 0,0289 = 4,45 (\text{В})$$

$$\Delta U_{\% РЩ-ТП} = \frac{\Delta U_{РЩ-ТП}}{U_{\phi}} \cdot 100\% = \frac{4,45 \text{ В}}{220 \text{ В}} \cdot 100\% = 2,02\%$$

Отже, сумарний спад напруги на ділянці кола «інвертор →» становить 3,378 %, що знаходиться в допустимих межах.

Висновок по розділу 3

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи представлено основну характеристику об'єкта, та його принцип роботи використовуючи сонячну енергію, та електроенергію із системи; вказано основні техніко-економічні показники об'єкту. Проведені розрахунки необхідні для вибору електротехнічного обладнання, а також було перевірено вибране обладнання; зроблена перевірка граничної вимикаючої здатності та перевірено чутливість захистів; проведено розрахунок параметрів блоків фотогальванічних панелей та виконано розрахунок втрат напруги в лініях.

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ЗАВОДІ KNESS PV

4.1 Мета розрахунків та характеристика вихідних даних

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства та вихідних даних, приведених у табл. 4.1 – табл. 4.3, необхідно виконати:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії, сонячні панелі, інвертори та високовольтні вимикачі.
2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.
3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат: витрат в мережах підприємства; витрат на заробітну плату; витрат на матеріали; амортизаційних витрат.
4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 4.1 – Характеристики обладнання

Підстанція	Тип трансформатора	Кіл-ть	Факт. потужн, кВА
КТП	TM-630	1	600
Фот. Ел. Модулі	SNRG-FR72-5BB-MONOPERC-380 W	1909	-
Інвертор	SUN2000-60KTL-M0	10	-
РЩ	EMITER UMO OS80x80+K	5	-

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина ліній, м	Кабель	К-сть
КТП-Цех	0,25	АВВГнг 3Х185 + 1х95	1
РЩ-КТП	0,25	АВВГнг 3Х185 + 1х95	1
РЩ-КТП	0,095	АВВГнг 3Х150 + 1х70	1
РЩ-КТП	0,085	АВВГнг 3Х120 + 1х70	1
РЩ-КТП	0,055	АВВГнг 3Х95 + 1х50	1
Інв-РЩ	0,15	АВВГнг 1х35	1
Інв-РЩ	0,16	АВВГнг 1х16	1
Панель-Інв	5,605	Н1Z2Z2K 1х6	1
Панель-Інв	5,605	Н1Z2Z2K 1х6	1

Таблиця 4.3 – Потужність цехів підприємства

Найменування цеху	Кількість змін	Факт. потужність, МВА
Виготовлення панелей	3	3

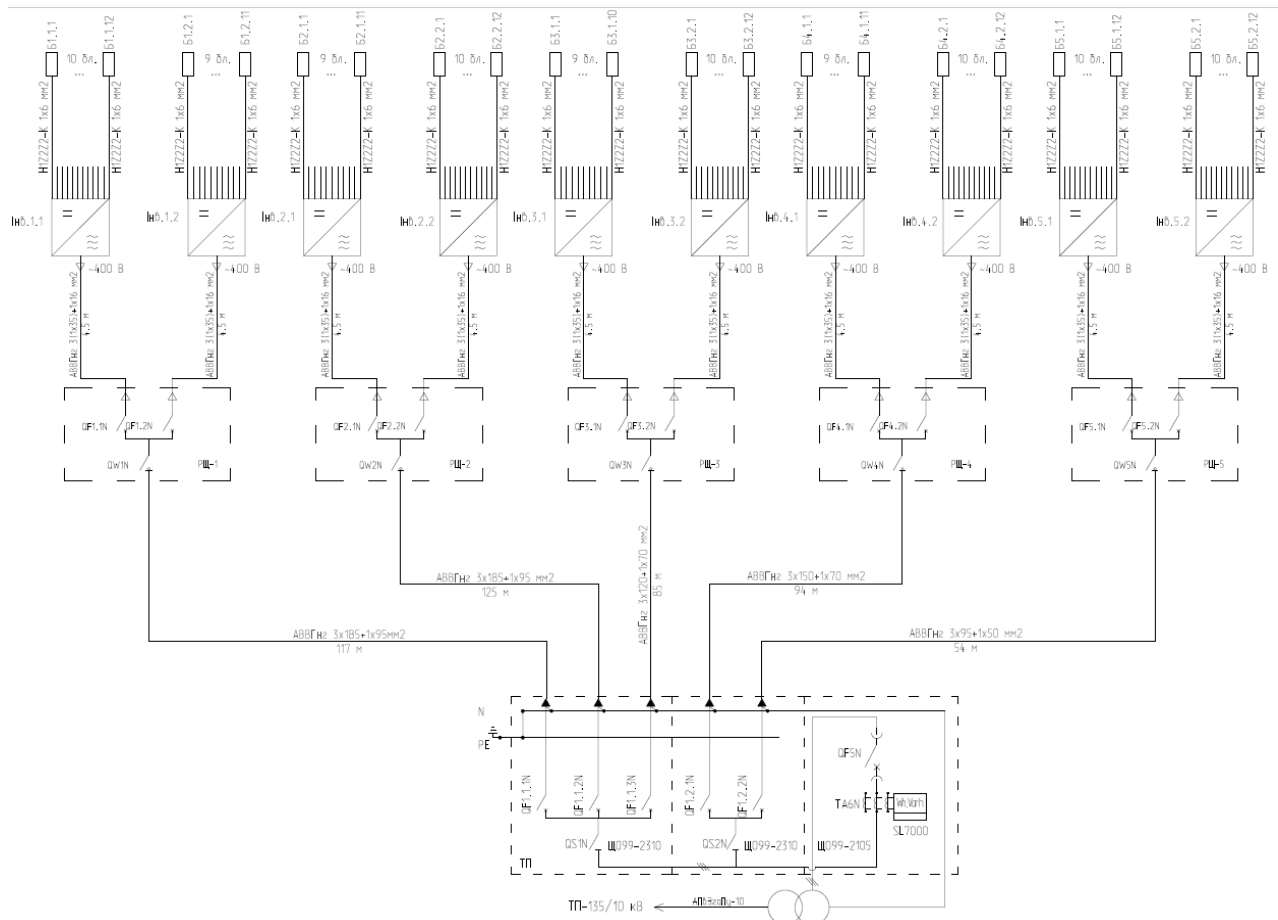


Рисунок 4.1 – Схема електропостачання підприємства

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 2.4 і табл. 2.5 [1].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

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

де $K_{пит}$ – питома вартість на 1 км лінії, тис. грн./км (табл. 2.4, 2.5 [1]);

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

L – довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від КТП до цеха (АВВГнг 3х185 + 1х95) в ґрунті ІІ категорії без врахування переходів:

$$K_{л1} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) L = (130,03 \cdot 1 + 10,8) \cdot 0,25 = 35,21 \text{ (тис.грн.)}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кіл-ть	Довжина, км	К _{пит} , тис.грн	К _{прок} , тис.грн	К _л , тис.грн
КТП-Цех	АВВГнг 3X185 + 1x95	1	0,25	130,03	10,8	35,21
РЩ-КТП	АВВГнг 3X185 + 1x95	1	0,25	130,03	10,8	35,21
РЩ-КТП	АВВГнг 3X150 + 1x70	1	0,095	110,7	8,3	11,31
РЩ-КТП	АВВГнг 3X120 + 1x70	1	0,085	85,6	6,2	7,8
РЩ-КТП	АВВГнг 3X95 + 1x50	1	0,055	71,32	5,6	4,23
Інв-РЩ	АВВГнг 1x35	1	0,15	50,01	4,1	8,12
Інв-РЩ	АВВГнг 1x16	1	0,16	31,02	3,23	5,48
Панель-Інв	Н1Z2Z2К 1x6	1	5,605	2,27	0,9	17,77
Панель-Інв	Н1Z2Z2К 1x6	1	5,605	2,27	0,9	17,77
Всього						142,89

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

$$K_{пс} = \sum_{i=1}^l K_{псі} + K_{пост}, \quad (4.1)$$

де $K_{псі}$ – вартість однієї тра-ої підстанції, тис. грн. (табл. 2.7 і табл. 2.8 [1]);

l – кількість підстанцій;

$K_{пост}$ – постійні витрати, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

З табл. 2.7–2.8 [1] визначаємо вел. капіталовкладень для тра-ої підстанції:

$$K_{псі} = 182 + 36,4 = 218,4 \text{ (тис.грн.)}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип тр-ра	Кіл-ть тр-рів	Код, тис.грн	Кпост тис.грн	Кпс, тис.грн
КТП	ТМ-600	1	182	36,4	218,4
Фото ел модулі	SNRG-FR72-5BB-MONOPERC-380 W	1909	4	1,2	9926,8
Інвертор	SUN2000-60KTL-M0	10	65	8,1	731
РЩ	EMITER UMO OS80x80+K	5	5,5	1,85	36,75
Всього					10912,95

Розраховуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми кількість вимикачів 10 кВ – 1 шт. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною 20–25 тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 25 \text{ (тис.грн).}$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{пс} = 25 + 10912,95 = 10937,95 \text{ (тис.грн).}$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 142,89 + 10937,95 = 11080,8358 \text{ (тис.грн).}$$

4.3 Розрахунок потреби в робочій силі

Чисельність робітників, яка необхідна для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоукомплектування та мереж, визначається виходячи з трудомісткості виконуваних робіт. При цьому рекомендується скористатися нормативами системи планово-попереджувальних робіт промислових електричних мереж.

Трудомісткість технічного обслуговування не залежить від змінності роботи споживачів, тому планується в розмірі 10% від трудомісткості поточного ремонту всіх прокладених електромереж, а для мереж заземлення та заземлювальних пристроїв, поточний ремонт для яких не планується, у розмірі 3% від вказаної в таблиці трудомісткості капітального ремонту.

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

$$T = \Pi \cdot t_{норм} \cdot h, \quad (4.2)$$

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

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. (табл.4.17 [1]);

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

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

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

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.3)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год. (табл. 4.18 [1]);

$K_{\text{ср}}$ – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, , 1/міс, $K_{\text{с.р}} = 0,1$.

h – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.7.

Таблиця 4.6 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на 1 обл. рем/рік	Нор.тр удо-містк.л юд.год.	Заг. труд-містк люд.год.	К-сть на 1 обладнання огл/рік	Норма трудо-містк. люд.год.	Заг. труд-містк. люд.год.
Вимикач 10 кВ.	1	1	16	16	1	2	2
ТМ-630	1	0,33	100	33	8	9	72
SNRG-FR72-5BB-MONOPERC-380 W	1909	0,5	1,5	1431,75	9	1	171,81
SUN2000-60KTL-M0	10	0,33	100	330	8	5	400
EMITER UMO OS80x80+K	5	1	25	125	2	15	150
Кабельна лінія 185 мм ² + 95 мм ² , км	0,25	1	60	15	1	11,5	2,875
Кабельна лінія 185 мм ² + 95 мм ² , км	0,25	1	60	15	1	11,5	2,875
Кабельна лінія 150 мм ² + 70 мм ² , км	0,095	1	22,8	2,166	1	5,13	0,48735
Кабельна лінія 120 мм ² + 70 мм ² , км	0,085	1	15,3	1,3005	1	4,59	0,39

Продовження таблиці 4.6

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на 1 обл. рем/рік	Нор. тр удомістк. л юд.год.	Заг. трудмістк. люд.год.	К-сть на 1 обл. рем/рік	Нор. трудо містк. люд. год.	Заг. трудмістк. люд.год.
Кабельна лінія 95 мм ² + 50 мм ² , км	0,055	1	9,9	0,5445	1	2,97	0,163
Кабельна лінія 35 мм ² , км	0,15	1	15	2,25	1	8,1	1,215
Кабельна лінія 16 мм ² , км	0,16	1	16	2,56	1	8,64	1,382
Кабельна лінія 6 мм ² , км	5,605	1	112,1	628,32	1	56,05	314,16
Кабельна лінія 6 мм ² , км	5,605	1	112,1	628,32	1	56,05	314,16
Разом				1969,21			1433,5

Таблиця 4.7 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість - кількість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загальна трудомісткість люд.год.	
Вимикач 10 кВ.	1	3	0,1	12	57,6	59,6
ТМ-630	1	3	0,1	12	360	432
SNRG-FR72-5BB-MONOPERC-380 W	1909	3	0,1	12	618,5	790,33
SUN2000-60KTL-M0	10	3	0,1	12	360	760
EMITER UMO OS80x80+K	5	3	0,1	12	450	600
Кабельна лінія 185 мм ² + 95 мм ² , км	0,25	3	0,1	12	14,4	17,28
Кабельна лінія 185 мм ² + 95 мм ² , км	0,25	3	0,1	12	90	92,88
Кабельна лінія 150 мм ² + 70 мм ² , км	0,095	3	0,1	12	0,513	1,00035
Кабельна лінія 120 мм ² + 70 мм ² , км	0,085	3	0,1	12	0,459	0,84915
Кабельна лінія 95 мм ² + 50 мм ² , км	0,055	3	0,1	12	11,88	12,04335
Кабельна лінія 35 мм ² , км	0,15	3	0,1	12	32,4	33,615
Кабельна лінія 16 мм ² , км	0,16	3	0,1	12	13,13	14,5152
Кабельна лінія 6 мм ² , км	5,605	3	0,1	12	154,36	468,52195
Кабельна лінія 6 мм ² , км	5,605	3	0,1	12	99,88	414,04135
Разом					2263,14	3696,6624

Якщо ремонтний персонал виконує лише поточні ремонти, то його чисельність

$$H_{np} = \frac{T_{np}}{\Phi_d \cdot K_{в.н}}, \quad (4.4)$$

експлуатаційні робітники, чол.:

$$H_{обс} = \frac{T_{обс}}{\Phi_{обс} \cdot K_{в.н}}, \quad (4.5)$$

де T_{np} – річна планова трудомісткість поточного ремонту, люд·год;

Φ_d – дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного робітника за рік; приймається рівним 1850-1900 год;

$K_{в.н}$ – плановий коефіцієнт виконання норм для даної категорії робітників. При розрахунках приймаємо для ремонтного персоналу $K_{в.н} = 1,10$, а для експлуатаційного – $K_{в.н} = 1,05$;

$T_{обс}$ – річна планова трудомісткість технічного обслуговування з урахуванням витрат праці на огляди, люд·год.

Знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{обс} = 3696,66 / 1900 \cdot 1,05 = 1,76 \approx 2.$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{тр} = 1969,21 / 1900 \cdot 1,05 = 0,98.$$

Приймаємо $H_{тр} = 2$ чол., $H_{обс} = 2$ чол.

4.4 Розрахунок витрат по заробітній платі

Для розрахунку оплати праці експлуатаційних робітників рекомендується використовувати погодинно-преміальну систему, а для ремонтного персоналу – відрядно-преміальну. Преміювання експлуатаційних робітників здійснюється за безаварійну і надійну роботу енергообладнання та мереж, економію енергоресурсів, компенсацію реактивної потужності. Ремонтний персонал преміюється за високоякісне і своєчасне виконання ремонтних робіт.

Величина премії (відповідно до категорій енергоперсоналу) може бути прийнята в розмірі 20 і 25%.

Фонд прямої заробітної плати:

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

$$\Phi_e = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d \quad (4.6)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = (K3 + K4) / 2 \cdot C_I, \quad (4.7)$$

де K3, K4 – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [1];

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

$$C_I = \frac{Z_{\text{min}} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.8)$$

де Z_{min} – мінімальний розмір заробітної плати;

$k_{r,i}$ – тарифний коефіцієнт робітника i-го розряду;

Φ_H – номінальний місячний фонд робочого часу ($\Phi_H = 22 \cdot 8 = 176$ год).

$$C_I = 4200 \cdot 1 / 176 = 23,86 \text{ (грн./год.)};$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 23,86 = 29,23 \text{ (грн./год.)};$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 29,23 \cdot 1900 = 99976,71 \text{ (грн./рік)};$$

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

$$\Phi_p = T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{гр}}, \quad (4.9)$$

$$t_{\text{гр}} = (K4 + K5) / 2 \cdot C_I, \quad (4.10)$$

де K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, (табл. 4.1) [1].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{гр}} = ((1,27 + 1,36) / 2) \cdot 23,86 = 31,38 \text{ (грн./год.)};$$

$$\Phi_p = 1969,21 \cdot 31,38 = 61795,36 \text{ (грн./рік)};$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1 + 0,05 + 0,01 + \alpha), \quad (4.11)$$

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

0,01 – частка доплат за роботу у святкові дні;

0,05 – частка доплат за роботу в нічний час;

α – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 99976,71 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 125970,65 \text{ (грн./рік);}$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 61795,36 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 80951,92 \text{ (грн./рік);}$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15; \quad (4.12)$$

$$\Phi_{оед} = 125970,65 \cdot 1,15 = 144866,24 \text{ (грн./рік);}$$

$$\Phi_{орд} = 80951,92 \cdot 1,15 = 93094,70 \text{ (грн./рік).}$$

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100}\right), \quad (4.13)$$

де $\beta_{п}$ – нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{п} = 32\%$;

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

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

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 144866,24 \cdot ((1+32+1,5+1,5)/100) = 195569,43 \text{ (грн./рік);}$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 93094,70 \cdot ((1+32+1,5+1,5)/100) = 125677,85 \text{ (грн./рік).}$$

Таблиця 4.8 – Розрахунок витрат по заробітній платі

$\Phi_{е}$	Заробітна плата робітників-погодинників	99976,70	грн.
$\Phi_{р}$	Заробітна плата робітників-ремонтників	61795,35	грн.
$\Phi_{ое}$	Величина основної ЗП експлуатаційного персоналу	125970,65	грн.
$\Phi_{ор}$	Величина основної ЗП ремонтного персоналу	80951,92	грн.
$\Phi_{оед}$	Основний фонд ЗП погодинників	144866,25	грн.
$\Phi_{орд}$	Основний фонд ЗП ремонтників	93094,70	грн.
$C_{зпе}$	Витрати по ЗП погодинників	195569,43	грн.
$C_{зпр}$	Витрати по ЗП ремонтників	125677,85	грн.

4.5 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Розрахунок матеріалів для ремонтів і технічного енергетичного обслуговування розробляється на основі трудомісткості норм витрат матеріалів (табл. 2.19) [1]. Необхідні дані для розрахунку беремо з табл. 2.19 та 2.20 [1].

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_m = 0,01 \times \left(\sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot T_i + L \cdot C_{л0} \right) \quad (4.14)$$

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

T_i – трудомісткість обслуговування і-го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

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

Отже, можна розрахувати:

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

$$C_{обс} = C_{зпе} + C_{мто}, \quad (4.15)$$

$$C_{обс} = 195569,4306 + 74364,08 = 269933,51 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{пр} = C_{зпр} + C_{мпр}, \quad (4.16)$$

$$C_{пр} = 125677,851 + 88934,96 = 214612,81 \text{ (грн/рік).}$$

4.6 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.17)$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 11080,84 = 664,85 \text{ (тис.грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат виділяються інші витрати. Вони включають витрати на допоміжні матеріали, послуги виробничим підрозділам підприємства, частину загальнозаводських витрат. Їх можна приймати в розмірі 20 - 30% від суми витрат на обслуговування, поточний ремонт і амортизацію, тис. грн/рік:

$$C_{ip} = \beta_{ip} (C_{обс} + C_{пр} + C_a); \quad (4.18)$$

де β_{ip} - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (269933,51 + 214612,81 + 664850,2) = 287349,12 \text{ (грн/рік)}.$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустаткування і мереж	269933,5	18,8
Витрати на поточний ремонт	214612,8	14,9
Витрати на амортизацію	664850,1	46,3
Інші витрати	287349,1	20,0
Разом	1436745,6	100,0

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

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

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_{п} \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.19)$$

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

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

$K_{п}$ – коефіцієнт попиту.

Річна кількість годин використання максимуму активної потужності по галузях промисловості при різній кількості робочих змін приводяться в галузевих інструкціях і довідкових матеріалах. Величина T_m у середньому за рік складає: для освітлювальних навантажень – 1500 – 2000 год.; для однозмінних підприємств – 2000 – 3000 год.; для двозмінних – 3000 – 4500 год і тризмінних 4500 – 8000 год.

Визначимо річні витрати активної електроенергії для цеху виготовлення панелей:

$$E_a = 570 \cdot 4400 = 2508000 \text{ (кВт}\cdot\text{год./ рік)}.$$

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Для визначення повної потреби підприємства в електроенергії необхідно до отриманого результату додати втрати електроенергії в лініях і трансформаторах.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}; \quad (4.20)$$

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

τ – час максимальних втрат, год./рік.

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

n – кількість кабелів в лінії.

$$R = r_0 \cdot L; \quad (4.21)$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км (див. табл. 2.25 [1]),

Для лінії КТП –Цех:

Активний опір однієї фази кабелю від КТП до Цех.:

$$R = 0,769 \cdot 0,25 = 0,1923 \text{ (Ом)}.$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії КТП–Цех:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot 34,64^2 \cdot 0,1923 \cdot 2786,52 \cdot 10^{-3} = 1928,55 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

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

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	L, км	$I_{\text{м}}$, А	R, Ом	τ , год./рік	R _{пит} , Ом/км	$\Delta E_{\text{л}}$, кВт·год
КТП-Цех	АВВГнг 3X185 + 1x95	1	0,25	34,64	0,19	2786,52	34,64	1928,55
РЩ-КТП	АВВГнг 3X185 + 1x95	1	0,25	34,64	0,19	2786,52	34,64	1928,55
РЩ-КТП	АВВГнг 3X150 + 1x70	1	0,095	27,14	0,05	2786,52	27,14	321,25
РЩ-КТП	АВВГнг 3X120 + 1x70	1	0,085	24,64	0,03	2786,52	24,64	174,78
РЩ-КТП	АВВГнг 3X95 + 1x50	1	0,055	20,68	0,017	2786,52	20,68	62,95
Інв-РЩ	АВВГнг 1x35	1	0,15	11,74	0,048	2786,52	11,74	55,38
Разом								4471,5

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

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_\phi}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.22)$$

де n - кількість трансформаторів;

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

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

S_ϕ - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

S_H - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Розрахунок втрат енергії в трансформаторах КТП показано у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип трансформатора	К-сть тр-рів	ΔP_{xx} , кВт	$\Delta P_{кз}$, кВт	S_p , кВА	S_H , кВА	ΔE_T , кВт·год./рік
КТП	ТМ-600	1	2,4	12	630	600	33061,77

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

$$E = E_a + \Delta E_{л} + \Delta E_T; \quad (4.23)$$

$$E = 2508000 + 4471,48 + 33061,77 = 2545533,25 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за електроенергію при одноставковому тарифі визначається як:

$$\Pi_1 = v \cdot E; \quad (4.24)$$

$$\Pi_1 = 2 \cdot 2545533,25 = 5091066,5 \text{ (грн.)}.$$

4.8 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВт·г:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.25)$$

де $C_{\text{сум}}$ – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;
 E_a – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Промислові підприємства, що споживають електроенергію від зовнішнього джерела, з одного боку, оплачують кількість отриманої енергії за тарифом, а з іншого – несуть додаткові витрати при передаванні та розподілі електроенергії від мереж енергосистеми до цехових споживачів. Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}}, \quad (4.26)$$

де Π – оплата за спожиту електроенергію;

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

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

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.27)$$

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

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

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

$$C_{\text{п}} = 269933,51 + 214612,81 + 664850,2 + 287349,12 = 1436745,6 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 1436745,6 + 5091066,5 = 6527812,1 \text{ (грн/рік)}.$$

Собівартість електроенергії:

$$S = (6527812,1 \cdot 100) / 2508000 = 260,28 \text{ (коп./кВт·год)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	E_a	2508000	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	E	2545533,25	кВт·год.
Плата за електроенергію	P_1	5091066,5	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.ен.	C_p	1436745,6	грн.
Сумарні витрати під-ва	$C_{\text{сум}}$	6527812,1	грн.
Собівартість ел.енергії	S	260,28	коп/кВт·год.

Висновок по розділу 4

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи проведено економічне обґрунтування доцільності встановлення сонячних панелей, а саме було розраховано: капіталовкладення в систему електропостачання, потреби в робочій силі, витрати по заробітній платі. Було розплановано обсяг матеріалів які необхідні для встановлення сонячних панелей та встановлено ціну на них. Проведено розрахунки амортизаційних відрахувань та інших витрат, також розраховано споживання і витрати електроенергії та її оплата.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У магістерській роботі розробляється система електропостачання з впровадженням фотовольтаїчних модулів ТОВ «KNESS», до складу якого входить велика кількість обладнання з різними виробничими потужностями, умовами експлуатації, та характером середовища, в якому встановлене дане обладнання. Підприємство відноситься до I категорії електропостачання.

На оперативно-ремонтний персонал, який здійснює обслуговування технологічного обладнання підприємства, згідно ГОСТ 12.0.003-74, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні:

- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена вологість повітря у робочій зоні;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини;
- підвищений рівень вібрації,

в) психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (статичні)
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці).

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Адміністративно-побутові приміщення розташовують з максимальним наближенням до робочих місць, щоб не було зустрічних потоків людей, а також переходів через виробничі приміщення зі шкідливими виділеннями, неопалювані частини будівлі та відкриті простори.

Площа приміщення, де розміщується оперативно-ремонтний персонал становить 85 м^2 , об'єм – 255 м^3 . У приміщенні є 2 вікна шириною 2,3 м і висотою 1,5 м і двері шириною 1,5 м. У приміщенні працює 5 осіб. Тобто площа на одного працівника складає $16,1 \text{ м}^2$, що повністю відповідає встановленим нормам, згідно ДНАОП 0.00-1.31-99 [2], ДСанПіН 3.3.2.007-98 [3]. Робоче місце – непостійне, оскільки робітник знаходиться тут менше 50% робочого часу.

У приміщенні розташовано 5 комп'ютерних столів з моніторами, 7 офісних крісел і 2 шафи для документів. Усі вони розміщені відповідно до їх функціонального призначення, а їх кількість відповідає номенклатурі знарядь праці, змісту та особливостям виконуваної роботи.

Робоче крісло є підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з переднім заокругленим краєм. Висота поверхні сидіння регулюється в межах від 400 до 500 мм, а ширина і глибина становлять по 450 мм. Кут нахилу спинки регулюється в межах від 0° до 30° відносно вертикального положення. Для зниження статичного напруження м'язів верхніх кінцівок встановлені стаціонарні підлокітники завдовжки 250 мм. Поверхня сидіння відповідає усім вимогам.

Робочі місця мають розташовані на відстані не менше 1,5 м від стіни з вікнами, від інших стін на відстані 1 м, між собою на відстані не менше 1,5 м. Відносно вікон робоче місце доцільно розташовувати таким чином, щоб природне світло падало на нього збоку, переважно зліва. В даному випадку, перше робоче місце не відповідає зазначеній вимозі.

Екран дисплея дослідника розташований перпендикулярно до напрямку погляду. При роботі з текстовою інформацією (в режимі введення даних та корегування значень, читання з екрану) найбільш фізіологічним правильним є зображення чорних знаків на світлому (чорному) фоні.

Періодично досліднику необхідно рухатися, вчасно змінювати положення тіла і робити перерви у роботі. При напруженій роботі за комп'ютером щогодини необхідно робити перерву на 15 хвилин через кожну годину і треба займатися іншою справою. Декілька разів на годину бажано виконувати серію легких вправ для розслаблення.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

- увімкнути систему кондиціонування в приміщенні;
- перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі;
- перевірити загальний стан апаратури;
- відрегулювати освітленість робочого місця;
- відрегулювати та зафіксувати висоту крісла;
- приєднати до системного блоку необхідну апаратуру;
- ввімкнути апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусах;
- відрегулювати яскравість свічення монітора, фокусування, контрастність.

Вимоги безпеки під час роботи з комп'ютером:

Щодня перед початком роботи оператор повинен:

- оглянути своє робоче місце; про виявлення ознак пошкодження обладнання інформувати свого безпосереднього керівника;
- відрегулювати освітленість на робочому місці, переконатися в відсутності відблисків на екрані комп'ютера, відсутності зустрічного світла;
- перевірити правильність підключення обладнання ЕОМ до електромережі;
- очистити екран комп'ютера від пилу та інших забруднень;
- перевірити правильність організації робочого місця й за необхідності провести відповідні коригування.

Оператор під час роботи зобов'язаний:

- виконувати тільки ту роботу, яку йому було доручено;
- підтримувати порядок і чистоту на робочому місці;
- тримати відкритими всі вентиляційні отвори обладнання;
- коректно закрити всі активні завдання у разі припинення роботи з комп'ютером;
- негайно відключити комп'ютером від електричної мережі у разі виникнення аварійної ситуації.

У ході виконання робіт за комп'ютером дослідник повинен:

- витримувати відстань від очей до екрана комп'ютером в межах 60 - 70см;
- дотримуватися внутрішньо змінного режиму праці та відпочинку, регламентованих перерв у роботі, а саме (при 8-годинній денній робочій зміні):
 - для розробників програм - тривалістю 15 хвилин через кожну годину роботи;
 - для інших категорій працівників - тривалістю 15 хвилин через кожні дві години роботи;
 - для операторів комп'ютерного набору - тривалістю 10 хвилин, після кожної години роботи.

Під час регламентованих перерв рекомендується виконувати комплекси вправ для очей, рук, хребта, поліпшення мозкового кровообігу тощо. Про виявлення несправності обладнання або інших факторів, які створюють загрозу для життя або здоров'я працівників, необхідно негайно інформувати свого безпосереднього керівника.

Не допускається:

- виконання ремонту та налагодження комп'ютерної техніки безпосередньо на робочому місці оператора;
- зберігання біля комп'ютера паперу, дискет, інших носіїв інформації, запасних блоків, деталей тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;
- відключення захисних пристроїв, самочинні зміни в конструкції комп'ютера;
- використання комп'ютерів, на екранах яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані тощо;
- доторкання до задньої панелі системного блоку при включеному живленні;
- вимикання живлення під час виконання активного завдання;
- попадання вологи на поверхню системного блоку, монітора, клавіатури, дисководів, принтерів та інших пристроїв;
- приймання напоїв та їжі на робочому місці.

Після закінчення роботи з використанням необхідно дотримуватися такої послідовності вимикання обладнання:

- закрити всі активні завдання;
- переконатися у відсутності дискет та дисків у дисководах;
- використавши опцію «Завершення роботи» у меню «Пуск», вимкнути живлення системного блоку;
- вимкнути живлення всіх комп'ютерів;
- вимкнути блок аварійного живлення (за наявності);
- відключити комп'ютер від електромережі, при цьому забороняється тягнути штепсельну вилку за дріт.

У випадку виникнення аварійної ситуації оператор зобов'язаний:

- у всіх випадках виявлення пошкодження проводів електричного живлення, несправності заземлення та інших пошкодженнях електрообладнання, виникненні запаху гарі, диму - негайно вимкнути електричне живлення і повідомити про аварійну ситуацію свого безпосереднього керівника й чергового електрика;
- при попаданні людини під електричну напругу негайно звільнити її від дії струму шляхом вимкнення електричного живлення, до прибуття лікаря надати потерпілому долікарську медичну допомогу;
- при будь-яких випадках порушень роботи технічного обладнання або програмного забезпечення негайно викликати представника технічної служби з питань експлуатації обчислювальної техніки;
- у випадку виникнення різі в очах, різкого погіршення зору, виникнення головного болю, больових відчуттів у пальцях та кистях рук, посилення серцебиття - негайно припинити роботу з використанням ЕОМ, повідомити про те, що сталося, свого безпосереднього керівника й звернутися до медичної установи;
- при загорянні обладнання негайно відключити його від електромережі;
- про загорання повідомити свого безпосереднього керівника, пожежну службу; ужити заходів щодо ліквідації вогню за допомогою вуглекислотного або порошкового вогнегасника.

5.1.2 Електробезпека

Досліджуване приміщення електрифіковано згідно з усіма відповідними нормами. Зокрема, в приміщенні використовується чотири провідна трифазна електромережа з заземленим нульовим проводом. Величина напруги цієї мережі становить 380 х 220В (фазна напруга (фаза – «0») – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов з небезпеки електротравматизму – без підвищеної небезпеки, оскільки відсутні чинники підвищеної небезпеки.

Для запобігання електротравмам у приміщенні здійснюються:

- 1) технічні рішення із запобігання електротравм від контакту з нормально струмоведучими елементами електроустаткування – ізоляція нормально струмоведучих елементів електроустаткування відповідно з вимогами нормативів;
- 2) технічні рішення щодо запобігання електротравмам при переході напруги на нормально неструмовідні елементи електроустаткування – захисне заземлення із використанням природних заземлювачів.

Згідно із ГОСТ 12.1.030-81, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується заземлення. Крім того безпека експлуатації при нормальному режимі роботи забезпечується застосуванням ізолювальних пристроїв, огороженням струмоведучих частин, використанням малих напруг. Особи, що обслуговують електроустановки повинні користуватися ЗІЗ - спецвзуття, рукавиці. Засоби захисту необхідно періодично випробувати, їх слід захищати від механічних пошкоджень, впливу факторів, що погіршують їх діелектричні властивості.

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003-74, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення.

Електропривід насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил устрою електричних установок.

Обов'язкова установка захисного заземлення і занулення та захисного відключення. При роботі з електроустановками використовуються основні і додаткові електрозахисні засоби. До основних відносяться: ізолюючі штанги; ізолюючі і струмовимірювальні кліщі; слюсарно-монтажні інструменти з ізолюючим руків'ям. До додаткових відносяться: діелектричні рукавички; переносне заземлення; огорожуючі пристосування; плакати та знаки безпеки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [16].

Мікроклімат приміщення для персоналу характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання.

Робота оперативного персоналу відноситься до категорії Іб по важкості праці.

Енерговитрати за цією категорією становлять - до 140-174Вт.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Допустимі норми параметрів повітря

Період року	Категорія робіт	Температура, °С Допустима		Відносна вологість Допустима	Швидкість руху, X Допустима
		Верхня межа	Нижня межа		
Холодний	Іб	20-24	17-25	75	не більше 0,2
Теплий		21-28	19-30	55 при 27 °С	0,1-0,3

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³.

При деревообробці виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах цеху і знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [18] наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні верстатника

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до ГОСТу 12.1.004-91. ССБТ проектом передбачені наступні рішення [15]:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами , які встановленні безпосередньо на дільницях біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;
- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

5.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення

Підприємство знаходиться у Вінницькій області, система природного освітлення цеху деревообробки відноситься до бокової. Характеристика робіт у фарбувальній камері - середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». При боковому освітленні КПО (суміщене) складає 0,9%.

Нормоване значення КПО для даного виробничого приміщення розраховуємо за формулою:

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (5.1)$$

m_N - коефіцієнт світлового клімату, $m_N = 0,9$ при орієнтації вікон на схід; суміщене $e_N = 0,9 \cdot 0,9 = 0,8\%$.

Природне освітлення одностороннє і здійснюється через вікна, які орієнтовані на схід.

Правильна експлуатація установок природного і штучного освітлення відіграє важливу роль для створення високого рівня освітленості в приміщеннях і економії електроенергії, що витрачається на штучне електричне освітлення. Норми освітленості при штучному освітленні занесені до таблиці 5.3

Таблиця 5.3 – Норми освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізювання з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк	
						Штучне освітлення	
						Комбіноване	Загальне
Середньої точності	Вище 0,5 до 1	IV	V	Середній, малий	Середній, темний	450	200

Для освітлення приміщення вибираємо світильники прямого світла з двома світлодіодними лампами. Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

5.2.4 Виробничий шум

На підприємстві джерелом шуму є обладнання, машини, механізми та верстати – механічний шум.

Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки – дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності.

Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Відповідно до [11] рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 10\lg(I/I_0) = 10\lg(p/p_0) = 10\lg(U/U_0) \quad (5.2)$$

де L - рівень шуму, дБ;

p - звуковий тиск, Па;

U_0 - коливальна швидкість, 5-10 м/с;

P_0 - нульове значення звукового тиску, умовно прийняте рівним $2 \cdot 10^5$ Па.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

-нормування за гранично допустимим спектром шуму;

-нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

За характером спектру шум - широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням - гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами СН 32.23-85 і наведені в таблиці 5.4 .

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звукового тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На пост. роб. місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення рівня шуму до допустимого в цеху двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сідниці).

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними част., Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10^{-2} , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

а) Класи умов праці за показниками важкості праці Па:

Загальні енергозатрати організму (кг/м):

Зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(Вт);

При регіональному навантаженні(для чоловіків) - 12 000(40);

При загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) - 40 000(80);

Маса вантажу. Що постійно підіймається – до 25.

Стереотипні робочі рухи:

При локальному навантаженні (участь кистей та пальців рук) - до 60000;

При регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) - до30000;

Статичне навантаження (кг/с):

Двома руками (чоловіки) – до 70 000;

За участю мязів тулуба та ніг – до 200 000.

Робоча поза:

Періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) до 25% часу зміни

Нахил тулуба:

Вимушені нахили протягом зміни – 150 разів;

Переміщення у просторі(переходи задля технологічного процесу) – більше 12

б) Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

Зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом;

Сприймання інформації та їх оцінка - сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій;

Розподіл функцій за ступенем складності завдання - обробка, контроль, перевірка завдання.

Сенсорні навантаження:

Зосередження (%за зміну) - до 50;

Щільність сигналів (звукові за 1 год) - до 150;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80;

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 - більше 8 год;

Змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП з фотовольтаїчними модулями в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

На роботу систем обладнання можуть впливати різні надзвичайні ситуації. Зокрема надзвичайні ситуації природного характеру, землетруси, буревії, повені, снігопади, впливають на енергопостачання. Проблеми з енергопостачанням призводять до порушення роботи радіоелектронних засобів. Надзвичайні ситуації соціально-економічного характеру несуть не велику загрозу до радіоелектронних засобів.

Вибір матеріалу для загород і екранів залежить від проникаючої здатності випромінювання. Альфа-частинки затримує навіть аркуш паперу, для захисту від бета-частинок необхідні матеріали більшої густини, а захист від гамма-променів здійснюється матеріалами з великою атомною масою (свинець, вольфрам).

На виникнення електромагнітного імпульсу (ЕМІ) затрачається найбільша доза ядерної енергії. ЕМІ може викликати високі імпульси струмів і напруг в провідниках і кабелях зв'язку, електропередач, систем обчислювальних машин і автоматичних систем управління, антенах радіостанції тощо.

Імпульсна напруга найбільш легко виникає в високоомних неекранових і несиметричних колах. В результаті наявності таких кіл імпульсу струму чи напруги проникає в систему і спричинює пошкодження, ступінь яких залежить від чутливості складових системи вузлів.

ЕМІ являє собою велику небезпеку для апаратури, добре захищеної від дії інших уражаючих факторів. Тому слід пам'ятати про те, що захист апаратури від механічних пошкоджень не захищає від дії електромагнітного імпульсу. Такий імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи електросхем радіоапаратури, викликає коротке замикання в радіопристроях, іонізацію діелектриків, спотворює або повністю стирає магнітний запис. Найбільш часто виходять з ладу напівпровідникові прилади, резистори, конденсатори.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи СЕП з фотовольтаїчними модулями в умовах дії іонізуючих випромінювань

Граничні значення експозиційних доз знаходяться в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Граничні значення експозиційних доз елементів СЕП

№	Блоки СЕП	Елементи СЕП	$D_{гр1, P}$	$D_{гр, P}$
1	Блок живлення	Напівпровідники ПЗ4Н	10^5	10^4
		Резистори РК10	10^7	
		Конденсатор Modulo 10	10^6	
2	Пульт керування	Діод ДТ1253К	10^4	
		Транзистор КТ814А	10^5	
		Мікросхеми К554	10^5	

Проаналізувавши дані таблиці, визначаємо, що самим уразливим елементом системи з мінімально дозою $D_{гр}=10^4(P)$ є діоди загального призначення. Визначимо можливу дозу опромінення, прийнявши гарантійний термін роботи обладнання 3 роки, що дорівнює 26280 год.:

$$D_m = \frac{2 \cdot P_{1max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{noc}} [P]; \quad (5.3)$$

Тоді можлива доза опромінення буде дорівнювати:

$$D_m = \frac{2 \cdot 5,13 \cdot (\sqrt{26280} - \sqrt{1})}{2} = 826,499 (P).$$

Так як $D_m < D_{гр}$ ($826,5 < 10^4$) то РЕА в енергетичній системі буде працювати стійко.

Визначаємо допустимий час роботи за формулою:

$$t_{дон} = \left(\frac{D_{гр} \cdot K_{noc} + 2 \cdot P_{1max} \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2 [год]; \quad (5.4)$$

$$t_{дон} = \left(\frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 5,13 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 5,13} \right)^2 = 1183635,2 (год).$$

Отже, можлива доза опромінення елементної бази $D_m = 826,5 (P)$, а допустима $= 10^4 (P)$. Система енергопостачання є стійкою в умовах дії іонізуючого випромінювання. Допустимий час роботи в заданих умовах становить 1183635,2 год.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи елементів системи електропостачання з фотовольтаїчними модулями в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початковими умовами оцінки стійкості є:

- вертикальна складова напруженості електричного поля, приймаємо $E_B = 5,13$ кВ/м.

- допустиме коливання напруги живлення $U_{ж} = 5\%$, В;

- напруга живлення:

блок живлення $U_{ж1} = 380$ (В);

пульт керування $U_{ж2} = 36$ (В).

Знаходимо напруженість поля горизонтальної складової:

$$E_{Г} = 10^{-3} \cdot E_{\text{вмакс}}, [\text{кВ/м}]; \quad (5.5)$$

$$E_{Г} = 5,13 \cdot 10^{-3} (\text{кВ/м}).$$

Максимальна довжина струмоведучих частин:

- блок живлення $l_{B1} = 25$ м; $l_{Г1} = 17$ (м);

- пульт керування $l_{B2} = 19$ м; $l_{Г2} = 24$ (м);

Визначаємо напругу наводки у вертикальних та горизонтальних струмопровідних частинах:

$$U_B = E_{Г} \cdot l_B, [\text{В}]; \quad (5.6)$$

$$U_{Г} = E_B \cdot l_{Г}, [\text{В}]; \quad (5.7)$$

де l_B - максимальна довжина провідників, розташованих вертикально, м,

$l_{Г}$ - максимальна довжина провідників, розташованих горизонтально, м.

$$U_{B1} = 10,81 \cdot 10^{-3} \cdot 21,97 = 237,5 \text{ (В)}, \quad U_{Г1} = 10810 \cdot 17 = 161500 \text{ (В)},$$

$$U_{B2} = 10,81 \cdot 10^{-3} \cdot 16,69 = 180,5 \text{ (В)}, \quad U_{Г2} = 10810 \cdot 24 = 228000 \text{ (В)},$$

Знаходимо допустиме коливання напруги живлення та системи керування за формулою:

$$U_{Д} = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N [\text{В}] \quad (5.8)$$

де $U_{ж}$ – напруга живлення, В;

N – допустиме відхилення напруги, %

$$U_{д1} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 5 = 399 \text{ (В)}$$

$$U_{д2} = 36 + \frac{36}{100} \cdot 5 = 37,8 \text{ (В)}$$

Результат заносимо в таблицю 6.2.

Визначаємо коефіцієнти безпеки системи окремо:

$$K_{\delta\delta} = 201g \frac{U_{\delta}}{U_B} \text{ [дБ]}; \quad K_{\delta\gamma} = 201g \frac{U_{\delta}}{U_{\Gamma}} \text{ [дБ]}; \quad (5.9)$$

$$K_{\delta\delta.1} = 201g \frac{399}{237,5} = 4,05 \text{ (дБ)}; \quad K_{\delta\gamma.1} = 201g \frac{399}{161500} = -52,1 \text{ (дБ)};$$

$$K_{\delta\delta.2} = 201g \frac{37,8}{180,5} = -13,6 \text{ (дБ)}; \quad K_{\delta\gamma.2} = 201g \frac{37,8}{228000} = -75,6 \text{ (дБ)}.$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.7.

Таблиця 5.7 – Результати оцінки стійкості СЕП з фотовольтаїчними модулями

№	Блоки СЕП	$U_{\text{доп}}$	$K_{\delta\delta}$, (дБ)	$K_{\delta\gamma}$, (дБ)	Результат
1	Блок живлення	380	4,05	-52,1	нестійкий
2	Пульт керування	36	-13,6	-76,5	нестійкий

Так як $K_{\delta\delta} < 40$ дБ , $K_{\delta\gamma} < 40$ дБ то апаратура буде нестійка в роботі, потрібно проводити захисне екранування обладнання пасивними екранами.

5.4 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи елементів системи електропостачання з фотовольтаїчними модулями в умовах впливу загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Доцільно виконати захисне екранування даного обладнання, що дасть змогу зменшити вплив ЕМІ.

Необхідно прийняти такі заходи по підвищенню стійкості роботи:

- екранування блоку підсилення;
- різні схемні рішення;
- розташування РЕА в бункерах.

Щоб визначити якої товщини необхідно застосувати екран, знайдемо перехідне затухання екрану:

$$A = K_{б,норм} - K_{б,роз.мін} , \quad (5.10)$$

де $K_{б,норм}$ - номінальний коефіцієнт безпеки ($K_{б,норм} = 40$ (дБ));

$K_{б,роз.мін}$ - мінімальний коефіцієнт безпеки, отриманий при розрахунку.

Визначаємо товщину захисного екрану:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}} \text{ [см]} , \quad (5.11)$$

де t – товщина стінки екрана, см;

$f=15000$ Гц.

Отже, визначаємо з даної формули товщину стінки екрана для кожного елемента СЕП:

$$t_1 = \frac{40 - (-52,1)}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,13 \text{ (см)} ,$$

$$t_2 = \frac{40 - (-76,5)}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,19 \text{ (см)} .$$

Таким чином, при екрануванні системи живлення з використанням екрану 0,13 см та пульта керування з використанням екрану товщиною 0,19 см, система електропостачання буде стійкою в умовах дії ЕМІ.

Також в даному розділі було оцінено стійкість роботи системи електропостачання з фотовольтаїчними модулями в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій та розроблено заходи по підвищенню стійкості її роботи. В умовах дії іонізуючого випромінювання система електропостачання буде працювати стійко, оскільки $D_{гр} > D_m$, допустимий час роботи в заданих умовах становить 1183635,2 год.

Дослідження стійкості роботи системи при дії електромагнітного імпульсу показала, що робота обладнання стійка, при застосуванні захисних сталевих екранів товщиною 0,13 см та 0,19 см.

Висновок по розділу 5

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи розкрито питання технічних рішень з безпечної експлуатації об'єкта. Визначено характеристики мікроклімату об'єкта, проаналізовано склад повітря робочої зони, прийнято заходи щодо вибору штучного освітлення за робочим місцем, розроблені заходи щодо захисту робітника від впливу виробничого шуму та вібрації також запропоновані заходи щодо поліпшення психофізіологічного стану працюючого. Розглянуто стійкість системи електропостачання з фотовольтаїчними модулями в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій та розроблено заходи по підвищенню стійкості її роботи. В умовах дії іонізуючого випромінювання система електропостачання буде працювати стійко, оскільки $D_{гр} > D_m$, допустимий час роботи в заданих умовах становить 1183635,2 год. Дослідження стійкості роботи системи при дії електромагнітного імпульсу показала, що робота обладнання стійка, при застосуванні захисних сталевих екранів товщиною 0,13 см та 0,19 см.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі було досліджено завод з виготовлення сонячних панелей, був розглянутий варіант його заживлення від сонячних панелей і тим самим зменшити витрати на електроенергію. Здійснено аналіз заводу «KNESS PV», було досліджено технологічний процес заводу, розроблене техніко-економічне обґрунтування щодо доцільності будівництва дахової ФЕС.

Було виконано заживлення заводу від ПС 110/10 кВ «ВЗТА» Ф-436 до ТП 10/0,4 кВ, для того щоб забезпечити електропостачання заводу при неможливості споживання електроенергії із дахової ФЕС. Були проведені розрахунки щодо вибору кабеля, розроблені умови його прокладання в ґрунті та пораховано тривалість будівництва КЛ. Передбачено вибір кабельних муфт, а саме: кінцевих та з'єднувальних.

Розроблено план щодо організації встановлення сонячних панелей на даху заводу. Було проведено розрахунок щодо вибору обладнання та його кількості, його місце встановлення.

Проведені розрахунки необхідні для вибору електротехнічного обладнання та було перевірено вибране обладнання; виконано перевірку граничної вимикаючої здатності, перевірено чутливість захистів, проведено розрахунок параметрів блоків фотогальванічних панелей та виконаний розрахунок втрат напруги в лініях.

Були проведені розрахунки з економічної точки зору, тобто розраховано всі витрати при будівництві дахової ФЕС та подальшому її обслуговуванні, були пораховані заробітні плати всього персоналу та затрати на весь матеріал для будівництва ФЕС.

Розглянуті питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Було розкрито питання технічних рішень з безпечної експлуатації об'єкта. Визначено характеристики мікроклімату об'єкта, проаналізовано склад повітря робочої зони, прийнято заходи щодо вибору штучного освітлення за робочим місцем, розроблені заходи щодо захисту робітника від впливу виробничого шуму та

вібрації також запропоновані заходи щодо поліпшення психофізіологічного стану працюючого. Розглянуто стійкість системи електропостачання з фотовольтаїчними модулями в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій та розроблено заходи по підвищенню стійкості її роботи. В умовах дії іонізуючого випромінювання система електропостачання буде працювати стійко, оскільки $D_{гр} > D_m$, допустимий час роботи в заданих умовах становить 1183635,2 год. Дослідження стійкості роботи системи при дії електромагнітного імпульсу показала, що робота обладнання стійка, при застосуванні захисних сталевих екранів товщиною 0,13 см та 0,19 см.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання: навчальний посібник / Бурбело М.Й. - Вінниця : ВНТУ, 2017. - 123 с [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://burbelo.vk.vntu.edu.ua//file/15aef4c0c98152c16666a333aee84aef.pdf>
2. Федоров А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий: учебник для вузов / А. А. Федоров, В. В. Каменева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.studmed.ru/fedorov-aa-kameneva-vv-osnovy-elektrosnabzheniya-promyshlennyh-predpriyatiy_3d75831a48b.html
3. Родштейн Л.А. Электрические аппараты: Учебник для техникумов. - 4-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоатомиздат, 1989. - 304с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ua.bookfi.net/book/600586>
4. Адоньев Н.М. Справочник по электрическим аппаратам высокого напряжения /Н.М. Адоньев, В.В. Афанасьев, И.М. Бортник и др.; Под ред. В.В. Афанасьева. - Л.: Энергоатомиздат, 1987. - 544 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.studmed.ru/adonev-nm-afanasev-vv-bortnik-im-i-dr-spravochnik-po-elektricheskim-apparatam-vysokogo-napryazheniya_0b433aab5c8.html
5. Залеский А. М. Тепловые расчеты электрических аппаратов / А.М. Залеский, Г. А. Кукеков – Л., 1967. - 378 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:http://window.edu.ru/resource/579/77579/files/Grachev%20Proektirovanie%200EA_ispr.pdf
6. Міліх В. І. Електротехніка та електромеханіка: Навч. посібник. - К.: Каравела, 2006. - 376 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.twirpx.com/file/690725/>
7. Хольм Р. Довідник по електротехнічних матеріалах, т. 2, М.— Л., 1960; Хольм Р.,Електричні контакти, М., 1961.

8. НПАОП 0.00-1.28-10. Правила охорони праці під час експлуатації електро обчислюваних машин [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=27405
9. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5-28-2006.pdf>
10. ДБН В.1.2-10-2008. Захист від шуму.
11. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
12. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків». Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. - Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005р. – 148с.
13. Демов О.Д., Бірюков О.О., Мельничук Л.М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 92 с.
14. Охорона праці в електроенергетиці [Текст] : довідник / Упоряд. О.В.Кобилянський. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 165 с.
15. Методичні вказівки до розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей [Текст] : методичні вказівки / Уклад. О.В.Кобилянський, О.П.Терещенко. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 44 с.
16. Кабельно–провідникова продукція [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189>
17. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник з дисципліни «Електропостачання» / М. Й. Бурбело – Вінниця: ВДТУ. 2002. – 140 с.
18. Прозатвердження Правил користування електричною енергією [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0417-96>.
19. ГОСТ27772-88 «Межгосударственный стандарт». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.lador.ru/gost/gost-27772-88.pdf>.

20. СНиП 2.01.07-85 «СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.pks.mk.ua/images/Nagruzki.pdf>.
21. ГОСТ 12.003-74 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори [Электронный ресурс] Режим доступа: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=48127
22. М. П. Охорона праці : Лабораторний практикум / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець – К. : Основа, 1998. – 224 с.
23. Лисенко Г. Л. Методичні вказівки до оформлення курсових проєктів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертах. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 60 с.
24. Электрические нагрузки промышленных предприятий / С. Д. Волобринский, Г. М. Каялов, П. И. Клейн, Б. С. Мешель. – Л. : Энергия, 1971. – 264 с.
25. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию / [под ред. А. А. Федорова]. – М. : Энергоатомиздат, 1986.– Т.1 – 580 с., 1987.– Т.2 – 591с.
26. Методика определения экономической эффективности капитальных вложений в энергетику. – Киев : Минэнерго Украины, 1999. (ГКД – 340000002).
27. ПУЕ:2017 «ПРАВИЛА УЛАШТУВАННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/06/%D0%9F%D0%A3%D0%95.pdf>.
28. ТУУ 31.3-00214534-017-2003 «СИЛОВЫЕ КАБЕЛИ СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.elektal.com.ua/upload/iblock/218/silovye_kabeli_s_izolyatsiey_iz_sshitogo_polietilena.pdf.
29. РД К28-003:2007 «Руководство по выбору, прокладке, монтажу, испытаниям и эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение от 6 до 35 кВ». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.askold.ru/files/info/3.pdf>.

30. ДСТУ Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва об'єктів». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://interiorfor.com/ru/dstu/dstu-b-a-3-1-22-2013/>
31. ДБН В.2.1-10-2009 «Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/50.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.1-10-2009.pdf>.
32. ГОСТ Р 50571.5 «ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ НИЗКОВОЛЬТНЫЕ». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/1200108284>.
33. Кутик Є. Б., Шулле Ю. А. Підвищення надійності СЕП дільниці ремонтів високовольтного обладнання підстанції Вінниця – 750 кВ. / Є. Б. Кутик // XLVIII Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2019). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://znaytovar.ru/gost/2/RD_1533401550100_Metodicheskie.html.
34. Кутик Є. Б. Бабенко О. В. Оптимальне поєднання організаційних і технічних заходів з підвищення енергоефективності на підприємствах / Є. Б. Кутик // XLVII Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2018). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2018/paper/view/4458>.

ДОДАТКИ

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

_____ 2019р.
“ ___ ” _____

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
_____ 2019 р.
“ ___ ” _____

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

«РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВПРОВАДЖЕННЯМ
ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ МОДУЛІВ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «KNESS» (ПОДІЛЬСЬКИЙ ЕНЕРГОКОНСАЛТИНГ),
МІСТО ВІННИЦЯ»

08-17.МКР.002.13.000 ТЗ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Шулле Ю.А. _____
(підпис)

Виконав: студент гр. ЕСЕ - 18м

Кутик Є.Б. _____
(підпис)

Вінниця 2019 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 254 від 02. 10. 2019р.

Дата початку роботи 03. 09. 2019р.

Дата закінчення роботи 03. 12. 2019р.

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

а) мета – підвищення енергоефективності системи електропостачання підприємства;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

схема розподільної електричної мережі з заданими параметрами; генплан підприємства; відомості про джерела живлення; основні техніко-економічні показники.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

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

3.2 Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) – видання третє, перероблене і доповнене, - 2014 р.

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

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

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження	03.09.19р.	01.10.19р.
4.2 Проведення дослідних розрахунків	01.10.19р.	07.10.19р.
4.3 Розробка робочих креслень	07.10.19р.	11.10.19р.
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	11.10.19р.	03.12.19р.

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

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

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

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

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

9 ВИМОГИ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В МКР З ОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ (ЗА НЕОБХІДНОСТІ)

Не передбачається

Додаток Б
Вихідні дані

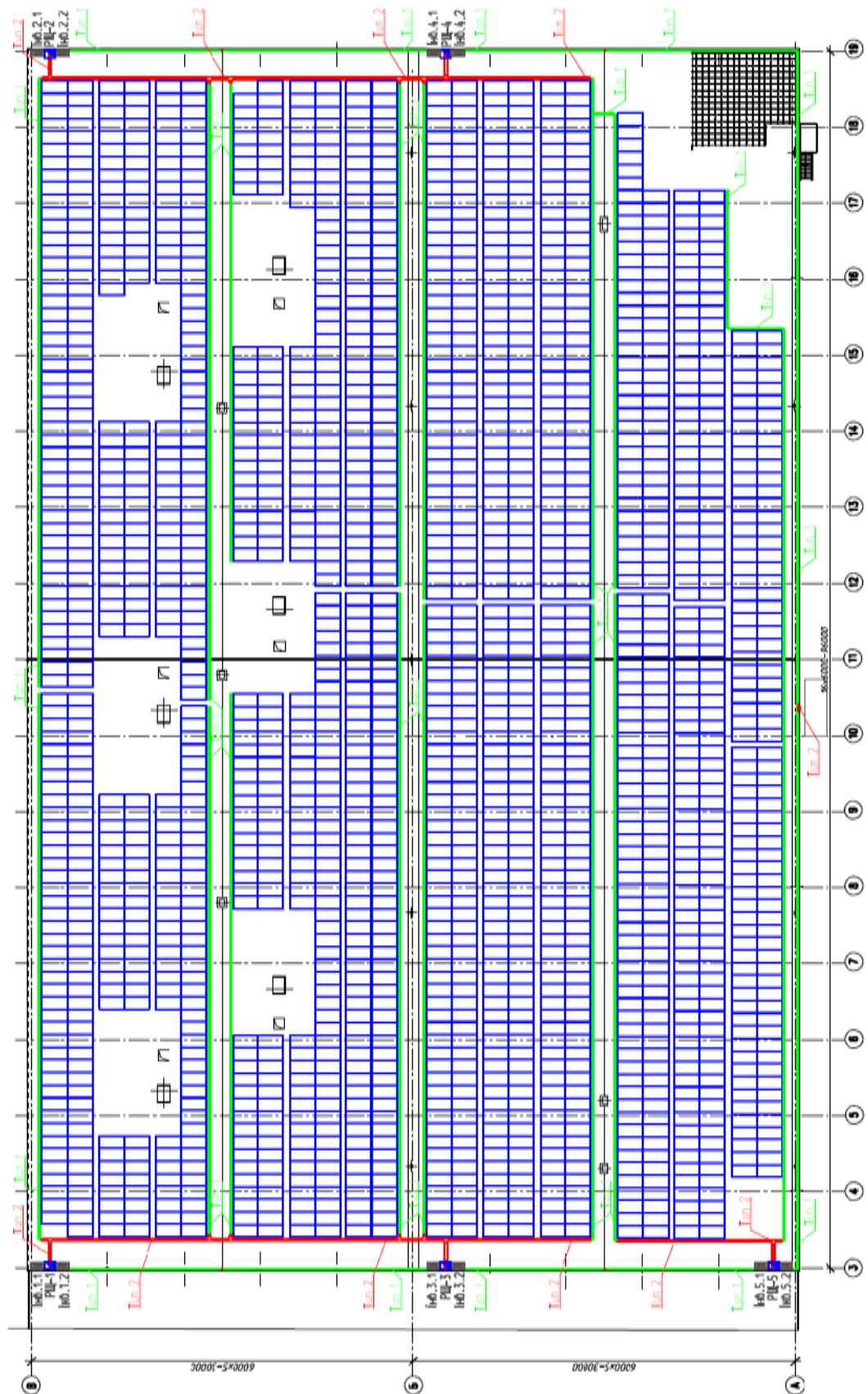


Рисунок Б.1 – План заводу KNESS PV та розташування обладнання

Продовження додатка Б

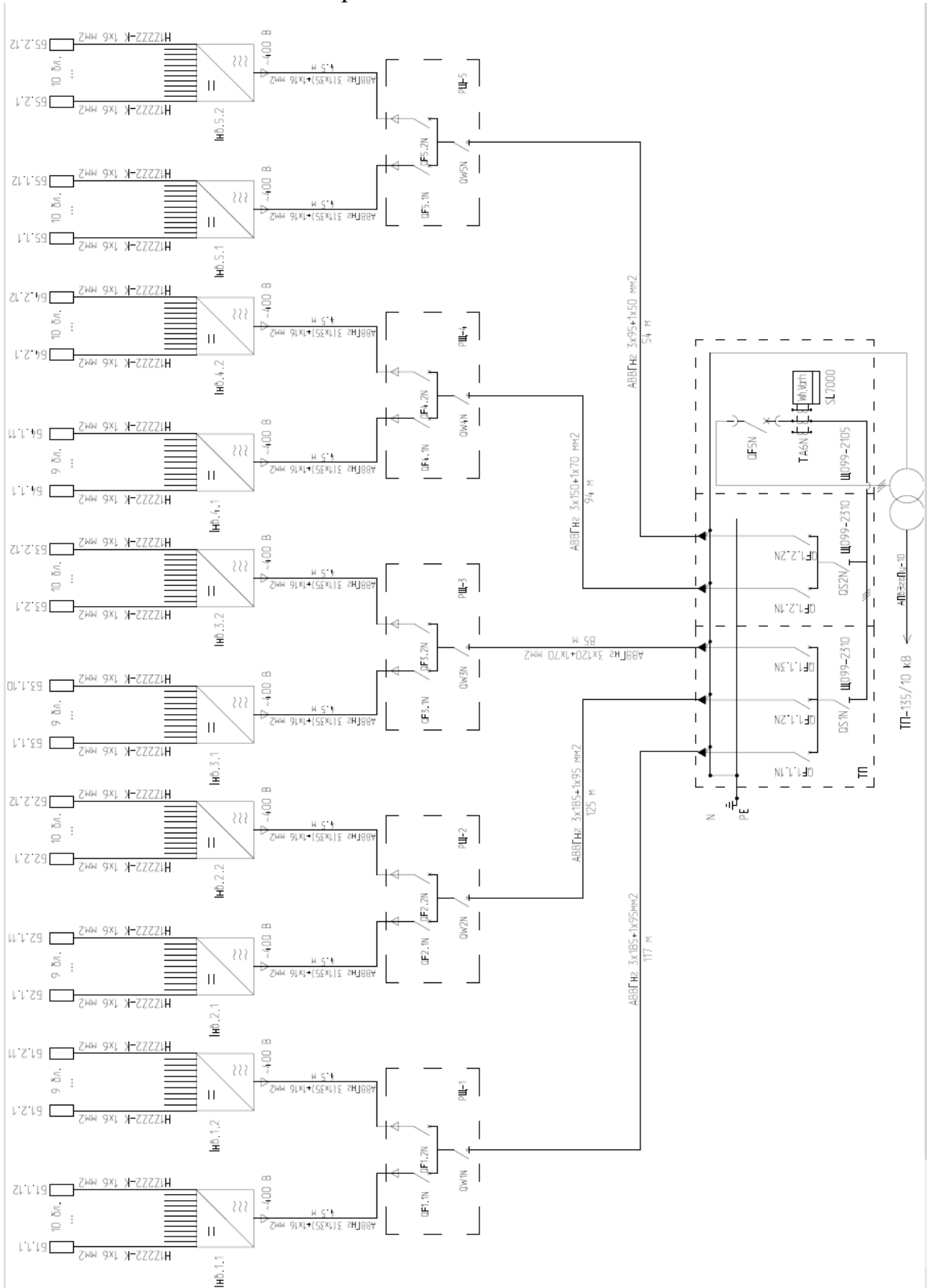


Рисунок Б.2 – Схема електропостачання підприємства

Продовження додатка Б

Таблиця Б.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
КТП	1000	1	600

Таблиця Б.2 – Відомості про кабельні лінії

Зведена відомість на силовий кабель									
№	Найменування монтажної одиниці	H1Z2Z2K		ABBГнз					
		1x6 (+)	1x6 (-)	3x(1x185)+1x95	3x(1x150)+1x70	3x(1x120)+1x70	3x(1x95)+1x50	1x35	1x16
1	Фотоелектричні модулі	5605	5605						
2	Стрінгові інвертора							150	50
3	РЩ			250	95	85	55		
4	КТП			250					
	Всього	5605	5605	500	95	85	55	150	50

Таблиця Б.3 – Обладнання

З/п	Найменування обладнання	Кількість
1	Фотоелектричні модулі типу SNRG-FR72-5BB-MONOPERC-375 W	897 шт.
2	Фотоелектричні модулі типу SNRG-FR72-5BB-MONOPERC-380 W	1012 шт.
3	Стрінгові інвертора типу SUN2000-60KTL-M0	10 шт.
4	Розподільчі щити (РЩ) типу EMITER UMO OS80x80+K	5 шт.
5	КТП 10/0,4 В	1 компл.

Таблиця Б.4– Потужність цехів підприємства

№	Цех	Sp, МВА	cos	Кількість змін	№ КТП
1	Виготовлення Панелей	3	0,95	3	1

Додаток Г

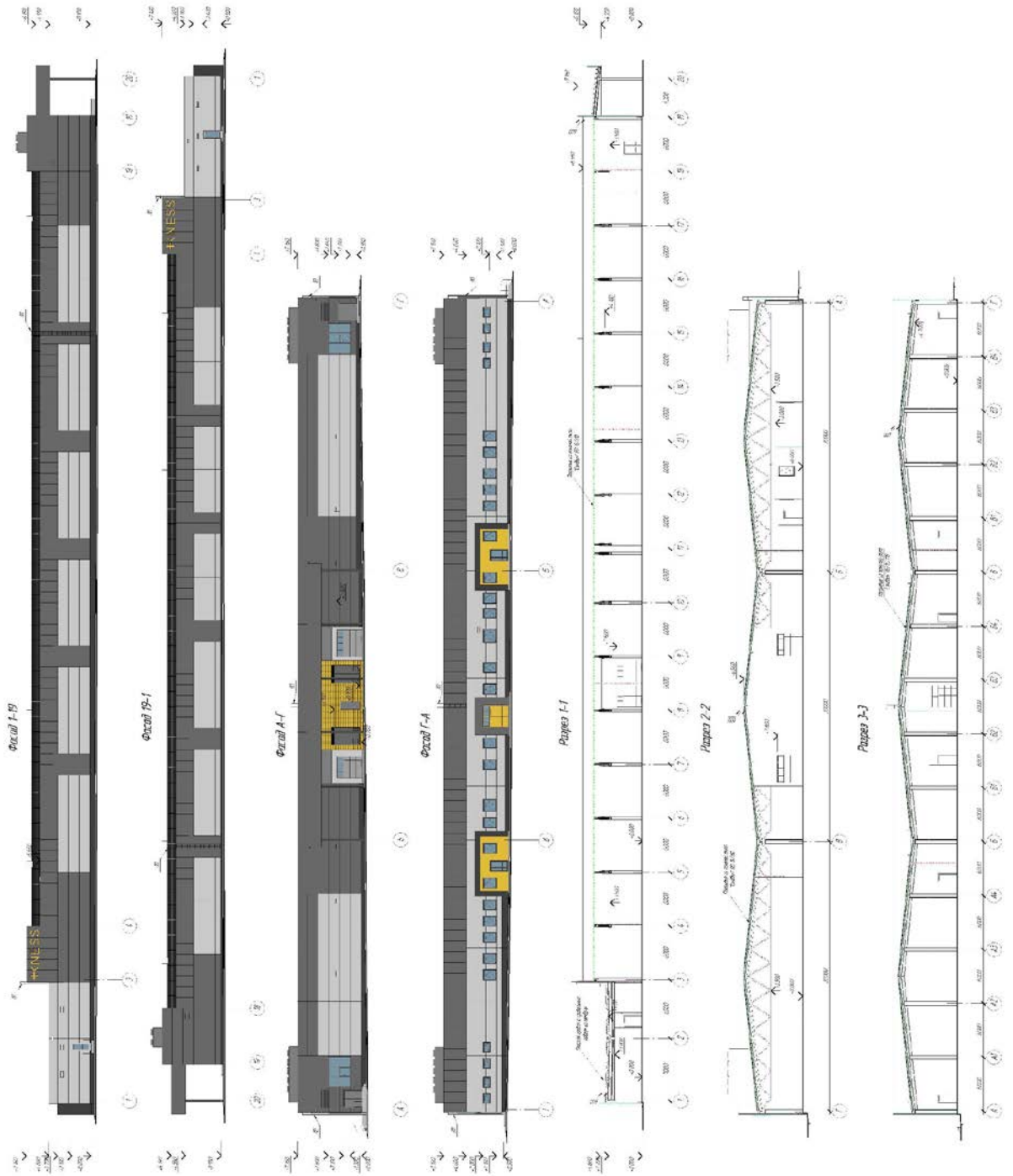


Рисунок Г.1 – Фасади, розрізи заводу «KNESS PV»

Продовження додатка Г

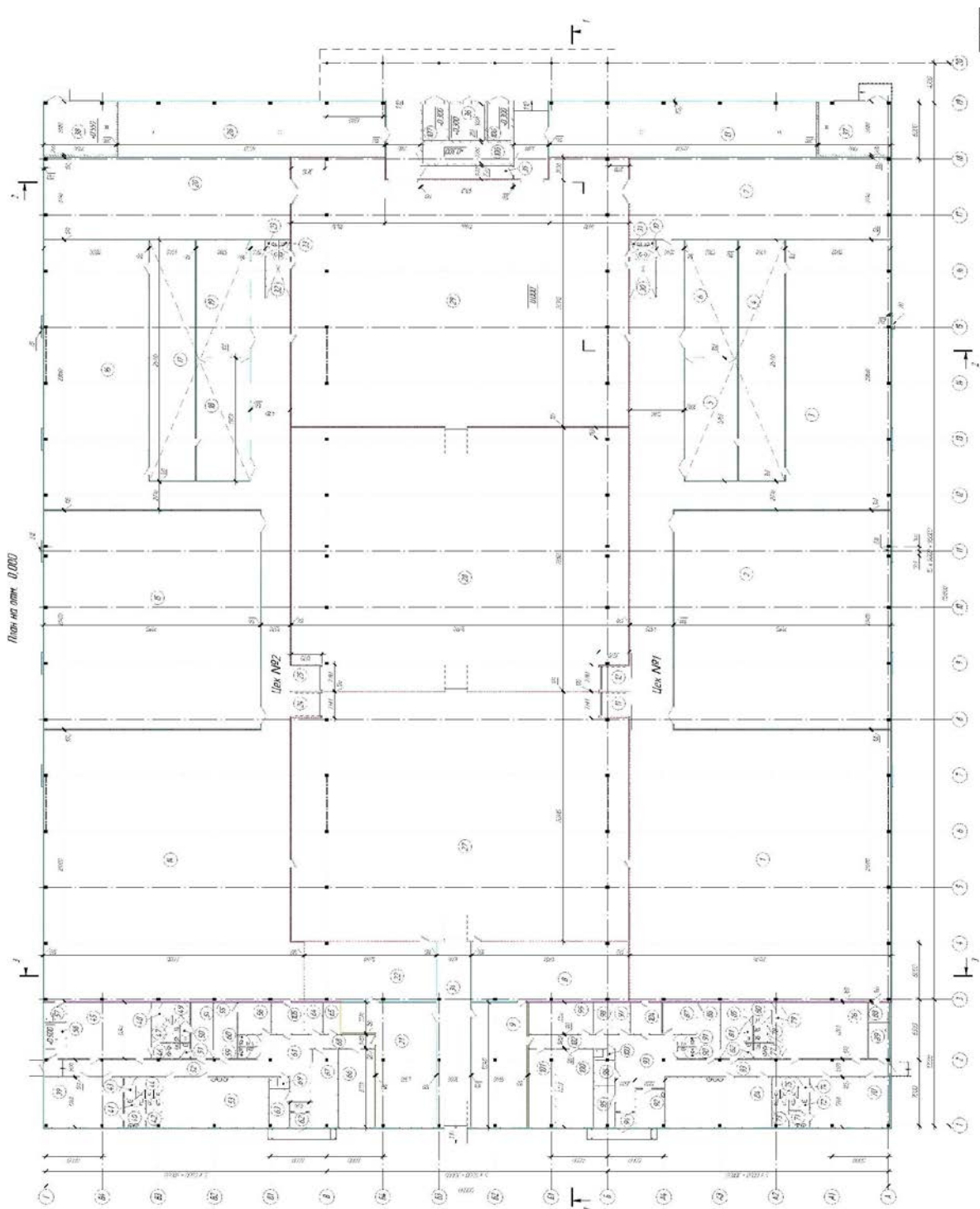


Рисунок Г.2 – План на відмітці 0,000

Продовження додатка Г

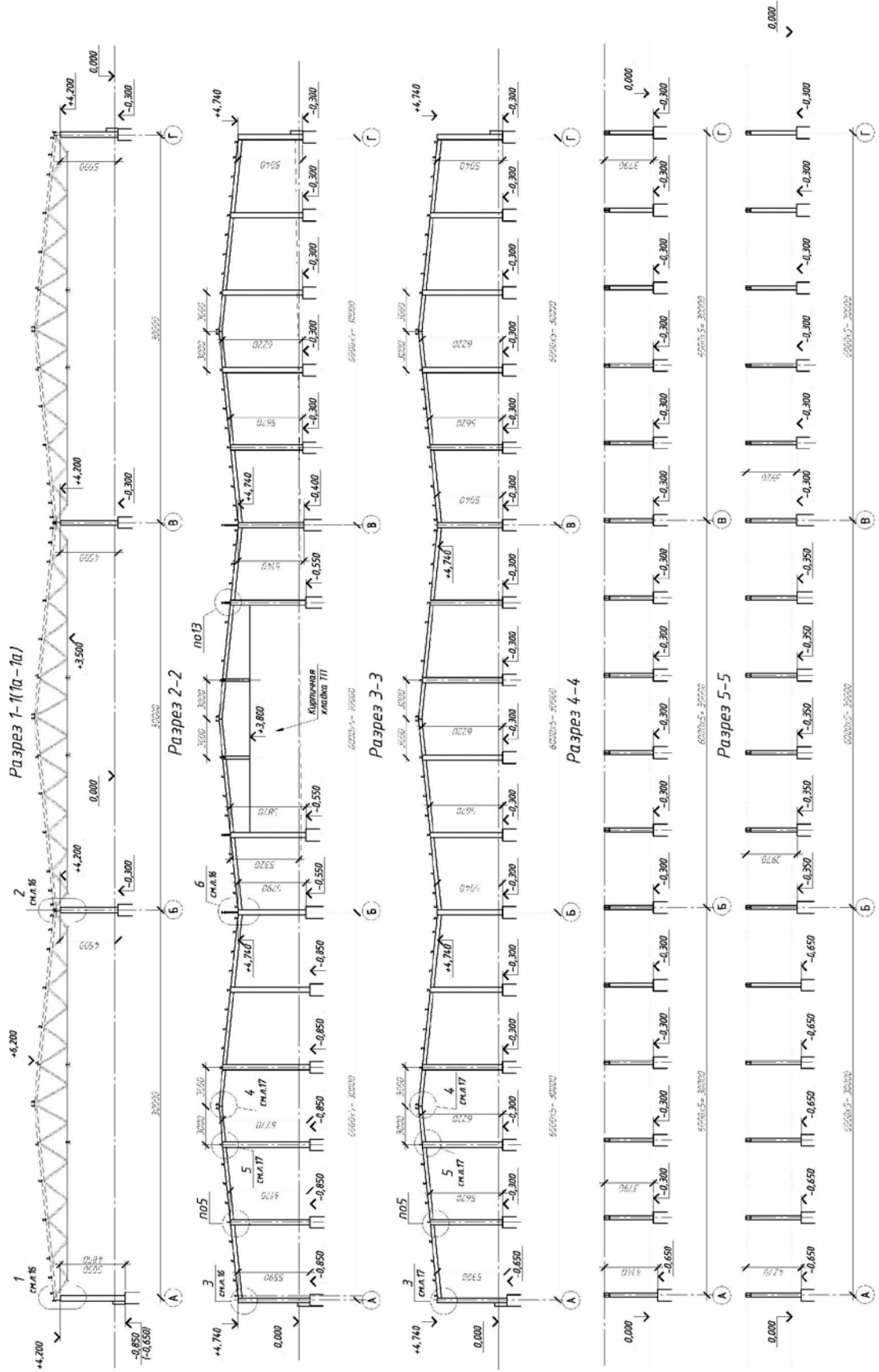


Рисунок Г.3 – Розрізи

Додаток Д
Матеріали роботи

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**На тему: РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З
ВПРОВАДЖЕННЯМ ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ МОДУЛІВ
ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «KNESS»
(ПОДІЛЬСЬКИЙ ЕНЕРГОКОНСАЛТИНГ), МІСТО ВІННИЦЯ**

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕСЕ-18м
Купик Є. Б.
Керівник: к.т.н., доц.
Шулле Ю. А.

Вінниця – 2019

1

Об'єкт дослідження: процеси генерації та споживання електричної енергії.

Предмет дослідження: встановлення фотоелектричної станції на даху підприємства.

Мета дослідження: поліпшення електропостачання підприємства та згладження його графіка навантаження за рахунок встановлення на ньому сонячних батарей.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- виконати розрахунок заживлення заводу з виробництва сонячних батарей;
- виконати розрахунок по встановленню сонячних батарей;
- виконати техніко-економічні розрахунки.

Наукова новизна роботи полягає у аналізі електропостачання підприємства KNESS PV та його поліпшенні за рахунок встановлення сонячних панелей.

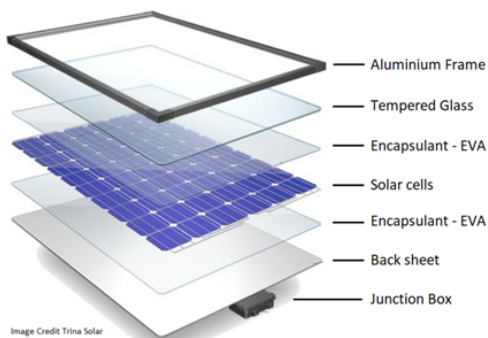
Практична цінність роботи полягає в розробці рекомендацій щодо поліпшення електропостачання підприємства за рахунок встановлення на ньому сонячних панелей.

Економічний ефект полягає в можливості зменшення витрат на оплату електричної енергії з мережі за рахунок енергії, виробленої СЕС.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було обговорено на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області у 2018, 2019 роках. За результатами опубліковані тези доповідей.

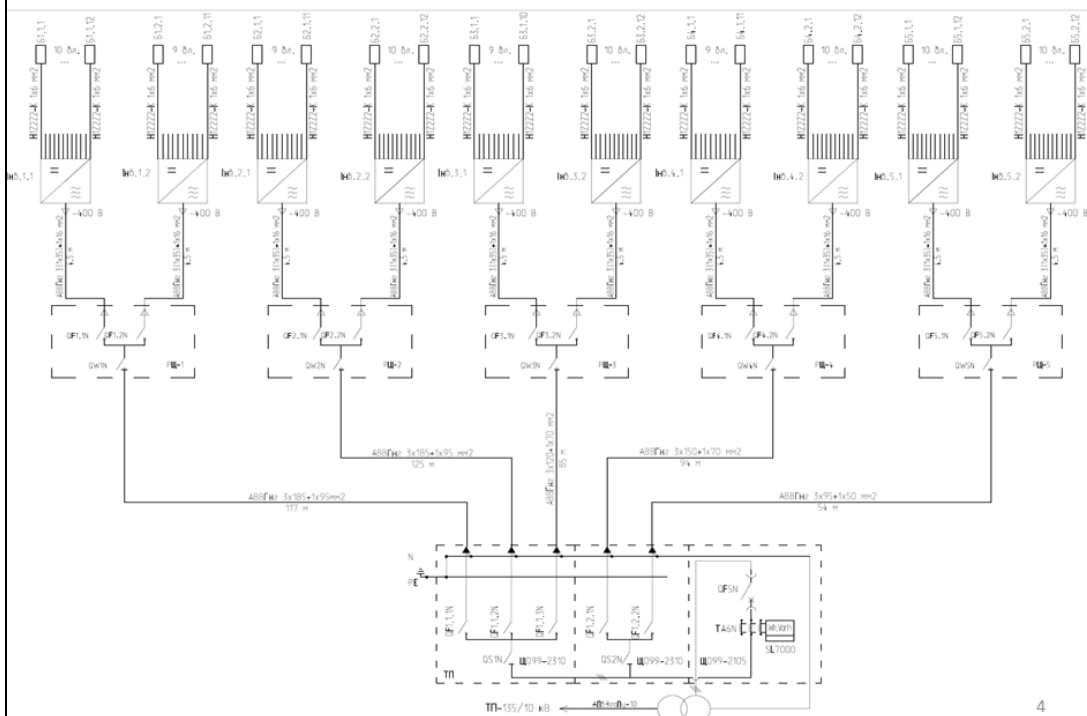
2

ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ СОНЯЧНОЇ ПАНЕЛІ



Процес виготовлення сонячних батарей починається з виробництва технічного кремнію. Для цього плавиться кварцовий пісок з-за впливу високих температур, потім з-за впливу хімічних реагентів відбувається процес синтезу. В результаті отримують технічний кремній, який потім перевіряють на наявність домішок, і якщо їх концентрація не більше 0,001%, то очищений кремній можна застосувати для виробництва сонячних батарей.

СХЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА



Продовження додатка Д

ЗАЖИВЛЕННЯ ЗАВОДУ KNESS PV ВІД ПС 110/10 КВ «ВЗТА» Ф-436 ДО ТП 10/0,4 КВ

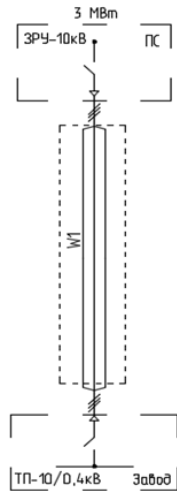


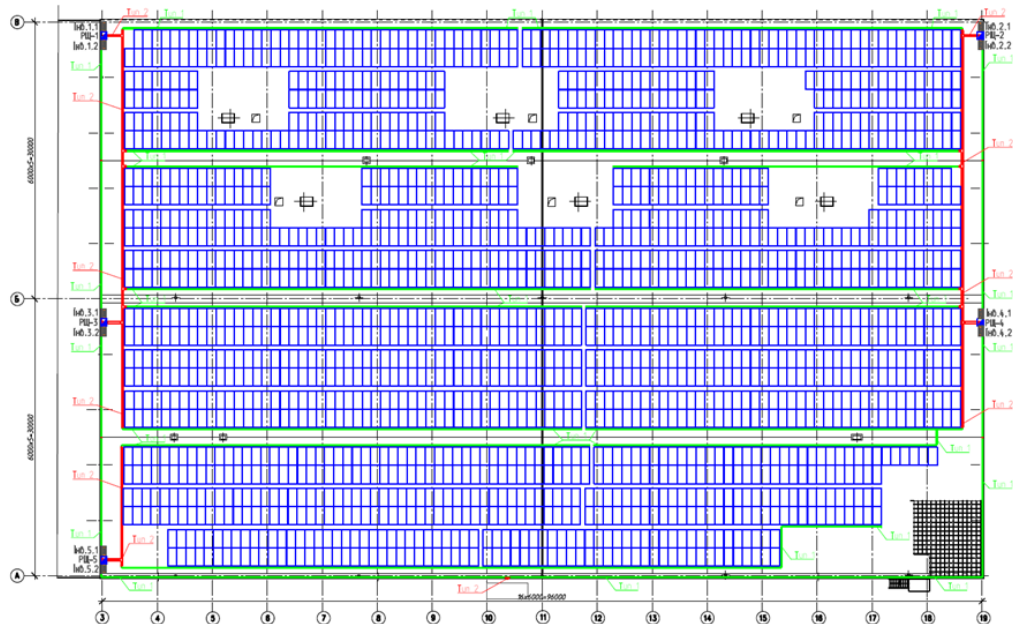
Рисунок 5.1 - Структурна схема передачі потужності по КЛ

До прокладання прийнято КЛ, яка складається з трьох одножильних кабелів, які укладаються по схемі «у трикутник» в землі. КЛ-10 кВ виконується з трьох одножильних кабелів в ізоляції із зшитого поліетилену із алюмінієвими струмопровідними жилами та мідним екраном кожна, марки АПвЭгаПу-15-1x120(г)/35:

- алюмінієва струмопровідна жила (А);
- ізоляція із зшитого поліетилену (Пв);
- мідний екран по ізольованій жилі (Э);
- повздовжня та поперечна герметизація екрану водоблокуючими матеріалами та алюмополімерною стрічкою (га);
- посилена зовнішня оболонка із поліетилену (Пу).

5

ПЛАН ЗАВОДУ KNESS PV ТА РОЗТАШУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ



6

Продовження додатка Д

ПРОЦЕС ГЕНЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Електрична потужність постійної напруги отримана з фотоелектричних модулів, одиничною потужністю 375 Вт та 380 Вт збирається по радіальній мережі до 1000 В в стрінгових інверторах. В інверторах відбувається перетворення потужності з постійної напруги в змінну. Від них вона збирається до розподільчих щитів (РЩ) по 2 інвертора на кожен РЩ. Кількість РЩ складає 5 шт. (5 шт. на два приєднання). Далі змінна напруга передається до КТП-0,4/10 кВ.

В світлу пору дня підприємство споживає електроенергію, що виробляється додатковим джерелом енергії, наприклад, автономною сонячною електростанцією. А в другу половину дня потрібно забезпечувати електропостачання підприємства із енергосистеми. Адже сонячна станція не в змозі забезпечити підприємство у темну пору доби. А саме, якщо підприємству потрібно спожити більше енергії чим виробляє сонячна станція, то за допомогою реле навантаження, відбувається автоматичне споживання електроенергії із енергосистеми.

7

ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ З БУДІВНИЦТВА ФЕС

Таблиця 8.1 – Відомості про обладнання, що прийняті до установки

№ З/п	Найменування обладнання	Кількість
1	Фотоелектричні модулі типу SNRG-FR72-5BB-MONOPERC-375 W	897 шт.
2	Фотоелектричні модулі типу SNRG-FR72-5BB-MONOPERC-380 W	1012 шт.
3	Стрінгові інвертора типу SUN2000-60KTL-M0	10 шт.
4	Розподільчі щити (РЩ) типу EMITER UMO OS80x80+K	5 шт.
5	КТП 10/0,4 В	1 компл.

Таблиця 8.2 – Основні техніко-економічні показники об'єкту

№ З/п	Найменування показника	Показник
1	Найменування об'єкту	Будівництво ФЕС на даху будівлі заводу по виготовленню сонячних панелей
2	Місце розташування об'єкту	Вінницька обл., м. Вінниця вул. С.Зулінського б/н
3	Кількість змін	одна
4	Встановлена потужність станції	600 кВт
5	Сумарна пікова потужність фотоелектричних модулів	720,935 кВт
6	Загальна кількість працюючих	2 чоловіка в зміні, з яких: охорона - 0 чол.; оперативний персонал - 2 чол.
9	Тривалість будівництва	2 місяці
11	Розрахунковий річний виробіток електроенергії	0,6871 млн.кВт.г
12	Річна потреба об'єкта в ресурсах на технологію	відсутня
13	Загальна кількість будівель, що використовується для встановлення фотоелектричних модулів	1 шт.

8

Продовження додатка Д

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ

Таблиця 9.1 – Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	2508000	кВт·год.
Річне споживання електроенергії із втратами	E	2545533,25	кВт·год.
Плата за електроенергію	Π_r	5091066,5	грн.
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_p	1436745,6	грн.
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	6527812,1	грн.
Собівартість електроенергії	S	260,28	коп/кВт·год.

9

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі було досліджено завод з виготовлення сонячних панелей, був розглянутий варіант його заживлення від сонячних панелей і тим самим зменшити витрати на електроенергію. Здійснено аналіз заводу «KNESS PV», було досліджено технологічний процес заводу, розроблене техніко-економічне обґрунтування щодо доцільності будівництва дахової ФЕС.

Було виконано заживлення заводу від ПС 110/10 кВ «ВЗТА» Ф-436 до ТП 10/0,4 кВ, для того щоб забезпечити електропостачання заводу при неможливості споживання електроенергії із дахової ФЕС. Були проведені розрахунки щодо вибору кабеля, розроблені умови його прокладання в ґрунті та пораховано тривалість будівництва КЛ. Передбачено вибір кабельних муфт, а саме: кінцевих та з'єднувальних.

Розроблено план щодо організації встановлення сонячних панелей на даху заводу. Було проведено розрахунок щодо вибору обладнання та його кількості, його місце встановлення. Проведені розрахунки необхідні для вибору електротехнічного обладнання та було перевірено вибране обладнання; виконано перевірку граничної вимикаючої здатності, перевірено чутливість захистів, проведено розрахунок параметрів блоків фотогальванічних панелей та виконаний розрахунок втрат напруги в лініях.

Були проведені розрахунки з економічної точки зору, тобто розраховано всі витрати при будівництві дахової ФЕС та подальшому її обслуговуванні, були пораховані заробітні плати всього персоналу та затрати на весь матеріал для будівництва ФЕС. Розглянуті питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

10