

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:

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА
ОСНОВІ ФОТОВОЛЬТАІЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ПІДПРИЄМСТВІ
ПО ПЕРЕРОБЦІ ДЕРЕВИНИ СЕЛИЩА МІСЬКОГО ТИПУ
СЛОВЕЧНО ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

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

(шифр і назва)

Освітня програма «Електротехнічні системи
електроспоживання»

(назва)

Гриб А. М.

(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 ЕСЕЕМ
д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

«___» _____ 2019р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Грибу Андрію Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ПІДПРИЄМСТВІ ПО ПЕРЕРОБЦІ ДЕРЕВИНИ СЕЛИЩА МІСЬКОГО ТИПУ СЛОВЕЧНО ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

керівник роботи Шулле Юлія Андріївна, доцент, к.т.н.

затвердені наказом по ВНТУ від «02» 10 2019 року, № 254

2. Строк подання студентом роботи «03» 12 2019 року.

3. Вихідні дані: генплан підприємства; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення, їх віддаленість (Додаток Б).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

АНОТАЦІЯ

ВСТУП

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

2. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

3. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ
ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

ВИСНОВКИ

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

5. Перелік графічного матеріалу: генплан підприємства; схема організації кабельних зв'язків у блоках фотоелектричних модулів; матеріали роботи.

6. Консультанти розділів роботи

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Відомості про підприємство	04.09.2019	виконано
2	Розрахунок системи електропостачання	07.10.2019	виконано
3	Удосконалення системи електропостачання на основі фотовольтаїчних панелей	15.10.2019	виконано
	Вибір фотоелектричного обладнання та комплектуючих	30.10.2019	виконано
	Вибір кабельних зв'язків до 1000 В	13.11.2019	виконано
4	Економічна частина роботи	22.11.2019	виконано
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	29.11.2019	виконано

Студент

_____ (підпис)

Гриб А.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Шулле Ю.А.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гриб А. М. Удосконалення системи електропостачання на основі фотовольтаїчних панелей на підприємстві по переробці деревини селища міського типу Словечно Житомирської області. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ФЕЕЕМ. Кафедра ЕСЕЕМ. – Вінниця: ВНТУ, 2019– 121 с.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі було розраховано електричне навантаження підприємства з переробки деревини в смт. Словечно, Житомирської області за допомогою систем автоматизованого проектування. Побудована схема живлення мережі підприємства і здійснений вибір автоматичних вимикачів та провідників заводської мережі, вибір та місце розташування цехових трансформаторних підстанцій. Розроблено заходи з удосконалення системи електропостачання: шляхом встановлення фотовольтаїчних панелей на покрівлях цеху та складів підприємства. Виконано розрахунки з економіки та розроблені норми з охорони праці і безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: електропостачання, кабельна лінія, трансформаторна підстанція, розподільчий пункт, фотовольтаїчні панелі, удосконалення, відновлювальні джерела, автоматичний вимикач, мережа.

ANMERKUNG

Grib A.M. « Verbesserung des Stromversorgungssystems auf Photovoltaik-Basis bei einem holzverarbeitenden Unternehmen einer städtischen Siedlung Slovetschne Zhytomyr Gebiet. Masterstudiengang im Fach 141 - Elektrik, Elektrotechnik und Elektromechanik. FEEEM. ESEEM-Vorsitz Winniza: VNTU. 2019.- 121 p.

In dieser Master-Qualifizierungsarbeit wurde die elektrische Belastung des holzverarbeitenden Betriebes im Ort berechnet. Mündlich die Region Schytomyr mit Hilfe von Computer Aided Design. Der Stromversorgungskreis des Unternehmens wurde aufgebaut und die Auswahl der Leistungsschalter und Leiter des Werksnetzes sowie die Auswahl und der Standort der Umspannwerke der Ladengeschäfte getroffen. Maßnahmen zur Verbesserung des Stromversorgungssystems wurden entwickelt: durch die Installation von Photovoltaikmodulen auf den Dächern des Geschäfts und der Lager des Unternehmens. Wirtschaftliche Berechnungen wurden durchgeführt und Arbeitsschutzstandards entwickelt.

Stichwort: Stromversorgung, Kabel, Umspannwerk, Schaltanlage, Photovoltaik-Module, Erweiterungen, erneuerbare Energien, Leistungsschalter, Netzwerk

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	11
1.1 Короткий опис технологічних процесів.....	11
1.2 Відомості про споживачів енергії та їх характеристика	13
1.3 Техніко – економічне обґрунтування роботи.....	14
Висновок по розділу 1.....	15
2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	16
2.1 Створення бази загальних даних на робочому листі Excel	16
2.2 Автоматизація технічних проектних розрахунків	18
2.3 Розрахунок кількості, потужності та місця розташування ЦТП.....	20
2.4 Розрахунок оптимально перерізу живлячої лінії 10 кВ	27
2.5 Визначення струму короткого замикання за законом Ома з урахуванням еквівалентного опору системи	32
2.6 Визначення оптимальних перерізів КЛ 10 кВ.....	34
2.7 Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП за критерієм мінімуму затрат в СЕП	36
2.8 Визначення оптимальної потужності компенсувальних пристроїв 0,38 кВ за критерієм мінімуму затрат в СЕП	40
Висновок до розділу 2.....	45
3 УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ ПАНЕЛЕЙ.....	47
3.1 Коротка характеристика об'єкту та його склад	47
3.2 Основні техніко-економічні показники об'єкту та показники генерального плану, інженерних мереж і комунікацій.....	48
3.3 Відомості про інженерний захист території об'єкту	50
3.4 Електротехнічне обладнання	52
3.5 Кабельні зв'язки до 1000 В	58
Висновок до розділу 3.....	61

4	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	62
4.1	Мета розрахунків та характеристика вихідних даних.....	62
4.2	Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання.....	64
4.3	Розрахунок поточних витрат. Розрахунок потреби в робочій силі.....	66
4.4	Розрахунок витрат по заробітній платі	69
4.5	Планування вартості матеріалів, що витрачаються.....	74
4.6	Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат.....	77
4.7	Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	78
4.8	Розрахунок собівартості електроенергії	82
4.9	Прийняття інноваційних рішень та розрахунок їх ефективності.....	84
	Висновок по розділу 4.....	87
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	88
5.1	Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	89
5.1.1	Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	89
5.1.2	Електробезпека	92
5.2	Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	96
5.2.1	Мікроклімат	96
5.2.2	Склад повітря робочої зони.....	97
5.2.3	Виробниче освітлення.....	98
5.2.4	Виробничий шум.....	100
5.2.5	Виробнича вібрація	102
5.2.6	Психофізіологічні фактори	104
5.3	Безпека у надзвичайних ситуаціях	105
5.3.1.	Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи електропостачання деревообробного підприємства в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	105
5.3.2	Дослідження стійкості роботи системи	107
	Електроспоживання на підприємстві по переробці деревини в смт. Словечно в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	107

5.3.3 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання деревообробного підприємства в умовах дії електромагнітного імпульсу	110
5.3.4 Розробка заходів з підвищення стійкості роботи системи електроспоживання деревообробного підприємства в умовах НС.....	113
Висновок до розділу 5.....	116
ВИСНОВКИ.....	117
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	119
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. В даній магістерській кваліфікаційній роботі виконується розробка та удосконалення системи електропостачання на основі фотовольтаїчних панелей на підприємстві по переробці деревини селища міського типу Словечно, Житомирської області. Сучасний світ починає стрімкий та рішучий рух до альтернативних джерел енергії та відповідної системи електропостачання підприємств. Галузі деревообробної промисловості, на півночі нашої держави є основоположними підприємствами для більшості районів та громад. Саме на території Полісся, підприємства повністю перебувають у залежності від енергосистеми.

На даний час, епоха ядерної енергетики та вугільної промисловості добігає кінця. Натомість відновлювана генерація розвивається та захоплює ринок. Такого висновку дійшли у Докладі про стан атомної енергетики у світі за 2019.

- Сонячні та вітряні станції лише за минулий рік зросли на 18% та 29% відповідно. АЕС збільшили обсяги на 2,4%.

- У 31 країні світу діє 417 атомних реакторів. Із них 272 реактора працюють понад 30 років, тобто протягом 10 років їх необхідно буде вивести з експлуатації.

- 28 реакторів відключено лише у 2019. Атомна енергетика вже неконкурентоспроможна з чистими джерелами. За останнє десятиліття вартість сонячної енергії знизилася на 88%, вітряної – на 69%. У той час як вартість атомної енергії зросла на 23%.

Для запуску нових АЕС треба 5 – 17 років. Сонячні чи вітряні станції будуються та окупаються значно швидше. Всі ці числа – ще один аргумент на користь чистої генерації [26].

Мета і задачі дослідження. Основною метою роботи є оптимізація та удосконалення споживання енергетичних ресурсів і підвищення надійності СЕП промислового підприємства за рахунок фотовольтаїчних панелей.

Енергетична незалежність та прогнозованість виробництва продукує перспективне майбутнє підприємства та галузі в цілому.

Вже сьогодні в Україні кількість СЕС у домогосподарствах населення зростає. Відповідно, станом на 1 жовтня 2019 українці встановили 345 МВт приватних сонячних потужностей. За рік 14 790 домогосподарств із СЕС генерують 400 000 000 кВт/год чистої енергії. Цього достатньо для забезпечення електрикою 134 000 осель, такі дані оприлюднили в Держенергоефективності [26].

Основні задачі даної роботи проявляються у найбільш ефективному та економічно обґрунтованому виборі схем електропостачання підприємства та його удосконаленні на основі фотовольтаїчних панелей, підборі комутаційно-захисної апаратури та провідників. Для вирішення даних задач:

- в першому розділі наводяться відомості про підприємство, відомості про споживачів енергії та їх характеристика, а також техніко-економічне обґрунтування роботи;
- другий розділ присвячений розрахунку системи електропостачання підприємства;
- в третьому розділі проводиться розробка удосконалення системи електропостачання на основі фотовольтаїчних панелей на підприємстві, що дозволить частково бути незалежними від енергосистеми;
- в четвертому розділі проводиться розрахунок економічної складової роботи деревообробного підприємства;
- в п'ятому розділі розглянуті питання охорони праці;

Об'єктом дослідження є процес споживання електричної енергії на підприємстві по переробці деревини в смт Словечно, Житомирської області.

Предметом даної роботи є конкретні методи та засоби, що використовуються для якісного та раціонального розрахунку системи електропостачання та удосконалення даного підприємства, виборі схем його заводських мереж та підборі відповідних пристроїв автоматики та релейного

захисту. Ще однією складовою є використання сучасних технологій САПР для проектування енергоефективних СЕП.

Методи дослідження. Для аналізу та розрахунку поставлених завдань в магістерській роботі використано елементи математичної статистики. Відповідно виконана робота базується на теоретичних основах електротехніки, теорії електричних систем, теорії електропостачання, методах та теорії прийняття проектних рішень. Використані такі програмні продукти як MS Excel, MS MathCad.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в удосконаленні системи споживання енергетичних ресурсів і підвищенні надійності СЕП промислового підприємства за рахунок фотовольтаїчних панелей, а також впровадження нових технічних рішень та розробок енергетичного обладнання.

Практичне значення одержаних результатів. Здійснення запропонованих у роботі заходів дозволить:

- удосконалити систему електропостачання на основі фотовольтаїчних панелей;
- суттєво підвищити енергоефективність промислового підприємства;
- реально забезпечити постійне зниження витрат на енергетичні ресурси;
- отримати часткову незалежність від енергосистеми;
- зменшити шкідливі викиди в атмосферу;
- удосконалити та покращити процес прийняття рішень в питаннях контролю енергоспоживання.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Основні теоретичні положення та найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було обговорено на трьох науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ у 2018, 2019 роках. За результатами опубліковані 3 тези доповідей [30-32].

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Короткий опис технологічних процесів

Основним видом діяльності підприємства по переробці деревини є виконання замовлень великих фірм та заводів на готову оброблену деревину. Також підприємство виготовляє на замовлення бруси, дошки, вагонку різних розмірів та видів, а також має власний столярний цех де виготовляє меблі на замовлення різних торгових представництв. Це підприємство середньої енергоємності.

Розвиток підприємства розпочався 17 років тому у смт. Словечне, на території колишнього ремонтного заводу великої сільськогосподарської техніки, що будувався ще за радянських часів, інвестори за декілька років зробили потужний комплекс з обробки деревини та вивели підприємство у лідери деревообробної галузі Словечанської ОТГ.

На сьогодні підприємство провідний виробник різних пило-матеріалів (бруси, дошки, вагонка для облицювання фасадів, тирсоблоки для опалення, та багато іншої продукції).



Рисунок 1.1– Площадки для складування необробленої сировини

Територія підприємства розміщена у східній частині селища, у двох кілометрах від центру смт. Словечне, і в 16 кілометрах від залізниці. Станом на вересень 2019 року на деревообробному підприємстві перероблено 8439 м³ деревини, в тому числі лісоматеріалів круглих 6832 м³, техсировини – 1241 м³, дров 366 м³. Виготовлено пиломатеріалів – 2302 м³, пиломатеріалів обрізних сухих- 170 м³, заготовок для євро піддонів – 1999 м³, паливних пакетів - 4183 м³, дров колотих- 332 м³.



Рисунок 1.2 – Склад тимчасового зберігання цінних порід деревини

Безперебійну та якісну роботу підприємства забезпечує 49 висококваліфікованих спеціалістів, що мають багаторічний досвід роботи в деревообробній галузі. Тому сьогодні підприємство – це велика частина об'єднаної громади Словечно.

Великим резервом для збільшення випуску лісопродукції деревообробною промисловістю, вважалося, була масова переробка деревних відходів і низькосортної деревини. До моменту організації підприємства низькосортну деревину використовували тільки в якості палива. Відходи деревообробки йшли частково для виготовлення виробів ширвжитку, але основну частину їх також спалювали для вироблення технологічної води для опалення цехів.

1.2 Відомості про споживачів енергії та їх характеристика

Генеральний план підприємства по переробці деревини подано на рис. 1.3.

Відстань від підприємства до живлячої підстанції енергосистеми 1 км.

Потужність КЗ зі сторони 10 кВ живлячої підстанції складає $S_{КЗ}=50$ МВА.

Вхідна реактивна потужність складає $Q_{вх}=174$ квар.

Час використання максимального навантаження $T_M=5000$ год/рік.

Час максимальних втрат складає $\tau_m=3410,93$ год/рік.

Тариф за активну електроенергію $t=2,00$ грн/кВт*год.

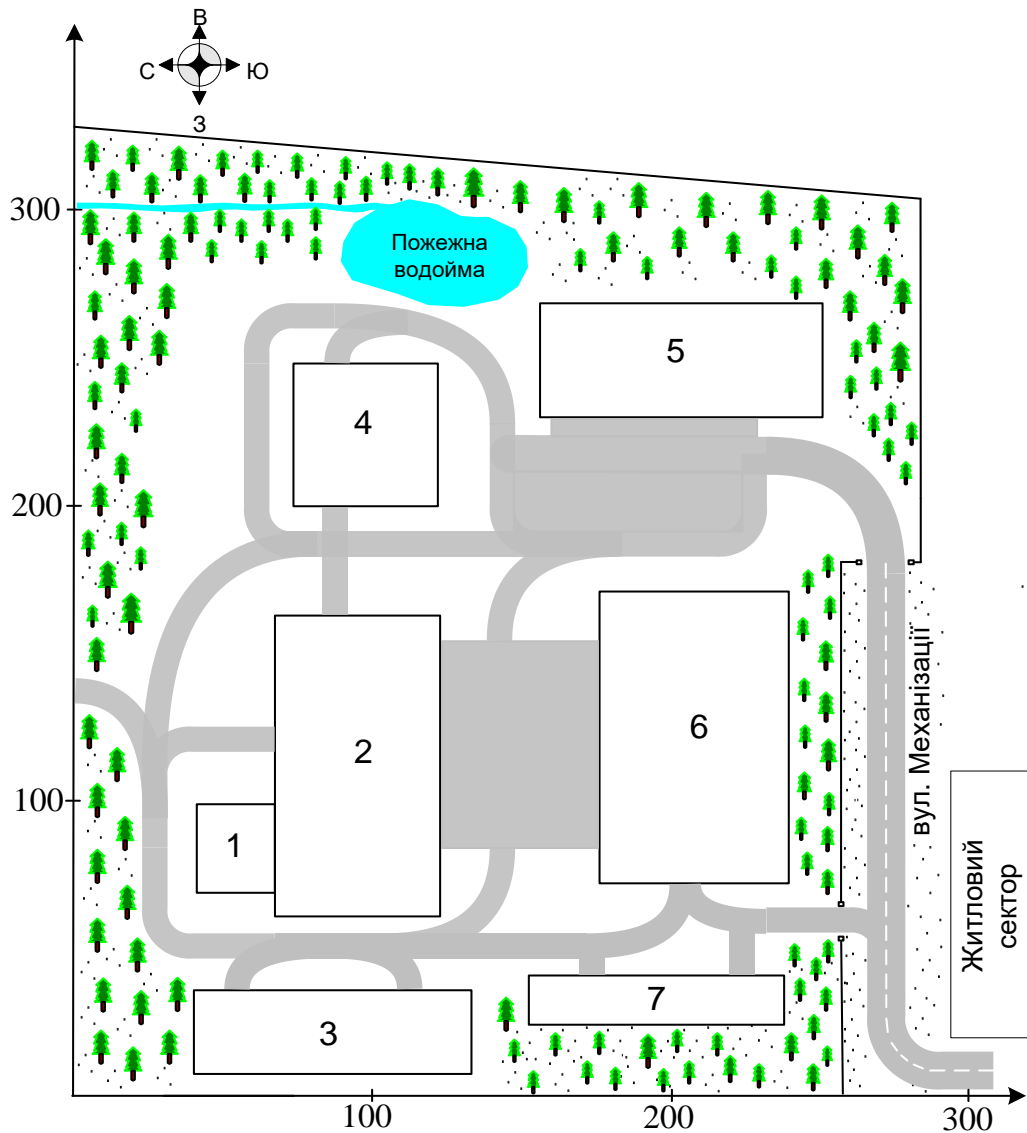


Рисунок 1.3 – Генеральний план підприємства

Таблиця 1.1 – Умовні позначення та потужності електроприймачів

№ на плані	Назва цеху	Р _н , кВт
1	Котельня	110
2	Виробничий корпус	400
3	Цех первинної обробки сировини №1	280
4	Цех первинної обробки сировини №2	400
5	Склад обробленої сировини	80
6	Склад готової продукції	110
7	Механічний цех	220

1.3 Техніко – економічне обґрунтування роботи

Станом на сьогодні техніко-економічне обґрунтування роботи базується на проведенні попереднього економічного аналізу, що дасть змогу підтвердити 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: $V = 397,5$.
- 2.Середньооблікова чисельність персоналу: $Ч = 45$ чол.
- 3.Нарахування на соціальні потреби, %: $C_{п} = 38\%$.
- 4.Середньомісячна зарплата одного працівника, грн/міс: $З_{м} = 10800$ грн/міс.
- 5.Питома вага заробітної плати в собівартості продукції: $d = 10\%$.
- 6.Первісна або балансова вартість основних фондів, млн. грн.: $\Phi = 2240$.
- 7.Нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень $E_{н} = 0,1$.
- 8.Нормативний термін окупності $T_{он} = 10$ років.

Існуюча система електропостачання підприємства разом з системою водопостачання, зв'язку, опалення і системою стислого повітря знаходяться в основі створення виробничого процесу . Відсутність відповідно цих систем призводить до абсолютної неможливості виробництва продукції і виробничої діяльності підприємства в цілому. Тому на стадії техніко-економічне

обґрунтування системи електропостачання є відповідно тотожним техніко-економічному обґрунтуванню будівництва даного об'єкту.

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

$$Z_{пл} = Z_M \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 10800 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,1296 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Повна собівартість продукції, C :

$$C = \left(1 + \frac{C_n}{100}\right) \cdot \frac{Z_{пл} \cdot T}{d} = \left(1 + \frac{38}{100}\right) \cdot \frac{0,1296 \cdot 45}{10 \cdot 10^{-2}} = 80,48 \text{ (млн. грн/рік)}.$$

Балансовий прибуток Π :

$$\Pi = B - C = 397,5 - 95,7 = 317,02 \text{ (млн. грн/рік)}.$$

Розрахунковий термін окупності

$$T_{ор} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{2240}{317,02} = 7,06 \text{ (років)}.$$

Оскільки $T_{ор} < T_{он} \equiv 7,06 < 10$, то робота є економічно обґрунтованою.

Висновок по розділу 1

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи розглянуто історію підприємства, проведено аналіз характеристик технологічних процесів підприємства, наведено відомості про електричні навантаження підприємства, виконано техніко-економічне обґрунтування роботи.

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Створення бази загальних даних на робочому листі Excel

На робочому листі табличного процесора MS Excel під назвою «БД» створена база даних. База загальних даних на листі EXCEL зображена на рис. 2.1.

ЗАГАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ПРОЕКТУ						
5	Довжина лінії живлення, км			L= 1	K5:= L	
6	Номинальна напруга мережі в точці КЗ, кВ			U= 10	K6:= U	
7	Потужність КЗ в характерній точці джерела живлення, МВА			S _{кз} = 50	K7:= S _{кз}	
8	Вхідна реактивна потужність на одну лінію живлення, кВАр			Q _{вх} = 244	K8:= Q _{вх}	
9					Q _{вх} : = 0,3*P _{сум}	
10	Час використання максимального навантаження, год			T _м = 3000	K10:= T _м	
11	Час максимальних втрат, год			τ= 1574,84	k11:= τ	
12	Тариф за активну електроенергію, грн/кВт*год			t= 2,00	K12:= t	
13	Питома вартість втрат, грн/кВт			В _о = 3149,68	k13:= В _о	
14	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень			Е _е = 0,1	K14:= Е _е	
15						
16	Відрахування на амортизацію			Е _а , %	Т _с , років	
17	ПЛ 0,4-10 кВ на з. б. опорах			3%	33	
18	на дерев'яних опорах			6%	17	
19	КЛ 6-10 кВ із свинцевою оболонкою			2%	50	
20	алюмінієвою оболонкою			4%	50	
21	пластмасовою оболонкою			5%	25	
22	ТП 10-750 кВ - електрообладнання			4,4%	23	H20:=Е _а _k1
23	ТП в цілому			3,6%	---	H17:=Е _а _pl
24	Мачтові ТП та КТП 6-35 кВ			6,6%	16	H23:=Е _а _ТП

Рисунок 2.1 – База загальних даних

Створюємо аналогічно базу технічних та економічних даних силових трансформаторів на тому ж листі Excel «БД» (рис. 2.2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
28	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРІВ															
29																
30	Параметри трансформаторів 10 кВ															
31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A34:A42:= St					
32	S _т	U _{нт}	D _{Рхх}	D _{Рк}	I _{хх}	U _к	R _г	X _г	K _{т1}	K _{т2}	B34:B42:= Unt					
33	кВА	кВ	кВт	кВт	%	%	Ом	Ом	тис. грн	тис.грн	C34:C42:= dP_хх					
34	63	10	0,24	1,28	2,8	4,5	32,25	63,73	88,70	215,51	D34:D42:= dPк					
35	100	10	0,33	1,97	2,6	4,5	19,70	40,46	99,83	228,85	E34:E42:= Iхх					
36	160	10	0,51	3,1	2,4	4,5	12,11	25,38	113,36	246,26	F34:F42:= Uк					
37	250	10	0,74	4,2	2,3	4,5	6,72	16,70	132,23	268,79	G34:G42:= Rт					
38	400	10	0,95	5,9	2,1	4,5	3,69	10,63	156,49	322,61	H34:H42:= xt					
39	630	10	1,31	8,5	2	5,5	2,14	8,46	183,47	358,94	I34:I42:= Kт1					
40	1000	10	2,1	10,5	1,4	6	1,05	5,91	213,84	423,52	J34:J42:= Kт2					
41	1600	10	2,8	18	1,3	5,5	0,70	3,36	250,81	526,50	Rт=dPк*(Uнт^2)*1000/(St^2)					
42	2500	10	3,85	23,5	1	6,5	0,38	2,57	293,83	602,39	xt=(КОРЕНЬ((Uк/100)^2-(dPк/St)^2)*Uнт^2*1000)/St					

Рисунок 2.2 – База економічних та технічних даних силових трансформаторів 10кВ

На тому ж листі Excel «БД» створюємо базу технічних та економічних даних проводів ПЛ та КЛ (рис. 2.3, рис. 2.4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
45	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛ											
46												
47	АС; АПС; АСК; АПСК; АСКП; АПСКП; АСКС; АПСКС											
48	1	2	3	4	5	6	7					
49	Пере- різ, мм ²	Діа- метр, мм	R ₀ Ом/км	I _{доп} А	10 кВ X ₀ Ом/км	D _{ср} = 1250 K ₀₁ т.грн/км	K ₀₂ т.грн/км					
50	10	4,5	2,766	84	0,412	55,65	67,36					
51	16	5,6	1,801	111	0,399	60,43	91,8					
52	25	6,9	1,176	142	0,385	62,3	95,22					
53	35	8,4	0,79	175	0,373	65,2	99,27	G49:=Dср				
54	50	9,6	0,603	210	0,365	68,26	103,57	A52:A63:= Fpl				
55	70	11,4	0,428	265	0,354	74,69	117,18	B52:B63:= dpl				
56	95	13,5	0,31	330	0,343	83,17	122,48	C52:C63:= R0pl				
57	120	15,2	0,25	390	0,336	89,98	134,76	D52:D63:= Iдоппl				
58	150	16,8	0,199	450	0,330	101,62	156,07	E52:E63:= X0pl				
59	185	18,8	0,158	520	0,323	148,63	195,4	F52:F63:= K01pl				
60	240	21,6	0,122	605	0,314	166,82	208,45	G52:G63:= K02pl				
61	300	24	0,099	710	0,307	178,72	226,74	X0pl=ЕСЛИ(dpl=""; ""; 0,1445*LOG(2*Dср/dpl)+0,0157)				

Рисунок 2.3 – База технічних та економічних даних ПЛ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
66	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛ									
67										
68	Алюмінієві кабельні лінії з паперовою ізоляцією									
69	1	2	3	4	5	6	7	8		
70	Пере-		0,38 кВ				10 кВ			
71	різ,	Ro	Xo	Iдоп	Ko1,	Xo	Iдоп	Ko1,		
72	мм ²	Ом/км	Ом/км	А	т.грн/км	Ом/км	А	т.грн/км		
73	10	3,1	0,073	65	16,875	0,122	50	21,461		
74	16	1,94	0,0675	75	23,857	0,113	75	31,012		
75	25	1,24	0,0662	90	34,362	0,099	90	44,669		
76	35	0,89	0,0637	115	44,919	0,095	115	58,394	A73:A84:=	Fk1
77	50	0,62	0,0625	140	63,911	0,09	140	83,084	B73:B84:=	R0k1
78	70	0,443	0,0612	165	87,406	0,086	165	113,627	C73:C84:=	X0k1038
79	95	0,326	0,0602	205	113,281	0,083	205	147,265	D73:D84:=	Idopk1038
80	120	0,258	0,0602	240	143,348	0,081	240	186,352	E73:E84:=	Ko1k1038
81	150	0,206	0,0596	275	176,726	0,079	275	229,745	F73:F84:=	X0k110
82	185	0,167	0,0596	310	237,947	0,077	310	309,330	G73:G84:=	Idopk110
83	240	0,129	0,0587	355	330,010	0,075	355	429,012	H73:H84:=	Ko1k110

Рисунок 2.4 – База технічних та економічних даних КЛ

2.2 Автоматизація технічних проектних розрахунків

Проведемо визначення середніх та розрахункових навантаження цехів та будівель заводу методами коефіцієнтів використання та попиту з допомогою електронного процесора Excel, здійснюється за методами коефіцієнтів використання та попиту відповідно [2].

Отримане результуюче визначення розрахункової потужності цехів, будівель і заводу в цілому здійснюємо за допомогою електронної таблиці (рис. 2.5).

Отримані результати розрахунку по даній задачі наведено на рисунку 2.5 та знаходяться у комірках O4:O10 - Pci, P4:P10 - Qci, Q4:Q10 - Sci, R4:R10 - Pri, S4:S10 - Qpi, T4:T10 - Spi. V4:V10 - roi. При цьому повна середня потужність заводу складає $S_{сум} = 1028,55$ кВА, а повна розрахункова потужність з урахуванням коефіцієнта одночасності максимумів навантаження складає $S_{рsum} = 1127,78$ кВА.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
		Рн, кВт	cos	tg	Кп	Кв	Глоша, м ²	Клп0	Рплг, Вт/м ²	Клпра	tg0	Qлп0, квар	Рр0, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Ко=	р0, кВА/м ²
№	Цех	Рн, кВт	cos	tg	Кп	Кв	Глоша, м ²	Клп0	Рплг, Вт/м ²	Клпра	tg0	Qлп0, квар	Рр0, кВт	Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Ко=	р0, кВА/м ²
2	Цех	2																		Ко=	р0, кВА/м ²
3																				Ко=	р0, кВА/м ²
4	1 Котельня	110	0,75	0,88	0,6	0,5	504	0,7	0,015	1,35	0,43	3,07	7,14	62,14	51,58	80,76	73,14	61,28	95,42	144,98	0,19
5	2 Виробничий корпус	400	0,65	1,17	0,4	0,35	3645	0,75	0,018	1,35	0,43	28,56	66,43	206,43	192,24	282,08	226,43	215,63	312,67	475,06	0,09
6	3 Цех первинної обробки сировини	280	0,7	1,02	0,45	0,35	1800	0,75	0,014	1,35	0,43	10,97	25,52	123,52	110,95	166,03	151,52	139,52	205,97	312,93	0,11
7	4 Цех первинної обробки сировини	400	0,7	1,02	0,45	0,4	1521	0,75	0,014	1,35	0,43	9,27	21,56	181,56	172,50	250,44	201,56	192,91	279,00	423,89	0,18
8	5 Склад обробленої сировини	80	0,5	1,73	0,3	0,25	2496	0,5	0,011	1,35	0,43	7,97	18,53	38,53	42,61	57,45	42,53	49,54	65,29	99,20	0,03
9	6 Склад готової продукції	110	0,5	1,73	0,2	0,15	4131	0,5	0,011	1,35	0,43	13,19	30,67	47,17	41,77	63,01	52,67	51,29	73,52	111,71	0,02
10	7 Механічний цех	220	0,65	1,17	0,4	0,35	1035	0,4	0,02	1,35	0,43	4,81	11,18	88,18	94,83	129,49	99,18	107,69	146,40	222,43	0,14
11	Всього по підприємству	1600					15132					77,84	181,03	747,53	706,48	1028,55	813,73	780,85	1127,78	1713,49	0,07
12																					
13	Назви комірнок та опорні формули																				
14																					
15	C4:C10:= Рн						R4:R10:= Рр							tg=TAN(ACOS(cos))							
16	D4:D10:= cos						S4:S10:= Qр							Рроо=площа*Клп0*Рплг*Клпра							
17	E4:E10:= tg						T4:T10:= Sp							Qлп0=площа*Клп0*Рплг*Клпра*							
18	F4:F10:= Клп						U4:U10:= Ір							Qлп0=площа*Клп0*Рплг*Клпра*							
19	G4:G10:= Кв						V4:V10:= р0							Qлп0=площа*Клп0*Рплг*Клпра*							
20	H4:H10:= площа						V1:= ко							Qлп0=площа*Клп0*Рплг*Клпра*							
21	I4:I10:= Клп0						C11:= Рнсум							Qлп0=площа*Клп0*Рплг*Клпра*							
22	J4:J10:= Рплг						H11:= площа_сум							Qлп0=площа*Клп0*Рплг*Клпра*							
23	K4:K10:= Клпра						M11:= Qмосум							Qлп0=площа*Клп0*Рплг*Клпра*							
24	L4:L10:= тг0													Qлп0=площа*Клп0*Рплг*Клпра*							
25														Qлп0=площа*Клп0*Рплг*Клпра*							

Рисунок 2.5 – Розрахунок навантаження підприємства

2.3 Розрахунок кількості, потужності та місця розташування ЦТП

При виборі трансформаторів ТП необхідно дотримуватись таких вимог:

- показником ефективності вибору трансформаторів ТП повинні бути річні приведені затрати в підстанцію;
- кількість стандартних потужностей трансформаторів цехових ТП на підприємстві не повинна перевищувати дві (максимум 3);

Також можна вважати приблизним орієнтиром найбільш оптимальної ступені потужності трансформаторів ЦТП виступає питома густина навантаження [2].

Також можна відштовхуватись на питому густину навантаження, яка складає $\sum \rho_0 = 0,07$ кВА/м², рекомендується обирати трансформатори потужністю менше 1000 кВА. Також доцільно розподілити навантаження між двома ЦТП, адже територія підприємства займає значну площу. Перша ЦТП заживить цехи під номером 4-6; друга ЦТП – 1-3,7. Встановлення 2-х ЦТП дозволить знизити довжини кабельних ліній 0,38 кВ, що призведе до зниження втрат потужності [3].

Розподіл цехів між ЦТП та дані навантаження на ЦТП наведені на рисунку 2.6.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
№	№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Розрахунок ва активна потужність Pp, кВт	Розрахунок а реактивна потужність Qp, кВАр	Повна розрахункова потужність Sp, кВА	Середня активна потужність Pc, кВт	Сереня реактивна потужність Qc, кВАр	Повна середня потужність Sc, кВА	
1										
2	ТП1	4	Цех первинної обробки сировини №2	201,560	192,908	278,998	181,560	172,504	250,443	
3		5	Склад обробленої сировини	42,533	49,538	65,292	38,533	42,610	57,449	
4		6	Склад готової продукції	52,673	51,294	73,522	47,173	41,768	63,007	
5			Всього по ТП1	296,766	293,740	417,556	267,266	256,882	370,701	
6	ТП2	1	Котельня	73,144	61,279	95,421	62,144	51,577	80,760	
7		2	Виробничий корпус	226,430	215,626	312,674	206,430	192,243	282,083	
8		3	Цех первинної обробки сировини №1	151,515	139,517	205,966	123,515	110,951	166,031	
9		7	Механічний цех	99,178	107,690	146,401	88,178	94,830	129,491	
10			Всього по ТП2	550,267	524,111	759,926	480,267	449,602	657,874	
11										
12	Назви комірок, діапазонів та опорні формули:									
13										
14	C2:C14:=номер	G8:=Sp1сум	I2:I7:=Qc1	Pp1=ВПП(номер;Tabl_1;18;0)	Qc1=ВПП(номер;Tabl_1;16;0)	Sp1сум=КОРЕНЬ(Pp1сум^2+Qp1сум^2)				
15	E2:E7:=Pp1	G17:=Sp2сум	I8:=Qc1сум	Pp2=ВПП(номер;Tabl_1;18;0)	Qc2=ВПП(номер;Tabl_1;16;0)	Sp2сум=КОРЕНЬ(Pp2сум^2+Qp2сум^2)				
16	E8:=Pp1сум	H2:H7:=Pc1	I9:I16:=Qc2	Qp1=ВПП(номер;Tabl_1;19;0)	Sc1=ВПП(номер;Tabl_1;17;0)	Pc1сум=СУММ(Pc1)				
17	E9:E16:=Pp2	H8:=Pc1сум	I17:=Qc2сум	Qp2=ВПП(номер;Tabl_1;19;0)	Sc2=ВПП(номер;Tabl_1;17;0)	Pc2сум=СУММ(Pc2)				
18	E17:=Pp2сум	H9:H16:=Pc2	G9:=Sc1сум	Sp1=ВПП(номер;Tabl_1;20;0)	Pp1сум=СУММ(Pp1)	Qc1сум=СУММ(Qc1)				
19	F2:F7:=Qp1	H17:=Pc2сум	G17:=Sc2сум	Sp2=ВПП(номер;Tabl_1;20;0)	Pp2сум=СУММ(Pp2)	Qc2сум=СУММ(Qc2)				
20	F8:=Qp1сум	F9:F16:=Qp2	F17:=Qp2сум	Pc1=ВПП(номер;Tabl_1;15;0)	Qp1сум=СУММ(Qp1)	Sc1сум=КОРЕНЬ(Pc1п^2+Qc1п^2)				
21				Pc2=ВПП(номер;Tabl_1;15;0)	Qp2сум=СУММ(Qp2)	Sc2сум=КОРЕНЬ(Pc2сум^2+Qc2сум^2)				
22										

Рисунок 2.6 – Розподіл цехів між ЦТП

Проведена автоматизація розподілу навантажень цілком досягається використанням функцій робочого листа ВПР та СУММ.

В конкретних комірках було здійснено автоматизований вибір даних із бази даних за допомогою функції ВПР. І відповідно кожному номеру цеху дана функція знаходила його всі необхідні потужності. В підсумкових рядках функція СУММ додавала всі потужності в стовпчику.

Останній коефіцієнт буде розрахований відповідно наступних міркувань:

а) за таблицею G.1 ДСТУ 3463-96 [21] знаходиться річна еквівалентна температура для регіону, в якому розташоване дане підприємство, тобто смт Словечно: $\Theta=10,7^{\circ}\text{C}$;

б) з таблиці 6 ДСТУ 3463-96 [21] з системою охолодження ONAN, в нормальному режимі, для 20°C знаходиться коефіцієнт навантаження в нормальному режимі: $k_n=1$.

Складаємо математичну модель вибору потужності трансформаторів цехових ТП. Керованою змінною даної моделі буде S_T - потужність трансформатора, а показником ефективності Z - річні приведені затрати в ТП.

$$Z(S_T) = B_{ТП}(S_T) + B_B(S_T) \rightarrow \min_{S_T \in S_{CT}}, \quad (2.1)$$

де $B_{ТП}(S_T)$ - річні приведені витрати в ТП потужністю S_T , визначаються як:

$$B_{ТП}(S_T) = (E_e + E_a)K_{ТП}(S_T, K_T), \quad (2.2)$$

де E_e - коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

E_a - коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

$K_{ТП}(S_T, K_T)$ - капіталовкладення в ТП в залежності від потужності S_T та кількості трансформаторів k_T .

$B_B(S_T)$ - вартість річних втрат електроенергії, визначається як:

$$B_B(S_T) = (\Delta P_{xx}(S_T) + \Delta P_{кз}(S_T) \cdot K_3^2) \cdot k_T \cdot t \cdot \tau, \quad (2.3)$$

де $\Delta P_{xx}(S_T)$ - втрати холостого ходу трансформатора потужністю S_T ;

$\Delta P_{кз}(S_T)$ - втрати короткого замикання трансформатора потужністю S_T ;

k_T - кількість трансформаторів;

K_3 - коефіцієнт завантаження трансформатора;

S_{CT} - множина стандартних потужностей трансформаторів, МВА;

τ - число годин максимальних втрат.

Коефіцієнт завантаження трансформатора розраховується наступним чином:

$$K_3 = \frac{S_{ТП}}{S_{ТП} \cdot k_T}. \quad (2.4)$$

Змінні втрати активної потужності в трансформаторах:

$$\Delta P_{зм} = \Delta P_{кз} \left(\frac{S_p^2}{S_T^2 \cdot k_T} \right), \quad (2.5)$$

$\Delta P_{кз}$ - втрати короткого замикання трансформатора;

S_T - потужність трансформатора ТП;

k_T - кількість трансформаторів.

Постійні втрати активної потужності розраховуються за формулою:

$$\Delta P_{nc} = \Delta P_{xx} \cdot k_T. \quad (2.6)$$

Сумарні втрати активної енергії будуть визначатись так[5]:

$$\Delta P = \Delta P_{nc} + \Delta P_{zm}. \quad (2.7)$$

При розв'язанні задачі необхідно враховувати такі обмеження[5]:

$$S_T \cdot k_T \cdot k_H \geq S_{ТПсм}, \quad (2.8)$$

де $S_{ТПсм}$ - середня потужність ТП.

$$k_T \geq 1 \Rightarrow k_{na} \cdot S_T \geq k_{нна} \cdot S_{ТП}, \quad (2.9)$$

де k_{na} - максимально допустимий коефіцієнт навантаження трансформатора в післяаварійному режимі ($k_{na}=1,3$). Значення даного коефіцієнта взято з ДСТУ 3463-96 [21] (таблиця Н.1) для варіанта, коли перевантаження буде тривати 24 год, при середній добовій температурі 30⁰С, тобто для найгірших умов місцевості, де знаходиться підприємство;

$k_{нна}$ - частина навантаження ТП, яка повинна залишитись в роботі в післяаварійному режимі (для кожної ТП своє значення);

Для автоматизованого вибору оптимальної потужності ЦТП 1 за мінімумом затрат складається електронна таблиця Excel на робочому листі «ТП1» (рис. 2.7).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O		
1	Вибір оптимальної потужності ТПІ за мінімумом затрат																
2	Дані нормального режиму																
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	417,56					
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	370,7					
5	Кількість трансформаторів										kt=	1					
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1					
7	Дані післяаварійного режиму																
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі										knpa=	1,3					
9	Доля навантаження в п.а. режимі										knpa=	0,8					
10	Економічні характеристики																
11	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	3149,7					
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Be=	0,1					
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036					
14																	
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPкх, кВт	Ктп, тис. грн.	Е*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмж. 1	обмж. 2		
16		63	1,28	0,24	88,695	12,063	56,229	0,24	56,469	177,86	—		—	—	—		
17		100	1,97	0,33	99,833	13,577	34,348	0,33	34,678	109,22	—		—	—	—		
18		160	3,1	0,51	113,36	15,416	21,113	0,51	21,623	68,106	—		—	—	—		
19		250	4,2	0,74	132,23	17,984	11,717	0,74	12,457	39,234	—		—	—	—		
20		400	5,9	0,95	156,49	21,282	6,4293	0,95	7,3793	23,242	44,525		+	+	+		
21	V	630	8,5	1,31	183,47	24,951	3,7339	1,31	5,0439	15,887	40,838	V	+	+	+		
22		1000	10,5	2,1	213,84	29,082	1,8307	2,1	3,9307	12,38	41,463		+	+	+		
23		1600	18	2,8	250,81	34,11	1,2259	2,8	4,0259	12,68	46,79		+	+	+		
24		2500	23,5	3,85	293,83	39,961	0,6556	3,85	4,5056	14,191	54,152		+	+	+		
25											Змін=	40,838					
26											Опт. Пот. Трансформатора	St*=	630				
27																	
28	Назви діапазонів, комірок та опорні формули																
29	L3:=Sp1	H16:H24:=dPзм			dPкз=ВІП(St_1;TR_10_kv;4;0)												
30	L4:=Sc1	I16:I24:=dPпс			Ktp1=ЕСЛИ(ktpt1>=2,ВІП(St_1;TR_10_kv;10;0);ВІП(St_1;TR_10_kv;9;0))												
31	L5:=kttpl	J16:J24:=dPtp1			Ektpl=(Ea_1+Ea_1)*Ktp1												
32	L6:=kntpl	K16:K24:=Bstpl			dPзм=dPкз*(Sp1^2/(St_1^2*kttpl))												
33	L8:=knap1	L16:L24:=Зтп1			dPпс=dPкх*kttpl												
34	L9:=knpa1	N16:N24:=Xtp1			dPtp1=dPзм+dPпс												
35	L11:=B_0	O16:O24:=обм1			Bstpl=dPtp1*B_0*10^-3												
36	L12:=Ea_1	P16:P24:=обм2			Зтп1=ЕСЛИ(Xtp1="+",Ektpl+Bstpl,"---")												
37	L13:=Ea_1	L25:=Змінтп1			Xtp1=ЕСЛИ(И(обм1="+";обм2="+";" "+";"---"))												
38	C16:C24:=St_1	L26:=Stopt1			обм1=ЕСЛИ(kntpl*kttpl*St_1>=Sc1сум;" "+";"---")												
39	D16:D24:=dPкз	dPкх=ВІП(St_1;TR_10_kv;3;0)			обм2=ЕСЛИ(knap1*St_1>=knpa1*Sp1;" "+";"---")												
40	E16:E24:=dPкх	M16:M24=ЕСЛИ(St_1=Stopt1;"V";"")			Змінтп1=МИН(Зтп1)												
41	F16:F24:=Ktp1	B16:B24=ЕСЛИ(St_1=Stopt1;"V";"")			Stopt1=ИНДЕКС(St_1,ПОИСКПОЗ(Змінтп1,Зтп1,0);1)												
42	G16:G24:=Ektpl																

Рисунок 2.7 – Вибір потужності ЦТП1

Як видно з розрахунків, оптимальна потужність трансформаторів ЦТП1 повинна бути 630 кВА. При цьому приведені затрати для встановлення ЦТП1 складатимуть 40,838 тис. грн.

Аналогічні розрахунки проводяться для ЦТП2 на листі Excel «ТП2» рисунок 2.8.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Вибір оптимальної потужності ТП2 за мінімумом затрат														
2	Дані нормального режиму														
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	759,926			
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	657,874			
5	Кількість трансформаторів										kt=	1			
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1			
7	Дані післяварійного режиму														
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяварійному режимі										kпа=	1,3			
9	Доля навантаження в п.а. режимі										kппа=	0,8			
10	Економічні характеристики														
11	Питома вартість втрат, грн/кВт										Во=	3149,68			
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1			
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036			
14															
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPxx, кВт	Kтп, тис. грн.	E*K, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Bв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2
16		63	1,28	0,24	88,695	12,0625	186,239	0,24	186,479	587,349	---		---	---	---
17		100	1,97	0,33	99,8325	13,5772	113,765	0,33	114,095	359,362	---		---	---	---
18		160	3,1	0,51	113,355	15,4163	69,93	0,51	70,44	221,863	---		---	---	---
19		250	4,2	0,74	132,233	17,9836	38,8071	0,74	39,5471	124,561	---		---	---	---
20		400	5,9	0,95	156,488	21,2823	21,2948	0,95	22,2448	70,064	---		---	---	---
21		630	8,5	1,31	183,465	24,9512	12,3674	1,31	13,6774	43,0795	---		---	---	+
22	V	1000	10,5	2,1	213,84	29,0822	6,06361	2,1	8,16361	25,7127	54,795	V	+	+	+
23		1600	18	2,8	250,808	34,1098	4,06045	2,8	6,86045	21,6082	55,718		+	+	+
24		2500	23,5	3,85	293,828	39,9605	2,17135	3,85	6,02135	18,9653	58,9258		+	+	+
25										Змін=	54,795				
26										Опт. Пот. Трансформатора	St*=	1000			

Рисунок 2.8 – Вибір потужності ЦТП2

Як видно з розрахунків для ЦТП 2 оптимальним є варіант, коли потужність трансформатора ТП складає 1000 кВА. При цьому приведені затрати складатимуть 54,795 тис. грн.

Розрахунок втрат потужності в цехових ТП буде розраховуватись за умови, що по зовнішній лінії живлення буде рівномірно протікати не лише потужність навантаження, але й потужність втрат в трансформаторах ЦТП. Неврахування цих втрат призведе до вибору перерізу зовнішньої лінії по заниженому навантаженню, що в свою чергу може спричинити роботу лінії живлення в недопустимих умовах [3].

Втрати активної потужності в цехових ТП розраховуються за формулою:

$$\Delta P_{TP} = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{ном.тп}} \right)^2, \quad (2.10)$$

- де ΔP_{TP} - втрати активної потужності ТП, кВт;
 n - кількість трансформаторів в ТП;
 ΔP_{xx} - втрати холостого ходу трансформатора, кВт;
 $\Delta P_{кз}$ - втрати короткого замикання трансформатора, кВт;
 S_p - повне розрахункове навантаження на ТП, кВА;
 $S_{ном.тр}$ - номінальна потужність трансформатора ТП.

Втрати реактивної потужності в цехових ТП розраховуються за формулою:

$$\Delta Q_{TP} = n \cdot \frac{I_{xx}}{100} \cdot S_{ном.тр} + \frac{1}{n} \cdot \frac{U_{кз}}{100} \cdot \frac{S_p^2}{S_{ном.тр}}, \quad (2.11)$$

- де ΔQ_{TP} - втрати реактивної потужності ТП, кВАр;
 I_{xx} - струм холостого ходу трансформатора, А;
 $U_{кз}$ - напруга короткого замикання, % від номінальної.

Розрахунок втрат потужності в цехових ТП наведені на рисунку 2.9.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P			
1	№ ТП	Sном_г, кВА	кг	dPxx, кВт	dPkз, кВт	Ixx, %	Uк, %	Pp, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА	dPтр, кВт	dQтр, кВАр	dСтр, кВА	P, кВт	Q, кВАр	R, Ом			
2	1	630	1	1,31	8,5	2	5,5	296,766	293,74	417,556	5,04394	27,821312	28,2748	301,81	321,562	2,1416			
3	2	1000	1	2,1	10,5	1,4	6	550,267	524,111	759,926	8,16361	48,649208	49,3294	558,431	572,761	1,05			
4	Всього							813,733	780,851		13,2076	76,47052	77,6027	826,941	857,322				
5																			
6	Назви комірок, діапазонів та опорні формули																		
7	C3:C4:=Sном_tr							dPxxтр=ВПР(Sном_tr;TR_10_kv;3;0)											
8	D3:D4:=ктвтр							dPkзтр=ВПР(Sном_tr;TR_10_kv;4;0)											
9	E3:E4:=dPxxвтр							Ixxвтр=ВПР(Sном_tr;TR_10_kv;5;0)											
10	F3:F4:=dPkзвтр							Uкзвтр=ВПР(Sном_tr;TR_10_kv;6;0)											
11	G3:G4:=Ixxвтр							Pрвтр_сум=СУММ(Ixxвтр)											
12	H3:H4:=Uкзвтр							Qрвтр_сум=СУММ(Qрвтр)											
13	I3:I4:=Pрвтр							dPтрвтр=ктвтр*dPxxвтр+(1/ктвтр)*dPkзвтр*(Spвтр/Sном_tr)^2											
14	J5:=Pрвтр_сум							dPтр_сум=СУММ(dPтрвтр)											
15	K3:K4:=Qрвтр							dQтрвтр=ктвтр*(Ixxвтр/100)*Sном_tr+(1/ктвтр)*(Uкзвтр/100)*(Spвтр^2/Sном_tr)											
16	J5:=Qрвтр_сум							dQ_сум=СУММ(dQтрвтр)											
17	K3:K4:=Spвтр							dСтр=КОРЕНЬ(dPтрвтр^2+dQтрвтр^2)											
18	L3:L4:=dPтрвтр							dСтр_сум=КОРЕНЬ(dPтр_сум^2+dQ_сум^2)											
19	L5:=dPтр_сум							P_сум=Pрвтр+dPтрвтр											
20	M3:M4:=dQтрвтр							Q_сум=Qрвтр+dQтрвтр											
21	M5:=dQ_сум							P_сум_1=Pрвтр_сум+dPтр_сум											
22	N3:N4:=dСтр							Q_сум_1=Qрвтр_сум+dQ_сум											
23	N5:=dСтр_сум							O3:=Pвтр1											
24	O3:O6:=P_сум							O4:=Pвтр2											
25	P3:P4:=Q_сум							P3:=Qвтр1											
26	O5:=P_сум_1							P4:=Qвтр2											
27	P5:=Q_сум_1																		

Рисунок 2.9 – Розрахунок втрат потужності в цехових ТП

2.4 Розрахунок оптимально перерізу живлячої лінії 10 кВ

Існуюча точка підведення зовнішньої лінії живлення знаходиться на відстані 1000 м від розподільчої підстанції 110/35/10 кВ. Для того, щоб заживити ЦРП потрібно вибрати оптимальний переріз зовнішньої лінії живлення, яка буде живити підприємство від п/ст.

На зображеному листі Excel під назвою «КЛ-ЦРП» створюється електронна таблиця для вибору найбільш оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення, яка у собі містить стандартні перерізи КЛ, та допустимі для них струми. Відповідна таблиця буде автоматично розраховувати мінімум річних приведених затрат в залежності від керованої змінної, якою в даній задачі є переріз КЛ F. Показником ефективності є річні приведені затрати в зовнішню лінію живлення. За критерій оптимальності взято мінімум річних приведених затрат.

Складемо математичну модель вибору оптимальних перерізів КЛ 10 кВ.

Керована змінна: переріз КЛ (мм^2).

Множина доступних рішень: множина всіх стандартних перерізів КЛ 10 кВ.

ПЕР – річні приведені затрати.

$$\left\{ \begin{array}{l} Z(F) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(F) + 3 \cdot I_l^2 \cdot r_0(F) \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \cdot k_l \rightarrow \min_{F \in X} \\ k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(F) \geq I_l \\ k_{\text{на}} \cdot I_{\text{доп}}(F) \geq I_l \cdot k_l \cdot k_{\text{на}} \\ \Delta U_H(F) \leq \Delta U_{\text{доп}} \\ \Delta U_{\text{на}}(F) \leq \Delta U_{\text{доп}} \\ F \geq F_{\text{кз}} \\ F \in X \end{array} \right. \quad (2.12)$$

де $K_0(F)$ – питома вартість КЛ, що залежить від перерізу і кількості ліній;

I_l – струм однієї лінії;

$I_{\text{доп}}(F)$ – допустимий струм за ПУЕ по перерізу ([1] §1.3.13–§1.3.18);

$K_{\text{доп}}(F)$ - коефіцієнт допустимого навантаження ([1] §1.3.22);

$\Delta U_H(F)$ – втрати напруги в лінії в нормальному режимі роботи;

$\Delta U_{\text{на}} F$ – втрати напруги в лінії перерізом x в після аварійному режимі;

$\Delta U_{\text{доп}}$ – допустимі втрати напруги ([1] А.4.7);

$k_{\text{доп}}$ – коефіцієнт допустимого навантаження, $k_{\text{доп}} = k_{\text{п}} \cdot k_{\text{с}} \cdot k_{\text{зр}}$;

$I_{\text{кз}}$ – струм к. з. на початку лінії;

t_n – приведений час к. з. (с) $\approx 1,5$ с;

C – тепловий коефіцієнт $\frac{A \cdot \sqrt{c}}{мм^2}$ ([6], для кабелів 10кВ з AL жилами = 90).

Для вибору оптимального перерізу КЛ повинні виконуватися такі умови:

Обмеження на керовану змінну будуть такими:

1) Переріз КЛ за умовою допустимості нагрівання в нормальному режимі вибирається згідно такого виразу:

$$k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(x) \geq I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot k_{\text{л}}}, \quad (2.13)$$

де $k_{\text{доп}}$ - коефіцієнт, що вносить корективи на струми в залежності від температури землі і повітря, згідно (ПУЕ [1], таблиця 1.3.3);

$I_{\text{доп}}(x)$ - допустимий тривалий струм навантаження, який залежить від перерізу КЛ, А;

S_p - повна потужність навантаження, кВА;

$U_{\text{ном}}$ - номінальна напруга КЛ.

Коефіцієнт $k_{\text{доп}}$ визначається згідно формули:

$$k_{\text{доп}} = k_{\text{сер}} \cdot k_{\text{зр}} \cdot k_{\text{нр}}, \quad (2.14)$$

де $k_{\text{сер}}$ - коефіцієнт середовища (ПУЕ [1], табл. 1.3.49). Так як ПУЕ не передбачає ніяких додаткових умов прокладки $k_{\text{сер}}=1$;

$k_{\text{нр}}$ - коефіцієнт прокладки, враховує особливості та тип прокладки ліній.

Враховуючи те, що ми прокладаємо повітряні лінії $k_{\text{нр}}=1$;

k_{zp} - коефіцієнт, що враховує особливості та тип ґрунту. Так як живляча лінія буде повітряною, k_{zp} не враховується.

$$k_{\partial on} = 1 \cdot 1 = 1.$$

2) Переріз КЛ за умовою допустимості нагрівання в післяаварійному режимі вибирається згідно такого виразу:

$$k_{na} \cdot k_{\partial on} \cdot I_{\partial on}(x) \geq k_l \cdot I_l \cdot k_{n.na}, \quad (2.15)$$

де k_{na} - коефіцієнт перевантаження ПЛ в післяаварійному режимі;

$k_{n.na}$ - частина навантаження, що залишилася в післяаварійному режимі;

3) Переріз КЛ за умовою втрат напруги в нормальному режимі вибирається згідно такого виразу [7]:

$$\Delta U_{\partial on} \geq \Delta U_l(F) = \frac{P_p \cdot r_0(F) + Q_p \cdot x_0(F)}{k_l \cdot U_{ном}^2 \cdot 1000} \cdot L \cdot 100\% \quad (2.16)$$

де $\Delta U_{\partial on}$ - допустимі втрати напруги в лінії, %;

$\Delta U_l(F)$ - фактичні втрати напруги в лінії, залежно від перерізу, %;

P_p - активна потужність навантаження, кВт;

Q_p - реактивна потужність навантаження, кВАр;

$x_0(F)$ - реактивний опір проводу, залежно від перерізу, Ом/км.

4) Умова допустимості втрат напруги в післяаварійному режимі:

$$\Delta U_{na.\partial on} \geq \Delta U_{na.l}(F), \quad (2.17)$$

де $\Delta U_{na.\partial on}$ - допустимі втрати напруги в лінії в післяаварійному режимі, %;

$\Delta U_{na.l}(F)$ - фактичні втрати напруги в лінії в післяаварійному режимі, залежно від перерізу, %.

5) Так як лінія обладнана пристроями швидкодіючого автоматичного повторного включення, то відповідно до [3] потрібно провести перевірку на термічну стійкість лінії до дії струмів короткого замикання:

$$F \geq F_{кз}, \quad (2.18)$$

де $F_{кз}$ - мінімальний переріз, який витримує термічну дію струмів к.з.

Переріз $F_{кз}$ можна визначити за формулою:

$$F_{кз} = \frac{I_{кз} \cdot \sqrt{t_n}}{C}, \quad (2.19)$$

де $I_{кз}$ - струм короткого замикання на стороні 10 кВ, А;

t_n - приведений час к. з., с;

C - термічний коефіцієнт, $A \cdot c^{0.5}/mm^2$. Згідно ГОСТ 30323-95 [22] Таблиці 9 для алюмінієвого провода марки АС при допустимій температурі нагріву проводів при КЗ $200^{\circ}C$ $C=90 A \cdot c^{0.5}/mm^2$.

Коефіцієнт прокладки $k_{np}=1$ (ПУЕ [1] Таблиця 1.3.28) для КЛ, які підходять до ТП в одній траншеї по два кабеля.

Коефіцієнт, що враховує особливості прокладки та ґрунту $k_{gp}=1$ згідно ПУЕ Таблиця 1.3.26.

Коефіцієнт середовища $k_{сер}$ (ПУЕ, табл. 1.3.10). Так як поправка на температуру землі не вказана $k_{сер}=1$.

Коефіцієнт перевантаження в післяаварійному режимі $k_{па}=1,25$ згідно ПУЕ Таблиця 1.3.32. Коефіцієнт попереднього навантаження 0,6, бо

відношення $I_{л}/(I_{доп}k_{доп})=0,2$, що ближче до 0,6; вид прокладки – в землі, допустиме перевантаження триває 6 год.

Таблична форма під назвою «КЛ-ЦРП» для автоматизованого вибору оптимального перерізу КЛ від підстанції до ЦРП представлена на рис. 2.10.

Проектне рішення: для зовнішньої лінії живлення на основі виконаного розрахунку в табличній формі «КЛ-ЦРП» доцільно вибрати кабельну лінію марки ААБ перерізом 95 мм², при цьому мінімальне значення приведених затрат, що залежить від КЗ, становлять 36,658 тис. грн.

Початкові дані										Поправочні коефіцієнти										Назви колірок, діапазони та опорні формули																				
Економічні характеристики										Коефіцієнти середовища																														
1											Коефіцієнт середовища										1																			
2	Економічні характеристики										Коефіцієнт прокладки										1																			
3	Питома вартість врат, грн/кВт									Воп=	3149,67552	G3=	В0,											A18:A39=F_kl	L35=	3m	R0	=	ВІПР(F_kl,KL,3,0)											
4	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень									Ес=	0,1	G3=	Е_а											B28:B39=R0	L36=	Fo	X0	=	ВІПР(F_kl,Kl,Змін_а,ВІП(Зр))											
5	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію									Еа=	0,05	G3=	Е_з											C28:C39=X0	L37=	Ro	Iaоп	=	ВІПР(F_kl,I,Fopt_p=ИНДЕКС(RO_ПОИСКПО3(Змін_3r,0),1)											
6	Нормальний режим																				D28:D39=Iaоп										L38=	Xo	dUn=(R0_*P+Q)*Ropt=ИНДЕКС(RO_ПОИСКПО3(Змін_3r,0),1)							
7	Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н.режимі									Kлоп=	1	G7=	Kлоп											E28:E39=dUn	dUra=dUn*Knpa*Хорп=ИНДЕКС(RO_ПОИСКПО3(Змін_3r,0),1)															
8	Напруга, кВ									Uн=	10	G8=	U	L2=	kc											F28:F39=dUra	K_о=ВІПР(F_kl,Kl,Змін_а,ВІП(Зр))													
9	Довжина КЛ, км									lн=	1	G9=	L	L3=	kp											G28:G39=K_о	dP_3=(lн^2)*(-3)													
10	Активна розрахункова потужність, кВт									Pн=	826,9405303	G10=	P	L4=	kgr											H28:H39=dP_	K_к=K_о*L_*k													
11	Реактивна потужність, квар									Qн=	857,3217651	G11=	Q	L5=	kdop											I28:I39=K_	EK_к=(E_а+E_з)*K_к													
12	Розрахунковий струм окремого кабелю, А									Iн=	68,7709059	G12=	Iн											I28:I39=EK_	Ba_=(dP_*В0_а)*K_к															
13	Кількість КЛ									kн=	1	G13=	k											K28:K39=Ba_	Зr=ЕС.ПІ(ДОП="нелоп",,"_ЕК_кBa_)															
14	Мінімально допуст. переріз КЛ за умовою механ. міцності									Fмах=	70	G14=	Fмах											L28:L39=Зr	ДОП=ЕС.ПІ(В1="нелоп",V2="нелоп",V3="нелоп",V4="нелоп",V5="нелоп"),"доп","нелоп")															
15	Допустима втрата напруги в КЛ, %									ΔUдоп=	5	G15=	ΔUдоп											M28:M39=ДОП	Y1=ЕС.ПІ(Kлоп*Iaоп_>=Iн,"нелоп",")															
16	Аварійний режим																				N28:N39=Y1										Y2=ЕС.ПІ(Knpa*Kнон*Iaоп_>=Knpa*Iн*k,"нелоп",")									
17	Струм КЗ на початку лінії, кА									Iкз=	3,358547272	G16=	Iкз											O28:O39=Y2	Y3=ЕС.ПІ(dUn<=dUдоп,"нелоп",")															
18	Приведений час КЗ, с									тп=	1,5	G17=	тп											P28:P39=Y3	Y4=ЕС.ПІ(dUra<=dUрадоп,"нелоп",")															
19	Тепловий коефіцієнт С, (А*с^(1/2))/мм^2									C=	90	G18=	C											Q28:Q39=Y4	Y5=ЕС.ПІ(F_kl>=Fмах,"нелоп",")															
20	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм^2									Fка=	45,70403941	G19=	Fка											R28:R39=Y5	Y6=ЕС.ПІ(F_kl>=Fка,"нелоп",")															
21	Після аварійного режиму																				S28:S39=Y6																			
22	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження									Kма=	1,25	G21=	Kма																											
23	Доля навантаження в післяаварійному режимі									Kмап=	0,8	G22=	Kмап																											
24	Допустима втрата напруги в КЛ, %									ΔUмадоп=	5	G23=	ΔUрадоп																											
25																																								
26																																								
27	F, мм^2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	dUn, %	dUма, %	Ko, тис.грн/км	dP,кВт	K	Е*К, т.грн	Вв, т.грн	З, т.грн	Доп	Kлоп<=Iн	Kма*Kлоп<=Iн	ΔUн<=ΔUмадоп	ΔUма<=ΔUмадоп	F>=Fмах	F>=Fка																					
28	10	3,1	0,122	50	2,668108899	2,134487119	21,4605	43,9838	21,461	3,219075	138,535	-	нелоп	-	-	-	-	-	-																					
29	16	1,94	0,113	75	1,701141988	1,360913591	31,01175	27,5253	31,012	4,6517625	86,6958	-	нелоп	-	-	-	-	-	-																					
30	25	1,24	0,099	90	1,110281112	0,88822489	44,66925	17,5935	44,669	6,7003875	55,4138	-	нелоп	-	-	-	-	-	-																					
31	35	0,89	0,095	115	0,81742264	0,653938112	58,39425	12,6276	58,394	8,7591375	39,7728	-	нелоп	-	-	-	-	-	-																					
32	50	0,62	0,09	140	0,589862088	0,47188967	83,0835	8,79675	83,084	12,462525	27,7069	-	нелоп	-	-	-	-	-	-																					
33	70	0,443	0,086	165	0,440064327	0,352051461	113,62725	6,28542	113,63	17,0440875	19,797	36,8411	доп	-	-	-	-	-	-																					
34	95	0,326	0,083	205	0,340740319	0,272592256	147,26475	4,62539	147,26	22,0897125	14,5685	36,6582	доп	-	-	-	-	-	V																					
35	120	0,258	0,081	240	0,28279372	0,226324976	186,35175	3,66058	186,35	27,9527625	11,5297	39,4824	доп	-	-	-	-	-	-																					
36	150	0,206	0,079	275	0,238078169	0,190462535	229,74525	2,92279	229,75	34,4617875	9,20585	43,6676	доп	-	-	-	-	-	-																					
37	185	0,167	0,077	310	0,204112844	0,163290276	309,33	2,36945	309,33	46,3995	7,46299	53,8625	доп	-	-	-	-	-	-																					
38	240	0,129	0,073	355	0,170974461	0,136779569	429,012	1,83029	429,01	64,3518	5,76483	70,1166	доп	-	-	-	-	-	-																					
39											мін затрати										=										36,6582									
40											Опт. Переріз ПЛ										=										95									
41											Rопт=																				0,326									
42											Xопт=																				0,083									

Рисунок 2.10 - Таблична форма для автоматизованого вибору КЛ від підстанції до ЦРП

2.5 Визначення струму короткого замикання за законом Ома з урахуванням еквівалентного опору системи

Розрахунок струму короткого замикання необхідний для того, щоб підібрати такі перерізи ліній живлення, які будуть витримувати короткочасну

дію струмів короткого замикання, поки не спрацюють засоби автоматичного захисту [7].

Розрахунок струму короткого замикання здійснюємо згідно чинного державного стандарту ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 [23].

Схема заміщення для такого розрахунку зображена на рисунку 2.11.

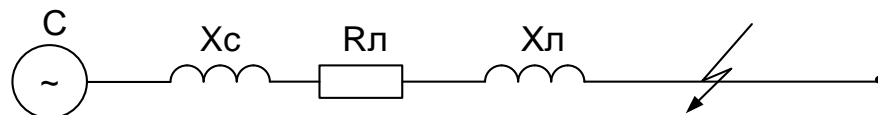


Рисунок 2.11 – Схема заміщення для розрахунку струму к.з.

Струм КЗ для зовнішньої живлячої лінії визначається за формулою:

$$I_{кз} = \frac{1,05 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot X_c} \quad (2.20)$$

де $I_{кз}$ - струм короткого замикання, кА;

U - напруга живлячої мережі, кВ;

X_c - опір системи, Ом.

X_c визначається наступним чином:

$$X_c = \frac{(0,95 \cdot U)^2}{S_{кз}}, \quad (2.21)$$

де $S_{кз}$ - потужність короткого замикання на стороні 10 кВ, МВА.

Струм КЗ для розподільчих ліній визначається за формулою:

$$I_{кз} = \frac{1,05 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_{кз}} \quad (2.22)$$

де $Z_{кз}$ - повний сумарний опір живлячої лінії та системи, Ом.

$$Z = \sqrt{R_{л}^2 + (X_{л} + X_{с})^2}, \quad (2.23)$$

де $R_{л}$ - активний опір лінії живлення, Ом;

$X_{л}$ - реактивний опір лінії живлення, Ом;

Таблична форма для розрахунків струмів КЗ наведені на рисунку 2.12.

	A	B	C	D	E	F
1	Розрахунок струмів КЗ					
2	Дані системи					
3	Напруга, кВ				U= 10	
4	Потужність коротко замикання, МВА				Skз = 50	
5	Опір системи, Ом				Xс = 1,805	
6	Струм КЗ для ЗЛЖ, кА				Iкз = 3,359	
7						
8	Довжина КЛ, км				L= 1	
9	Переріз КЛ, мм ²				F= 95	
10	Активний опір КЛ, Ом				Rл = 0,326	
11	Реактивний опір КЛ, Ом				Xл = 0,083	
12	Результат					
13	Сумарний повний опір, Ом				Z= 1,916	
14	Струм КЗ для розподільчих ліній, кА				Iкз= 3,1641	
15						
16	$X_c = (0,95 * U_{kz})^2 / S_{kz}$					
17	$I_{kz} = (U_{kz} * 1,05) / (X_c * \text{КОРЕНЬ}(3))$					
18	$R_{kz} = \text{ИНДЕКС}(R0kl; \text{ПОИСКПОЗ}(Fopt_klz; F_klz; 0); 1) * L_$					
19	$X_{kz} = \text{ИНДЕКС}(X0pl; \text{ПОИСКПОЗ}(Fopt_klz; Fopt_klz; 0); 1) * L_$					
20	$Z_{kz} = \text{КОРЕНЬ}(R_{kz}^2 + (X_c + X_{kz})^2)$					
21	$I_{kzr} = 1,05 * U_{kz} / (\text{КОРЕНЬ}(3) * Z_{kz})$					
--						

Рисунок 2.12 – Розрахунок струмів короткого замикання

2.6 Визначення оптимальних перерізів КЛ 10 кВ

Коефіцієнт прокладки $k_{np}=1$ (ПУЕ [1], Таблица 1.3.28) для КЛ, які підходять до ТП в одній траншеї по два кабеля, $k_{np}=1$.

Коефіцієнт, що враховує особливості прокладки та ґрунту $k_{зр}=1$ згідно ПУЕ Таблиця 1.3.26.

Коефіцієнт середовища $k_{сер}$ (ПУЕ [1], табл. 1.3.10). Так як поправка на температуру землі не вказана $k_{сер}=1$.

Коефіцієнт можливого перевантаження в післяаварійному режимі $k_{ПА}=1,25$ згідно ПУЕ [1], Таблиця 1.3.32. Коефіцієнт попереднього навантаження 0,6, бо відношення $I_{л}/(I_{доп}k_{доп})=0,2$, що ближче до 0,6; вид прокладки – в землі, допустиме перевантаження триває 6 год.

Розроблена таблична форма під назвою «КЛ1-ТП1» для автоматизованого вибору оптимального перерізу КЛ від ЦРП до ТП1 показана на рисунку 2.13.

Розроблена таблична форма під назвою «КЛ-ТП2» для автоматизованого вибору оптимального перерізу КЛ від ЦРП до ТП2 показана на рисунку 2.14.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
Початкові дані												Коефіцієнт середовища												
Нормальний режим												Коефіцієнт прокладки												
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі												Коефіцієнт ґрунту												
Напруга, кВ												В16:В36=F_kl1												
Довжина КЛ, км												С26:36=R0k11												
Активна розрахункова потужність, кВт												D26:D36=X0k11												
Реактивна потужність, квар												E26:E36=Idopk11												
Розрахунковий струм окремого кабелю, А												F26:F36=K0k11												
Кількість кабелів												G26:G36=dUnk11												
Допустима втрата напруги в КЛ, %												H26:H36=dUpak11												
Аварійний режим												I26:I36=dPkl1												
Струм КЗ на початку лінії, кА												J26:I36=K1k11												
Приваланий час КЗ, с												K26:K36=EKKk11												
Тепловий коефіцієнт С, (А*с^(1/2))/мм^2												L26:L36=Bbk11												
Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм^2												M26:M36=3kn11												
Післяаварійний режим												N26:N36=допом11												
Максимально допустимий коефіцієнт навантаження												O26:O36=Y1k11												
Доля навантаження в післяаварійному режимі												P26:P36=Y2k11												
Допустима втрата напруги в КЛ, %												Q26:Q36=Y3k11												
Економічні характеристики												R26:R36=Y4k11												
Питома вартість втрат												S26:S36=Y5k11												
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень												M37=3kn1om7												
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію												M38=Portk11												
												Foptk11=ИНДЕКС(F_kl1,(ПОИСКПО3(3kn1om7;3kn10);1))												
F, мм^2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ko, т. грн/км	dUn, %	dUna, %	dP, кВт	K, т. грн.	E*K, т. грн.	Bв, т. грн.	З, т. грн.	Доп.	Клон*In оп >= Ir	Kna*Kl on*In оп >= Kana*1 p*Kl	ΔUn <= ΔUnоп	ΔUna <= ΔUnоп	F >= Fкз	V						
25																								
26	10	3,1	0,122	50	21,461	0,97484	0,7799	6,029218	21,4605	3,0045	18,99008	—	НЕДОП	+	+	+	—							
27	16	1,94	0,113	75	31,012	0,621847	0,4975	3,773123	31,01175	4,3416	11,884115	—	НЕДОП	+	+	+	—							
28	25	1,24	0,099	90	44,669	0,406078	0,3249	2,411687	44,66925	6,2537	7,996032	—	НЕДОП	+	+	+	—							
29	35	0,89	0,095	115	58,394	0,299159	0,2393	1,730969	58,39425	8,1752	5,4519907	—	НЕДОП	+	+	+	—							
30	50	0,62	0,09	140	83,084	0,216062	0,1728	1,205844	83,0835	11,632	3,798016	15,43	ДОП	+	+	+	+	V						
31	70	0,443	0,086	165	113,63	0,161356	0,1291	0,861595	113,62725	15,908	2,7137437	18,622	ДОП	+	+	+	+							
32	95	0,326	0,083	205	147,26	0,12508	0,1001	0,63404	147,26475	20,617	1,9970213	22,614	ДОП	+	+	+	+							
33	120	0,258	0,081	240	186,35	0,103913	0,0831	0,501787	186,35175	26,089	1,5804647	27,67	ДОП	+	+	+	+							
34	150	0,206	0,079	275	229,75	0,087376	0,0701	0,400651	229,74525	32,164	1,2619214	33,426	ДОП	+	+	+	+							
35	185	0,167	0,077	310	309,33	0,075162	0,0601	0,3248	309,33	43,306	1,023014	44,329	ДОП	+	+	+	+							
36	240	0,129	0,075	355	429,01	0,063051	0,0504	0,250893	429,012	60,062	0,7902324	60,852	ДОП	+	+	+	+							
37	Мінімальні затрати на КЛ1											15,43												
38	Оптимальний переріз КЛ1											50												

Рисунок 2.13 – Таблична форма для автоматизованого вибору КЛ від ЦРП до ТП1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1	Початкові дані								Коефіцієнт середовища		1									
2	Нормальний режим								Коефіцієнт прокладки		1									
3	Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. реж								Kдоп=		1		Коефіцієнт ґрунту		1					
4	Напруга, кВ								U=		10		kдоп=		1					
5	Довжина КЛ, км								l=		1									
6	Активна розрахункова потужність, кВт								P=		558									
7	Реактивна потужність, квар								Q=		573									
8	Розрахунковий струм окремого кабелю, А								Iл=		46,18									
9	Кількість кабелів								k=		1									
10	Допустима втрата напруги в КЛ, %								ΔUдоп=		5									
11	Аварійний режим																			
12	Струм КЗ на початку лінії, кА								Iкз=		3,16									
13	Приведений час КЗ, с								тп=		1,5									
14	Тепловий коефіцієнт C, (A*c^(1/2))/мм²								C=		90									
15	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм²								Fкз=		43,06									
16	Післяаварійний режим																			
17	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження								Kпа=		1,25									
18	Доля навантаження в післяаварійному режимі								Kпаа=		0,8									
19	Допустима втрата напруги в КЛ, %								ΔUпадоп=		5									
20	Економічні характеристики																			
21	Питома вартість втрат								Ео=		3149,68									
22	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень								Еа=		10,00%									
23	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію								Еа=		4,00%									
24																				
25	F, мм²	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ko, т. грн/км	dUn, %	dUpa, %	dP, кВт	K, т. грн.	Е*К, т. грн	Вв, т. грн	З, т. грн	Доп	Kдоп*Iдоп >= Ip	Kпа*Kдоп оп*Iдоп >= Kпаа*Iр*Kл	ΔUn <= ΔUnдоп	ΔUpa <= ΔUpaдоп	F >= Fкз	V	
26	10	3,1	0,122	50	21,461	1,801	1,4408	19,836892	21,461	3,0045	62,47977	—	НЕДОП	+	+	+	+	—		
27	16	1,94	0,113	75	31,012	1,1481	0,9185	12,414055	31,012	4,3416	39,10024	—	НЕДОП	+	+	+	+	—		
28	25	1,24	0,099	90	44,669	0,7492	0,5993	7,9347567	44,669	6,2537	24,99191	—	НЕДОП	+	+	+	+	—		
29	35	0,89	0,095	115	58,394	0,5514	0,4411	5,6951076	58,394	8,1752	17,93774	—	НЕДОП	+	+	+	+	—		
30	50	0,62	0,09	140	83,084	0,3978	0,3182	3,9673783	83,084	11,632	12,49595	24,128	ДОП	+	+	+	+	+	V	
31	70	0,443	0,086	165	113,63	0,2966	0,2373	2,8347558	113,63	15,908	8,928561	24,836	ДОП	+	+	+	+	+		
32	95	0,326	0,083	205	147,26	0,2296	0,1837	2,0860731	147,26	20,617	6,570453	27,188	ДОП	+	+	+	+	+		
33	120	0,258	0,081	240	186,35	0,1905	0,1524	1,6509413	186,35	26,089	5,199929	31,289	ДОП	+	+	+	+	+		
34	150	0,206	0,079	275	229,75	0,1603	0,1282	1,3181934	229,75	32,164	4,151882	36,316	ДОП	+	+	+	+	+		
35	185	0,167	0,077	310	309,33	0,1374	0,1099	1,0686326	309,33	43,306	3,365846	46,672	ДОП	+	+	+	+	+		
36	240	0,129	0,075	355	429,01	0,115	0,092	0,8254707	429,01	60,062	2,599965	62,662	ДОП	+	+	+	+	+		
37									Мінімальні затрати на КЛ1		24,128									
38									Оптимальний переріз КЛ1		50									

Рисунок 2.14 – Таблична форма для автоматизованого вибору КЛ від ЦРП до ТП2

Отже, для живлення ЦТП1 та ЦТП2 доцільно вибрати кабелі марки ААБ, перерізом 50 мм², при цьому питомі затрати на 1 км довжини складуть: для ЦТП1 – 15,43 тис.грн. та для ЦТП2 – 24,128 тис.грн.

2.7 Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП за критерієм мінімуму затрат в СЕП

В нашій кабельній лінії необхідно обрати найбільш оптимальне місце розміщення ЦРП по критерію мінімуму затрат в систему електропостачання керуючись гіпотезою, що ЦРП може бути встановлена на будь якому довільному місці території підприємства, не зайнятому цехом або дорогою [2].

Проектоване визначення оптимальних координат розміщення ЦРП дозволить найбільш правильно його розмістити на території підприємства, що в свою чергу, надасть змогу зменшити довжину низьковольтних мереж, в яких є

значні втрати потужності, а також мінімізувати витрату на КЛ, тим самим зменшити витрату кольорових металів, а отже зменшити затрати в СЕП [2].

Для оптимального вибору координат розміщення ЦРП необхідно логічно сформулювати математичну модель такої задачі. У відповідній моделі керованими змінними будуть координати розміщення ЦРП - $(x_0; y_0)$. Також показником ефективності рішення будуть виступати сумарні річні приведені затрати в систему електропостачання.

Повна математична модель матиме такий вигляд:

$$\left. \begin{aligned} & Z(x_0, y_0) = \left[(E_e + E_{аж}) \cdot (a_{жс} + K_0(F_{жс})) + 3 \cdot I_{жс}^2 \cdot r_0(F_{жс}) \cdot k_{жс} \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) + \\ & \sum_{i=1}^n \left[(E_e + E_a) \cdot (a + K_0(F_i) \cdot k_i) + 3 \cdot I_i^2 \cdot r_0(F_i) \cdot k_i \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) \rightarrow \min_{x_0, y_0}; \\ & \min_{i=1}^n(x_i) \leq x_0 \leq \max_{i=1}^n(x_i); \\ & \min_{i=1}^n(y_i) \leq y_0 \leq \max_{i=1}^n(y_i). \end{aligned} \right\} \quad (2.24)$$

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

E_e - коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

E_a - коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

$K_0(F_i)$ - питома вартість ПЛ перерізом F_i ;

I_i - струм окремої ПЛ від ЦМ до і-тої ЦТП;

$r_0(F_i)$ - питомий опір ПЛ перерізом F_i ;

B_0 - питома вартість втрат активної потужності в лінії;

$I_{жс}$ - струм живлячої ПЛ;

k_L - кількість проводів живлячої ПЛ;

$a_{жс}$ - складова питомої вартості живлячої ПЛ на 1 км, не залежна від перерізу;

k_i - кількість кабелів від ЦРП до і-тої ЦТП;

F_i - переріз і-тої КЛ;

$F_{жс}$ - переріз живлячої ПЛ;

a - складова питомої вартості КЛ на 1 км, не залежна від перерізу;

n - кількість ЦТП;

x_0, y_0 - координати ЦМ;

x_i, y_i - координати і-тої ЦТП;

$x_{жс}, y_{жс}$ - координати точки підведення зовнішньої лінії живлення.

При визначенні довжини проводів живлення від точки підведення зовнішньої лінії живлення до ЦРП буде використовуватися евклідова метрика, тому що лінію електропередачі можна прокласти по прямій лінії [2]. Тоді довжина лінії буде обраховуватися по формулі:

$$L = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2} \quad (2.25)$$

При прокладанні КЛ від ЦРП до ЦТП буде враховуватись неевклідова метрика, так як кабелі по території прокладаються під прямими кутами, тобто довжина кабелю між двома координатами буде обраховуватися за формулою [2]:

$$L = |x_0 - x_i| + |y_0 - y_i| \quad (2.26)$$

Таблична форма EXCEL для визначення оптимальних координат центру мережі розташована на листі EXCEL під назвою «ЦМ» і зображена на рисунку 2.15.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	Технічні характеристики мережі															
2	Напруга зовнішньої лінії живлення, кВ										Uж=	10	L3:=Uj			
3	Метрика зовнішньої лінії (Е чи НЕ)										МетрикаЖ =		HE	L4:=MetrZL		
4	Метрика розподільної мережі (Е чи НЕ)										МетрикаР =		HE	L5:=metrR		
5																
6	Економічні характеристики мережі															
7	Питомі втрати, які не залежать від перерізу КЛ 10кВ, тис.грн/км										a=	10	L8:=aCEM			
8	Питомі втрати, які не залежать від перерізу зовнішньої КЛ тис.грн/км										аж=	8	L9:=ajCEM			
9	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	3149,68	L10:=BoCEM			
10	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1	L11:=EeCEM			
11	Коефіцієнт врахувань на амортизацію										Ea=	4,00%	L12:=EaCEM			
12	Коефіцієнт врахувань на амортизацію живлячої лінії										Eаж=	5,00%	L13:=EajCEM			
13																
14																
15	Лінії живлення	X, м	Y, м	F, мм ²	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	Ro, Ом/км	Ko, т.грн/км	L, м	З, тис. грн				
16	ЖЛ	15	140	95	1	826,94	857,32	68,77	0,326	147,26475	53,47	2,024				
17	ТП1	111	165	50	1	301,81	321,56	25,46	0,62	83,0835	68,47	1,152				
18	ТП2	68	59	50	1	558,43	572,76	46,18	0,62	83,0835	80,53	2,056				
19																
20											Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.		5,2324			
21											Оптимальні координати ЦЕМ, м		Хо =	68	Уо =	140
22																
23											Координати ЦЕМ на генплані, м		Хо =	68	Уо =	140
24											Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.		5,232			
25																
26	C17:C19:=X		J17:J19:=R0CEM		ICEM=(КОРЕНЬ(PCEM^2+QCEM^2))/(Uj*kCEM*КОРЕНЬ(3))											
27	D17:D19:=Y		K17:K19:=KotCEM		L18:J20:=ВПР(FCEM;KL;2)											
28	E17:E19:=FCEM		L17:L19:=LCEM		KotCEM=ВПР(FCEM;KL;8)											
29	F17:F19:=kCEM		M17:=Zzlsum		LmetrZL=ЕСЛИ(MetrZL="E";КОРЕНЬ((X0-X)^2+(Y0-Y)^2);ABS(X0-X)+ABS(Y0-Y))											
30	G17:G19:=PCEM		M18:M20:=Ztp		LmetrR=ЕСЛИ(metrR="E";КОРЕНЬ((X0-X)^2+(Y0-Y)^2);ABS(X0-X)+ABS(Y0-Y))											
31	H17:H19:=QCEM		M21:=Зсумічн		Zzlsum=((EeCEM+EajCEM)*(ajCEM+KotCEM)+3*(10^-3)*ICEM^2)*R0CEM*10^-3+BoCEM*kCEM)*LCEM*10^-3											
32	I17:I19:=ICEM		J22:=X0		Ztp=((EeCEM+EaCEM)*kCEM*(aCEM+KotCEM)+3*(10^-3)*ICEM^2)*R0CEM*10^-3+kCEM*BoCEM)*LCEM*10^-3											
33			M22:=Y0		Зсумічн=Zzlsum+СУММ(Ztp)											
34			L17:=LmetrZL		J17:=ВПР(FCEM;PL;3)											
35			L18:L19:=LmetrR		K17:=ВПР(FCEM;PL;7)											
36					K18:K19:=ВПР(FCEM;KL;8)											

Рисунок 2.15 – Таблична форма визначення оптимальних координат розміщення ЦРП

Розрахунок оптимальних координат розміщення ЦРП проводиться за допомогою засобу «Поиск решений» діалогове вікно, якого представлено на рисунку 2.16.

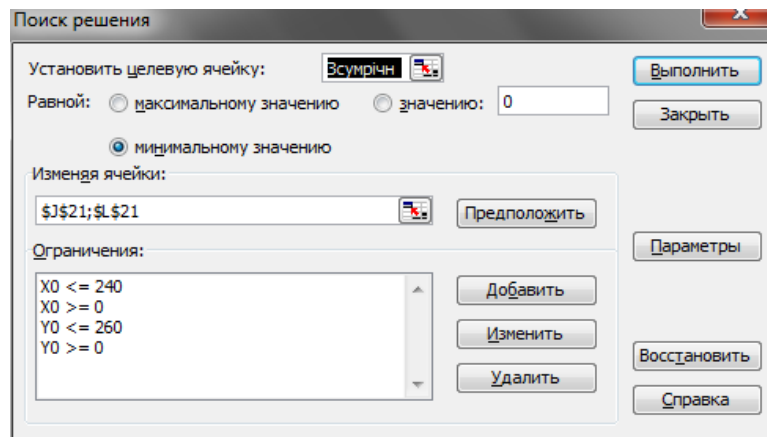


Рисунок 2.16 – Діалогове вікно засобу «Поиск решений» для визначення ЦМ

За допомогою засобу EXCEL «Поиск решений» було визначено оптимальні координати центру мережі $X_0=48$, $Y_0=140$, яким відповідають сумарні річні приведені затрати в мережу 5,218 тис. грн.

Проектне рішення: Оптимальними координатами розміщення ЦРП на генплані є: $X_0=48$, $Y_0=140$. сумарні річні приведені затрати в мережу при цьому становлять 5,218 тис. грн.

Генплан підприємства з розміщеними на ньому ЦРП та ТП зображено на рисунку 2.17.

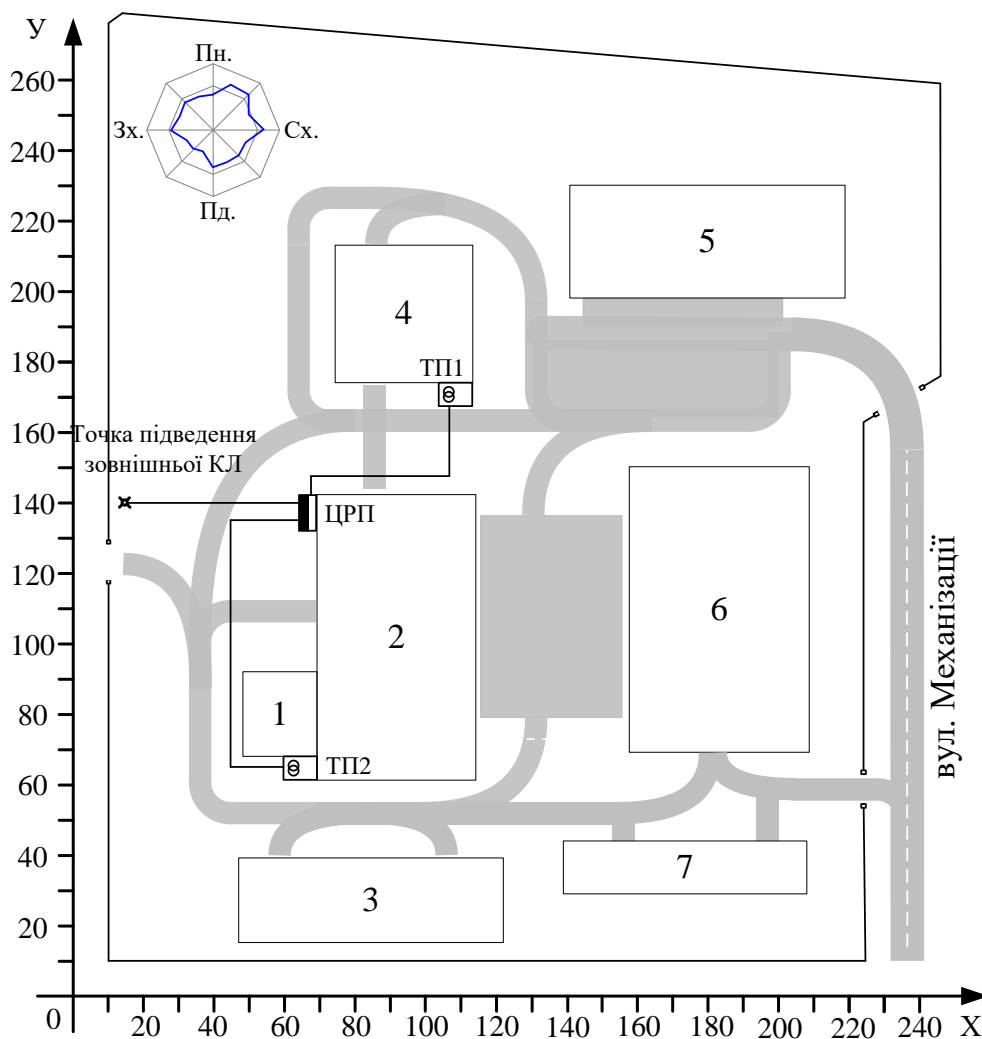


Рисунок 2.17 - Генплан підприємства із розташуванням ЦРП та ЦТП

2.8 Визначення оптимальної потужності компенсуючих пристроїв 0,38 кВ за критерієм мінімуму затрат в СЕП

Ще однією метою задачі є вибір потужності батарей конденсаторів (БК) у вузлах навантаження.

Керованими змінними є складові потужності БК у вузлах навантаження $q_k = (q_{k1}, q_{k2}, \dots, q_{kn})$

ПЕР – річні приведені затрати.

Для простоти розрахунків введемо наступні припущення:

- 1) не враховується вплив компенсації реактивних навантажень (КРН) на вибір силових елементів СЕП;
 - 2) не враховується постійна складова затрат в компенсуючій установці (КУ);
 - 3) діюча напруга у вузлах мережі вважається приблизно однаковою і приймається рівній номінальній. Це надає можливість не враховувати втрати активної потужності від протікання реактивної потужності споживачів.
- Однолінійна схема електропостачання заводу показана на рисунку 2.18.

Схема заміщення для розрахунку балансової задачі КРН показана на рисунку 2.19:

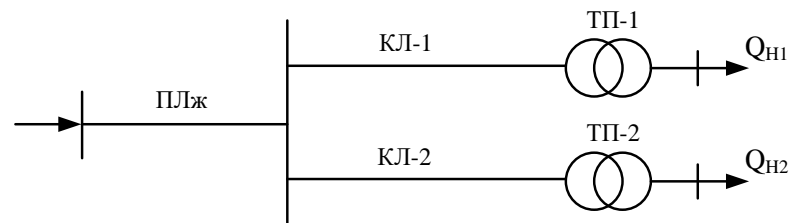


Рисунок 2.18 – Однолінійна схема електропостачання підприємства по переробці деревини в смт. Словечно

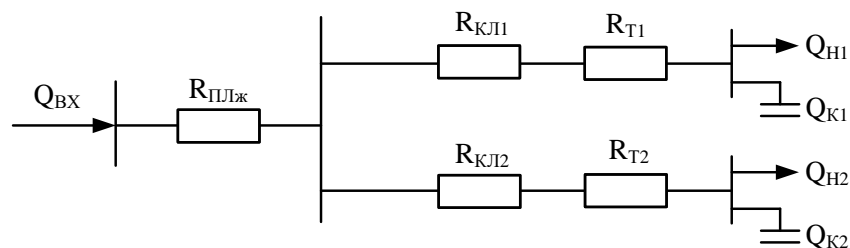


Рисунок 2.19 – Схема заміщення мережі електропостачання підприємства по переробці деревини смт. Словечно.

Для спрощення розрахунків робляться наступні припущення:

- 1) не враховується вплив КРН на вибір силових елементів СЕП;
- 2) не враховується постійна складова затрат в КУ;
- 3) напруга у вузлах мережі вважається приблизно однаковою і приймається рівною номінальній.

Сформуємо математичну модель балансової задачі оптимальної КРН:

Керовані змінні – потужність БК у вузлах навантаження $q_k = (q_{k1}, q_{k2}, \dots, q_{kn})$

ПЕР – річні приведені затрати.

$$\left\{ \begin{array}{l} z(Q_k) = \frac{B_0}{U^2} \times \sum_{i=1}^n \left[(Q_{Hi} - Q_{Ki})^2 (R_{KLi} + R_{Ti}) \right] + \\ + [(E_e + E_a) \cdot B_{k0} + B_0 \cdot \Delta P_k] \times \sum_{i=1}^n Q_{Ki} \rightarrow \min_{Q_k}; \\ Q_{Ki} \geq 0, i=1, 2, \dots, n; \\ \sum_{i=1}^n Q_{Hi} - \sum_{i=1}^n Q_{Ki} = Q_{BX} \end{array} \right. \quad (2.27)$$

де B_0 – питома вартість втрат активної потужності;

U – номінальна напруга, до якої приведені активні опори схеми заміщення;

n – кількість ЦТП та РП 10 кВ;

Q_{Hi} – сума реактивних навантажень, які отримують живлення через i -ту вітку мережі, квар;

Q_{Ki} – сума потужностей КУ тих вузлів мережі, які отримують живлення через i -ту вітку мережі, квар;

R_{KLi} – активний опір окремої лінії;

R_{Ti} – активний опір окремого трансформатора i -тої ЦТП;

ΔP_e – питомі втрати реактивної потужності в КУ, кВт/Мвар;

B_{k0} – питома вартість КУ;

E_e – коефіцієнт ефективності капіталовкладень, %;

E_a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію, %;

$Q_{вх}$ – вхідна реактивна потужність.

Згідно наведеної математичної моделі задачі (2.21) створено комп'ютерну модель на робочому листі MathCad рисунок 2.20.

Виконуємо цю саму задачу в середовищі EXCEL за допомогою засобу «Поиск решений». На листі EXCEL під назвою «КРП» виконуємо необхідні розрахунки (рисунок 2.20).

Як бачимо результати розрахунків ідентичні в обох випадках що свідчить про їх вірність.

Проектне рішення: розв'язок балансової задачі КРН показав, що доцільно встановити на заводі автоматично регульовані конденсаторні установки УКР-0,4 таких номінальних потужностей [4]:

ЦТП1: КУ типу УКР 0,4-250/50;

ЦТП2: КУ типу УКР 0,4-400/50.

Вхідні дані для розрахунку

Напруга, кВ: $U := 10$

Вхідна реактивна потужність, квар: $q_{вх} := 244$

Коефіцієнт ефективності капіталовкладень $E_e := 0.1$

Коефіцієнт відрахувань на амортизацію $E_a := 0.04$

Питома вартість КУ $B_{к0} := 100$

Питомі втрати реактивної потужності в КУ, кВт/Мвар $\Delta P_k := 4.5$

Питома вартість втрат активної потужності, грн/кВт $B_o := 3149.7$

Питомі активні опори ліній живлення, Ом/км

$r_{01} := 0.62$ $r_{02} := 0.62$

Довжини ліній від ЦРП до ЦТП, км

$L_{кл1} := 0.068$ $L_{кл2} := 0.08$

Опори трансформаторів, Ом

$r_{т1} := 2.142$ $r_{т2} := 1.05$

Реактивна потужність у вузлах навантаження, квар:

$q_{н1} := 321.56$ $q_{н2} := 572.76$

Довільні початкові потужності БК у вузлах навантаження, квар:

$q_{к1} := 100$ $q_{к2} := 100$

Довжина та питомий опір ліній живлення:

$l_{ж} := 1 + 0.053 = 1.053$ $r_{ж0} := 0.326$

Опір зовнішньої лінії живлення, Ом

$r_{ж} := l_{ж} \cdot r_{ж0} = 0.343$

Опір розподільних ліній живлення, Ом

$r_{л1} := r_{01} \cdot L_{кл1} = 0.042$ $r_{л2} := r_{02} \cdot L_{кл2} = 0.05$

Модель балансової задачі компенсації реактивних навантажень

$$\mathcal{Z}(q_{к1}, q_{к2}) := \frac{B_o}{U^2 \cdot 1000} \cdot \left[\begin{array}{l} (q_{н1} - q_{к1})^2 \cdot \left(\frac{r_{т1} + r_{л1}}{2} \right) \dots \\ + (q_{н2} - q_{к2})^2 \cdot \left(\frac{r_{т2} + r_{л2}}{2} \right) \dots \\ + (q_{н1} + q_{н2} - q_{к1} - q_{к2})^2 \cdot \frac{r_{ж}}{2} \end{array} \right] + [(E_e + E_a) \cdot B_{к0} + B_o \cdot \Delta P_k] \cdot (q_{к1} + q_{к2})$$

Given

обмеження

$$q_{к1} \geq 0 \quad q_{к2} \geq 0$$

$$(q_{н1} + q_{н2}) - (q_{к1} + q_{к2}) = q_{вх}$$

Визначаємо оптимальне проектне рішення:

$$q_{к} := \text{Minimize}(\mathcal{Z}, q_{к1}, q_{к2}) = \begin{pmatrix} 239.854 \\ 410.465 \end{pmatrix}$$

Річні приведені затрати, грн

$$\mathcal{Z}(q_{к1}, q_{к2}) = 2.843 \times 10^7$$

Перевірка, квар

$$(q_{н1} + q_{н2}) - (q_{к1} + q_{к2}) = 244.001 \quad q_{вх} = 244$$

Рисунок 2.20 – Розрахунок задачі КРП в середовищі MathCad

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	Компенсація реактивної потужності													
2														
3	Вхідні дані:													
4	Вхідна реактивна потужність				Q _{вх} =	244	квар	F4:=Q _{вх}						
5	Напруга				U=	10	кВ	F5:=U						
6	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень					0,1								
7	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію					0,04								
8	Питома вартість КУ					100								
9	Питома РП втрат КУ					4,5	кВт/Мвар							
10	Питома вартість втрат АП					3149,7	грн/кВт	F10:=Bo						
11					Bo/(U ² *1000)=	0,0315		F11:=F10*(F5 ² *1000)						
12														
13	ЛЖ	Питома активні опори ліній	Довжини ліній	Реактивні нав., квар	Опір ТП	Повні актив. опір	Пот. КУ,	ПЕР h(Qk)						
14														
15	ЖЛ	0,326	1053,00			0,343		10228,732						
16	ТП1	0,62	68,00	321,562	2,142	2,184	239,8	7299,7701						
17	ТП2	0,62	81,00	572,761	1,050	1,100	410,41	14500,425						
18		Разом		894,322			650,2	9225779,1						
19														
20	Перевірка:													
21	Q _п -Q _к =				244,120									
22	Q _{вх} =				244									
23														
24	B15:=ЦМЛ17			F16:=втрати/O3	I15:=B15*D15/1000									
25	B16:=ЦМЛ18			F17:=втрати/O4	I16:=B16*D16/1000+H16									
26	B17:=ЦМЛ19			F18:=F16+F17	I17:=B17*D17/1000+H17									
27	D15:=ЦМЛ17+БДК5*1000			H16:=втрати/P3	L15:=(F16+F17-K16-K17)*2*I15									
28	D16:=ЦМЛ18			H167:=втрати/P4	L16:=(F16-K16)*2*I16/2									
29	D17:=ЦМЛ19				L17:=(F17-K17)*2*I17/2									
30					L18:=I11*(СУММ(L15:L17))+									
31														
32														
33														
34														
35														

Поиск решения

Установить целевую ячейку:

Равной: максимальному значению зна

минимальному значению

Изменяя ячейки:

Ограничения:

\$F\$16 >= \$K\$16
 \$F\$17 >= \$K\$17
 \$K\$16 >= 0
 \$K\$17 >= 0
 ПЕР = \$F\$4

Рисунок 2.21 –Запис математичної моделі КРН та розв’язання задачі КРН в середовищі EXCEL

Висновок до розділу 2

В другому розділі магістерської кваліфікаційної роботи виконано автоматизоване проектування підприємства по переробці деревини в смт. Словечно, Житомирської області. Прийняті оптимальні проектні рішення, щодо зовнішньої лінії живлення, місця розміщення ЦТП, оптимальних перерізів розподільних мереж..

На першому етапі була створена загальна база даних в електронному процесорі Excel, яка включає загальні дані, технічні та економічні дані силових трансформаторів та кабельних ліній.

Наступним завданням ми визначили середні та розрахункові навантаження цехів і заводу в цілому методом коефіцієнтів використання та попиту за допомогою електронного процесора Excel.

Третім кроком роботи ми визначили кількість, потужність та місце розташування цехових ТП а саме, було обрано що споживачі підприємства доцільно розподілити між двома ЦТП: ЦТП1 – ТМ 630 та ЦТП2 – ТМ 1000. Визначено оптимальний переріз лінії живлення, яка виконана однофазною кабельною лінією напругою 10 кВ марки ААБ перерізом 95 мм^2 та оптимальні перерізи розподільної внутрішньозаводської мережі напругою 10 кВ, які виконані кабелями марки ААБ перерізами для ТП1 та ТП2 50 мм^2 та прокладені в траншеях. Використовуючи засіб електронного процесора EXCEL «Поиск решений» було прийнято рішення щодо місця розташування ЦРП ($X_0=68$, $Y_0=140$), сумарні річні приведені затрати в мережу при цьому становлять 5,218 тис. грн.

На завершальному етапі ми визначили оптимальні координати розташування центру мережі, у нашому випадку це розташування ЦТП, використовуючи електронний процесор Excel. Також визначили оптимальну потужність компенсуючих пристроїв 0,38 кВ за критерієм мінімуму затрат в ЕПС, використовуючи математичний процесор САПР MathCad та обрано такі КУ ЦТП1: КУ типу УКР 0,4-250/50 та ЦТП2: КУ типу УКР 0,4-400/50.

Засоби, які були використані для автоматизації проектування: процесор Excel, математичний САПР MathCad, текстовий процесор Word та графічний редактор Microsoft Visio.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ФОТОВОЛЬТАІЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

3.1 Коротка характеристика об'єкту та його склад

Даним розділом магістерської кваліфікаційної роботи розроблено удосконалення системи електропостачання на основі фотовольтаїчних панелей на підприємстві по переробці деревини селища міського типу Словечно Житомирської області – дахової фотогальванічної електростанції (ФЕС) з встановленою сумарною потужністю інверторів 510 кВт.

Розроблена ФЕС призначена для локального виробництва електроенергії, шляхом безпосереднього перетворення енергії сонячного випромінювання в електричну енергію, за допомогою фотоелектричних напівпровідникових монокристалічних модулів.

Встановлення фотоелектричних модулів передбачається на дахах будівель та споруд деревообробного підприємства з південного та північного боку, а саме на покрівлі виробничого корпусу будівлі, складу обробленої сировини, складу готової продукції, механічного цеху та цехів первинної обробки сировини №1 та №2. Кут нахилу фотоелектричних модулів відповідає куту нахилу даху на будівлях: цех первинної обробки сировини №1 та №2 та на двох південних схилах складу готової продукції див. додаток Г та Д.

На покрівлях виробничого корпусу передбачається розміщення фотоелектричних модулів на опорні металоконструкції з кутом нахилу від 5° до 37° . На покрівлях складу обробленої сировини, механічного цеху, розробляється використання металоконструкцій під фотоелектричні модулі з антикутом, та кутом нахилу фотоелектричних модулів 10° . Всього передбачається використання 6 споруд.

Відповідна електрична потужність постійної напруги отримана з фотоелектричних модулів, кожен одиничною потужністю 380 Вт збирається по

радіальній мережі до 1000 В в стрінгових інверторах. В інверторах відбувається перетворення потужності з постійної напруги в змінну на напругу 400 В. Від них вона збирається до розподільчих щитів (РЩ) по 2 або 3 інвертора на кожен РЩ. Кількість РЩ складає 4 шт. (3 шт. на два приєднання та 1 шт. на три приєднання).

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків

№ з/п	Найменування обладнання	Кількість
1	Фотоелектричні модулі типу SNRG-FR72-5BB-MONOPERC-380 W	1547 шт.
2	Стрінгові інвертора типу SUN2000-60KTL-M0	8 шт.
3	Стрінгові інвертора типу SUN2000-33KTL-A	1 шт.
4	Розподільчі щити (РЩ)	4 шт.

В ході розрахунків були проведені наступні дії:

- розстановка блоків фотоелектричних модулів на дахах будівель та споруд деревообробного підприємства на опорних металоконструкціях під ФЕС;
- розстановка стрінгових інверторів, розподільчих щитів 0,4 кВ та комплектної трансформаторної підстанції 0,4/10 кВ;
- улаштування заземлення та захисту від грозових перенапруг;
- організація кабельних зв'язків між різними ланками технологічного процесу генерації електроенергії.

3.2 Основні техніко-економічні показники об'єкту та показники генерального плану, інженерних мереж і комунікацій

Таблиця 3.2 – Результати показників об'єкта

№ з/п	Найменування показника	Показник
1	Найменування об'єкту	Реконструкція даху та системи електропостачання підприємства по переробці деревини, який знаходиться за адресою: 11122 Житомирська обл, Овруцький район, смт. Словечно, вул. Механізації, будинок 8

Продовження таблиці 3.2

№ З/п	Найменування показника	Показник
2	Місце розташування об'єкту	Житомирська обл, смт. Словечно, вул. Механізації, будинки 8
3	Кількість змін	дві
4	Встановлена потужність станції	510 кВт
5	Сумарна пікова потужність фотоелектричних модулів	587,86 кВт
6	Загальна кількість працюючих	2 чоловіка в зміні, з яких: охорона - 0 чол.; оперативний електротехнічний персонал - 2 чол.
7	Кошторисна вартість будівництва у т.ч. будівельні роботи	_____ тис.грн
8	Витрати на охорону навколишнього природного середовища, відновлювальні та компенсаційні заходи	не передбачаються
9	Тривалість будівництва	2 місяці
10	Трудомісткість будівництва	тис.люд.год
11	Розрахунковий річний виробіток електроенергії	0,59901 млн.кВт·г
12	Річна потреба об'єкта в ресурсах на технологію	відсутня
13	Загальна кількість будівель, що використовується для встановлення фотоелектричних модулів	6 шт.
14	Екологічні наслідки	відсутні

Відповідно до розрахованих рішень передбачається використовувати для встановлення фотоелектричних модулів шість дахів будівель, а саме:

- 1) механічний цех – 125 шт. модулів;
- 2) виробничого корпусу – 140 шт. модулів;
- 3) склад готової продукції – 160 шт. модулів;
- 4) цех первинної обробки сировини №1 – 122 шт. модулів;
- 5) цех первинної обробки сировини №2 – 80 шт. модулів;
- 6) складу обробленої сировини – 920 шт. модулів;

Існуюче прокладання кабельних зв'язків між модулями, а також кабельні зв'язки між блоками фотоелектричних модулів та інверторами передбачено по опорних металокопструкціях, та в металевих перфорованих лотках.

Кабельні лінії до 1000 В прокладаються в перфорованих металевих лотках, повітряною лінією, а також в підземній кабельно-трубній каналізації. Контур захисного заземлення ФЕС улаштовано з використанням комплектів стержневого вертикального заземлення, розміщених по периметру кожної реконструйованої будівлі [1].

Приєднання всіх рядів опорних металокопструкцій, та кронштейнів і стійок під інвертора та РЩ до загального контуру заземлення підприємства, виконати шляхом з'єднання за допомогою кабельних наконечників та провідника (пруток-катана $d=8$ мм). Усі металокопструкції під фотоелектричні модулі на даху будівель, з'єднуються між собою за допомогою універсального з'єднувача до провідника (пруток-катана $d=8$ мм).

Розміщення фотоелектричних модулів виконується на металокопструкції каркасного типу безпосередньо на дахах будівель. З метою зменшення втрат напруги в кабелях, стрінгові інвертора розміщуються по можливості біля РЩ-0,4 кВ.

Розподільчі щити встановлено за критерієм мінімізації кабельних зв'язків між ними та ввідними розподільчими щитами цехів, до яких вони належать. Транспортна інфраструктура ФЕС представлена існуючими автомобільними проїздами, що примикають до будівель, що реконструюється та до будівлі КТП [2].

3.3 Відомості про інженерний захист території об'єкту

В межах нашої дахової фотогальванічної електростанції необхідно виконати умови, які допоможуть забезпечувати проїзди та підходи для обслуговування та ремонту інженерних мереж дахової ФЕС.

Охоронні заходи території земельної ділянки підприємства де передбачається встановлення дахової фотогальванічної електростанції забезпечується шляхом:

- дотримання периметральної зовнішньої огорожі у належному стані;
- встановлення замків на воротах заїздів;
- захист від несанкціонованого проникнення забезпечується існуючим черговим персоналом охорони об'єкту;
- двері комплектної трансформаторної підстанції та РЩ облаштовані зовнішніми замками.

Заземлюючий пристрій електростанції улаштовується з урахуванням наявності на території електростанції:

- електричних мереж до 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю;
- електричних мереж до 1 кВ з ізольованою нейтраллю;
- електричних мереж понад 1 кВ з ізольованою нейтраллю.

Також відповідно до нормативних вимог глави 1.7 ПУЕ:2017, заземлюючий пристрій електростанції виконується за вимогою до його опору для електроустановок напругою до 1 кВ в електричних мережах з глухозаземленою та ізольованою нейтраллю, до заземлюючих пристроїв. контуру яких ставляться більш жорсткі вимоги, ніж до заземлюючих пристроїв електричних мереж понад 1 кВ з ізольованою нейтраллю [1]. Відповідно до п. 1.7.92 та 1.7.96 ПУЕ:2017 опір заземлюючого пристрою у будь-яку пору року складає не більше 4 Ом [1].

Для мереж до та вище 1 кВ з ізольованою нейтраллю приймається тип системи заземлення IT.

Для нашої системи заземлення типу IT захист від непрямого дотику, в разі першого замикання на землю, здійснюється захисним заземленням у поєднанні з безперервним контролем стану ізоляції мережі з дією на сигнал. У разі можливого подвійного замикання на землю захист від непрямого дотику здійснюється шляхом застосування автоматичного вимкнення живлення запобіжниками з часом не більше 0,1 с.

Контур захисного заземлення ФЄС улаштовано з використанням комплектів стержневого вертикального заземлення, розміщених по периметру кожної реконструйованої будівлі. Приєднання відповідних рядів опорних металоконструкцій, кронштейнів та стійок під інвертора та РЩ до загального контуру заземлення, виконати шляхом з'єднання за допомогою кабельних наконечників та провідника (пруток-катана $d=8$ мм).

Корпуси фотоелектричних модулів приєднати до опорної конструкції мідним провідником ПВ-3 1х6 [1].

Усі металоконструкції під фотоелектричні модулі на дахах будівель, з'єднуються між собою за допомогою універсального з'єднувача до провідника (пруток-катана $d=8$ мм).

Заземлюючий провідник прокласти по даху та з'єднати з стержневим вертикальним заземлювачем. Для захисту електрообладнання та кабельної продукції від грозових перенапруг в РЩ збору потужності від інверторів, а також для захисту КЛ-10 кВ встановити нелінійні обмежувачі перенапруги [1].

3.4 Електротехнічне обладнання

Основною технологічною ланкою виробництва електроенергії є фотоелектричні модулі, які перетворюють електромагнітну енергію сонячної радіації безпосередньо в електричний струм постійної напруги. Характеристики фотоелектричних модулів, застосованих в даному проекті, наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Характеристики фотоелектричних модулів

Основні параметри фотоелектричних модулів типу SNRG-FR72-5BB-MONOPERC-380 W (компанія KNESS PV)		
№ п/п	Найменування показника	SNRG-FR72-5BB- MONOPERC-380 W

Основні параметри фотоелектричних модулів типу SNRG-FR72-5BB-MONOPERC-380 W (компанія KNESS PV)		
№ п/п	Найменування показника	SNRG-FR72-5BB- MONOPERC-380 W
1	Максимальна потужність, P_m	380 Вт
2	Струм короткого замикання, I_k	9,85 А
3	Напруга холостого ходу, U_{xx}	48,3 В
4	Напруга в режимі видачі максимальної потужності, $U_{мп}$	40,2 В
5	Струм в режимі видачі максимальної потужності, $I_{мп}$	9,45 А
6	Габаритні розміри (Д, Ш, Т), мм	1956x992x35
7	Вага	21,1 кг
8	Відносне значення ефективності	19,6 %

Параметри фотоелектричних модулів наведені для нормальних умов при інтенсивності сонячної радіації 1000 Вт/м^2 та температурі модуля 25°C .

В даному розділі передбачено послідовне з'єднання фотоелектричних модулів по 17 шт. в блоки. Електричні параметри блоків з фотоелектричних модулів потужністю 380 Вт: $P_m = 6,46 \text{ кВт}$, $U_{мп} = 683,4 \text{ В}$, $I_{мп} = 9,45 \text{ А}$. Схему організації кабельних зв'язків у блоках фотоелектричних модулів наведено на рисунку 3.1.

Перетворення потужності, що генерується фотоелектричними модулями з постійної напруги на змінну відбувається у стрінгових інверторах.

В проєкті передбачене встановлення 8 стрінгових інверторів типу SUN2000-60KTL-M0 та 1 стрінгового інвертору типу SUN2000-33KTL-A виробництва компанії HUAWEI див додаток В. Основні параметри інверторів наведено в таблицях 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.4 – Характеристики фотоелектричних модулів

Основні параметри інвертора типу SUN2000-60KTL-M0	
Вхідні параметри інвертора (DC)	
Максимальне значення напруги при постійному струмі, В	1100
Максимальний струм на кожний МРРТ, А	22
Максимальний струм к.з. на кожний МРРТ, А	30
Стартова напруга, В	200
Робочий діапазон МРРТ, В	200÷1000
Номінальна напруга, В	720
Максимальна кількість входів	12
Кількість МРР трекерів	6
Вихідні параметри інвертора (AC)	
Номінальна активна потужність, кВт	60
Максимальна повна потужність, кВА	66
Максимальна активна потужність ($\cos\varphi=1$), кВт	66
Номінальна напруга, В	400*
Номінальна частота, Гц	50/60*
Максимальний струм, А	95.3*
Діапазон регулювання $\cos\varphi$	0,8 інд. ÷ 0,8 ємн.
Максимальний коефіцієнт нелінійних спотворень	<3%
Загальні параметри інвертора	
Діапазон робочих температур, °С	-25 ÷ 60
Відносна вологість, %	0 ÷ 100

Продовження таблиці 3.4

Клас захисту оболонки	IP65
Висота установки, м	0 ÷ 4000
Габаритні розміри (ДхВхШ), мм	1075 x 555x 300
Вага, кг	73

Таблиця 3.5– Характеристики фотоелектричних модулів

Основні параметри інвертора типу SUN2000-33KTL-A	
Вхідні параметри інвертора (DC)	
Максимальне значення напруги при постійному струмі, В	1100
Максимальний струм на кожний МРРТ, А	22
Максимальний струм к.з. на кожний МРРТ, А	30
Стартова напруга, В	200
Робочий діапазон МРРТ, В	200÷1000
Номінальна напруга, В	620
Максимальна кількість входів	8
Кількість МРР трекерів	4
Вихідні параметри інвертора (AC)	
Номінальна активна потужність, кВт	30
Максимальна повна потужність, кВА	33
Максимальна активна потужність ($\cos\varphi=1$), кВт	33
Номінальна напруга, В	400*
Номінальна частота, Гц	50/60*
Максимальний струм, А	48
Діапазон регулювання $\cos\varphi$	0,8 інд. ÷ 0,8 ємн.

Продовження таблиці 3.5

Максимальний коефіцієнт нелінійних спотворень	<3%
Загальні параметри інвертора	
Діапазон робочих температур, °C	-25 ÷ 60
Відносна вологість, %	0 ÷ 100
Клас захисту оболонки	IP65
Висота установки, м	0 ÷ 4000
Габаритні розміри (ДхВхШ), мм	930 x 550x 283
Вага, кг	62

Вказані характеристики, які виділено потовщеними лініями, обрані для даного проекту.

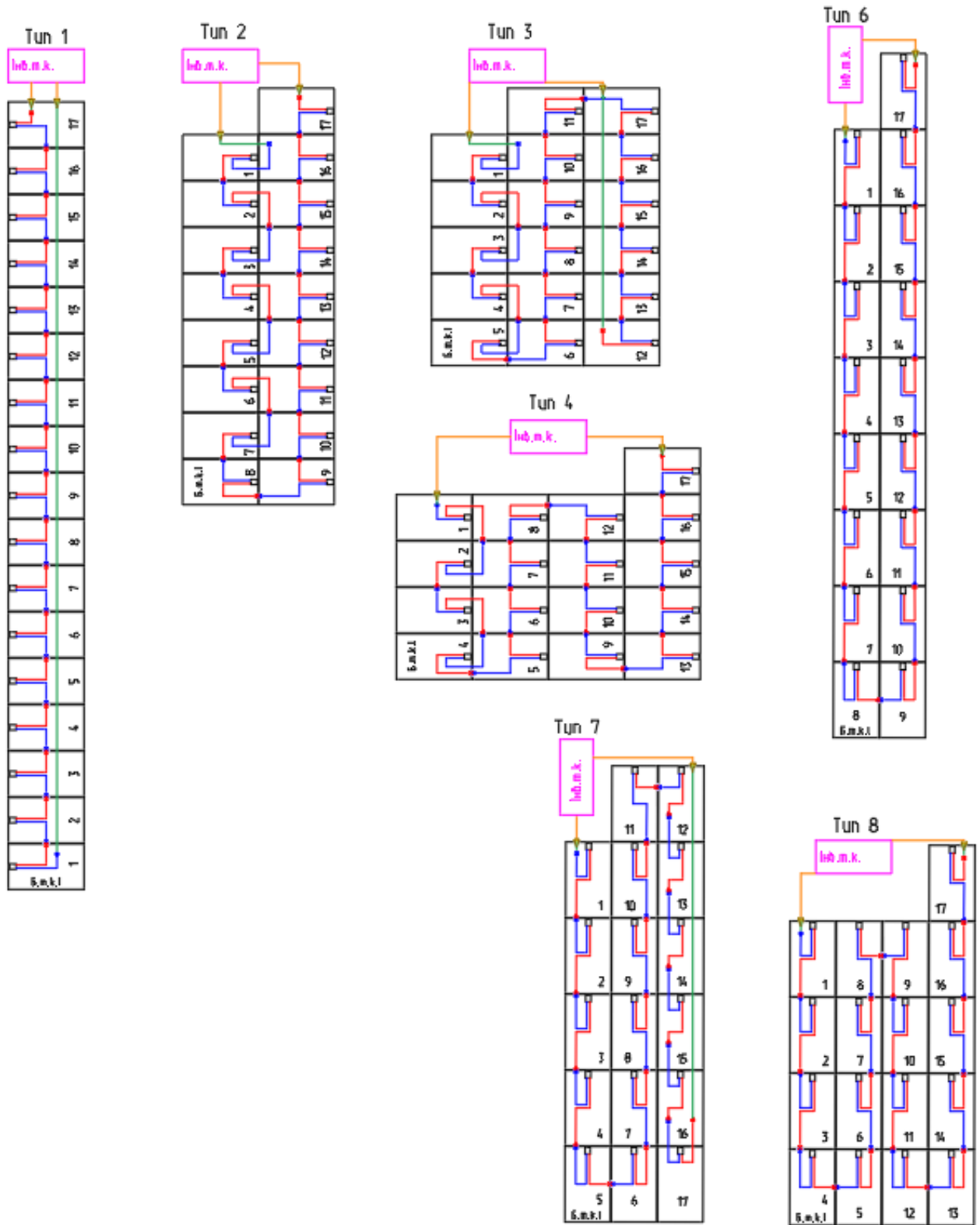


Рисунок 3.1 – Схема організації кабельних зв'язків у блоках фотоелектричних модулів

Потужність від стрінгових інверторів збирається у розподільчі щити (РЩ) змінного струму по 2 або 3 інвертора на кожен. Схема РЩ наведені рисунку 3.2

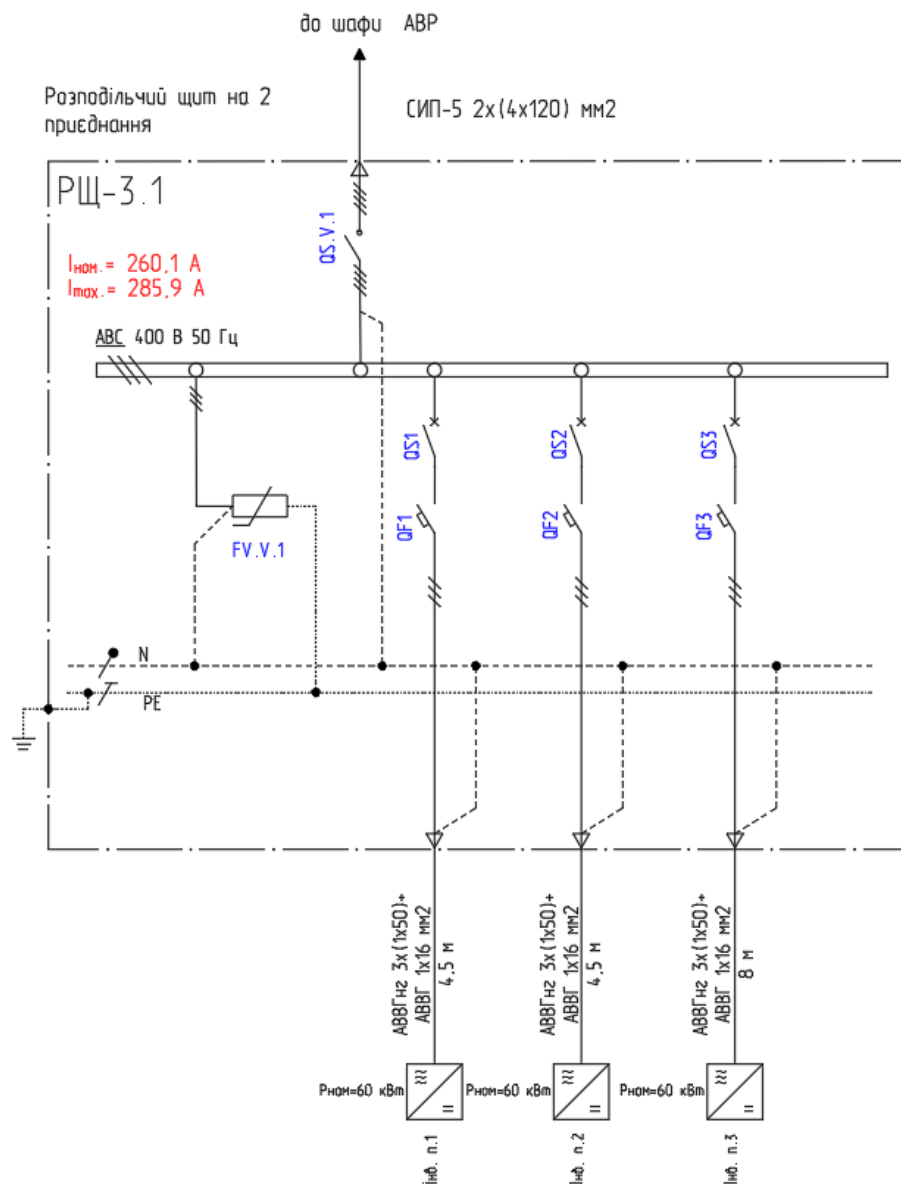


Рисунок 3.2 – Схема РЩ змінного струму

Від РЩ відбувається розподіл потужності на напрузі 0,4 кВ та видача її на шини окремих цехів підприємства.

3.5 Кабельні зв'язки до 1000 В

Відповідно до запроєктованої ієрархічної структури електростанції проектом передбачено організацію наступних кабельних зв'язків:

- між фотоелектричними модулями при їх послідовному з'єднанні у блоки;
- між блоками та інверторами;
- між інверторами та розподільчими щитами;
- між розподільчими щитами та ввідними розподільчими щитами;

Послідовне з'єднання фотоелектричних модулів в блоки виконаний кабелем, який постачається комплектно з фотоелектричними модулями. При переході кабелю через міжрядний прохід передбачається додаткова кабельна вставка.

Приєднання блоків фотоелектричних модулів до інверторів виконати мідними кабелями перетином 6 мм² в зовнішній ізоляції, що не розповсюджує горіння марки H1Z2Z2-K 1x6 BLACK виробництва компанії Escorcco line (або аналог). Прокладання кабелю на дахах виконане по металокопункціях із закріпленням через кожен 1 м хомутом, стійким до дії ультрафіолетового випромінювання; при спусках з споруд та будівель – в металевому перфорованому лоткові.

Структурний план електричних з'єднань фотоелектричних модулів на реконструйованих дахах будівлі наведено на рисунку 3.3. Зв'язок від інверторів до РЩ виконано алюмінієвими кабелями марки АВВГ та АВВГнг.

Зазначена КЛ прокладається в металевих кабельних лотках, які кріпляться до опори кріплення РЩ та інверторів. Зв'язок від інвертора до РЩ, який здійснюється в підземній трубно-кабельній каналізації та виконаний кабелем АВВГ та АВВГнг.

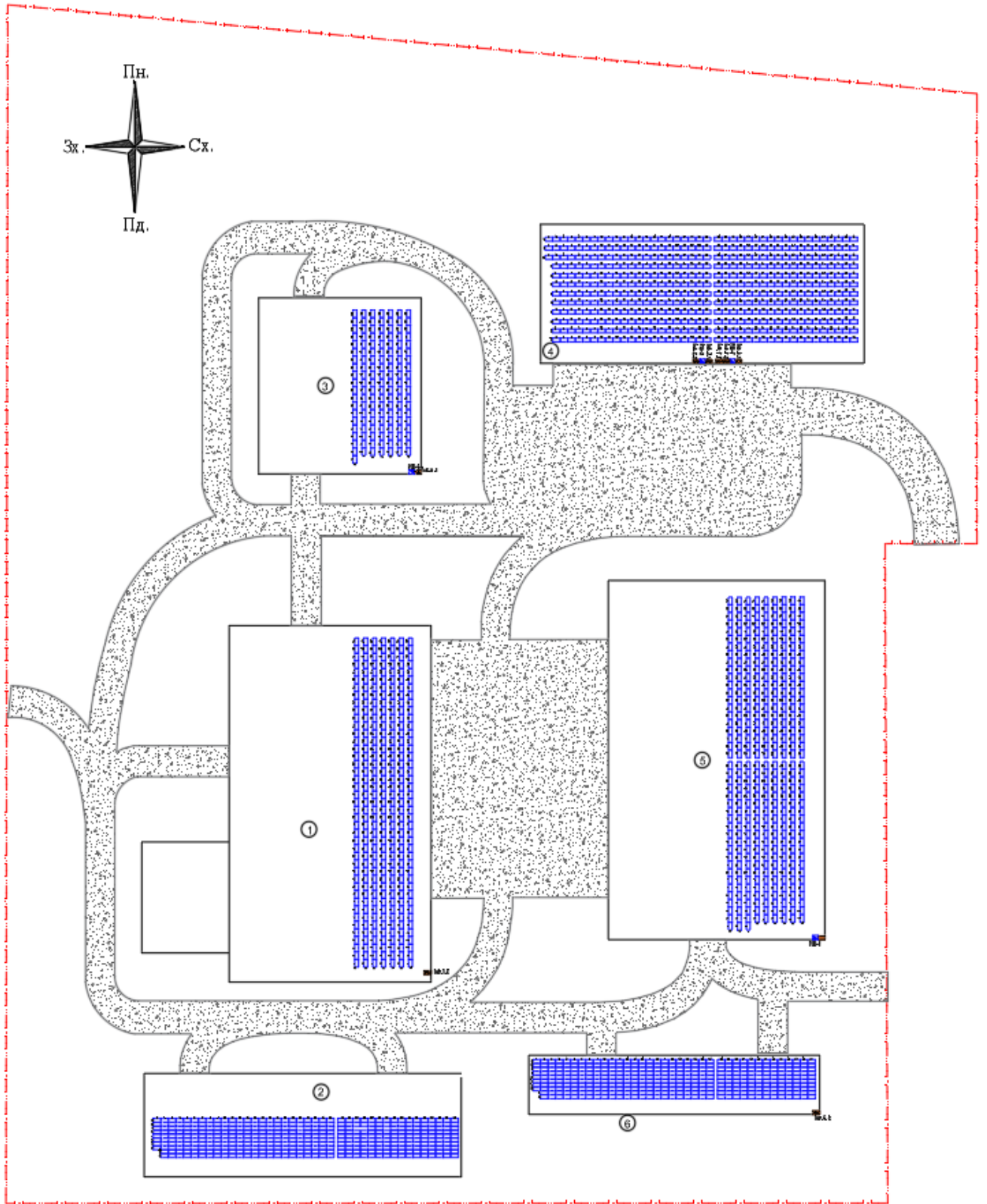


Рисунок 3.3 – Структурний план електричних з'єднань фотоелектричних модулів на реконструйованих дахах будівель

Зв'язок від РЩ до ВРЩ відповідних цехів здійснюється у траншеях у трубно-кабельній каналізації кабелями марки АВВГ та повітряними лініями по проєктованих опорах ЛЕП кабелями СП-5.

З метою забезпечення рівня втрат напруги в кабелях змінного струму (від інверторів споживачів) в межах, які визначені в чинних нормативних документах, переріз струмопровідної жили кабелів вибраний в залежності від довжини лінії так, що втрати не перевищують 5%.

Кабельні зв'язки до 1000 В прокласти вздовж металоконструкцій, на яких встановлюються фотоелектричні модулі, в металевих перфорованих лотках(по криші будівлі, при спускові з будівель та заходах в точках інвертор-РЩ), повітряною лінією, а також в ґрунті у траншеї на глибині 0,7-1,0 м на відстані 0,1 м від стінок траншеї. У траншеї проєктовані кабельні лінії прокладені у трубно-кабельній каналізації.

Висновок до розділу 3

Перша та основна перевага удосконалення системи електропостачання на основі фотовольтаїчних панелей на підприємстві полягає у частковій незалежності від енергосистеми та відсутність проміжних фаз перетворення енергії. Стрімкий розвиток відновлювальних джерел надає можливість забезпечити додаткову надійність системи електропостачання у віддаленій місцевості.

Відновлювальна енергетика дозволяє мінімізувати проблеми екології, які починають переважати економічні показники, та відповідають світовій стратегії розвитку.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Мета розрахунків та характеристика вихідних даних

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства, показаної на рис. 4.1, та вихідних даних, приведених у табл. 4.1 – табл. 4.3 будуть проведені необхідні розрахунки.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП 1	ТМ-630	1	417,556
ТП 2	ТМ-1000	1	759,926

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
ЦРП - ТП1	68	ААБ 3х50	1
ЦРП - ТП2	81	ААБ 3х50	1

Таблиця 4.3 – Потужність цехів підприємств

№	Цех	Sp, кВА	cos	Кількість змін
1	Котельня	80,76	0,75	1
2	Виробничий корпус	282,08	0,65	1
3	Цех первинної обробки сировини №1	166,03	0,7	1
4	Цех первинної обробки сировини №2	250,44	0,7	1
5	Склад обробленої сировини	57,45	0,5	1
6	Склад готової продукції	63,01	0,5	1
7	Механічний цех	129,49	0,65	1

Рекомендації до виконання:

1. Вважати, що в кожному цеху встановлено одну ТП (номер цеху відповідає номеру ТП).

2. Кількість вимикачів визначається відповідно до даної схеми (рис. 4.1).
3. Оплату за спожиту електроенергію розраховують за одноставковим тарифом: 2,00 грн/кВт·год;
4. Прийняти норму амортизації – 6%,
5. Нарахування: в пенсійний фонд – 33%, у фонд зайнятості – 1,5%, на соціальне страхування – 1,5%.
6. Якщо заводська мережа складається тільки з живильного кабелю 10 кВ і однієї ТП 10/0,4 кВ, то необхідно розраховувати капіталовкладення і експлуатаційні витрати для мережі 0,38 кВ [14].

За відсутності даних щодо вартості високовольтних вимикачів можна приблизно вартість вимикача 10 кВ прийняти рівною 30–40 тис. грн., а вимикача 110 кВ – 70–80 тис.грн.

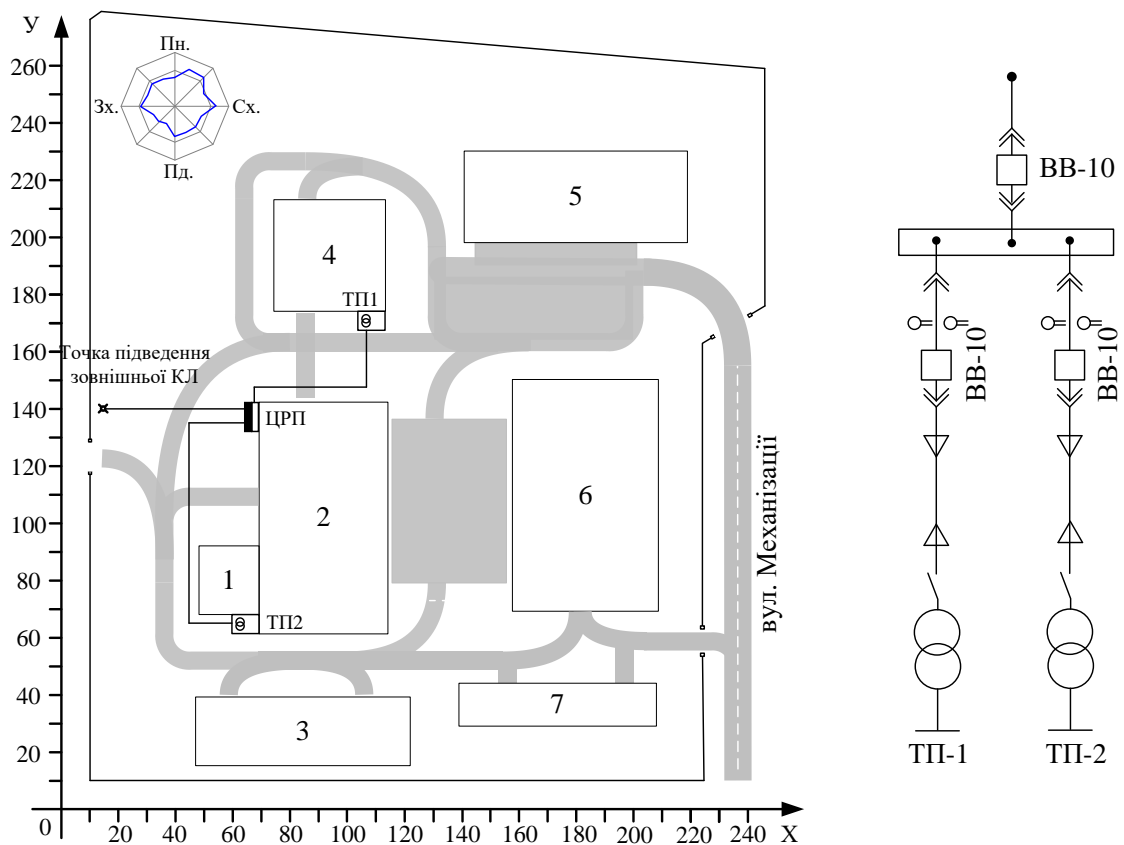


Рисунок 4.1 – Схема електропостачання підприємства

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 4.4 і табл. 4.5 [14].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{л} = (K_{пит} + K_{прок}) \cdot L, \quad (4.1)$$

де $K_{пит}$ - питома вартість на 1км лінії, тис. грн./км [14];

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

L - довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ЦРП до ТП1:

$$K_{л1} = (K_{пит} + K_{прок}) L = (83,02 \cdot 1 + 2,22) \cdot 0,068 = 5,8 \text{ (тис.грн).}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кіл-ть	Довжина, км	$K_{пит}$, тис.грн	$K_{прок}$, тис.грн	$K_{л}$, тис.грн
ЦРП-ТП1	ААБ 3х50	1	0,068	83,08	2,22	5,80
ЦРП-ТП2	ААБ 3х50	1	0,081	83,08	2,22	6,91
Всього						12,71

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^l K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.2)$$

де $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї ТП, тис. грн. (табл. 2.7 і табл. 2.8 [14]);

$K_{\text{пост}}$ - постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн.

З табл. 2.7–2.8 [14] визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, наприклад, для ТП–1:

$$K_{\text{псі}} = 183,47 + 36,69 = 220,16 \text{ (тис.грн).}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип тр-ра	Кількість т-рів	$K_{\text{од}}$, тис.грн	$K_{\text{пост}}$, тис.грн	$K_{\text{пс}}$, тис.грн
КТП-1	ТМ-630	1	183,47	36,69	220,16
КТП-2	ТМ-1000	1	213,84	42,77	256,61
Всього					476,77

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_{\text{в}} = 3 \cdot 35 = 105 \text{ (тис. грн).}$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{пс}} = 476,77 + 105 = 581,77 \text{ (тис. грн).}$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 12,71 + 581,77 = 594,48 \text{ (тис. грн).}$$

4.3 Розрахунок поточних витрат. Розрахунок потреби в робочій силі

Чисельність робітників, яка необхідна для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоустаткування 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 капі-тального ремонту.

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

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.3)$$

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

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. (табл.2.12 [14]);

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

Для схеми, представленої на рис. 4.1 трудомісткість ремонту вимикачів 10кВ, люд.-год./рік:

$$T = 1 \cdot 20 \cdot 2 = 40 \text{ (люд.-год./рік)}.$$

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

Слід зазначити, що норми тривалості міжремонтних періодів і пов'язана з ними розрахункова кількість ремонтів за рік, розроблені для енергоустаткування, яке працює в двох змінах, тобто при $K_{зм}=2$. При іншій змінності вводиться поправочний коефіцієнт β_p , який знаходимо за табл. 2.15 [14].

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

$$T_{то} = 12 \cdot t_{пр} \cdot K_{ср} \cdot K_{зм} \cdot h, \quad (4.4)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{пр}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год. (табл. 2.13 [14]);

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

h – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого 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 одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.
Вимикач 10кВ	3	1	16	48	12	1	36
ТМ-1000	1	0,33	120	39,6	12	20	240
ТМ-630	1	0,33	100	33	12	20	240
Кабельна лінія 50 мм ² , км	0,149	1	46	6,854	1	11,5	1,7135
Разом				127,454			517,7135

Таблиця 4.7 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна	
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	трудоміст-кість обслуговування люд.год.	
Вимикач 10кВ	3	2	0,1	12	115,2	151,2	
ТМ-1000	1	2	0,1	12	288	528	
ТМ-630	1	2	0,1	12	240	480	
Кабельна лінія 50 мм ² , км	0,149	2	0,1	12	16,4496	18,1631	
Разом					659,6496	1177,363	

Якщо ремонтний персонал виконує лише поточні ремонти, то його чисельність

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

експлуатаційні робітники, чол.:

$$H_{обс} = \frac{T_{обс}}{\Phi_{обс} \cdot K_{в.н}}, \quad (4.6)$$

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

$\Phi_{д}$ – дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного робітника за рік; приймається рівним 1850-1900 год;

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

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

Знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{обс} = \frac{1177,36}{1900 \cdot 1,05} = 0,59 \text{ (чол)},$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{тр} = \frac{127,454}{1900 \cdot 1,1} = 0,06 \text{ (чол)}.$$

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

4.4 Розрахунок витрат по заробітній платі

Для нормованого 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:

$$\Phi_e = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d, \quad (4.7)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = (K3 + K4) / 2 \cdot C_I, \quad (4.8)$$

де K3, K4 – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [14];

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

$$C_I = \frac{Z_{\text{min}} \cdot k_{r.i.}}{\Phi_H}, \quad (4.9)$$

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).

$$C_I = 3723 \cdot 1 / 176 = 21,15 \text{ (грн./год.)}$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{ге} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 21,15 = 25,913 \text{ (грн./год.)};$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 25,913 \cdot 1900 = 88622,21 \text{ (грн./рік)};$$

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

$$\Phi_p = T_{пр} \cdot t_{гр}, \quad (4.10)$$

$$t_{гр} = ((K4 + K5) / 2) \cdot C_I, \quad (4.11)$$

де $K4$, $K5$ – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [14].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = ((1,27 + 1,36) / 2) \cdot 21,15 = 27,82 \text{ (грн./год.)};$$

$$\Phi_p = 127,454 \cdot 27,82 = 3545,35 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1+0,05+0,01+\alpha), \quad (4.12)$$

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:

$$\Phi_{oe} = 88622,21 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 111663,98 \text{ (грн./рік)},$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 3545,35 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 4644,41 \text{ (грн./рік)}.$$

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

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15, \quad (4.13)$$

$$\Phi_{оед} = 111663,98 \cdot 1,15 = 128413,58 \text{ (грн./рік)};$$

$$\Phi_{орд} = 4644,41 \cdot 1,15 = 5341,08 \text{ (грн./рік)}.$$

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

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

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100}\right), \quad (4.14)$$

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

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

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

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 128413,58 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 174642,47 \text{ (грн./рік);}$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 5341,08 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 7263,86 \text{ (грн./рік)}$$

Таблиця 4.8 – Розрахунок витрат по заробітній платі

Показник		Заробітна плата
Φ_e	Заробітна плата експлуатаційного персоналу	88622,207 грн.
Φ_p	Заробітна плата ремонтного персоналу	3545,3539 грн.
Φ_{oe}	Величина основної ЗП експлуатаційного персоналу	111663,98 грн.
Φ_{op}	Величина основної ЗП ремонтного персоналу	4644,4136 грн.

Ф _{оед}	Основний фонд ЗП експлуатаційного персоналу	128413,58	грн.
Ф _{орд}	Основний фонд ЗП ремонтного персоналу	5341,0756	грн.
С _{зпе}	Витрати по ЗП експлуатаційного персоналу	174642,47	грн.
С _{зпр}	Витрати по ЗП ремонтного персоналу	7263,8628	грн.

4.5 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Розрахунок необхідної на рік кількості основних матеріалів для усіх видів ремонтів і технічного енергетичного обслуговування устаткування та мереж розробляється на основі трудомісткості і існуючих норм витрат матеріалів (табл. 2.19) [2]. Якщо на окремі види матеріалів норми відсутні, підприємство розробляє їх самостійно і затверджує.

Розрахунок трудомісткості спрощується при виконанні його в табличній формі. Оскільки вартість конкретного виду матеріалу можна визначити як добуток норми його витрат на ціну, то доцільно по кожному виду устаткування і мереж визначити підсумкову вартість усіх матеріалів, а потім її помножити на трудомісткість поточного ремонту чи технологічного обслуговування.

Необхідні дані для розрахунку беремо з табл. 2.19 та 2.20 [14], результати розрахунків заносимо до таблиці 2.4.

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_m = 0,01 \times \left(\sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot T_i + L \cdot C_{л0} \right) \quad (4.15)$$

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

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

СЛЮ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Таблиця 4.9 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. на 100 люд.-год. трудомісткості ремонту і тех. обслуговування				Вартість матеріалу, грн.			
		1000	1600	2500	10000	1000	1600	2500	10000
Силові трансформатори		1000	1600	2500	10000	1000	1600	2500	10000
Сталь сортова, кг	7,5	6	7	7	10	44,95	52,44	52,44	74,91
Провід установлюваний, м	3,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,55	1,55	1,55	1,55
Мідь-алюміній (гола), кг	69,8	62	73	73	79	4324,50	5091,75	5091,7	5510,2
Картон електроізоляційний, кг	33,6	1,4	1,6	1,6	1,7	47,08	53,81	53,81	57,17
Лакотканина (ширина 700мм), м	93,3	0,2	0,21	0,21	0,3	18,65	19,59	19,59	27,98
Кабельний папір, кг	27,5	0,6	0,6	0,6	0,6	16,50	16,50	16,50	16,50
Стрічка кіперна, кг	336,3	40	41	41	42	13452,0	13788,3	13788	14124,6
Стрічка тафтяна, кг	249,8	18	24	24	28	4497,12	5996,16	5996,1	6995,52
Стрічка азбестова, м	7,4	0,05	0,08	0,08	0,09	0,37	0,59	0,59	0,66
Лаки ізоляційні, кг	40,2	1,5	1,6	1,6	1,8	60,35	64,37	64,37	72,41
Емалі ґрунтові, кг	44,1	2,5	3,1	3,1	3,2	110,3	136,80	136,8	141,22
Масло трансформаторне, кг	13,6	0,58	1,2	1,2	1,3	7,91	16,36	16,36	17,73
Бензин, кг	6,9	0,7	0,9	0,9	1	4,84	6,23	6,23	6,92
Розчиники кг	19,5	0,8	1	1	1,2	15,60	19,50	19,50	23,40
Маслостійка гума, кг	50,0	0,4	0,5	0,5	0,6	20,00	25,01	25,01	30,01
Гума профільна, кг	50,0	0,13	0,09	0,09	0,09	6,50	4,50	4,50	4,50
Припій олов'яно-свинцевий, кг	476,1	0,02	0,02	0,02	-	9,52	9,52	9,52	
Припій мідно-фосфорний, кг	88,5	0,03	0,03	0,03	-	2,66	2,66	2,66	
Електроди, кг	16,4	0,15	0,2	0,2	0,3	2,47	3,29	3,29	4,93
Засоби кріплення, кг	20,9	2	2,5	2,5	3	41,88	52,35	52,35	62,82
Дріт кручений,	2,7	0,3	0,3	0,3	0,37	0,82	0,82	0,82	1,01
Матеріали обтиску, кг	27,3	0,4	0,5	0,5	0,5	10,91	13,64	13,64	13,64
Разом:						22696	25376	25376	27188
Кабельні лінії									
Сталь сортова, кг	7,5	2				15,0			
Електроди, кг	16,5	0,1				1,6			
Разом:						16,6			

Отже, вартість матеріалів, потрібних на ремонт:

$$C_{\text{мпр}} = 0,01 \cdot ((39,6 + 33) \cdot 22696 + 6,854 \cdot 16,6) = 16478,43 \text{ (грн/рік);}$$

і вартість матеріалів, потрібних на технічне обслуговування:

$$C_{\text{мто}} = 0,01 \cdot (22696 \cdot (528 + 480) + 18,163 \cdot 16,6) = 2,28778,7 \text{ (грн/рік).}$$

Таблиця 4.10 – Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Назва обладнання	Вартість витрат матеріалів на 100 норм.год	Ремонт		Обслуговування	
		Загальна трудомісткість ремонтів	Вартість витрат матеріалів грн.	Загальна трудомісткість обслуговування	Вартість витрат матеріалів грн.
ТМ-1000	22696	39,6	8987,61	528	119834,8
ТМ-630	22696	33	7489,68	480	108940,8
Кабелі	16,6	6,854	1,13776	18,1631	3,015074
Всього витрат на матеріали			16478,4		228778,7

Отже, можна розрахувати:

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

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зпе}} + C_{\text{мто}}, \quad (4.16)$$

$$C_{\text{обс}} = 174642,47 + 228778,7 = 403421,16 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}}, \quad (4.17)$$

$$C_{\text{пр}} = 7262,86 + 16478,43 = 23742,3 \text{ (грн/рік)}.$$

4.6 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.18)$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 594476,22 = 35668,57 \text{ (грн/рік)}.$$

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 [14]:

$$C_{\text{іп}} = \beta_{\text{іп}} (C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a); \quad (4.19)$$

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

$$C_{\text{іп}} = 0,25 \cdot (610409,55 + 44369,6 + 67360,566) = 180534,93 \text{ (грн/рік)}.$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 4.11.

Таблиця 4.11 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації обладнання	403421,16	69,73
Витрати на поточний ремонт	23742,30	4,10
Витрати на амортизацію	35668,57	6,17
Інші витрати	115708,01	20,00
Разом	578540,04	100

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:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_{п} \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.20)$$

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 [14].

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для першого цеху:

$$E_{a1} = 60,57 \cdot 3000 = 181709,4 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.12.

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Таблиця 4.12 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	Sp, кВА	Tм, год.	cos φ	Pp, кВт	Ea, кВт·год./рік
Котельня	1	80,76	3000	0,75	60,57	181709,40
Виробничий корпус	1	282,08	3000	0,65	183,35	550061,79
Цех первинної обробки сировини №1	1	166,03	3000	0,7	116,22	348664,38
Цех первинної обробки сировини №2	1	250,44	3000	0,7	175,31	525929,74
Склад обробленої сировини	1	57,45	3000	0,5	28,72	86173,65
Склад готової продукції	1	63,01	3000	0,5	31,50	94509,93
Механічний цех	1	129,49	3000	0,65	84,17	252508,03
Разом					679,85	2039556,93

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

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{л} = 3 \cdot n \cdot I_M^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.21)$$

де I_m – 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.

$$R = r_0 \cdot L, \quad (4.22)$$

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

Величина τ визначається за часом використання максимального навантаження T_m :

$$\tau_m = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{3000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 1574,8 \text{ (год)}. \quad (4.23)$$

Для лінії ГПП –ТП1:

Активний опір однієї фази кабелю від ГПП до ТП1.:

$$R = 0,62 \cdot 0,068 = 0,042 \text{ (Ом)}. \quad (4.24)$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ГПП-ТП1:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot 1 \cdot 24,11^2 \cdot 0,022 \cdot 1574,8 \cdot 10^{-3} = 115,76 \text{ (кВт·год./рік)}. \quad (4.25)$$

Аналогічно виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	I _м , А	R, Ом	τ, год./рік	R _{пит} , Ом/км	ΔE _л , кВт·год.
ЦРП-ТП1	ААБ 3х50	1	0,068	24,11	0,042	1574,838	0,62	115,762
ЦРП-ТП2	ААБ 3х50	1	0,081	43,87	0,050	1574,838	0,62	456,725
Разом								572,487

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

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_\phi}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.23)$$

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.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах КТП-1:

$$\Delta E_T = 1 \cdot 1,31 \cdot 8760 + (1/1) \cdot 8,5 \cdot \left(\frac{417,556}{630} \right)^2 \cdot 1574,8 = 17355,95 \text{ Вт·год./рік.}$$

Для інших КТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати зводимо у табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип т-ра	К-сть	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	S_p , кВА	S_n , кВА	ΔE_T , кВт·год./рік
КТП-1	ТМ-630	1	1,31	8,5	417,556	630	17355,95
КТП-2	ТМ-1000	1	2,1	10,5	759,926	1000	27945,22
Разом							45301,17

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

$$E = E_a + \Delta E_{\text{л}} + \Delta E_T, \quad (4.24)$$

$$E = 2039556,933 + 572,49 + 45301,17 = 2085430,59 \text{ кВт·год./рік.}$$

Оплата за електроенергію при одноставковому тарифі визначається як:

$$П_1 = v \cdot E / 100, \text{ (грн.)}, \quad (4.25)$$

де v – ставка тарифу за 1 кВт·год споживаної активної електроенергії, грн.;

E – кількість енергії, що споживається, врахована по лічильнику.

$$П_1 = 2,00 \cdot 2085430,59 = 4170861,17 \text{ (грн.)}. \quad (4.26)$$

4.8 Розрахунок собівартості електроенергії

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

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.27)$$

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:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}}, \quad (4.28)$$

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:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.29)$$

де $C_{\text{обс}}$ – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік. [14];

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

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

$$C_{\text{п}} = 403421,16 + 23742,3 + 35668,57 + 115708,01 = 578540,04 \text{ грн/рік.}$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 4170861,172 + 578540,04 = 4749401,21 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії

$$S = \frac{4749401,21 \cdot 100}{2039556,933} = 232,86 \text{ (коп./кВт·год)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 4.15.

Таблиця 4.15 – Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	E_a	2039556,933	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	E	2085430,59	кВт·год.
Плата за електроенергію	$П_1$	4170861,172	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.ен.	$C_{\text{п}}$	578540,04	грн.
Сумарні витрати під-ва	$C_{\text{сум}}$	4749401,21	грн.
Собівартість ел.енергії	S	232,86	коп/кВт·год.

4.9 Прийняття інноваційних рішень та розрахунок їх ефективності

Розраховані конденсаторні установки можна приєднувати до мережі через окремий апарат, призначений для увімкнення і вимкнення тільки конденсаторів, або через загальний апарат із силовим трансформатором, асинхронним електродвигуном чи іншим електроприймачем. Ці схеми можна застосовувати за будь-якої напруги конденсаторної установки.

Конденсаторні батареї на напругу, вищу ніж 10 кВ, складаються з однофазних конденсаторів шляхом їх паралельно-послідовного з'єднання. Число послідовних рядів конденсаторів вибирається так, щоб у нормальних режимах роботи струмове навантаження на конденсатори не перевищувало номінального значення. Число конденсаторів у ряді має бути таким, щоб у разі вимкнення

одного з них через перегорання запобіжника напруга на решті конденсаторах ряду не перевищувала 110% номінальної.

Конденсаторні батареї на напругу 10 кВ і нижчу треба складати, як правило, з конденсаторів із номінальною напругою, яка дорівнює номінальній напрузі мережі. При цьому допускається тривала робота одиничних конденсаторів з напругою, не більшою ніж 110% від номінальної.

У трифазних батареях однофазні конденсатори з'єднуються в трикутник або зірку. Може застосовуватися також послідовне або паралельно-послідовне з'єднання однофазних конденсаторів у кожній фазі трифазної батареї.

Під час вибору вимикача конденсаторної батареї слід враховувати наявність паралельно увімкнених (наприклад, на загальні шини) конденсаторних батарей. За необхідності треба виконувати пристрої, що забезпечують зниження стрибків струму в момент вмикання батареї.

Роз'єднувач конденсаторної батареї повинен мати заземлювальні ножі з боку батареї, що блокуються зі своїм роз'єднувачем. Роз'єднувачі конденсаторної батареї мають блокуватися з вимикачем батареї.

Конденсатори повинні мати розрядні пристрої.

Згідно розрахунку балансової задачі КРП в курсовому проекті з дисципліни САПР, найбільш оптимальним варіантом являється встановлення на ТП1: КУ типу УКР 0,4-250/50 та ТП2: КУ типу УКР 0,4-400/50.

Втрати напруги в мережі до включення батареї конденсаторів:

$$\Delta U_{\text{кТП}} = \frac{P \cdot r + Q \cdot x}{U_{\text{н}}} = \frac{296,766 \cdot 2,14 + 293,74 \cdot 8,46}{10} = 303,55 \text{ (В)} \quad (4.30)$$

$$\Delta U_{\text{кТП2}} = \frac{550,267 \cdot 1,05 + 524,111 \cdot 5,91}{10} = 367,52 \text{ (В)} \quad (4.31)$$

Ефект від підвищення пропускної здатності мережі за рахунок компенсації реактивної потужності:

$$E_{\text{НкТП1}} = Q_{\text{кТП1}} T_{\text{кmax}} \beta_{\text{к}} = 293,74 \cdot 3000 \cdot 1 = 8812,20 \quad (4.32)$$

$$E_{\text{НкТП2}} = 524,111 \cdot 3000 \cdot 1 = 15723,33 \quad (4.33)$$

$$\sum E_{\text{НкТП}} = 24535,53 \quad (4.34)$$

Капітальні вкладення в конденсаторні установки:

$$K_{\text{кбк}} = 215400 \text{ (грн).}$$

Відрахування на амортизацію конденсаторних установок

$$C_{\text{абк}} = K_{\text{кбк}} \cdot 0,06 = 215400 \cdot 0,06 = 12924 \text{ (грн).}$$

Перерахуємо сумарні витрати підприємства

$$C'_{\text{сум}} = C_{\text{абк}} + C_{\text{сум}} - \sum E_{\text{НкТП}} = 12924 + 4749401,21 - 24535,53 = 4737789,68 \text{ (грн).}$$

Отже, собівартість електроенергії

$$S = \frac{C'_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a} = \frac{4737789,68 \cdot 100}{2039556,933} = 2260,86 \text{ (коп./кВт·год).} \quad (4.23)$$

Після впровадження інновацій спостерігаємо, що собівартість електроенергії зменшиться на 0,57 коп./кВт·год. Отже конденсаторної установки є доцільним для нашого підприємства.

Висновок по розділу 4

В економічній частині роботи було розраховано величину капіталовкладень в енергосистему підприємства, яка становить 594,48 тис. грн, а також розраховано витрати по заробітній платі експлуатаційного персоналу, яка становить 88622,207 грн та ремонтного персоналу 7263,8628 грн. В пункті 4.6 було визначено кошторис річних поточних витрат у розмірі 578540,04 грн. Також були розраховані витрати електроенергії в трансформаторах та ЛЕП 45301,17 та 572,487 (кВт·год./рік) відповідно.

В результаті отримали плату за електроенергію яка становить 4170861,172 грн, сумарні витрати підприємства становлять 4749401,21 грн .

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Даний розділ магістерської роботи присвячено питанням охорони праці на підприємстві по переробці деревини смт. Словечно, Житомирської області. Охорона здоров'я працівників, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму складає одну з головних турбот людського суспільства. Приділяється більше уваги на необхідність широкого застосування прогресивних форм наукової організації праці, зведення до мінімуму ручної, малокваліфікованої праці, створення обстановки, що виключає професійні захворювання і виробничий травматизм.

На робочому місці повинні бути передбачені заходи захисту від можливого впливу небезпечних і шкідливих факторів виробництва. Рівні цих чинників не повинні перевищувати граничних значень, обумовлених правовими, технічними та санітарно-технічними нормами.

На роботу оперативно-ремонтного персоналу підприємства по переробці деревини, згідно ГОСТ 12.0.003-74 [20], мають вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

фізичні:

- машини і механізми, що рухаються, рухомі частини виробничого обладнання; рухомі вироби, заготовки, матеріали;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищений рівень інфразвуку;
- підвищений рівень ультразвуку;
- підвищена та знижена вологість повітря;
- підвищена та знижена рухомість повітря;

- високий рівень напруги в електричному ланцюгу, замикання якого може пройти через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- недостатність природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- знижена контрастність;
- підвищений рівень ультрафіолетової радіації;
- підвищений рівень інфрачервоної радіації;
- гострі краї, задирки, шорсткість на поверхнях заготовок, інструменту та обладнання;

психофізіологічні:

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

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Відповідне приміщення, де перебуває оперативно-ремонтний персонал деревообробних станків, який забезпечує роботу та здійснює технічне обслуговування обладнання підприємства, розташоване в одноповерховому будинку, залізобетонної конструкції. Впритул до будівлі є двохповерхова адмінбудівля з кімнатою охорони яка зменшує природну освітленість приміщення та автодорога, яка є джерелом шуму та вібрацій. Загальна площа приміщення складає 70 м², при висоті стелі 2,8 метри. У приміщенні є одне вікно шириною 3 м і висотою 1,5 м і двері шириною 1,5 м. У приміщенні перебуває 2 особи. Тобто площа на одного працівника складає 35 м², що повністю відповідає нормам [17].

Для прикладу розглянемо робоче місце інженера-електрика та електромеханіка на підприємстві по переробці деревини смт. Словечно (рис. 5.1)

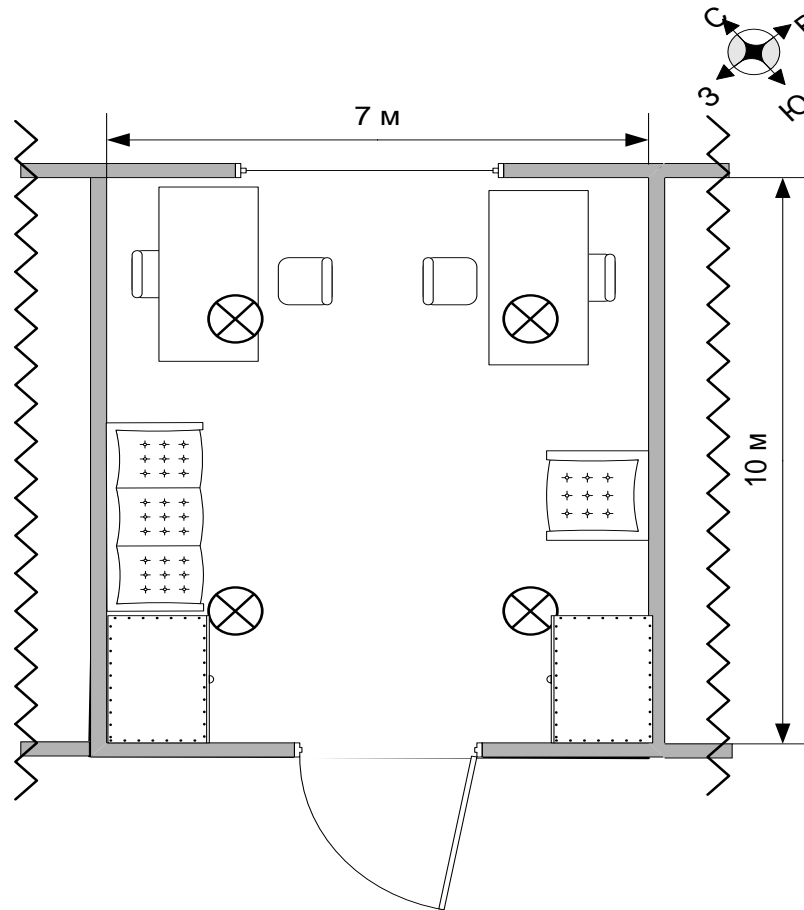


Рисунок 5.1 - План приміщення

Конструкція робочого столу працівників відповідає сучасним вимогам ергономіки і забезпечує оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (робочих інструментів) і документів. Висота робочої поверхні столу становить 750 мм, а ширина - 1300 мм, глибина – 900 мм. Робочий стіл має простір для ніг заввишки 700 мм, завширшки – 950 мм, завглибшки (на рівні колін) 550 мм.

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 [17].

Робочі місця мають розташовані на відстані не менше 1,5 м від стіни з вікнами, від інших стін на відстані 1м, 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.

Загальна організація та комплектування робочого місця повинна сприяти максимальній ефективності процесу праці й відповідати цільовому призначенню. Вона визначає продуктивність праці працівника та її якість.

Організація робочого місця — це система заходів щодо його спеціалізації, оснащення необхідними засобами і предметами праці, їхнього розміщення на робочому місці, його зовнішнього оформлення і створення належних умов праці. Конкретний зміст цих заходів визначається характером і спеціалізацією робочого місця, його видом і значенням у виробничому процесі.

Комплексне оснащення робочого місця є необхідною передумовою ефективно організації процесу праці. Однак не менш важливим є раціональне просторове розміщення засобів оснащення на робочому місці так, щоб забезпечити зручність їх обслуговування, вільний доступ до механізмів, економію рухів і пересувань працівника, зручну робочу позу, гарний огляд робочої зони, безпеку праці, економію виробничої площі, зручний взаємозв'язок із суміжними робочими місцями, з підлеглими і керівниками. Забезпечення цих умов досягається в процесі планування робочих місць.

Можна підкреслити, що ергономічно продуманий план розміщення устаткування може істотно позначитися на безпеці, ефективності і мотивації працівників, тоді як складне приводить до необґрунтованих витрат виробничих площ, часу, а іноді здатний заподіяти і серйозних збитків [16].

При складанні плану розміщення робочого місця, а в нашому випадку основний робочий час проводиться за столом, а це означає, що повинна забезпечуватись зручність, безпека, освітленість та гігієна праці.

Зручність забезпечується оснащенням робочого місця сучасним обладнанням, комфортними меблями та вільним простором. Все інше досягається дотриманням норм з охорони праці та безпеки життєдіяльності [18].

5.1.2 Електробезпека

Живлення здійснюється від П/С 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. У приміщенні цеху використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у робочому приміщенні є струмопровідною.

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

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

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

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі [17].

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

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

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 [19].

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

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізолюваними струмоведучими частинами регламентується ПУЕ [1], і в установках до 1 кВ із суцільними

огородженнями - 5см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють з електроустаткуванням. Струмоведучі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробію і створити небезпеку при дотику людини до ізольованих проводів. Використовують наступні кольори для маркування ізоляції: чорна - для силових ланцюгів; червона - для ланцюгів керування.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками [20]..

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

Помилки при експлуатації джерел електричної енергії може призвести до враження електричним струмом і виходу з ладу електричного устаткування. Тому варто дотримуватись наступних основних правил електробезпеки:

- не робити будь-які втручання відкритими руками, так і за допомогою інструмента і сторонніх предметів в електроустаткуванні. Це стосується не тільки електроустаткування напругою 10 кВ, а й приладів з напругою 380 В;
- не допускати постановку в електричні ланцюги високої та низької напруги некаліброваних плавких уставок;
- строго виконувати правила техніки безпеки при експлуатації. Перед

початком огляду електроустаткування верстата або виконання робіт з технічного обслуговування необхідно:

- від'єднати від живлячої мережі силові кола, а також кола керування верстатом;

- при знятті окремих агрегатів і деталей, що вимагають фізичних зусиль, також при незручностях у роботі, пов'язаних зі зніманням агрегатів і деталей рекомендується застосовувати спеціальні пристосування (знімачі), її забезпечують безпечну роботу;

- працюючи молотком, або кувалдою при рубанні, чеканки і подібні роботах, потрібно надягати захисні окуляри і приймати всі міри до того щоб і травмувати людей себе., що знаходяться поруч, частками металу, що відлітають.

При проведенні технічного обслуговування забороняється:

- виконувати будь-які монтажні роботи при під'єднаному до мереж електроустаткуванні верстата.

Обов'язкова установка захисного заземлення і занулення та захисного відключення. При роботі з електроустаткуванням існують 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 [15]..

На ключах керування і приводах роз'єднувачів віддільників і вимикачах навантаження, а також на підставках запобіжників, за допомогою яких може бути подана напруга до місця робіт, вивішують плакат: «Не включати - працюють люди». На вентилях, що закривають доступ повітря в пневматичні приводи таких апаратів, вивішується плакат: «Не відкривати - працюють люди».

Передбачена проектом апаратура повинна експлуатуватися у відповідності з паспортними значеннями номінального струму та напруги. В процесі експлуатації слід постійно контролювати стан контактних сполучень та ізоляції апаратури, відсутність слідів дуги та оплавлення ошинування, опір ізоляції

силових та освітлювальних мереж, правильність підключення. На всіх підготовлених місцях роботи після накладається заземлення вивішується плакат «Працювати тут».

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

Персонал, який обслуговує електроустановки промислових підприємств, працює в умовах можливої дії ряду небезпечних та шкідливих для здоров'я факторів, обумовлених станом приміщень та характером виробництва. Тому для збереження здоров'я та працездатності людей при проектуванні та будівництві підприємстві необхідно врахувати вимоги санітарних норм проектування промислових підприємств СП 2.2.1.1312-0.

5.2.1 Мікроклімат

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

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

Роботи по обслуговуванню технологічного обладнання відносяться до категорії - Середньої тяжкості II б. Допустимі параметри мікроклімату приведені в таблиці 5.1

Таблиця 5.1. – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт по важкості	Температура °С	Відносна вологість %	Швидкість повітря м/с
		Допустима	Допустима	Допустима
Холодний	Середня II б	13-23	75	0,4
Теплий	Середня II б	17-29	75 при 24°	0,2-0,5

Інтенсивність теплового випромінювання на працюючих визначається нагрітими поверхнями технологічного обладнання, освітлювальними пристроями. Інсоляції на постійних і непостійних робочих місцях не повинні перевищувати 36 Вт/м² при опроміненні більше 25% поверхні тіла.

Потрібний стан повітряного середовища може бути забезпечений використанням окремих заходів, до основних з яких належать: механізація і автоматизація виробничих процесів, дистанційне керування ними: захист від джерел теплових випромінювань; встановлення вентиляції і опалення [18].

5.2.2 Склад повітря робочої зони

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

В умовах виробничого процесу експлуатації обладнання можливим забруднювачами повітря може бути промисловий пил [15]. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК наведено в таблиці 5.2.

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

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:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами , які встановленні безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення [15];
- 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 Житомирській області, система природного освітлення цеху - бокова.

КЕО при природному та суміщеному освітленню.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 характеристика зорової роботи при виконанні - роботи високої точності;

Розряд зорової роботи - III;

Підрозряд зорової роботи - г;

Контраст об'єкту розпізнавання - середній;

Характеристика фону - світлий;

Бокове КЕО, %:

- природне 2,0;
- суміщене 1,2.

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування

КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормовані значення КЕО для будинків визначаються за формулою:

$$e_n = e_n \cdot m_n,$$

де e_n - значення КЕО для будинків;

m_n - коефіцієнт сонячності клімату - 0,85, вікна зорієнтовані на захід.

Природне: $e_n = 2,0 \cdot 0,85 = 1,7 \% ,$

суміщене: $e_n = 1,2 \cdot 0,85 = 1,0 \% .$

Штучне освітлення

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 розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк	
						Штучне освітлення	
						Комбіноване	Загальне
Середньої точності	Вище 0,5 до 1	III	г	Середній, малий	Середній, темний	400	200

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

Правильне освітлення робочого місця полегшує працю робітника, знижує втомленість, підвищує продуктивність праці, знижує небезпеку виробничого травматизму. Норми освітлення представлені в таблиці 5.3.

У виробничих приміщеннях, особливо в зимовий період, коли світловий день досить короткий, природнього освітлення недостатньо, тому використовуємо штучне освітлення (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4 – Вибір освітлювального пристрою

Тип світильника	Кососвітло емальоване
Світло розподілення	Несиметричне
Потужність лампи, Вт	До 200
ККД	0,6
Найменша висота підвіски	Будь-яка
Рекомендації по використанню світильників	Для освітлення вертикальних поверхонь пультів управління та

5.2.4 Виробничий шум

На підприємстві джерелами виробничого шуму є генератори, вентилятори, електродвигуни, верстати, циркулярні пили, транспортні засоби і т.д.

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 [18]..

Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи.

Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 10\lg(I/I_0) = 10\lg(p/p_0) = 10\lg(U/U_0) \quad (5.1)$$

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 5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні звукового тиску

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

Основним джерелом шуму у виробничих приміщеннях є двигуни електроприводів дробарок, транспортерів, вентиляторів.

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. Також зниження рівня шуму до допустимого застосовують малошумні установки, оснащення машин і установок засобами дистанційного керування і тиску в даному виробничому приміщенні при постійному шумі (дБА).

5.2.5 Виробнича вібрація

Вібрацією називають будь-які механічні коливання пружних тіл, які проявляються в їх переміщенні в просторі. Коливання частотою нижче 16 (Гц) сприймаються органами як вібрації. Джерелами вібрацій можуть бути електричні пилки, дробарки, електродвигуни, вентилятори [19].

Джерелом збудження вібрацій є зворотно-поступальний рух системи, неврівноваженої маси.

Основними гігієнічними характеристиками вібрації, які визначають вплив на людину, є середньоквадратичні значення віброшвидкості чи її логарифми. Систематична дія вібрації призводить до різних порушень здоров'я людини, стає причиною вібраційної хвороби. Загальна вібрація діє на нервову, серцево-судинну систему, порушується обмін речовин; виникає головний біль, порушується сон, знижується продуктивність праці [19].

З метою виключення можливості виникнення віброхвороби обмежують параметри вібрації робочих місць і поверхні контакту працюючих

Допустимі значення нормованих вібрацій на постійних робочих місцях в даному виробничому приміщенні приведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Допустимі рівні вібрації на робочих місцях.

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація:	<u>1,3</u>	<u>0,45</u>	<u>0,22</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	-	-	-	-
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	108	99	93	92	92	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 устаток і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

Заходи боротьби: динамічне гасіння коливань і зміна конструктивних елементів установки [19].

Боротьба з вібрацією досягається вибором таких кінематичних і технологічних схем, при яких динамічні процеси, які викликані поштовхами, різкими прискореннями, будуть виключені чи гранично знижені. Динамічне гасіння вібрації відбувається частіше всього шляхом розміщення установок на фундаменті, масу яких визначають з розрахунку, щоб амплітуда коливань не перевищувала 0,1-0,2 (мм).

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори небезпеки – чинники, обумовлені особливостями фізіології та психології людини, що можуть завдати їй шкоди за певних обставин.

На трудову діяльність людини та її організм впливають обсяг сприймання і перероблення інформації, фізичне, нервово-психологічне, розумове, емоційне перенавантаження, ритм і темп роботи, монотонність праці. Їх оцінювання дає змогу визначити ступінь і характер навантаження під час роботи, відповідність робочого місця і засобів праці анатомо-фізіологічним особливостям людини, встановити раціональні режими праці і відпочинку, облаштувати робочі місця, налагодити професійний добір та профорієнтацію тощо [18]..

Керуючись таблицею «Класи умов праці за показниками важкості праці» ми бачимо що дана професія належить до другого класу, оскільки нахили тулуба за зміну рівні 51-100 раз, робоча поза має наступний характер, періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок), загальні енергозатрати організму до 290 Вт.

Згідно таблиці «Класи умов праці за показниками напруженості праці» ми бачимо що дана професія належить до третього класу, оскільки зміст роботи носить в собі рішення складних завдань з вибором за алгоритмом (робота за серією інструкцій), розподіл функцій за ступенем складності завдання має

обробку, перевірку і контроль за виконанням завдання, розмір об'єкта розрізнення є 1,0-0,3 мм більше 50% часу; менше 0,3 мм 25-50% часу.

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях

5.3.1. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи електропостачання деревообробного підприємства в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Щодня в світі фіксуються тисячі подій, при яких відбувається порушення нормальних умов життя і діяльності людей і які можуть призвести або призводять до загибелі людей та/або до значних матеріальних втрат.

Надзвичайна ситуація – обстановка на окремій території, у суб'єкта господарювання на ній або водному об'єкті, яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення, викликана катастрофою, аварією, пожежею, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, застосуванням засобів ураження або іншою небезпечною подією, яка призвела (може призвести) до виникнення загрози життю або здоров'ю населення, великої кількості загиблих і потерпілих, заподіяння значного матеріального збитку, а також до неможливості проживання населення на такій території або об'єкті, провадження на ній господарської діяльності (п. 24 ч. 1 ст. 2 КЦЗ).

Загальні ознаки НС:

- наявність або загрози загибелі людей чи значне погіршення умов їх життєдіяльності;
- заподіяння економічних збитків;
- істотне погіршення стану довкілля.

Причини надзвичайних ситуацій розділяються на техногенні, природні, соціально-політичні та воєнні. Якщо більш детально то це можуть землетруси, повені, ударна хвиля і т. д..

Саме через це виникає необхідно дослідити стійкість роботи системи електропостачання підприємства по переробці деревини в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій. На основі проведених досліджень будуть розроблені заходи, які підвищать стійкість роботи СЕП, що надасть можливість запобігти великим матеріальним та фінансовим збиткам у разі виникнення надзвичайної ситуації. В даному підрозділі проведемо оцінку стійкості СЕП в умовах дії іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу.

Іонізуюче випромінювання — це будь-яке випромінювання, яке прямо або опосередковано викликає іонізацію навколишнього середовища (утворення позитивно та негативно заряджених іонів).

Іонізуюче випромінювання існує протягом всього періоду існування Землі, воно розповсюджується в космічному просторі. Природними джерелами іонізуючих випромінювань є космічні промені, а також радіоактивні речовини, які знаходяться в земній корі [18].

Штучними джерелами іонізуючих випромінювання є ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок, рентгенівські установки, штучні радіоактивні ізотопи, прилади засобів зв'язку високої напруги тощо. Як природні, так і штучні іонізуючі випромінювання можуть бути електромагнітними (фотонними або квантовими) і корпускулярними. Що в свою чергу може призвести до появи електромагнітний імпульс (ЕМІ), це поняття означає явище створення і поширення електромагнітного випромінювання великої напруженості та широкого спектру частот протягом дуже короткого часу. Даний імпульс індукує високу напругу в провідниках, що згубно впливає на електричні пристрої.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи

Електроспоживання на підприємстві по переробці деревини в смт. Словечно в умовах дії іонізуючих випромінювань

В СЕП використовуються елементи, до складу яких входять матеріали: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та різні органічні сполуки (діелектрики, смоли та ін.). Серед цих матеріалів найбільш вразливими до радіації є метали, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

Висновок по оцінці стійкості роботи електроспоживання на деревообробному підприємстві виконується за рахунок аналізу системи в цілому та визначення експозиційної дози, а також з'ясування межі стійкості та граничного значення потужності гамма-випромінювання. Дані розрахунки проведемо на прикладі фотовольтаїчних панелей.

Можливу дозу опромінення D_m за встановлений час можна визначити за формулою 5.2:

$$D_m = \frac{2 \cdot P_1 \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{\text{посл}}}, [P]. \quad (5.2)$$

D_m для панель керування:

$$D_{m_{\text{пк}}} = \frac{2 \cdot 4,75 \cdot (\sqrt{26280} - \sqrt{1})}{2} \approx 890 (P).$$

D_m для система збору і обробки даних:

$$D_{m_{\text{сзод}}} = \frac{2 \cdot 4,75 \cdot (\sqrt{26280} - \sqrt{1})}{2} \approx 890 (P).$$

D_M для система захисту:

$$D_{M_{сз}} = \frac{2 \cdot 4,75 \cdot (\sqrt{26280} - \sqrt{1})}{1} \approx 1780(P).$$

Таблиця 5.7 – Максимально допустимі експозиційні дози для елементів СЕП

№ п/п	Системи	Блок	Елементи РЕА	$D_{гр}, P$	$D_{гр}, P$
1	Панель керування	Блок живлення ($U_{ж} = 24 В$)	Транзистор IRF1324S	10^3	10^3
			Конденсатор ECR471M25BA	10^6	
			Діод BB132	10^5	
2	Система збору і обробки даних	УМК ($U_{ж} = 5 В$)	Мікросхема ULN2803AFWG	10^5	
			Транзистор NE6510179A	10^3	
3	Система захисту	Блок аварійної зупинки ($U_{ж} = 9 В$)	Діод BB202	10^4	
			Транзистор F998E	10^6	

Допустимий час роботи апаратної частини СЕП в заданих умовах можна визначити за допомогою формули 5.3:

$$t_{\partial} = \left(\frac{D_{гр} \cdot K_{носл} + 2 \cdot p_{1max} \cdot \sqrt{t_n}}{2p_{1max}} \right)^2, [год]. \quad (5.3)$$

Допустимий час роботи СЕС буде становити:

$$t_{\partial_{пк}} = \left(\frac{10^3 \cdot 2 + 2 \cdot 4,75 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 4,75} \right)^2 \approx 44744 (год) \approx 5,1 (p).$$

Допустимий час роботи СЕС буде становити:

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{10^3 \cdot 2 + 2 \cdot 4,75 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 4,75} \right)^2 \approx 44744 \text{ (год)} \approx 5,1 \text{ (р)}.$$

Допустимий час роботи СЕС буде становити:

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{10^3 \cdot 1 + 2 \cdot 4,75 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 4,75} \right)^2 \approx 11292 \text{ (год)} \approx 1,3 \text{ (р)}.$$

Результати розрахунку експозиційної дози опромінення та допустимого часу роботи для системи електроспоживання підприємства по переробці деревини в смт Словечно представлені в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Дані розрахунку D_m , $t_{\text{доп}}$ для СЕП підприємства

№	Блоки системи СЕП	D_m (Р)	$t_{\text{доп}}$,(р.)	$t_{\text{доп}}$,(р.)
1	Панель керування	890	5,1	6
2	Система збору і обробки даних	890	5,1	5,5
3	Система захисту	1780	1,3	3

І як підсумок здійснимо порівняння допустимого часу роботи із часом зазначеним заводом виробником даних пристроїв. Отже для панелі керування та для система збору і обробки даних $t_{\text{доп}} = 5,1$ років при зазначених виробником 6 та 5,5 років відповідно, оскільки вони знаходяться в одному приміщенні, а для блоку системи захисту $t_{\text{доп}} = 1,3$ року при зазначених 3 роках. З цього робимо висновок, що для панелі керування та систематиками збору даних дане пошкодження не нанесе значних пошкоджень, про що не можна сказати за систему захисту, оскільки її час роботи скоротиться в двічі, а отже ця система потребує негайного екранування.

5.3.3 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання деревообробного підприємства в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій стійкості роботи СЕП в умовах дії електромагнітного імпульсу можна прийняти коефіцієнт безпеки:

$$K_B = 20 \cdot \lg \frac{U_{\partial}}{U_{в(г)}} \geq 40 \text{ [дБ]},$$

де U_{∂} - допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{в(г)}$ - напруга наведена за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Допустиме коливання напруги живлення обчислюється так:

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

де $U_{ж}$ - напруга живлення, В;

N - допустимі коливання, %.

Отже, допустиме коливання напруги живлення для пульта керування при $U_{ж} = 24\text{В}$ становить:

$$U_{\partial_{пк}} = 24 + \frac{24}{100} \cdot 10 = 26,4 \text{ (В)}.$$

Допустиме коливання напруги живлення для системи збору і обробки даних при $U_{ж} = 5\text{В}$ становить:

$$U_{\text{дсзод}} = 5 + \frac{5}{100} \cdot 10 = 5,5 \text{ (В)}.$$

Допустиме коливання напруги живлення для системи захисту при $U_{\text{ж}} = 9\text{В}$ становить:

$$U_{\text{дсз}} = 9 + \frac{9}{100} \cdot 10 = 9,9 \text{ (В)}.$$

Визначимо горизонтальну складову напруженості електричного поля за формулою:

$$E_r = 10^{-3} \cdot E_B, \text{ [кВ/м]}. \quad (5.5)$$

Отже, горизонтальна складова напруженості електричного поля при $E_B = 11,12 \text{ кВ/м}$ буде становити:

$$E_r = 10^{-3} \cdot 11,12 \cdot 10^3 = 11,12 \text{ (В/м)}.$$

Визначимо максимальні довжини струмопровідних частин СЕП:

$$l_{2i} = 3,8 \text{ м}, \quad l_{6i} = 2,2 \text{ м}$$

4. За допомогою формул 5.6 та 5.7:

$$U_{6i} = E_2 \cdot l_{6i}, \text{ [В]} \quad (5.6)$$

$$U_{2i} = E_6 \cdot l_{2i}, \text{ [В]} \quad (5.7)$$

Визначимо напруги наводок у струмопровідних частинах.

Панелі керування:

$$U_{\partial i_{ПК}} = 11,12 \cdot 0,3 = 3,34 \text{ (В)};$$

$$U_{\partial i_{ПК}} = 11,12 \cdot 1,3 = 14,46 \text{ (кВ)}.$$

Системи збору і обробки даних:

$$U_{\partial i_{СЗОД}} = 11,12 \cdot 2,5 = 27,8 \text{ (В)};$$

$$U_{\partial i_{СЗОД}} = 11,12 \cdot 1,6 = 17,79 \text{ (кВ)}.$$

Системи захисту:

$$U_{\partial i_{СЗ}} = 11,12 \cdot 3,8 = 42,26 \text{ (В)};$$

$$U_{\partial i_{СЗ}} = 11,12 \cdot 2,2 = 24,46 \text{ (кВ)}.$$

Визначимо коефіцієнти безпеки за формулами 6.8 та 6.9:

$$K_{B_{\partial i}} = 20 \cdot \lg \frac{U_{\partial}}{U_{\partial i}} \quad (5.8)$$

$$K_{B_{\partial i}} = 20 \cdot \lg \frac{U_{\partial}}{U_{\partial i}} \quad (5.9)$$

Отже, коефіцієнти безпеки для панелі керування будуть дорівнювати:

$$K_{B_{\partial i_{ПК}}} = 20 \cdot \lg \frac{26,4}{14,46} \approx 5,231 \text{ (дБ)};$$

$$K_{B_{\partial i_{ПК}}} = 20 \cdot \lg \frac{26,4}{3,34} \approx 17,968 \text{ (дБ)}.$$

Коефіцієнти безпеки для системи збору і обробки даних будуть дорівнювати:

$$K_{B_{i_{сзод}}} = 20 \cdot \lg \frac{5,5}{17,792} \approx -10,197 \text{ (дБ)};$$

$$K_{B_{2i_{сзод}}} = 20 \cdot \lg \frac{5,5}{27,8} \approx -14,074 \text{ (дБ)}.$$

Коефіцієнти безпеки для системи захисту будуть дорівнювати:

$$K_{B_{i_{сз}}} = 20 \cdot \lg \frac{9,9}{27,464} \approx -7,858 \text{ (дБ)};$$

$$K_{B_{2i_{сз}}} = 20 \cdot \lg \frac{9,9}{42,256} \approx -12,605 \text{ (дБ)}.$$

Результати обчислень для інших блоків занесемо до таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Розрахунок коефіцієнтів безпеки по блоках СЕП

	Блок	l_{zi}	l_{oi}	$K_{B_{vi}}$, дБ	$K_{B_{gi}}$, дБ	Стійкість
1	Блок живлення	0,3	1,3	5,231	17,968	нестійкий
2	Блок УМК	2,5	1,6	-10,197	-14,074	нестійкий
3	Блок аварійної зупинки	3,8	2,2	-7,858	-12,605	нестійкий

Оскільки $K_{B_{vi}} < 40$ дБ та $K_{B_{gi}} < 40$ дБ, то СЕС нестійка в роботі в умовах дії електромагнітного імпульсу.

5.3.4 Розробка заходів з підвищення стійкості роботи системи електроживлення деревообробного підприємства в умовах НС

Основними заходами щодо підвищення радіаційної стійкості є: застосування для електроніки екранів або активного захисту від дії радіації; використання в апаратурі радіаційно стійких елементів і матеріалів. При імпульсній дії іонізаційних випромінювань крім перерахованих заходів використовують: схеми малокритичні до зміни електричних параметрів; зменшення чутливості перемикальних схем до зміни вхідних сигналів і напруг джерел живлення; зниження напруги живлення; застосування пристроїв, що

вимикають радіотехнічні схеми на час дії радіації; збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням та ін.

Основним заходом щодо підвищення стійкості роботи СЕП в умовах дії електромагнітного імпульсу є екранування. Для цього використаємо захисний екран із сталі. Розрахуємо перехідне затухання енергії електричного поля екраном (А, дБ) та товщину стінок екрану для процесорного блоку за формулою 5.10. Результати розрахунків для інших блоків виконуються аналогічно і представлені в таблиці 5.10.

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f}, \text{ дБ}; \quad (5.10)$$

де А - перехідне гасіння сталюого екрану, дБ;

t – товщина стінки екрану, см;

f – 15000 Гц.

Отже, визначимо товщину екрану, виготовленого зі сталі:

1. Визначаємо перехідне гасіння енергії електричного поля екраном для блоку живлення

$$A_{екр_{БЖ}} = K_{\min} - K_{б.розр} = 40 - 14,968 = 34,769 \text{ (дБ)}.$$

Перехідне гасіння енергії електричного поля екраном для блоку УМК

$$A_{екр_{УМК}} = K_{\min} - K_{б.розр} = 40 - 14,074 = 54,073 \text{ (дБ)}.$$

Перехідне гасіння енергії електричного поля екраном для блоку аварійної зупинки

$$A_{екр_{БАЗ}} = K_{\min} - K_{б.розр} = 40 - 12,605 = 52,605 \text{ (дБ)},$$

2. Знайдемо товщину стінки екрана для блоку живлення:

$$t_{БЖ} = \frac{A_{екр1}}{k \cdot \sqrt{f}} = \frac{34,769}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} \approx 0,055 \text{ (см)}.$$

Товщину стінки екрана для блоку пам'яті:

$$t_{УМК} = \frac{A_{екр1}}{k \cdot \sqrt{f}} = \frac{54,074}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} \approx 0,085 \text{ (см)}.$$

Товщину стінки екрана для блоку захисту:

$$t_{БАЗ} = \frac{A_{екр1}}{k \cdot \sqrt{f}} = \frac{52,605}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} \approx 0,083 \text{ (см)}.$$

Таблиця 5.10 – Дані розрахунку захисного екрану по різним блокам

№	Блок	$A_{екр.}$ (дБ)	t_1 , (см)
1	Блок живлення	34,769	0,055
2	Блок УМК	54,073	0,085
3	Блок аварійної зупинки	52,605	0,083

Оскільки після застосування екрану заданої товщини для апаратних елементів виконується нерівність $K_{Бвi \text{ min}} \geq 40$ дБ, $K_{Бгi \text{ min}} \geq 40$, то можна сказати, що апаратна частина системи електропостачання підприємства по переробці деревини стане безпечною в роботі при наявності захисного сталевого екрану.

Під час виконання завдань по даному підрозділі досліджено стійкість роботи системи електроживлення шляхом оцінки його безпеки в умовах дії іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу та розроблено заходи по підвищенню безпеки її роботи у надзвичайних ситуаціях. Дані

розрахунки допоможуть в майбутньому впровадити заходи що дозволять уникнути як жертв серед персоналу так і матеріальних збитків на підприємстві.

Висновок до розділу 5

В даному розділі було розглянуто технічні рішення з безпечної експлуатації та з гігієни праці і виробничої санітарії на деревообробному підприємстві. Оцінено мікроклімат приміщення цеху за такими показниками як виробниче освітлення, виробничий шум, виробнича вібрація.

В ході дослідження стійкості роботи системи електропостачання підприємства по переробці деревини в смт. Словечно в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій отримали висновок, що для панелі керування та систематиками збору даних дане пошкодження не нанесе значних пошкоджень, про що не можна сказати за систему захисту, оскільки її час роботи скоротиться в двічі, а отже ця система потребує негайного екранування.

Основним заходом щодо підвищення стійкості роботи СЕП в умовах дії електромагнітного імпульсу є екранування. Для цього використаємо захисний екран із сталі. Змогли розрахувати перехідне затухання енергії електричного поля екраном (А, дБ) та товщину стінок екрану для процесорного блоку. Відповідні розрахунки розділу допоможуть в майбутньому впровадити заходи що дозволять уникнути як жертв серед персоналу так і матеріальних збитків на підприємстві.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розробку енергопостачання та удосконалення системи електропостачання на основі фотовольтаїчних панелей на підприємстві по переробці деревини селища міського типу Словечно, Житомирської області.

Проаналізовано усі можливі пристрої, що споживають електроенергію, шляхи можливого підвищення та удосконалення енерговикористання на деревообробному підприємстві, що направлені на забезпечення надійного та безперебійного електропостачання встановлених приймачів.

Обрані комутаційно-захисна апаратура та живлячі провідники заводської мережі перевірені на допустимість, та термічну стійкість на основі розрахунку коротких замикань. На території підприємства було обрано, що споживачі підприємства доцільно розподілити між двома ЦТП: ЦТП1 – ТМ 630 та ЦТП2 – ТМ 1000.

Визначено оптимальний переріз лінії живлення, яка виконана одноколовою кабельною лінією напругою 10 кВ марки ААБ перерізом 95 мм² та оптимальні перерізи розподільної внутрішньозаводської мережі напругою 10 кВ, які виконані кабелями марки ААБ перерізами для ТП1 та ТП2 50 мм² та прокладені в траншеях. Обрана схема електропостачання забезпечує надійне та безперебійне живлення підприємства електроенергією.

Основний розділ МКР присвячений перевагам удосконалення системи електропостачання на основі фотовольтаїчних панелей на підприємстві. Найбільшою перевагою відповідного удосконалення є часткова незалежність від енергосистеми та відсутність проміжних фаз перетворення енергії.

Відновлювальна енергетика дозволяє мінімізувати проблеми екології, які починають переважати економічні показники, та відповідають світовій стратегії розвитку.

В економічній частині роботи було розраховано величину капіталовкладень в енергосистему підприємства, яка становить 594,48 тис. грн, а

також розраховано витрати по заробітній платі експлуатаційного персоналу, яка становить 88622,207 грн та ремонтного персоналу 3545,3539 грн. В пункті 4.6 було визначено кошторис річних поточних витрат у розмірі 578540,04 грн. Також були розраховані витрати електроенергії в трансформаторах та ЛЕП 45301,17 та 572,487 (кВт·год./рік) відповідно. В результаті отримали плату за електроенергію яка становить 4170861,172 грн, сумарні витрати підприємства становлять 4749401,21 грн .

Розроблено норми з охорони праці, а саме технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту, та, з гігієни праці і виробничої санітарії. А також розроблено заходи цивільної оборони та безпеки.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Всі основні теоретичні положення й найбільш вагомні практичні результати виконаного дослідження було досліджено та обговорено на трьох 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 [30], [31], [32].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х .: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.
2. Бурбело Михайло Йосипович. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник - 2-ге вид., перероб. і доп. / М.Й. Бурбело. –Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005 – 148 с. ISBN 966-641-145-8.
3. Бурбело Михайло Йосипович. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
4. М.Й. Бурбело Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с
5. Неклепаев Борис Николаевич. Электрическая часть электростанций и подстанций / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – Москва: Энергоатомиздат, 1989 – 607 с. ISBN 5-283-01086-4.
6. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. /Под ред.. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – Т.1 – 580с., Т.2 – 591 с.
7. Справочник по проектированию электроснабжения / Ю.Г. Барыбин, И.С. Бабаханян, А.А. Бейдер [та ін.] // . – Москва: Энергоатомиздат, 1990 – 576 с. ISBN 5-283-01032-5.
8. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Уклад. : Л. Б. Терешкевич, О. Д. Демов, Ю. А. Шулле. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 40 с.
9. ДСТУ Б А.2.4-4:2009. Основні вимоги до проектної та робочої документації.
10. ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст проектної документації.
11. ГІД 34.20.178:2005. Проектування електричних мереж напругою 0,4-110 кВ.

12. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.
13. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення.
14. Демов О. Д. «Економія електроенергії на промислових підприємствах». – Вінниця: ВНТУ, 2006р.
15. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
16. Дембіцька С. В. Основи охорони праці та безпека життєдіяльності : практикум / С. В. Дембіцька, О. В. Кобилянський, С. В. Королевська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 129 с.
17. 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.
18. Справочник по охране труда на промышленном предприятии /К.Н.Ткачук, Д.Ф.Иванчук, Р.В.Сабарно, А.Г.Степанов. - К.: Техника, 1991. - 285 с.
19. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
20. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Изменением N 1)
21. ДСТУ 3463-96 Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов (ГОСТ 14209-97, IEC 354-91). С поправкой.
22. ГОСТ 30323-95. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания
23. ДСТУ IEC/TR 60909-4:2008. Токи короткого замыкания в трехфазных системах переменного тока. Часть 4. Примеры расчета силы тока короткого замыкания (IEC/TR 60909-4:2000, IDT)

24. Южкабель. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.yuzhcable.info/index.php>
25. Каталог фірми ДКС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dkc.kiev.ua/ru/catalog/>
26. Каталог фірми ЕТІ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eti.ua/produksiya/>
27. Інформаційне забезпечення у сфері технічного регулювання ДП «Укрметртестстандарт». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://csm.kiev.ua/>
28. Продукція Sicame. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sicame.com.ua/produksiya.html>
29. Продукція ТФ-К. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tf-k.com/>
30. Гриб А. М. Сучасна роль альтернативних джерел енергії [Електронний ресурс] / А. М. Гриб // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. – Електрон. текст. дані. – 2018. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-hum/all-hum-2018/paper/view/4684>.
31. Гриб А.М. Вплив на роботу системи електропостачання з несиметричною напругою батареї статичних конденсаторів [Електронний ресурс] / Андрій Миколайович Гриб; // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. – Електрон. текст. дані. – 2018. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2018/paper/view/4390>.
32. Гриб А. М., Лобатюк Ю.А. Контроль реактивної потужності для промислових сонячних електростанцій [Електронний ресурс] / А. М. Гриб // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 12-23 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2019/paper/view/7367/6058>

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: УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА
ОСНОВІ ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ПІДПРИЄМСТВІ ПО
ПЕРЕРОБЦІ ДЕРЕВИНИ СЕЛИЩА МІСЬКОГО ТИПУ СЛОВЕЧНО,
ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ
08–17.МКР.002.03.121.ТЗ

Науковий керівник:

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

Виконавець: студент гр. ЕСЕ - 18м

Гриб А.М. _____
(підпис)

Вінниця 2019 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 254 від 02. 10. 19р.

Дата початку роботи 03. 09. 19р.

Дата закінчення роботи 03. 12. 19р.

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

а) мета – підвищення надійності та якості електропостачання системи на деревообробному підприємстві в смт. Словечно за рахунок фотовольтаїчних панелей ;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

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

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Уклад. : Л. Б. Терешкевич, О. Д. Демов, Ю. А. Шулле. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 40 с.

3.2 Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України – Х.: Видавництво «Форт», 2017 – 760 с.

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

3.4 М.Й. Бурбело Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с

3.5 ГІД 34.20.178:2005. Проектування електричних мереж напругою 0,4-110 кВ.

3.6 ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.

3.7 ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення.

3.8 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	02.09.19	03.10.19
4.2 Проведення дослідних розрахунків	05.10.19	27.11.19
4.3 Розробка робочих креслень	12.10.19	03.12.19
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	02.11.19	03.12.19

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

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

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

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

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

Додаток Б
Вихідні дані

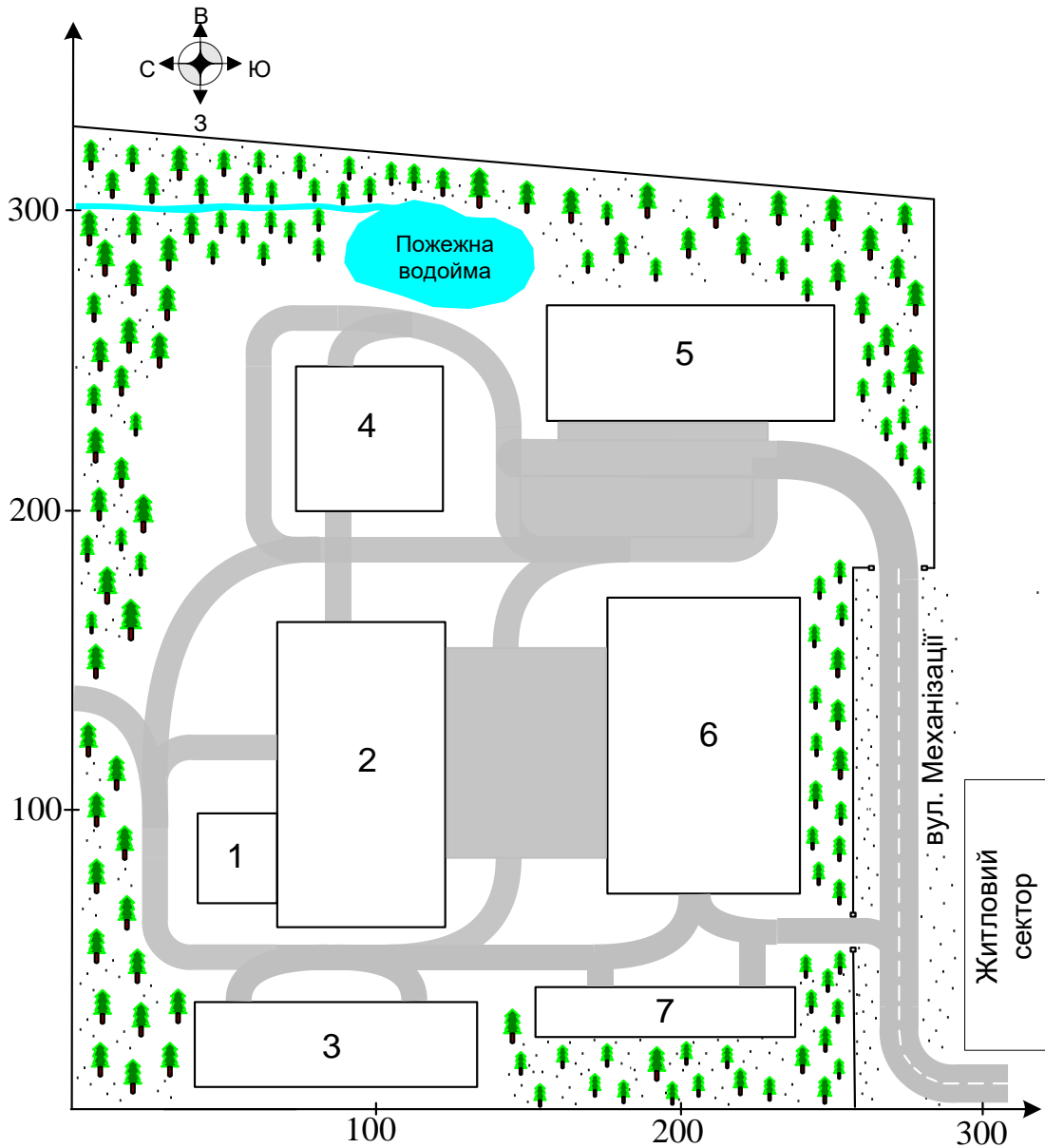


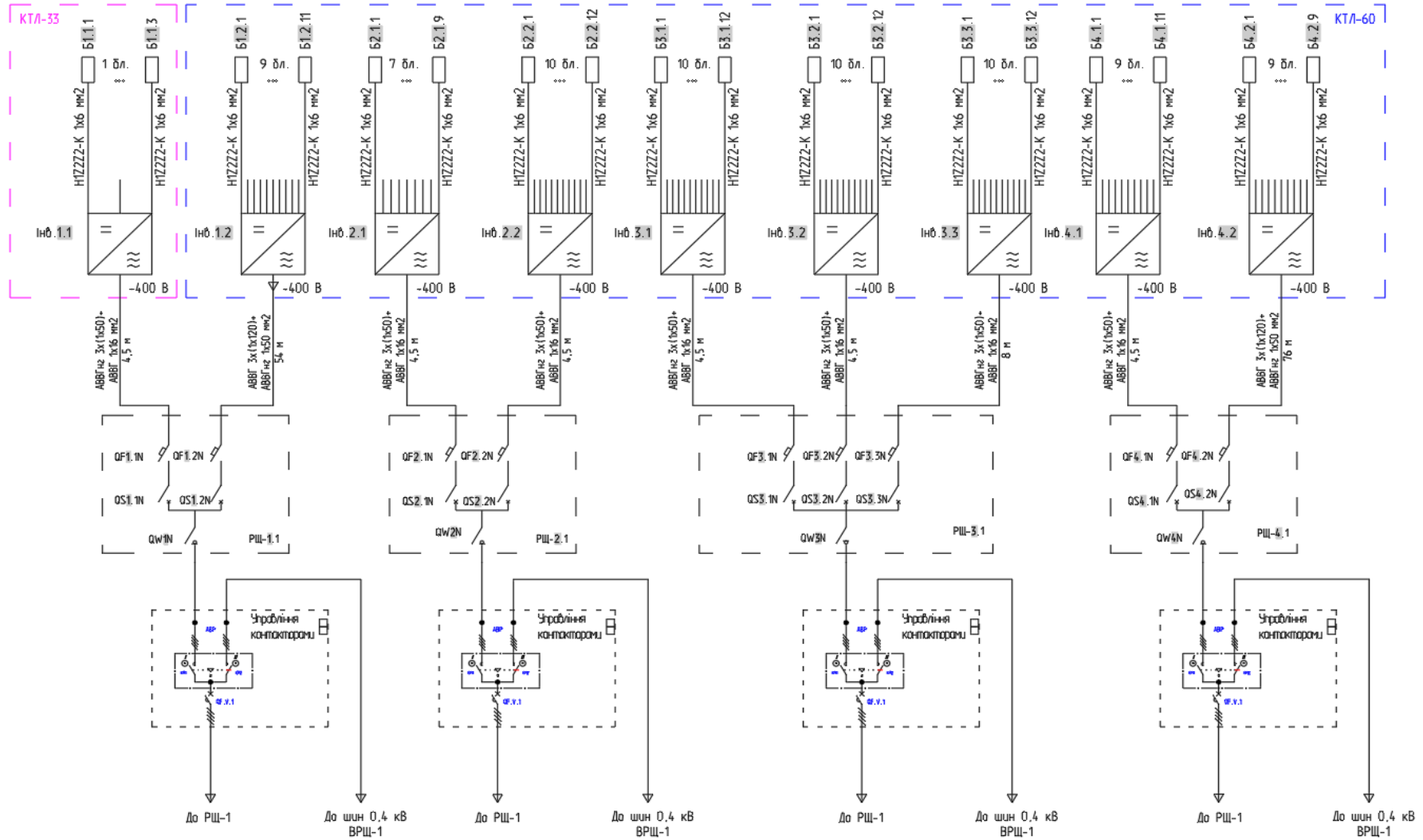
Рисунок А.1 – Генеральний план підприємства

Таблиця А.1 – Умовні позначення та потужності електроприймачів

№ на плані	Назва цеху	Рн, кВт
1	Котельня	110
2	Виробничий корпус	400
3	Цех первинної обробки сировини №1	280
4	Цех первинної обробки сировини №2	400
5	Склад обробленої сировини	80
6	Склад готової продукції	110
7	Механічний цех	220

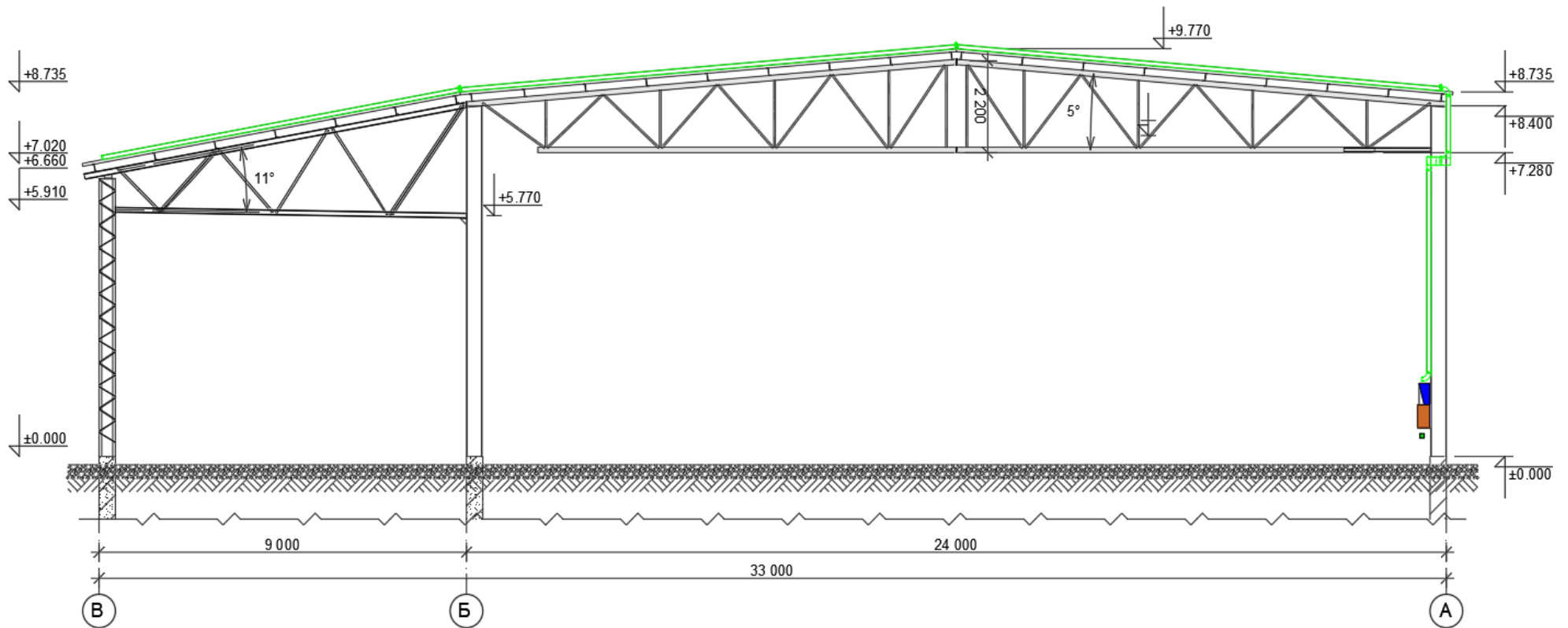
Додаток В

Головна схема електричних з'єднань



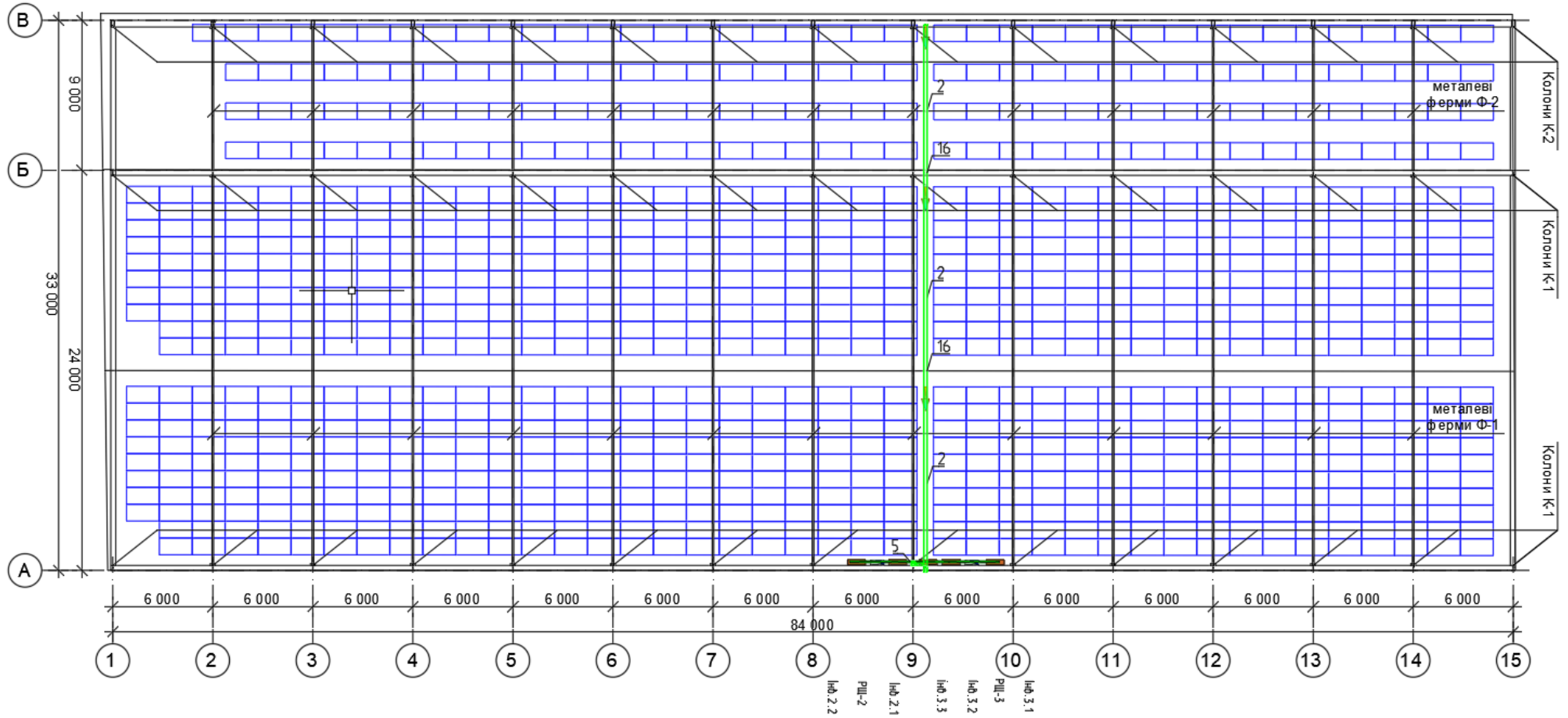
Додаток Г

Організація спуску кабелю з покрівлі складу обробленої сировини до РЩ



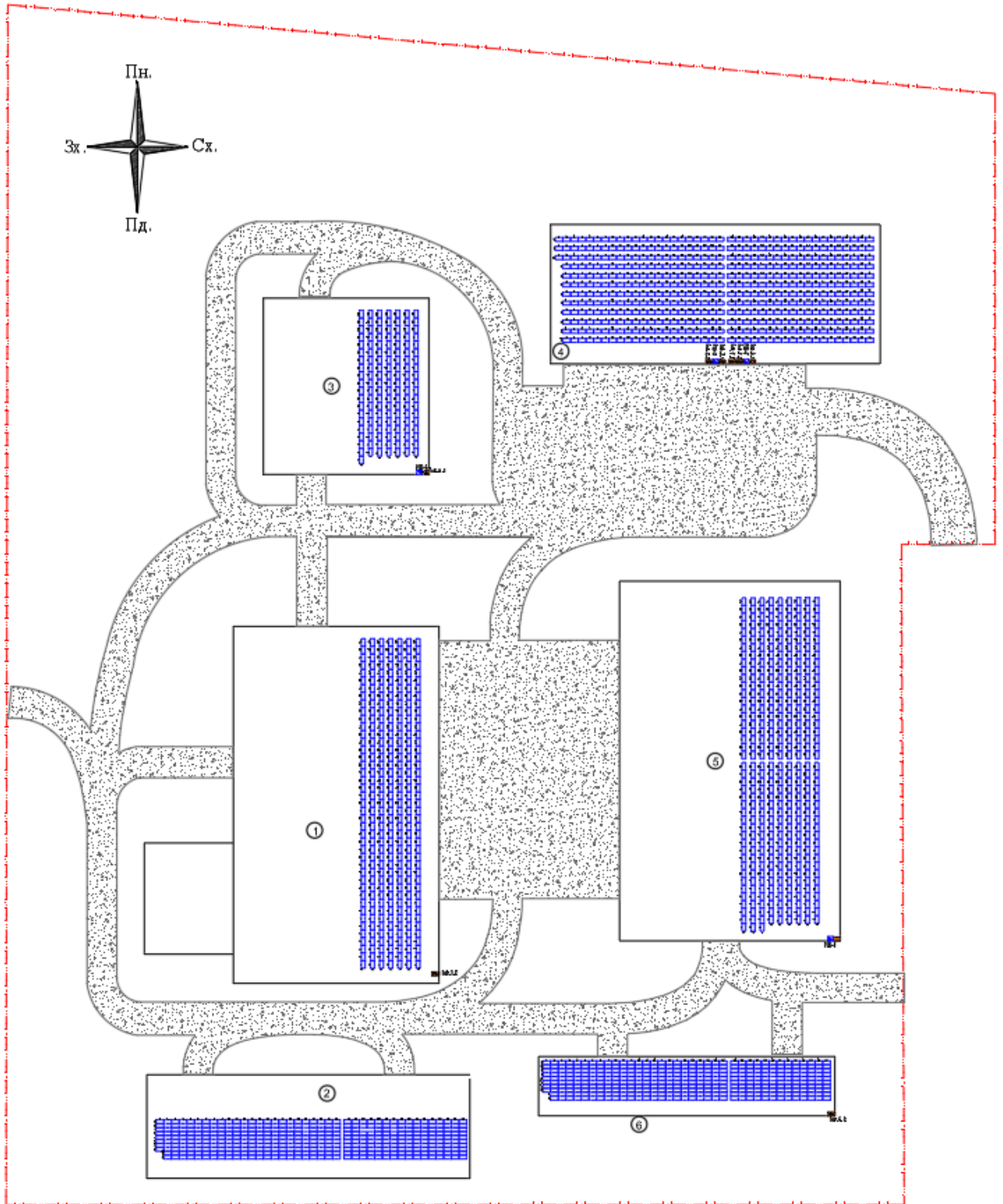
Додаток Д

Розпланування на покрівлі складу обробленої сировини



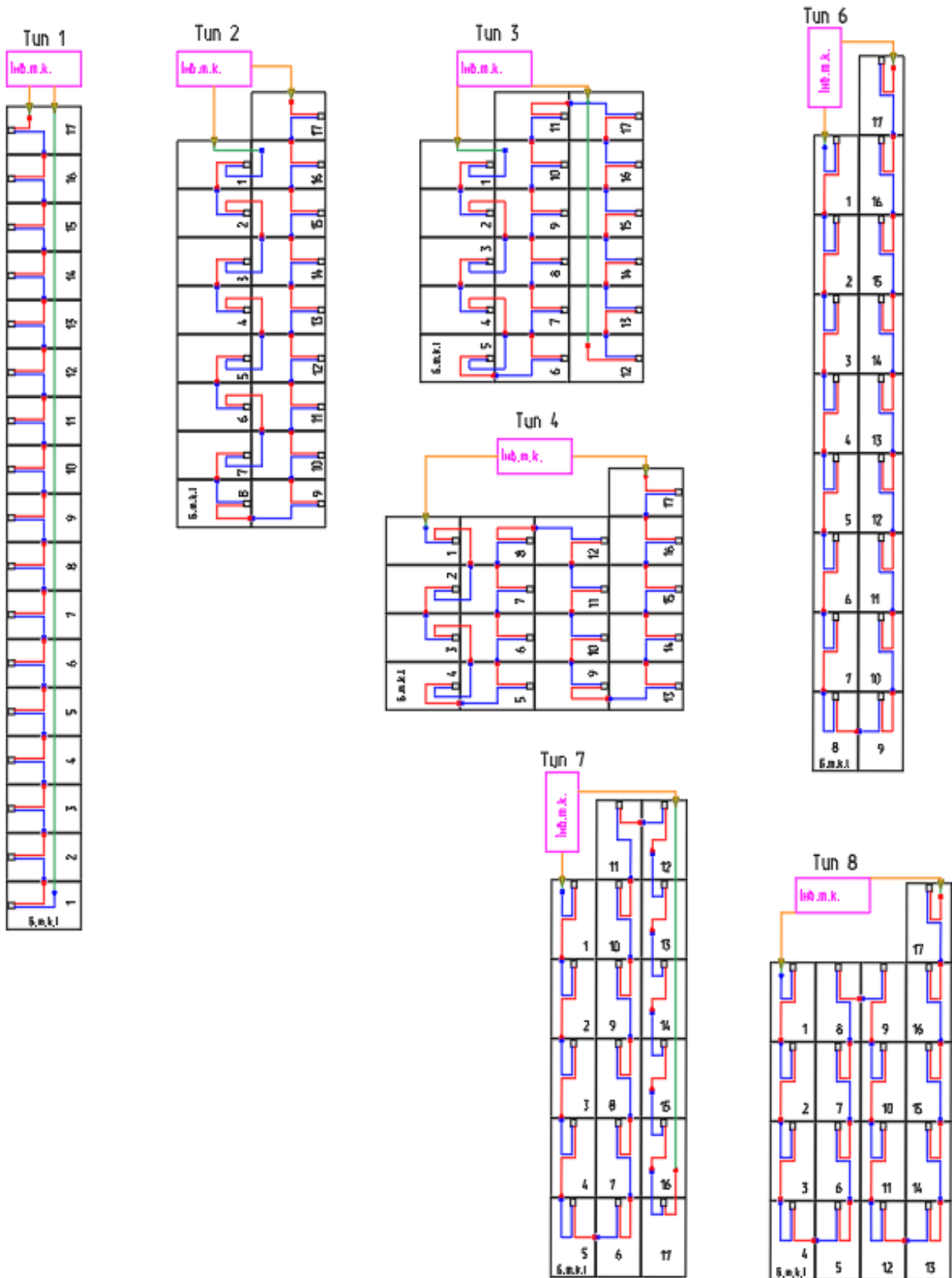
Додаток Е

План розпланування панелей на дахах підприємства



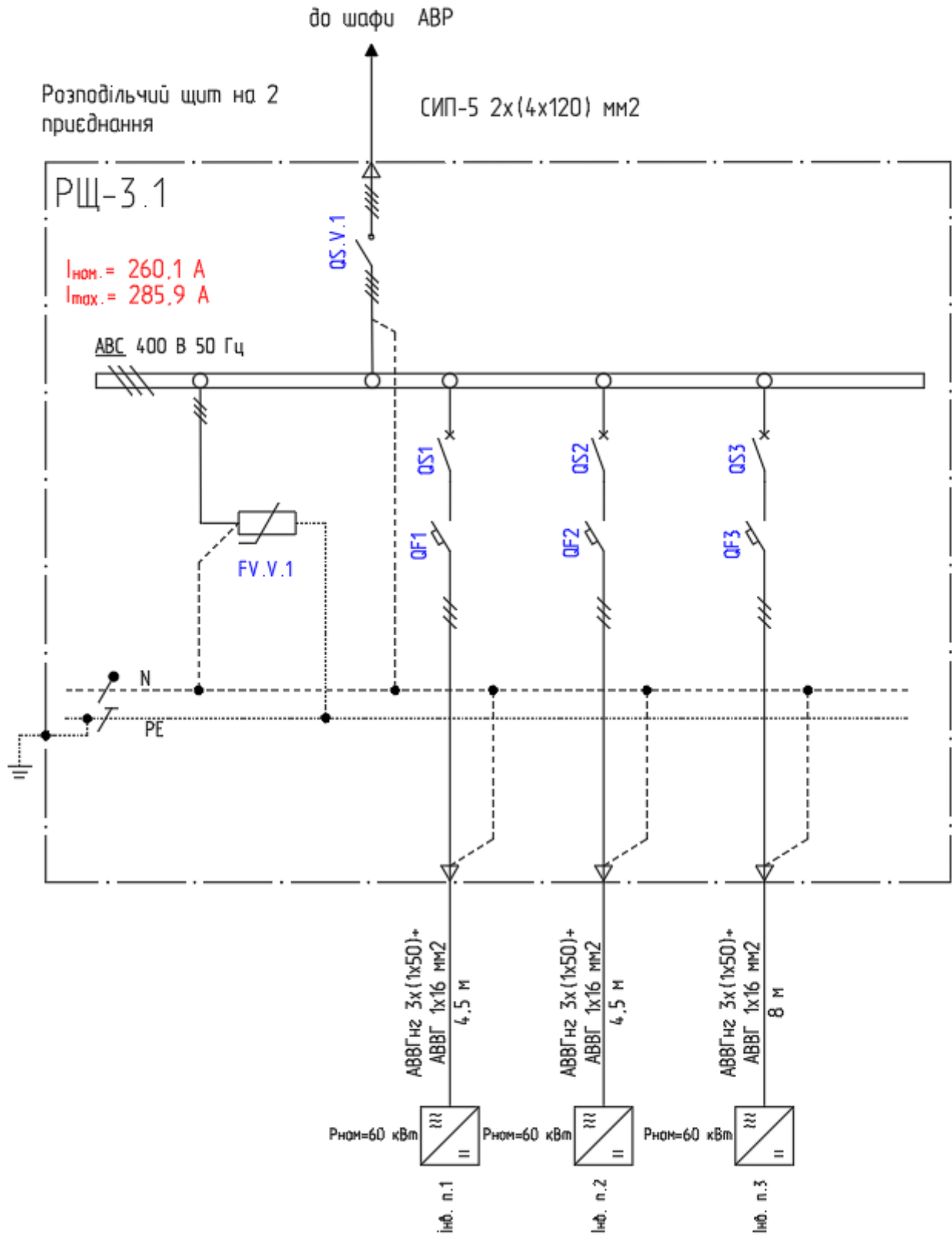
Додаток Є

Схема організації кабельних зв'язків у блоках фотоелектричних модулів



Додаток Ж

Схема РЩ змінного струму



Додаток 3

Матеріали роботи

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА
ОСНОВІ ФОТОВОЛЬТАІЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ПІДПРИЄМСТВІ
ПО ПЕРЕРОБЦІ ДЕРЕВИНИ СЕЛИЩА МІСЬКОГО ТИПУ
СЛОВЕЧНО ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Виконав: студент II курсу, групи ЕСЕ-18м

Гриб А.М.

Керівник: к.т.н., доцент Шулле Ю.А

Вінниця ВНТУ – 2019 року

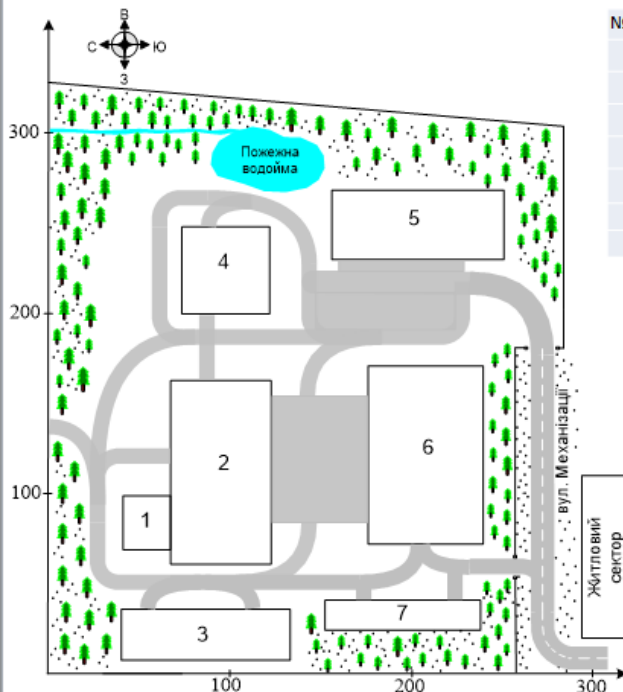
Мета і задачі дослідження. Основною метою роботи є оптимізація та удосконалення споживання енергетичних ресурсів і підвищення надійності СЕП промислового підприємства за рахунок фотовольтаїчних панелей. Енергетична незалежність та прогнозованість виробництва продукції перспективне майбутнє підприємства та галузі в цілому.

Предметом даної роботи є конкретні методи та засоби, що використовуються для якісного та раціонального розрахунку системи електропостачання та удосконалення даного підприємства, виборі схем його заводських мереж та підборі відповідних пристроїв автоматики та релейного захисту.

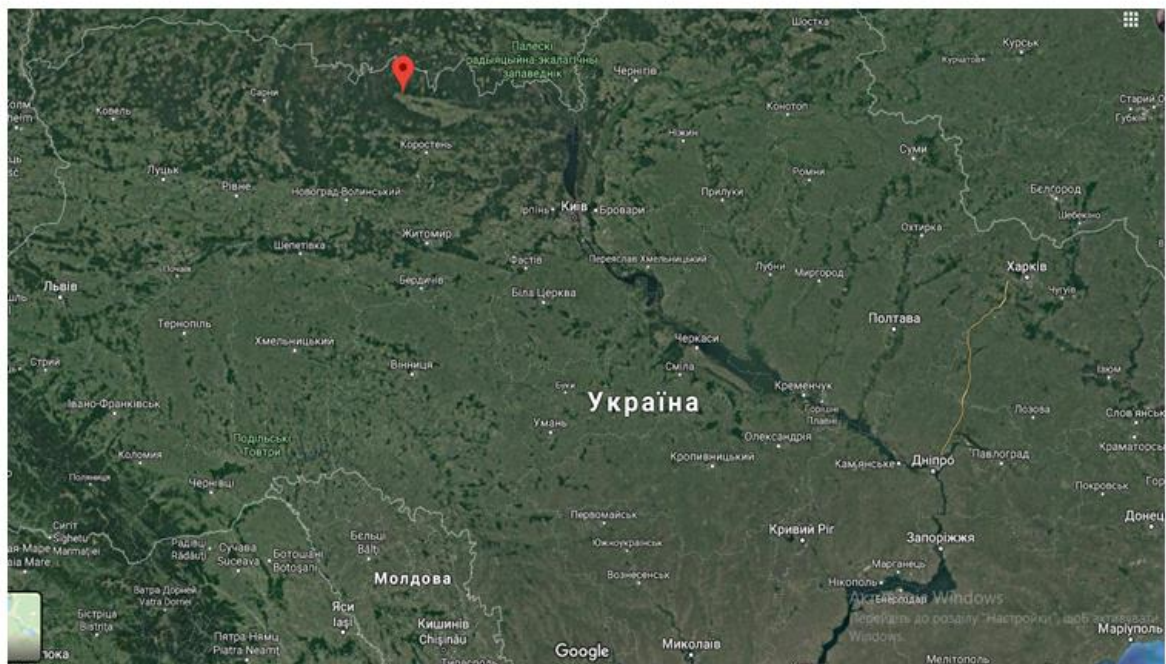
Наукова новизна одержаних результатів полягає в удосконаленні системи споживання енергетичних ресурсів і підвищенні надійності СЕП промислового підприємства за рахунок фотовольтаїчних панелей, а також впровадження нових технічних рішень та розробок енергетичного обладнання.

Продовження додатку 3

Об'єктом дослідження є процес споживання електричної енергії та його удосконалення на підприємстві по переробці деревини в смт Словечно, Житомирської області.



Географічне положення об'єкту дослідження

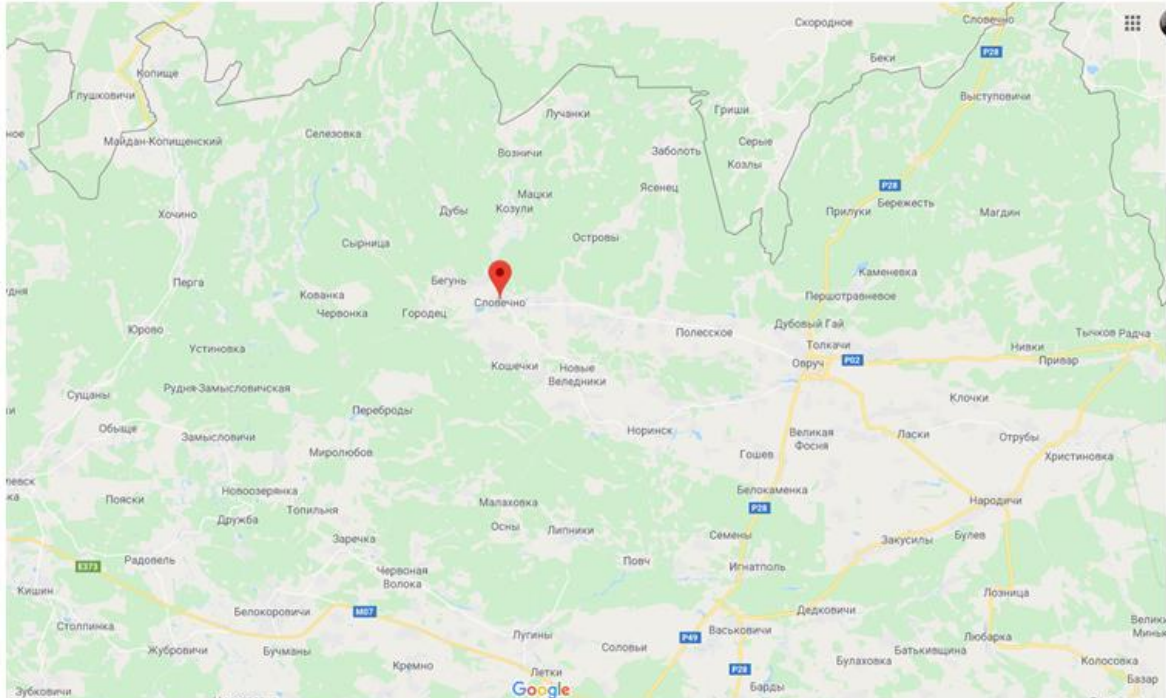


Продовження додатку 3

Відстань до найближчої підстанції живлення:

ПС “ОВРУЧ” 110/35/10 - 37 км

Словечанська мережна дільниця 35/10 – 5 км



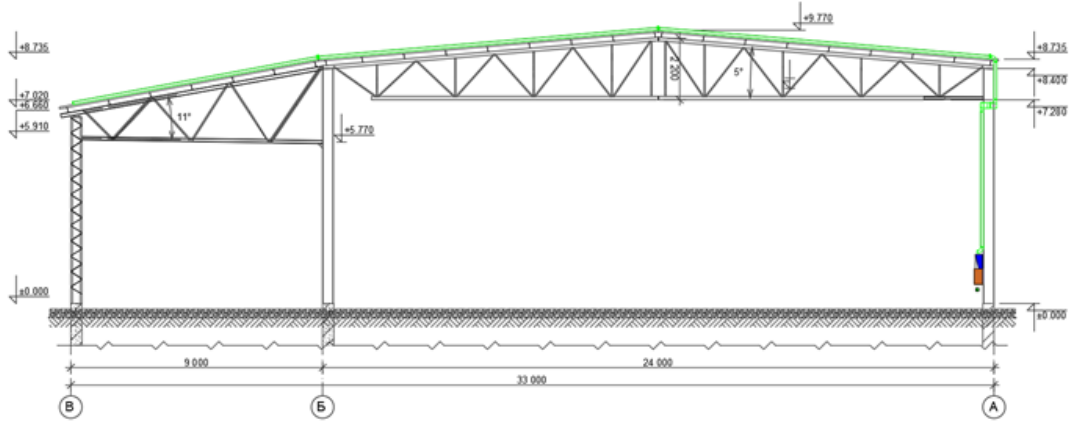
Встановлення фотоелектричних модулів передбачається на дахах будівель та споруд деревообробного підприємства з південного та північного боку, а саме на покрівлі виробничого корпусу будівлі, складу обробленої сировини, склад готової продукції, механічного цеху, цеха первинної обробки сировини №1 та №2. Кут нахилу фотоелектричних модулів відповідає куту нахилу даху на будівлях: цех первинної обробки сировини №1 та №2 на двох південних схилах складу готової продукції.

На покрівлях виробничого корпусу передбачається розміщення фотоелектричних модулів на опорні металоконструкції з кутом нахилу від 5° до 37°. На покрівлях складу обробленої сировини, механічного цеху, розробляється використання металоконструкцій під фотоелектричні модулі з антикутом, та кутом нахилу фотоелектричних модулів 10°. Всього передбачається використання 6 споруд.

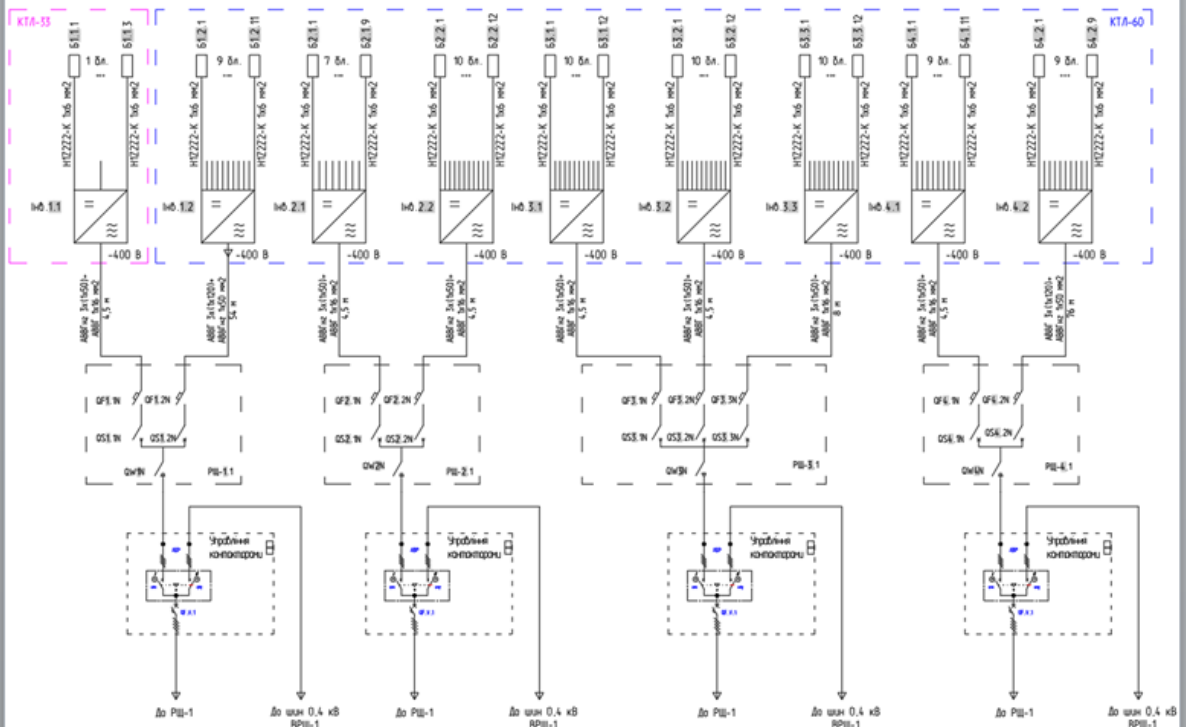
Електрична потужність постійної напруги отримана з фотоелектричних модулів, одиничною потужністю 380 Вт збирається по радіальній мережі до 1000 В стрінгових інверторах. В інверторах відбувається перетворення потужності з постійної напруги в змінну. Від них вона збирається до розподільчих щитів (РЩ) по 2 або 3 інвертора на кожен РЩ. Кількість РЩ складає 4 шт. (3 шт. на два приєднання та 1 шт. на три приєднання).

Продовження додатку 3

Організація спусків провідників з покрівлі складу обробленої сировини до РЩ у металевих лотках

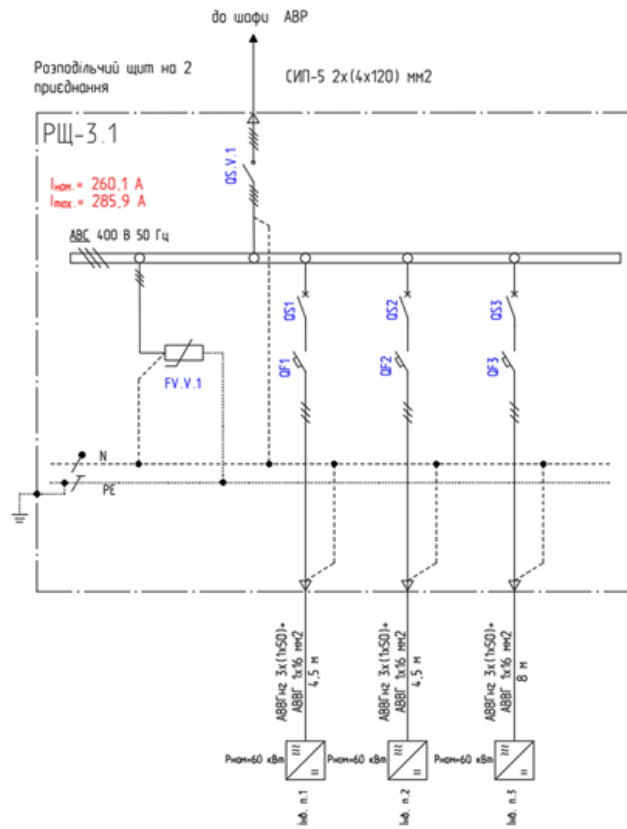


Головна схема електричних з'єднань



Продовження додатку 3

Схема електричних з'єднань РЩ



- В даному розділі передбачено послідовне з'єднання фотоелектричних модулів по 17 шт. в блоки. Електричні параметри блоків з фотоелектричних модулів потужністю 380 Вт: $P_m = 6,46$ кВт, $U_{мп} = 683,4$ В, $I_{мп} = 9,45$ А.
- Перетворення потужності, що генерується фотоелектричними модулями з постійної напруги на змінну відбувається у стрінгових інверторах. В проєкті передбачене встановлення 8 стрінгових інверторів типу SUN2000-60KTL-M0 та 1 стрінгового інвертору типу SUN2000-33KTL-A виробництва компанії HUAWEI.



Продовження додатку 3

Результати розрахунку економічної частини роботи.

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	E_a	2039556,933	кВт · год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	E	2085430,59	кВт · год.
Плата за електроенергію	Π_1	4170861,172	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.ен.	C_{π}	578540,04	грн.
Сумарні витрати під-ва	$C_{\text{сум}}$	4749401,21	грн.
Собівартість ел.енергії	S	232,86	коп/кВт · год.

• Висновок

- В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розробку енергопостачання та удосконалення системи електропостачання на основі фотовольтаїчних панелей на підприємстві по переробці деревини селища міського типу Словечно, Житомирської області.
- Проаналізовано усі можливі пристрої, що споживають електроенергію, шляхи можливого підвищення та удосконалення енерговикористання на деревообробному підприємстві, що направлені на забезпечення надійного та безперебійного електропостачання встановлених приймачів.
- Обрані комутаційно-захисна апаратура та живлячі провідники заводської мережі перевірені на допустимість, та термічну стійкість на основі розрахунку коротких замикань. На території підприємства було обрано, що споживачі підприємства доцільно розподілити між двома ЦТП: ЦТП1 – ТМ 630 та ЦТП2 – ТМ 1000.
- Основний розділ МКР присвячений удосконаленню системи електропостачання на основі фотовольтаїчних панелей на деревообробному підприємстві. Головною перевагою відповідного удосконалення є часткова незалежність від енергосистеми та відсутність проміжних фаз перетворення енергії.
- Відновлювальна енергетика дозволяє мінімізувати проблеми екології, які починають переважати економічні показники, та відповідають світовій стратегії розвитку.
- В економічній частині роботи було розраховано величину капіталовкладень в енергосистему підприємства, яка становить 594,48 тис. грн, а також розраховано витрати по заробітній платі експлуатаційного персоналу, яка становить 88622,207 грн та ремонтного персоналу 3545,3539 грн. В пункті 4.6 було визначено кошторис річних поточних витрат у розмірі 578540,04 грн. Також були розраховані витрати електроенергії в трансформаторах та ЛЕП 45301,17 та 572,487 (кВт·год./рік) відповідно. В результаті отримали плату за електроенергію яка становить 4170861,172 грн, сумарні витрати підприємства становлять 4749401,21 грн.

08–17.МКР.002.03.121 ТЗ

Зм.	Кільк	Арк.	№до	Підп.	Дата	Магістерська кваліфікаційна робота на тему:	Стадія	Аркуш	Аркушів
						Удосконалення системи електропостачання на основі фотовольтаїчних панелей на підприємстві по переробці деревини смт. Словечно, Житомирської області. Матеріали роботи			
Розробив		Гриб А. М.							
Перевірив		Шулле Ю.А.							
Н. контроль		Войтюк Ю.П.							
Рецензент									
Затв.		Бурбело М.Й.				ВНТУ, ст. гр. ЕСЕ-18м			