

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

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

_____ магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Оптимізація режимів електроспоживання за умови застосування
фотоелектричних панелей Товариства з обмеженою відповідальністю «Сармат»,
місто Вінниця»

08-17.МКР.009.00.00.105 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-18м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
ОП «Електротехнічні системи
електроспоживання»

Акопов В.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доцент Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2019 року

Вінницький національний технічний університет

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр
Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма – Електротехнічні системи електроспоживання

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

„_____” вересня 2019 р

ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу
Акопову Владиславу Дмитровичу

1.Тема роботи: Оптимізація режимів електроспоживання за умови застосування фотоелектричних панелей Товариства з обмеженою відповідальністю «Сармат», місто Вінниця»

керівник роботи: Бабенко Олексій Вікторович, к.т.н., доцент,
затверджена наказом по ВНТУ від «02»_жовтня_2019 року, №254_____

2. Строк подання студентом роботи «03»_грудня_2019 року

3. Вихідні дані до роботи: відомості про електричні навантаження та планування підприємства, про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.

Наукові публікації з питань оптимізації режимів енергоспоживання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

Анотація.

Вступ.

1. Характеристики підприємства та режимів електроспоживання

1.1 Характеристики технологічного процесу підприємства

1.2 Відомості про режими електроспоживання на підприємстві

1.3 Робота фотоелектричних установок в електричних мережах промислових підприємств

2. Визначення параметрів системи електропостачання на тов «Сармат»

2.1 Розрахунок навантажень

2.2 Визначення оптимальної кількості та потужності цехових ТП

2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення

2.4 Визначення оптимальних перерізів КЛ 10 кВ

2.5 Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП

3. Оптимізація режимів електроспоживання за умови застосування фотоелектричних панелей

3.1 Аналіз параметрів режиму підприємства без використання фотоелектричних установок

3.2 Визначення показників роботи фотоелектричних установок

3.3 Аналіз роботи сонячних електрогенеруючих установок на підприємстві

3.4 Заходи по підвищенню ефективності роботи фотоелектричних установок в електричних мережах підприємства

Висновки

- 4 Економічна частина роботи
- 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
- 5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту
- 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії
- 5.3 Дослідження стійкості роботи електричних мереж в умовах дії загрозливих чинників

НС

ВИСНОВКИ

5. Перелік графічного матеріалу:

Матеріал, необхідний для висвітлення сутності проведених досліджень та впровадження розроблених методик

6. Консультанти розділів роботи

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

6. Дата видачі завдання « 26 » вересня 2018 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристики підприємства та режимів електроспоживання	01.10.2019	
2	Визначення параметрів системи електропостачання на тов «Сармат»	15.10.2019	
3	Оптимізація режимів електроспоживання за умови застосування фотоелектричних панелей	30.10.2019	
4	Економічна частина роботи	15.11.2019	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	20.11.2019	
6	Написання пояснювальної записки	30.11.2019	

Студент

_____ (підпис)

Акопов В.Д.
(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської роботи

_____ (підпис)

Бабенко О.В.
(прізвище та ініціали)

	3
АНОТАЦІЯ.....	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ.....	9
1.1 Характеристика технологічного процесу підприємства.....	9
1.2 Відомості про режими електроспоживання на підприємстві.....	10
1.3 Робота фотоелектричних установок в електричній мережі підприємства	13
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ТОВ «САРМАТ».....	16
2.1 Розрахунок електричних навантажень.....	16
2.2 Визначення оптимальної кількості та потужності цехових ТП.....	22
2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення.....	31
2.4 Визначення оптимальних перерізів КЛ 10кВ.....	34
2.5 Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП за критерієм мінімуму затрат в системі електропостачання (СЕП).....	38
РОЗДІЛ 3 ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ЗА УМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПАНЕЛЕЙ.....	42
3.1 Аналіз параметрів режиму підприємства без використання фотоелектричних установок.....	42
3.2 Визначення показників роботи фотоелектричних установок	43
3.3 Аналіз роботи сонячних електрогенеруючих установок на підприємстві....	45
3.4 Економічна ефективність роботи фотоелектричної станції на підприємстві	48
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	51
4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання.....	51
4.2 Розрахунок поточних витрат.....	54
4.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі.....	54
4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі.....	56
4.2.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються.....	59
4.2.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат.....	93

4.3 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію.....	63
4.4 Розрахунок собівартості електроенергії.....	66
4.3.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію.....	94
4.3.2 Розрахунок собівартості електроенергії.....	97
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	69
ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89
ДОДАТКИ.....	124

АНОТАЦІЯ

Акопов Владислав Дмитрович. Оптимізація режимів електроспоживання за умови застосування фотоелектричних панелей Товариства з обмеженою відповідальністю «Сармат», місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота. Спеціальність 141 – Електротехнічні системи електроспоживання– Вінниця: ВНТУ, 2019 – 90 с.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуті питання щодо покращення роботи підприємства завдяки використанню сонячних енергетичних установок. Магістерська кваліфікаційна робота виконана на основі даних, отриманих під час проходження практики на підприємстві. В роботі розглянуті питання розрахунку електропостачання підприємства в цілому та одного з його цехів, вибір кількості і потужності трансформаторних підстанцій, параметрів лінії живлення та внутрішніх кабельних ліній тощо. Науково-дослідна частина роботи присвячена питанням оптимізації режимів роботи підприємства з використанням фотоелектричних установок. Розраховано основні техніко-економічні показники СЕП підприємства. Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: сонячні панелі, інвертори, контролери, лічильник активної енергії.

Рисунків - 39

Таблиць - 37

Бібліографій – 36

АННОТАЦИЯ

Акопов Владислав Дмитриевич. Оптимизация режимов электропотребления при условии применения фотоэлектрических панелей Общества с ограниченной ответственностью «Сармат», город Винница. Магистерская квалификационная работа. Специальность 141 - Электротехнические системы электроснабжения- Винница: ВНТУ, 2019 - 90 с.

В магистерской квалификационной работе рассмотрены вопросы улучшения работы предприятия благодаря использованию солнечных энергетических установок. Магистерская квалификационная работа выполнена на основе данных, полученных во время прохождения практики на предприятии. В работе рассмотрены вопросы расчета электроснабжения предприятия в целом и одного из его цехов, выбор количества и мощности трансформаторных подстанций, параметров линии питания и внутренних кабельных линий и тому подобное. Научно-исследовательская часть работы посвящена вопросам оптимизации режимов работы предприятия с использованием фотоэлектрических установок. Рассчитаны основные технико-экономические показатели СЭП предприятия. Рассмотрены вопросы охраны труда и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: солнечные панели, инверторы, контроллеры, счетчик активной энергии.

Рисунков - 39

Таблиц - 37

Библиографий – 36

ВСТУП

Актуальність теми. Оптимальне функціонування ТОВ «Сармат» в значній мірі залежить від правильного вибору та синтезу системи електропостачання підприємства. Тому актуальним є вибір раціональних систем живлення, сучасного електрообладнання, провідниково-кабельної продукції, підвищення надійності електропостачання якості електроенергії в мережах підприємства.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є оптимізація режимів електроспоживання ТОВ «Сармат» за умови використання дахових фотоелектричних установок

Основними задачами при розрахунку системи електропостачання є:

- оптимізація шляхом вибору доцільних перерізів кабельних ліній, визначення електричних навантажень, дотримуючись вимог надійності системи електропостачання;

- оптимальний вибір числа і потужності трансформаторів;

- оптимальний вибір параметрів лінії живлення та внутрішніх кабельних ліній.

- визначення показників оптимальної роботи дахових фотоелектричних станцій на підприємстві.

Об'єкт дослідження – фотоелектричні установки товариства з обмеженою відповідальністю «Сармат».

Предмет дослідження – техніко-економічні показники роботи дахової фотоелектричної станції в системі електропостачання ТОВ «Сармат».

Методи досліджень. У магістерській роботі використовуються загальноприйняті методи розрахунку.

Наукова новизна. Обґрунтовано ефективність використання фотоелектричних панелей на ТОВ «Сармат» з метою генерації надлишкових потужностей в енергосистему.

Практичне значення одержаних результатів. Проведені дослідження дозволяють запропонувати практичні рекомендації ТОВ «Сармат» для реалізації фотоелектричних станцій на дахах своїх цехів.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було опубліковано в тезах доповіді [23].

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

1.1 Характеристика технологічного процесу підприємства

Всі технологічні операції виконуються відповідно точному графіку технологічного процесу. Всі цехи заводу, продукція яких іде на основне виробництво, пов'язані між собою єдиним технологічним процесом.

Також необхідно відмітити, що номенклатура продукції яка випускається вінницьким експериментальним заводом „Аналог”, ТОВ „Сармат” доволі широка і включає в себе такі вироби як випробувально пошукових комплексів УПК-10, регулятори коефіцієнта потужності РКМ-12, на базі автомобіля УАЗ,РАФ, ЕРАЗ, тепло лічильники УСТ та водолічильники типу УСВ „Енергія-2000” – універсальний, тепловий і водолічильник регулятори температури типу РТПЧ-ОЗМ. Також в умовах нинішніх ринкових відносин, підприємство освоїло випуск продукції, яка користується широким попитом : пломба пластмасова , пляшка поліетиленова, банка жерстяна (під фарбу), а також атракціони виготовляє ТОВ „Сармат”.

„Завод Аналог” –єдиний в Україні завод, який випускає з 1999 року екстремальні („Американські Гірки”, „Вежа вільного падіння”), сімейні („Клоун”, „Глобус”, „Лавка”) і широкий спектр дитячих і водних атракціонів („Железна дорога”, „Зайчик”, „Голубой Нил”, „Стиль” та 9ін.).

Для випуску цієї продукції на підприємстві є цехи і дільниці: заготівельна дільниця, токарний цех, термічна дільниця , координатно – розточна дільниця, дільниця збірки, шліфовальна дільниця, фрезерна дільниця та інші.

Збірка готової вежі вільного падіння передую наступний технологічний процес. На наявній заготівельній дільниці , на пило відрізних станках , газозварюванням відрізають заготівля деталей виконуються на комбінованих ножицях НВ 5222 рубку листового металу.

Після цього в токарному цеху із заготовки виготовляють деталі, в термічному відділенні виконують закалку деталей. Операції по доведенню деталей до кінцевих розмірів виконуються в координатно-розточні дільниці.

Механічний цех є по суті головним цехом, який виробляє основну продукцію. Відповідні матеріали, листовий метал, провідникові елементи та різні необхідні радіодеталі поступають в механічний цех за допомогою пресів, токарних і свердлильних станків виготовляють корпуса продукції, що випускається. Після цього продукція, що випускається, підлягає налагодженню та перевірці. Після налагодження і прийому, яка здійснюється у відповідності з діючим законодавством, продукція демонтується і потрапляє на склад готової продукції для майбутньої реалізації.

Фрезерна дільниця служить для обробки плоских і поверхонних поверхонь, зубчастих коліс і т.п. металевих та інших заготовок.

Шліфувальна дільниця служить для шліфування матеріалів а саме для обробки різних площин; для обробки заготовок, що мають вісь обертання по зовнішній поверхні; для обробки внутрішніх отворів заготовок; для обробки зовнішніх поверхонь тіл обертання, що мають більшу в порівнянні з діаметром довжину, або заготовок типу кільце.

Токарний цех служить для обробки різанням(точінням) з металів, деревини і інших металів у вигляді тіл обертання.

1.2 Відомості про режими електроспоживання на підприємстві

ТОВ «Аналог» отримує живлення від підстанції «Промислова» напругою 110/35/10 кВ. На підстанції «Промислова» встановлено два трансформатори ТРДН – 1000/110/35/10, які підключені до різних повітряних ліній 110 кВ. На стороні 10 кВ підстанції є чотири секції збірних шин, кожна з яких підключена до розщеплених обмоток силових трансформаторів.

Генплан підприємства представлено на рис. 1.2.

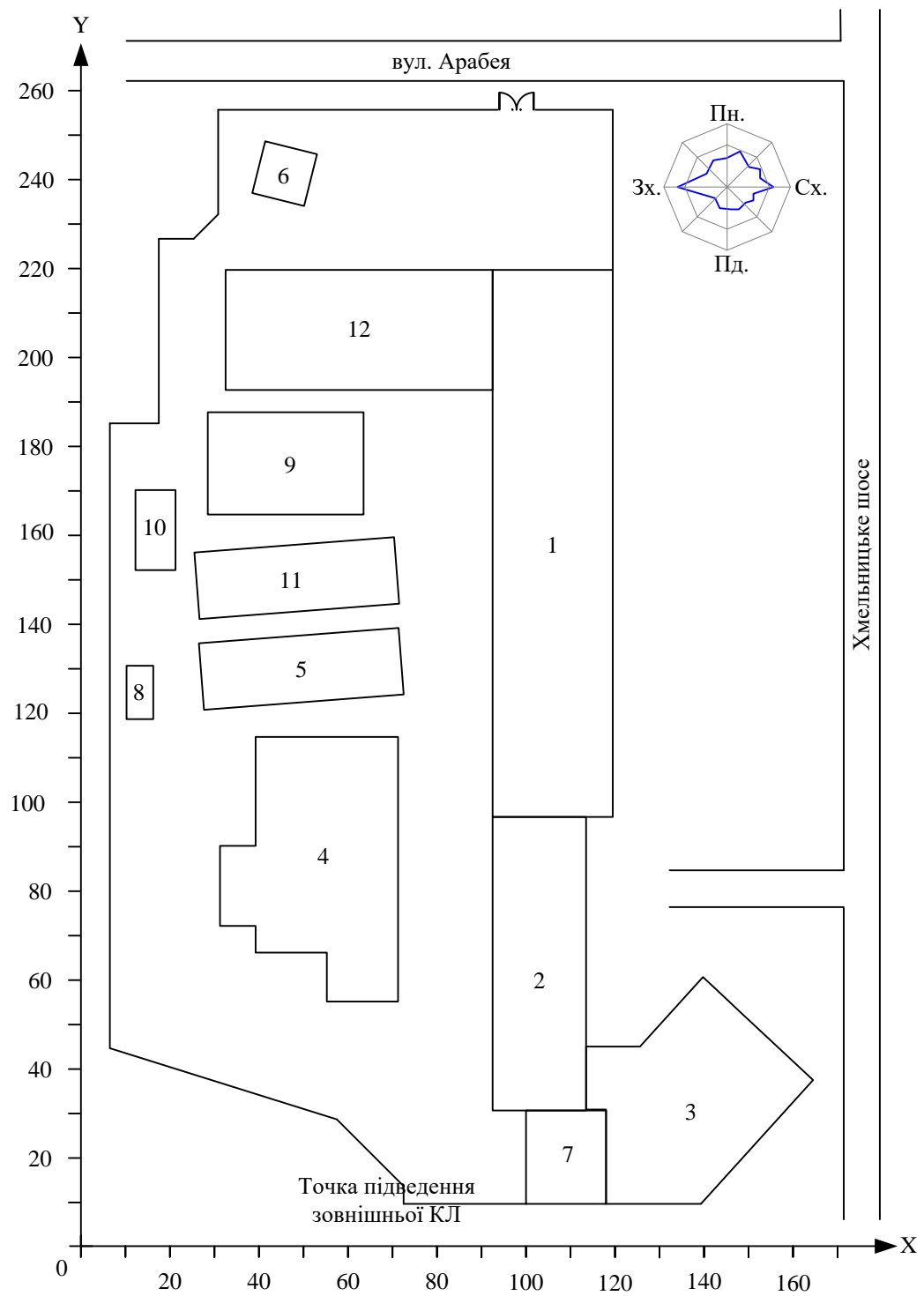


Рисунок 1.1 - Генплан підприємства

Відомості про електричні навантаження цехів підприємства наведені в табл.1.1.

Таблиця 1.1 - Відомості про електричні навантаження підприємства

Позначення на генплані	Найменування	P_n , кВт
1	Токарний цех	422.5
2	Виробничо - побутовий корпус	100
3	Адміністративний корпус	100
4	Виробничий корпус	100
5	Склад ОКСА	100
6	ПТО автомобілів	10
7	Їдальня	10
8	КПП	20
9	Ангар	15
10	Склад імпортих частин	20
11	Склад ОМТС	18
12	Склад запасних частин	85

Система може забезпечувати рівень напруги $1,03 U_n$ в максимальному режимі роботи підприємства і рівень напруги $1,01 U_n$ в мінімальному режимі роботи.

На даному підприємстві присутні електроприймачі другої та третьої категорії:

до другої категорії належать: токарний цех; виробничо-побутовий корпус; адміністративний корпус; виробничий корпус; - електроприймачі, перерва електропостачання яких призведе до масового недовиготовлення продукції, масового простою робітників, механізмів і промислового транспорту. Тому рекомендується забезпечувати живленням від двох незалежних взаєморезервуючих джерел електропостачання. За умови порушення електропостачання

від одного джерела живлення допустимі перерви електропостачання на час, потрібний для ввімкнення резервного живлення.

до третьої категорії належать: склад ОКСА; склад ОМТС; ПТО автомобілів; їдальня; КПП; Склад запасних частин; ангар – електро приймачі, живлення яких виконується від одного джерела живлення при умові, що перерва електропостачання, необхідна для ремонту або заміни пошкоджених елементів системи електропостачання, не перевищує однієї доби.

1.3. Робота фотоелектричних установок в електричних мережах підприємства

На підприємстві прийнято проектне рішення застосовувати сонячні панелі потужністю 365 Вт які між собою приєднані послідовно-паралельно з розмірами 1.6x0.992x35м, які планується розмістити на даху підприємства довжиною 90 м, шириною 20м. Для нашого регіону переважає середня хмарність тому вибираємо коефіцієнт хмарності-1.

Дах підприємства ТОВ Сармат поділений на 2 частини тому розташування сонячних панелей теж поділений на 2 однакові частини (умов.1 та 2) з'єднання 2 частин відбувається в збірному ящику №1 сумарний від 1 та 2 частини.

Схема електричних з'єднань фото-електричних панелей кожних частин однакові. Тому розглядаємо з'єднання 1 частини.

Одна секція на фазу А містить 18 панелей. Потужність однієї сонячної панелі: $P = 365$ Вт. Потужність на 1 секцію фази А: $P_{cA} = 0,365 \times 18 = 6,57$ кВт.

Кількість секцій панелей фази А на 1 ряд – 7. Кількість рядів секцій панелей фази А – 3. Кількість секцій панелей фази А всього: 24. Загальна потужність усіх секцій панелей фази А: $P_{cA\Sigma} = 24 \times 6,57 = 157,68$ кВт. Орієнтація батарей на південь, кут 25° . Що стосується схеми станції і її елементів, то кількість кабелів до інвертора (до РП) – 7. Параметри кабелю: 2x4 (Ідоп = 38 А). Навантаження кожного кабелю: $18 \times 0,365 = 6,57$ кВт. Після збірного ящика – 1 кабель 2 провідний ВВГ 2x70. І доп = 200 А. Захисний апарат: ЕТІВБРЕАК ЕВ2, 250 А. Кількість збірних ящиків на фазу – 1.

Для подачі змінного струму споживачу використовуємо інвертор PROTECT PV 250.

Кількість інверторів на фазу-1.

На рисунку 1.3 наведено фото сонячної панелі, яку проаонується використовувати на підприємстві.



Рисунок 1.3 – Сонячна панель

Таблиця 1.2 – Характеристика сонячної панелі

Характеристики	Risen
Тип панелі	монокристал
Макс.потужність, Вт	365
ККД %	18.9

Розміри, мм	1.6*0.992
Вага, кг	19
Країна виробник	Китай

На рисунку 1.4 наведено план розташування панелей на даху.

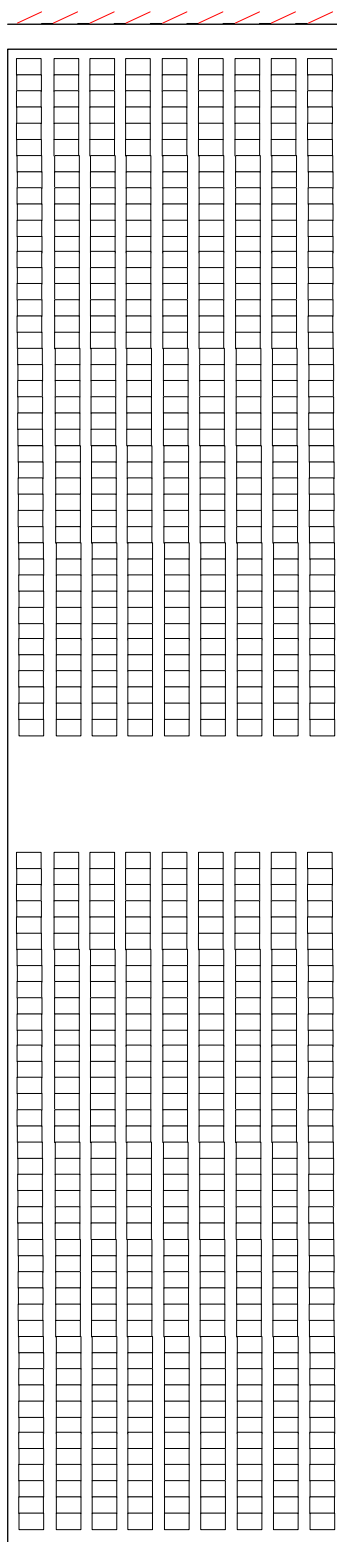


Рисунок 1.4 – План розташування сонячних панелей

Шість панелей з'єднано послідовно а інші дванадцять паралельно з послідовними в сумі виходить ланка з вісімнадцяти панелей які з'єднанні між собою: напруга $U=234\text{В}$, струм $I=27.75\text{ А}$. Потужність за 1 год 6493.5 кВт . Всього ланок 7 на фазі А, також і на фазі В та С.

РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ТОВ «САРМАТ»

2.1 Розрахунок електричних навантажень

Вхідними даними для визначення комплексу технічних та економічних питань, які виникають при розробці електропостачання сучасного промислового підприємства, є електричні навантаження, їх визначення виконується з метою вибору та перевірки струмоведучих частин і трансформаторів по нагріву та економічним міркуванням, розрахунку відхилень та коливань напруги, вибору компенсуючих та захисних пристроїв тощо та формує перший етап розробки будь якої системи електропостачання.

Виконаємо математичну модель задачі розрахунку силових та освітлювальних навантажень за допомогою методами коефіцієнтів використання K_v та попиту K_p .

Вихідні дані:

P_{ni} – номінальна активна потужність i -го цеху, кВт;

$\cos\varphi_i$ – коефіцієнт потужності i -го цеху;

K_{pi} – коефіцієнт попиту i -го цеху;

K_{vi} – коефіцієнт використання i -го цеху;

$P_{питi}$ – питома навантаження освітлення i -го цеху, кВт/м²;

F_i – площа i -го цеху, м²;

K_{poi} – коефіцієнт попиту освітлення i -го цеху.

Наведемо таблицю імен, які задано для подальших розрахунків на листі “Навантаження” Excel.

Початкові дані будемо вводити в таблицю (рисунок 2.1) і на базі наведених нижче розрахункових формул визначимо середні і розрахункові навантаження цехів та підприємства в цілому.

Потужність електричного освітлення і-го цеху:

$$P_{POi} = P_{номи} \cdot F_i \cdot K_{POi} \cdot K_{PPAi} \cdot 0,001,$$

де K_{POi} – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження і-го цеху;

F_i – площа і-го цеху, м²;

$p_{питі}$ – питома густина освітлювального навантаження і-го цеху, кВт/м²;

K_{PPAi} – коефіцієнт пуско-регулювальної апаратури і-го цеху.

Реактивна потужність електричного освітлення і-го цеху:

$$Q_{POi} = P_{POi} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{Oi}.$$

Середнє активне навантаження і-го цеху:

$$P_{Ci} = P_{Hi} \cdot K_{Bi} + P_{POi},$$

де $P_{номи}$ – номінальна потужність і-го цеху, кВт;

K_{Bi} – коефіцієнт використання і-го цеху (відношення середньої активної потужності окремого приймача до номінальної активної потужності).

Середнє реактивне навантаження і-го цеху:

$$Q_{Ci} = P_{Ci} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + Q_{POi},$$

де $\operatorname{tg} \varphi_i$ – коефіцієнт реактивної потужності і-го цеху;

Q_{POi} – розрахункова реактивна потужність освітлення і-го цеху.

Повне середнє навантаження і-го цеху:

$$S_{Ci} = \sqrt{P_{Ci}^2 + Q_{Ci}^2}.$$

Активне розрахункове навантаження і-го цеху:

$$P_{Pi} = P_{Hi} \cdot K_{Pi} + P_{POi},$$

де K_{Pi} – коефіцієнт попиту і-го цеху (відношення розрахункової активної потужності до номінальної активної потужності приймача);

Реактивне розрахункове навантаження і-го цеху:

$$Q_{Pi} = P_{Pi} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + Q_{POi}.$$

Повне розрахункове навантаження і-го цеху:

$$S_{Pi} = \sqrt{P_{Pi}^2 + Q_{Pi}^2}.$$

Розрахунковий струм і-го цеху:

$$I_{Pi} = \frac{S_{Pi}}{\sqrt{3} \cdot U_H}.$$

Сумарне навантаження цехів:

$$P_{PO\Sigma} = \sum_{i=1}^N P_{POi};$$

$$Q_{PO\Sigma} = \sum_{i=1}^N Q_{POi};$$

$$P_{C\Sigma} = \sum_{i=1}^N P_{Ci};$$

$$Q_{C\Sigma} = \sum_{i=1}^N Q_{Ci};$$

$$P_{P\Sigma} = K_O \cdot \left(\sum_{i=1}^N P_{Pi} - P_{PO\Sigma} \right) + P_{PO\Sigma};$$

$$Q_{P\Sigma} = K_O \cdot \left(\sum_{i=1}^N Q_{Pi} - Q_{PO\Sigma} \right) + Q_{PO\Sigma},$$

де N – кількість цехів;

K_O – коефіцієнт одночасності максимумів навантаження.

Повне сумарне навантаження:

$$S_{C\Sigma} = \sqrt{P_{C\Sigma}^2 + Q_{C\Sigma}^2};$$

$$S_{P\Sigma} = \sqrt{P_{P\Sigma}^2 + Q_{P\Sigma}^2} .$$

Результати розрахунку навантажень підприємства наведені на рисунку 2.1.

№	Цех	Світло										Середні нав-ня					Розрах. нав-ня			Kо=	0,95
		Рн, кВт	cos	tg	Kп	Kв	Площа, м²	Kп0	Рпит, Вт/м²	Kпра	tg0	Qm0, квар	Pr0, кВт	Pс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	Pr, кВт	Qр, квар	Sp, кВА		
1	Товарний цех	422,5	0,75	0,882	0,4	0,3	1800	0,9	0,02	0,5	0,43	6,97	16,20	142,95	118,75	185,84	453,55	158,4	480,40	729,89	0,27
2	Виробничо - побутовий	100	0,8	0,75	0,4	0,35	1386	0,9	0,016	0,5	0,43	4,29	9,98	44,98	30,54	54,37	119,20	0,50	119,20	181,11	0,09
3	Адміністративний	100	0,8	0,75	0,4	0,4	1569	0,9	0,016	0,5	0,43	4,86	11,30	51,30	34,86	62,02	270,60	0,50	270,60	411,13	0,17
4	Виробничий корпус	100	0,8	0,75	0,4	0,4	1872	0,9	0,016	0,5	0,43	5,80	13,48	53,48	35,80	64,35	53,48	35,80	64,35	97,77	0,03
5	Склад ОКСА	100	0,7	1,02	0,3	0,2	675	0,8	0,015	0,5	0,43	1,74	4,05	24,05	22,15	32,69	93,49	32,35	98,93	150,31	0,15
6	ЦТО автомобілів	10	0,75	0,882	0,3	0,2	144	0,8	0,012	0,5	0,43	0,30	0,69	2,69	2,06	3,39	3,69	2,94	4,72	7,17	0,03
7	Ізальня	10	0,85	0,62	0,3	0,2	378	0,8	0,012	1,2	0,43	1,87	4,35	6,35	3,11	7,08	7,35	3,73	8,25	12,53	0,02
8	КПП	20	0,75	0,882	0,35	0,25	72	0,8	0,012	1,2	0,43	0,36	0,83	5,83	4,77	7,53	7,83	6,53	10,20	15,49	0,14
9	Ангар	15	0,7	1,02	0,3	0,2	805	0,8	0,012	1,2	0,43	3,99	9,27	12,27	7,05	14,15	13,77	8,58	16,23	24,65	0,02
10	Склад спортивних частин	20	0,7	1,02	0,3	0,2	162	0,8	0,012	1,2	0,43	0,80	1,87	5,87	4,88	7,65	7,87	6,92	10,48	15,92	0,06
11	Склад ОМТС	18	0,7	1,02	0,3	0,2	675	0,85	0,016	1,1	0,43	4,34	10,10	13,70	8,01	15,87	15,50	9,85	18,36	27,90	0,03
12	Склад запасних частин	85	0,75	0,882	0,4	0,35	500	0,9	0,016	0,5	0,43	1,55	3,60	33,35	27,79	43,41	37,60	31,53	49,07	74,56	0,10
Всього по підприємству		1000,5					10038					36,86	85,72	396,82	299,76	497,31	448,52	347,07	567,12	861,65	0,06

Рисунок 2.1 - Розрахунок навантаження підприємства

Визначення розрахункової потужності для цехів і підприємства в цілому здійснюємо за допомогою електронної таблиці (Рисунок 3.1). Вихідними даними для зазначеної таблиці є номінальна потужність (P_i); коефіцієнт потужності ($\cos\phi_i$); коефіцієнт попиту (K_{pi}); коефіцієнт використання (K_{vi}); площа і-того цеху (S_i); коефіцієнт попиту освітлювального навантаження (K_{coi}); питома густина освітлювального навантаження ($P_{питi}$); коефіцієнт потужності для освітлення ($tg\phi_0i$); коефіцієнт збільшення активного навантаження за рахунок втрат в пускорегулювальній апаратурі освітлення ($K_{праi}$).

На основі наведених нижче розрахункових формул визначимо середні і розрахункові навантаження цехів та підприємства в цілому.

Активна потужність електричного освітлення і-того цеху:

$$P_{poi} = K_{noi} \cdot F_i \cdot P_{numi} \cdot k_{пра} , \tag{3.1}$$

Реактивна потужність електричного освітлення і-того цеху:

$$Q_{poi} = K_{noi} \cdot F_i \cdot P_{numi} \cdot k_{пра} \cdot tg_o, \quad (3.2)$$

де K_{noi} - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження і-того цеху;

F_i - площа і-того цеху, м²;

P_{numi} - питома густина освітлювального навантаження і-того цеху, кВт/м²;

$k_{пра}$ - коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі;

tg_o - коефіцієнт реактивної потужності освітлювальної мережі.

Середнє активне навантаження і-того цеху:

$$P_{ci} = K_{ви} \cdot P_{номi} + P_{poi}, \quad (3.3)$$

де $P_{номi}$ - номінальна потужність і-того цеху, кВт;

$K_{ви}$ - коефіцієнт використання і-того цеху (відношення середньої по цеху активної потужності окремих електроприймачів до суми номінальних активних потужностей електроприймачів цеху).

Середнє реактивне навантаження і-того цеху:

$$Q_{ci} = P_{ci} \cdot tg\varphi_i, \quad (3.4)$$

де $tg\varphi_i$ - коефіцієнт реактивної потужності і-того цеху.

Повне середнє навантаження для і-того цеху:

$$S_{ci} = \sqrt{P_{cmi}^2 + Q_{cmi}^2}. \quad (3.5)$$

Активне розрахункове навантаження і-того цеху:

$$P_{pi} = K_{ni} \cdot P_{номi} + P_{poi}, \quad (3.6)$$

де K_{ni} - коефіцієнт попиту і-того цеху (відношення розрахункової активної потужності до номінальної активної потужності приймача);

Реактивне розрахункове навантаження і-того цеху:

$$Q_{pi} = K_{ni} \cdot P_{номі} \cdot tg\varphi_i + Q_{poi} \quad (3.7)$$

Повне розрахункове навантаження і-того цеху:

$$S_{pi} = \sqrt{P_{pi}^2 + Q_{pi}^2} \quad (3.8)$$

Розрахунковий струм і-того цеху

$$I_{pi} = \frac{S_{pi}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (3.9)$$

де $U_{ном}$ - номінальна напруга мережі.

Навантаження всіх цехів:

$$P_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^N P_{ci} \quad (3.10)$$

$$Q_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^N Q_{ci} \quad (3.11)$$

$$P_{p\Sigma} = \left(\sum_{i=1}^N P_{номі} \cdot k_{\pi i} \right) \cdot K_o + P_{po\Sigma} \quad (3.12)$$

$$Q_{p\Sigma} = \left(\sum_{i=1}^N P_{номі} \cdot k_{\pi i} \cdot tg\varphi_i \right) \cdot K_o + Q_{po\Sigma} \quad (3.13)$$

де $P_{c\Sigma}$ - сумарна середня активна потужність, кВт;

$Q_{c\Sigma}$ - сумарна середня реактивна потужність, кВАр;

$Q_{p\Sigma}$ - сумарна розрахункова реактивна потужність, кВАр;

K_o - коефіцієнт одночасності максимумів навантаження.

N - кількість цехів.

Повне сумарне навантаження визначається за формулою:

$$S_{c\Sigma} = \sqrt{P_{c\Sigma}^2 + Q_{c\Sigma}^2}; \quad (3.14)$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2}, \quad (3.15)$$

де $S_{c\Sigma}$ - повне середнє навантаження;

$S_{p\Sigma}$ - повне розрахункове навантаження;

Сумарний струм:

$$I_{p\Sigma} = \frac{S_{p\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (3.16)$$

Результати розрахунку по даній задачі наведено на рисунку 3.1 та знаходяться у комірках O4:O15 - Pci, P4:P15 - Qci, Q4:Q15 - Sci, R4:R15 - Pri, S4:S15 - Qri, T4:T15 - Spi. V4:V15 - roi. При цьому повна середня потужність заводу складає $S_{сум}=497.31$ кВАр, а повна розрахункова потужність з урахуванням коефіцієнта одночасності максимумів навантаження складає $S_{pсум}=567,12$

2.2 Визначення оптимальної кількості та потужності цехових ТП

Кількість силових трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій (ЦТП) відповідно до технічного завдання (ТЗ) повинна відповідати категорії надійності споживачів відповідно ПУЕ. Вказане підприємство належить до другої категорії електропостачання, то необхідно, щоб система електропостачання мала високу надійність, тому всі цехи заживлені двотрансформаторними підстанціями. Вибрані потужності трансформаторів повинні бути допустимими в нормальному та післяаварійному режимі роботи виходячи з умови, що у разі виході з ладу одного трансформатора двотрансформаторної ЦТП – інший повинен витримувати розрахункове навантаження споживачів першої та другої категорії цеху. Показником ефективності вибору потужності трансформаторів ЦТП згідно ТЗ повинні бути річні приведені витрати на трансформаторну підстанцію.

Вибираємо кількість ЦТП таким чином, щоб потужні цехи живились від окремих ТП, а близько розташовані малопотужні цехи за територією, були додатковими споживачами вказаних підстанцій. ЦТП розміщуємо так, щоб вони були максимально наближені до центрів навантажень своїх цехів і водночас не заважали основному технологічному процесу (дивись додаток Б).

Розподіляючи навантаження цехів між ЦТП будемо орієнтуватись на оптимальну ступінь потужності трансформаторів ЦТП, знайдену за питомою густиною розрахункового навантаження ρ . Ця величина розраховується за формулою:

$$\rho = \frac{S_{p.сум}}{F_{сум}},$$

де $S_{p.сум}$ – сумарна розрахункова потужність;

$F_{сум}$ – сумарна площа цехів.

Інтервали економічних потужностей трансформаторів:

$$S_{номт} = \begin{cases} \text{до } 1000 \text{ кВА при } S_{ном} < 0,2 \text{ кВА/м}^2; \\ 1600 \text{ кВА при } S_{ном} = 0,2 \div 0,3 \text{ кВА/м}^2; \\ 1600, 2500 \text{ кВА при } S_{ном} > 0,3 \text{ кВА/м}^2. \end{cases}$$

Так як питома густина навантаження складає $\sum p_0 = 0,09$ кВА/м², то згідно СН 357–77 [9] рекомендується обирати трансформатори потужністю менше 1000 кВА. Також доцільно розподілити навантаження між двома ЦТП, адже територія підприємства займає значну площу, де розташовані споживачі II та III категорії. Усі ЦТП необхідно щоб були двотрансформаторними, для того щоб не допускати значних перерв в електропостачанні. Перша ЦТП заживить цехи під номером 1-7; друга ЦТП заживить цехи підприємства під номером 8 -16. Встановлення 2-х ЦТП дозволить знизити довжини кабельних ліній 0,38 кВ, що призведе до зниження втрат потужності.

Виконаємо розподіл навантаження між ЦТП. Оскільки до кожної із груп розподілу входять споживачі другої категорії за надійністю електропостачання, то відповідно до ПУЕ [10] всі ЦТП передбачаємо встановити дво трансформаторними.

Результати такого розподілу показані в табл. на рис. 2.2.

Для автоматизованого вирішення задачі вибору трансформаторів з допомогою електронного процесору Excel попередньо необхідно визначитись із:

- 1) маркою трансформаторів (ТМ);
- 2) середньою та розрахунковою потужністю по ТП S_c, S_p , кВА;
- 3) нормативним коефіцієнтом ефективності капіталовкладень в ТП E_e (приймаємо рівним 0,1);
- 4) коефіцієнтом відрхувань на амортизацію в ТП E_a (рівний 0,036);
- 5) питомою вартістю втрат потужності B_0 , грн/кВт (розраховано раніше в загальній базі даних);
- 6) кількістю трансформаторів ТП k_T , шт;
- 7) коефіцієнтом навантаження в нормальному режимі k_H .

№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Розрахунок	Розрахунок	Повна	Середня	Серия	Повна
			ва активна потужність Pr, кВт	а реактивна потужність Qr, кВАр	розрахункова потужність Sp, кВА	активна потужність Pc, кВт	реактивна потужність Qc, кВАр	середня потужність Sc, кВА
ТП1	2	Виробничо - побутовий корпус №2	119	0,5	119,201	44,979	30,541	54,368
	3	Адміністративний корпус	270,6	0,5	270,600	51,297	34,858	62,019
	4	Виробничий корпус	100	0,5	64,353	53,478	35,796	64,353
	7	Ідальня	10	0,5	8,247	6,355	3,112	7,076
		Всього по ТП1	500	2,000	499,804	156,109	104,306	187,749
ТП2	1	Токарний цех	453,55	158,40	480,400	142,950	118,749	185,839
	5	Склад ОКСА	93	0,5	98,928	24,050	22,146	32,693
	6	ПТО автомобіль	10	0,5	4,721	2,691	2,061	3,390
	8	КПП	20	0,5	10,195	5,829	4,766	7,530
	9	Ангар	15	0,5	16,227	12,274	7,048	14,153
	10	Склад імпорتنих частин	20	0,5	10,479	5,866	4,883	7,633
	11	Склад ОМТС	18	0,5	18,364	13,698	8,015	15,871
	12	Склад запасних частин	85	0,5	49,072	33,350	27,785	43,408
		Всього по ТП2	715,0	161,900	733,140	240,708	195,453	310,069
Назви комірок, діапазонів та опорні формули:								
C2:C14:=nomer	G8:=Sp1сум	I2:I7:=Qc1	Pp1=ВПР(nomer;Tabl_1;18;0) Qc1=ВПР(nomer;Tabl_1;16;0)		Sp1сум=КОРЕНЬ(Pp1сум^2+Qp1сум^2)			
E2:E7:=Pr1	G17:=Sp2сум	I8:=Qc1сум	Pp2=ВПР(nomer;Tabl_1;18;0) Qc2=ВПР(nomer;Tabl_1;16;0)		Sp2сум=КОРЕНЬ(Pp2сум^2+Qp2сум^2)			
E8:=Pr1сум	H2:H7:=Pc1	I9:I16:=Qc2	Qp1=ВПР(nomer;Tabl_1;19;0) Sc1=ВПР(nomer;Tabl_1;17;0)		Pctr1=СУММ(Pc1)			
E9:E16:=Pr2	H8:=Pc1сум	I17:=Qc2сум	Qp2=ВПР(nomer;Tabl_1;19;0) Sc2=ВПР(nomer;Tabl_1;17;0)		Pc2сум=СУММ(Pc2)			
E17:=Pr2сум	H9:H16:=Pc	G9:=Sc1сум	Sp1=ВПР(nomer;Tabl_1;20;0) Pp1сум=СУММ(Pp1)		Qc1сум=СУММ(Qc1)			
F2:F7:=Qp1	H17:=Pc2сум	G17:=Sc2сум	Sp2=ВПР(nomer;Tabl_1;20;0) Pp2сум=СУММ(Pp2)		Qc2сум=СУММ(Qc2)			
F8:=Qp1сум	F9:F16:=Qp	F17:=Qp2сум	Pc1=ВПР(nomer;Tabl_1;15;0) Qp1сум=СУММ(Qp1)		Sc1сум=КОРЕНЬ(Pctr1^2+Qctr1^2)			
			Pc2=ВПР(nomer;Tabl_1;15;0) Qp2сум=СУММ(Qp2)		Sc2сум=КОРЕНЬ(Pc2сум^2+Qc2сум^2)			

Рисунок 2.2 - Розподіл цехів між ЦТП

Коефіцієнт навантаження в нормальному режимі знайдемо шляхом розрахунків [11]:

а) за таблицею G.1 ГОСТ 14209–97 знаходимо середньорічну температуру для регіону, в якому знаходиться підприємство, тобто для м. Вінниці:

$\theta = 10,7^0$; знаходимо поправку на температуру охолоджуючого середовища.

Зважаючи на необхідність великого об'єму додаткових розрахунків, спрощено прийемо $\theta = 13^0$;

б) знайдемо значення ефективної температури: $\theta_e = \theta + 13^0 = 23,7^0$;

с) з таблиці 6 для розподільних трансформаторів з охолодженням ONAN знаходимо коефіцієнт навантаження в нормальному режимі.

Виконаємо математичне моделювання вибору потужності цехових ТП. Керована змінна – S_T – потужність силового трансформатора. Показник ефективності –

Z – річні приведені затрати в ТП.

$$Z(S_T) = B_{III}(S_T) + B_B(S_T),$$

де $B_{III}(S_T)$ – річна приведена вартість ТП;

$B_B(S_T)$ – річна приведена вартість втрат потужності в обмотках трансформатора.

$$B_{III}(S_T) = (E_e + E_a) \cdot K_{III}(S_T, k_T),$$

де E_e – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

E_a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

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

$$B_B(S_T) = (\Delta P_{xx}(S_T) + \Delta P_{кз}(S_T) \cdot k_3^2(S_T)) \cdot k_T \cdot t \cdot \tau,$$

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

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

k_T – кількість силових трансформаторів;

t – тариф на електричну енергію;

τ – число годин максимальних втрат.

Коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$k_3 = \frac{S_{III}}{S_T \cdot k_T}.$$

Змінні втрати активної потужності:

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

де S_T – потужність трансформатора ТП.

Постійні втрати активної потужності:

$$\Delta P_{пс} = \Delta P_{хх} \cdot k_T.$$

Сумарні втрати активної потужності:

$$\Delta P = \Delta P_{пс} + \Delta P_{зм}.$$

Виразимо показник ефективності через керовані змінні:

$$Z_{ТП}(S_T) = (E_e + E_a) \cdot K_{ТП}(S_T, k_T) + \left(\Delta P_{кз}(S_T) \cdot \frac{S_p^2}{S_T^2 \cdot k_T} + \Delta P_{хх}(S_T) \cdot k_T \right) \cdot B_0.$$

При розв'язанні задачі необхідно врахувати наступні обмеження:

$$k_H \cdot k_T \cdot S_T \geq S_{ТПсм},$$

де $S_{ТПсм}$ – середня потужність ТП;

S_T – потужність трансформатора ТП;

k_H – максимально допустимий коефіцієнт навантаження трансформатора в нормальному режимі;

k_T – кількість трансформаторів.

$$k_T \geq 1 \Rightarrow K_{на} \cdot S_T \geq K_{нна} \cdot S_{ТП},$$

де K_{na} – максимальний допустимий коефіцієнт навантаження силового трансформатора в післяаварійному режимі (визначимо для найважчих умов – аварія трапилась влітку, середня температура на протязі дня біля 30° . Згідно [11], таблиця Н.1, для температури охолоджуючого навколишнього середовища (з урахуванням поправки) під час перевантаження 30° та $30 + 13 \approx 40^{\circ}$ відповідно та тривалості перевантаження 24 год. $K_{na} = 1,2$);

K_{nta} – частина навантаження ТП, яка повинна залишитись в роботі в післяаварійному режимі (погоджується з технологами);

$S_{ТП}$ – розрахункова потужність ТП.

Для вибору потужності цехової ТП–1 виконаємо електронну таблицю Excel на робочому листі “ТП–1” (рисунок 2.3).

Вибір оптимальної потужності лінії за мінімумом затрат																
Дані нормального режиму																
Розрахункова потужність ТП, кВА											Sp=	499,804				
Середня потужність ТП, кВА											Sc=	187,749				
Кількість трансформаторів											kt=	2				
Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі											kn=	1				
Дані післяаварійного режиму																
Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі											kna=	1,5				
Цоля навантаження в п.а. режимі											knta=	0,8				
Економічні характеристики																
Питома вартість втрат, грн/кВт											Вос=	2450,63				
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Еес=	0,1				
Коефіцієнт вирахувань на амортизацію											Еа=	0,036				
*	St, кВА	dPax, кВт	dPax, кВт	Kтп, тис. грн.	Е*К, тис. грн.	dPax, кВт	dPac, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	об'єк. 1	об'єк. 2		
63	1,28	0,24	215,505	29,3087	40,2808	0,48	40,7608	99,8896	---	---	---	---	---	---		
100	1,97	0,33	228,848	31,1233	24,6037	0,66	25,2657	61,9168	---	---	---	+	---	---		
160	3,1	0,51	246,263	33,4917	15,1249	1,02	16,1449	39,565	---	---	---	+	---	---		
250	4,2	0,74	268,785	36,5548	8,39342	1,48	9,87342	24,1961	---	---	---	+	---	---		
V	400	5,9	322,605	43,8743	4,60576	1,9	6,50576	15,9432	59,8175	V	+	+	+	+		
630	8,5	1,31	358,943	48,8162	2,6749	2,62	5,2949	12,9758	61,792		+	+	+	+		
1000	10,5	2,1	423,518	57,5984	1,31147	4,2	5,51147	13,5066	71,1049		+	+	+	+		
1600	18	2,8	526,5	71,604	0,87822	5,6	6,47822	15,8757	87,4797		+	+	+	+		
2500	23,5	3,85	602,393	81,9254	0,46963	7,7	8,16963	20,0207	101,946		+	+	+	+		
											Залив=	59,8175				
											Стг. Пот. Трансформатора	St*=	400			
Матриця динаміки, номери та описні формули																
L3 -Sp1		M16.M24 -dPax				dPax-ВПР(St_1;TR_10_kv;4;0)										
L4 -Sc1		I16.I24 -dPac				Kup1-ЕСЛИ(kup1>2;ВПР(St_1;TR_10_kv;10;0);ВПР(St_1;TR_10_kv;9;0))										
L5 -ksp1		I16.I24 -dPp1				Ekup1-(Ea_1-Ea_1)*Kup1										
L6 -knta1		K16.K24 -Vap1				dPax-dPax*(Sp1^2/(St_1^2*ksp1))										
L8 -knta1		L16.L24 -Зvm1				dPac-dPax*ksp1										
L9 -knta1		N16.N24 -Xup1				dPp1-dPax-dPac										
L11 -B_0		O16.O24 -oBw1				Vap1-dPp1*B_0*10^3										
L12 -Ea_1		P16.P24 -oBw2				Зvm1-ЕСЛИ(Xup1<"")&Ekup1+Vap1;"")										
L13 -Ea_1		L25 -Зaidem1				Xup1-ЕСЛИ(oBw1<"")&oBw2;"")&"")&"")										
C16.C24 -St_1		L26 -Step1				oBw1-ЕСЛИ(knta1*ksp1*St_1>Sc1;Sc1;"")										
D16.D24 -dPax		dPax-ВПР(St_1;TR_10_kv;3;0)				oBw2-ЕСЛИ(knta1*St_1>knta1*Sp1;"")										
E16.E24 -dPax		M16.M24-ЕСЛИ(St_1-Step1;"V","")				Зaidem1-МІВ(Зvm1)										
F16.F24 -Xup1		B16.B24-ЕСЛИ(St_1-Step1;"V","")				Step1-МІДЖЕС(St_1;ЛОИСКПОС(Зaidem1;Зvm1;0);1)										
G16.G24 -Ekup1																

Рисунок 2.3–Вибір потужності ЦТП–1. Лист “ТП–1”

За результатами здійсненого розрахунку для вибору оптимальної потужності ЦТП–1 вибираємо силовий трансформатори потужністю 400 кВА. Приведені затрати при цьому складають 59,8175 тис. грн.

Аналогічні розрахунки проводяться для ЦТП2 на листі Excel «ТП2», Рисунок 2.4. Коефіцієнт $k_{\text{нпа}}$ для ТП2, буде становити 0,8 відповідно.

Як видно з розрахунків для ЦТП 2 оптимальним є варіант, коли потужність трансформаторів ТП складає 630 кВА. При цьому приведені затрати складатимуть 69,3414 тис. Грн

Вибір оптимальної потужності ТП2 за мінімумом затрат															
Дані нормального режиму															
Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	733,14				
Середня потужність ТП, кВА										Sc=	310,069				
Кількість трансформаторів										kt=	2				
Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1				
Дані післяварійного режиму															
Допустимий коефіцієнт навантаження післяварійному режимі										kпа=	1,3				
Доля навантаження в п.а. режимі										kнпа=	0,8				
Економічні характеристики															
Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	2450,63				
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1				
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036				
*	St, кВА	dPкз, кВт	dPxx, кВт	Kтп, тис. грн.	E*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPтс, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2	
	63	1,28	0,24	215,505	29,3087	86,6707	0,48	87,1507	213,574	---		---	---	---	
	100	1,97	0,33	228,848	31,1233	52,9431	0,66	53,6031	131,361	---		---	---	---	
	160	3,1	0,51	246,263	33,4917	32,5436	1,02	33,5636	82,2518	---		---	+	---	
	250	4,2	0,74	268,785	36,5548	18,0598	1,48	19,5398	47,8848	---		---	+	---	
	400	5,9	0,95	322,605	43,8743	9,91004	1,9	11,81	28,942	---		---	+	---	
V	630	8,5	1,31	358,943	48,8162	5,75548	2,62	8,37548	20,5252	69,3414	V	+	+	+	
	1000	10,5	2,1	423,518	57,5984	2,82184	4,2	7,02184	17,2079	74,8063		+	+	+	
	1600	18	2,8	526,5	71,604	1,88963	5,6	7,48963	18,3543	89,9583		+	+	+	
	2500	23,5	3,85	602,393	81,9254	1,01049	7,7	8,71049	21,3462	103,272		+	+	+	
										Zмін=				69,3414	
														St*=	630

Рисунок 2.4- Вибір потужності ЦТП2

Перед вибором зовнішньої лінії живлення необхідно розрахувати втрати потужності в трансформаторах ЦТП. По зовнішній лінії живлення буде протікати не лише потужність навантаження, а й потужність втрат в трансформаторах ЦТП. Неврахування цих втрат призведе до вибору перерізу

зовнішньої лінії по заниженому навантаженню. Останнє, в свою чергу, може спричинити роботу лінії живлення в недопустимих умовах.

Втрати потужності в цехових ТП розраховуються за наступними формулами.

Втрати активної потужності:

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

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:

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

де ΔQ_{TP} - втрати реактивної потужності ТП, квар;

I_{xx} - струм холостого ходу силового трансформатора, А;

$U_{кз}$ - напруга короткого замикання, % від номінальної.

Розрахунок втрат активної потужності в цехових ТП наведено на рисунку 2.5.

№ ТП	Sном_т, кВА	кт	α ^л хх, кВт	α ^л кз, кВт	Iхх, %	Uк, %	Pp, кВт	Qр, кВАр	Sp, кВА	dPтр, кВт	αQтр, кВАр	αзтр, кВА	P, кВт	Q, кВАр	R, Ом	
1	1000	2	2,1	10,5	1,4	6	499,8	2	499,804	5,51147	35,494121	35,9195	505,311	37,4941	1,05	
2	1000	2	2,1	10,5	1,4	6	715,04	161,9	733,14	7,02184	44,124814	44,68	722,062	206,025	1,05	
Всього							448,522	347,067		12,5333	79,618936	80,5994	461,056	426,686		
Назви комірок, діапазонів та опорні формули																
C3:C4:=Sном_т																
D3:D4:=кт																
E3:E4:=dPххвтр																
F3:F4:=dPкзвтр																
G3:G4:=Iххвтр																
H3:H4:=Uкзвтр																
I3:I4:=Pрвтр																
J5:=Pрвтр_сум																
J3:J4:=Qрвтр																
J5:=Qрвтр_сум																
K3:K4:=Sрвтр																
L3:L4:=dPтрвтр																
L5:=dPтр_сум																
M3:M4:=dQтрвтр																
M5:=dQ_сум																
N3:N4:=dSтр																
N5:=dSтр_сум																
O3:O6:=P_сум																
P3:P4:=Q_сум																
O5:=P_сум_1																
P5:=Q_сум_1																

Рисунок 2.5 – Розрахунок втрат потужності в цехових ТП. Лист “Втрати”

2.3 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення

Для вибору оптимального перерізу зовнішньої кабельної лінії живлення напругою 10 кВ з допомогою електронного процесору Excel створимо електронну таблицю (рисунок 2.6), за допомогою якої будуть визначені річні приведені затрати в зовнішню лінію живлення. Керованою змінною в даній задачі є переріз кабельної лінії F . Показником економічної ефективності є річні приведені витрати в зовнішню мережу живлення. Як критерій оптимальності прийнято мінімум приведених витрат.

Запишемо цільову функцію вибору зовнішньої лінії живлення:

$$3(F) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(F) + 3 \cdot I_n^2 \cdot r_0(F) \cdot B_0 \right] \cdot L \cdot k_n \rightarrow \min_{x \in X},$$

де E_e – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

E_a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

$K_0(F)$ – вартість 1 км кабельної лінії перерізом F , грн/км;

I_l – струм окремої лінії, А;

$r_0(F)$ – активний питомий опір кабелю перерізом F , Ом/км;

B_0 – вартість втрат 1 кВт потужності, грн/кВт;

L – довжина лінії, км;

K_l – кількість ліній.

Сформуємо необхідні обмеження на керовану змінну:

$$K_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(x) \geq I_l = \frac{\sqrt{P_l^2 + Q_l^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot k_l},$$

де $K_{\text{доп}}$ – коефіцієнт допустимого навантаження, що враховує відмінність параметрів середовища від нормованих в Правилах Улаштування Електроустановок (ПУЕ) [10];

$I_{\text{доп}}$ – допустимий тривалий струм навантаження, А;

P_l – активна потужність лінії, А;

Q_l – реактивна потужність лінії, А.

$$K_{\text{доп}} = k_c \cdot k_n,$$

де k_c – коефіцієнт середовища (згідно [10], таблиця 1.3.3, для умовної температури навколишнього середовища 15^0 , нормованої температури жил 65^0 та розрахункової температури середовища $15^0 k_c = 1,0$);

k_n – коефіцієнт прокладання (для кабелів, прокладених в різних траншеях $k_n = 1,0$).

$$k_l > 1 \Rightarrow K_{\text{на}} \cdot K_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(x) \geq K_{\text{на}} \cdot k_l \cdot I_l,$$

де $K_{\text{на}}$ – максимально допустимий коефіцієнт навантаження лінії в післяаварійному режимі (згідно [10], таблиця 1.3.2, для коефіцієнта навантаження 0,8 та тривалості максимуму 6 год. $K_{\text{на}} = 1,2$);

$K_{\text{на}}$ – частина загального навантаження, яке повинно споживатись в

післяаварійному режимі (погоджується з технологіями).

$$\Delta U_{\text{дон}} \geq \Delta U_n(x) = \frac{P_p \cdot r_0(x) + Q_p \cdot x_0(x)}{U_{\text{ном}} \cdot k_l} \cdot L,$$

де $\Delta U_{\text{дон}}$ – рекомендована допустима втрата напруги (згідно [12], пункт А.4.7, приймаємо рівною 5 %);

P_p – активна потужність навантаження, кВт;

Q_p – реактивна потужність навантаження, квар;

r_0 – активний питомий опір кабелю, Ом/км;

x_0 – реактивний питомий опір кабелю, Ом/км.

$$k_l > 1 \Rightarrow \Delta U_{\text{дон}} \geq \Delta U_{\text{на}}(x);$$

$$F \geq F_{\text{кз}} = \frac{I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{t_n}}{C},$$

де $F_{\text{кз}}$ – мінімальний переріз, який витримує термічну дію струмів к.з.;

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

t_n – приведений час к.з.;

C – тепловий коефіцієнт (згідно [13], таблиця 8, для кабелів 10 кВ з алюмінієвими жилами $C = 90$).

Для вибору оптимального перерізу зовнішньої кабельної лінії живлення складено електронну таблицю Excel на листі “ЗовнішняКЛ” (рисунок 2.6).

Початкові дані		Поправочні коефіцієнти		Назва мікроен, діалогова та операційні формули	
Економічні характеристики		Коефіцієнт сервісності		L15 ->Zam R0 -ВТР(F_kl,KL,S,0)	
Вартість втрат, грн/кВт	Всм=2450,62752	G0 -B0	Коефіцієнт провалки	1	B03.B10-R0
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	Есм=0,1	G0 -E_e	Коефіцієнт групову	1	L16 -Fep X0 -ВТР(F_kl,KL,S,Зам_Втр0)
Коефіцієнт амортизації на амортизацію	Еам=0,03	G0 -E_a			L17 -Rep Iesm -ВТР(F_kl,KL,Fep_p1-ИИДЕКС(F_КЛПОИСКПОЗ(Зам_Втр0))
Нормальний режим					D03.D30-Iesm
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в режимі	Kном=1	G1 -K_ном			L18 -Keg dUn="(R0 -F-Q)*XX Krep-ИИДЕКС(R0_ПОИСКПОЗ(Зам_Втр0))
Напруга, кВ	U=10	G0 -U	L2-квс		F03.F30-dUpe
Довжина ПЛІ, км	L=1,4	G0 -L	L3-квс		G03.G30-K_e
Активна розрахункова потужність, кВт	P=460,1	G10 -P	L4-квс		M03.M30-dP
Чисельна потужність, квар	См=425,7	G11 -Q	L5-квс		M03.M30-K_e
Нарахований струм навантаження, А	Iсм=18,13452129	G12 -Ie	Кбор=кв*P*kg		M03.M30-EX
Потужність ПЛІ	Q	G13 -q			M03.M30-Ba
Максимально допустимі перепади ПЛІ за умовою межам міцності	Fном=70	G14 -Fном			L28.L30-Bz
Допустима втрата напруги в ПЛІ, %	ΔUном=5	G15 -dUдоп			M03.M30-Доп
Аварійний режим					M03.M30-V1
Струм КЗ на початку лінії, кА	Iкз=3,3358547372	G16 -Ikз			G03.G30-V2
Приведений час КЗ, с	тк=1,5	G17 -тк			F03.F30-V3
Емпіричний коефіцієнт C, (А*с ^{0,5})/(1,2)квт ²	C=90	G18 -C			G03.G30-V4
Лінійний переріз лінії за умовою КЗ, мм ²	Fкз=45,70403941	G19 -Fкз			M03.M30-V5
Після аварійний режим					M03.M30-V6
Максимально допустимий коефіцієнт навантаження	Kма=1,25	G21 -Kма			
Доп. навантаження в післяаварійному режимі	Kмап=0,8	G22 -Kмап			
Допустима втрата напруги в ПЛІ, %	ΔUмап=5	G23 -dUмап			

l, км ²	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	Iном, А	dUn, %	dUma, %	К ₀ , тис.грн/км	dP, кВт	K	Е*К, т.грн	В _в , т.грн	З, т.грн	Доп	Kном*U _н / Uном >= Ln	Kма*U _{мап} / Uмап <= Ln	ΔUн <= ΔUном	ΔUma <= ΔUmaп	F<=Fном	F>=Fкз
10	3,1	0,122	50	1,034929933	1,639087901	21,4403	8,563337	30,0447	4,506703	20,96404	-	непом	+	+	+	-	-	
16	1,94	0,113	73	0,659864547	1,055783275	31,01173	5,359117	43,4165	6,5124675	13,1332	-	непом	+	+	+	-	-	
25	1,24	0,099	90	0,429765708	0,687621333	44,68923	3,425413	62,537	9,3805425	8,394416	-	непом	+	+	+	-	-	
35	0,89	0,095	111	0,315613229	0,504979726	58,39423	2,458564	81,752	12,2627925	6,025024	-	непом	+	+	+	-	-	
50	0,62	0,09	140	0,226979392	0,363167027	83,0835	1,712707	116,317	17,447535	4,197208	-	непом	+	+	+	-	-	
70	0,443	0,086	165	0,168659864	0,269855783	113,62725	1,233757	159,078	25,8617225	2,989973	26,8607	пом	+	+	+	+	V	
95	0,326	0,083	203	0,130003358	0,208003373	147,26473	0,900553	206,171	30,9255975	2,206919	33,1325	пом	+	+	+	+	+	
120	0,253	0,081	240	0,107459744	0,171935591	186,33173	0,712707	260,892	39,1338675	1,74658	40,8304	пом	+	+	+	+	+	
150	0,206	0,079	273	0,090079923	0,144127928	229,74523	0,589061	321,843	48,1465025	1,394256	49,6411	пом	+	+	+	+	+	
185	0,167	0,077	310	0,078897773	0,123033237	309,33	0,461328	433,062	64,9593	1,130538	66,0896	пом	+	+	+	+	+	
240	0,129	0,073	353	0,06403433	0,102454928	429,012	0,356354	600,617	90,09252	0,87329	90,9658	пом	+	+	+	+	+	
									мін. витрати	=	26,8607							
									Стр. Перегр. ПЛ	=	70							
									Хром	=	0,443							
									Хром	=	0,086							

Рисунок 2.6 – Вибір оптимального перерізу зовнішньої живлячої КЛ 10 кВ.

Лист “ЗовнішняКЛ”

На основі здійсненого в табличній формі розрахунку в якості зовнішньої лінії для живлення вибираємо дві кабельні лінії марки ААБ перерізом 70 мм². Приведені витрати при цьому становлять 41,624 тис.грн.

2.4 Визначення оптимальних перерізів КЛ 10кВ

Зобразимо схему заміщення для розрахунку струму к.з. на шинах ЦРП (рис. 2.7):

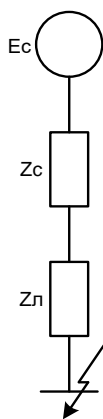


Рисунок 2.7 – Схема заміщення для розрахунку струму к.з.

Трифазний струм к.з. на початку ліній ЦРП–ЦТП:

$$I_{кз} = \frac{U_{кз}}{\sqrt{3} \cdot Z},$$

де $U_{кз}$ – напруга короткого замикання, кВ.

Сумарний опір:

$$Z = \sqrt{R_l^2 + (X_l + X_c)^2},$$

де R_l – активний опір КЛ, Ом;

X_l – реактивний опір КЛ, Ом;

X_c – опір системи, Ом.

Опір системи:

$$X_c = \frac{U^2}{S_{кз}},$$

де $S_{кз}$ – потужність к.з., МВА.

Розрахунок струмів короткого замикання виконаємо на робочому листі (рис. 2.6), на якому також визначимо переріз КЛ до ЦТП–1. Таблиця з визначенням опорів зображена на рисунку 2.8.

$X_c =$	2,000
$X_l =$	0,166
$R_l =$	0,652
$Z =$	2,262

Рисунок 2.8 – Розрахунок опорів елементів схеми заміщення

Внаслідок розрахунку отримали значення струму к.з. $I_{кз}$, яке використовується для вибору оптимального поперечного перерізу ліній живлення ЦТП.

Автоматизований розрахунок розподільних кабельних мереж 10 кВ, які живлять ЦТП здійснено з використанням математичної моделі та табличної форми, що були наведені в п. 2.3.

Варто зазначити, що для випадку розподільних КЛ коефіцієнт допустимого навантаження $K_{доп}$ буде розраховуватися так:

$$K_{доп} = k_c \cdot k_n = 1,0 \cdot 0,93 = 0,93,$$

де k_c – коефіцієнт середовища (згідно [10], таблиця 1.3.3, для умовної температури середовища 15^0 , нормованої температури жил 65^0 та розрахункової температури навколишнього середовища $15^0 k_c = 1,0$);

k_n – коефіцієнт прокладки (згідно [10], таблиця 1.3.26, для відстані між кабелями 300 мм та кількості кабелів 2 $k_n = 0,93$).

На основі здійсненого в табличній формі розрахунку (рис. 2.9) в якості розподільної лінії живлення від ЦРП до цехової ТП–1 вибираємо дві кабельні лінії марки ААБ перерізом 50 мм^2 . Приведені затрати при цьому становлять 1,194тис.грн.

Початкові дані				Коефіцієнт середовища		Коефіцієнт прокладки		Маски кабелів, зазначення та описані формули																																																																																																																																																																																																																																														
Нормальний режим				Коефіцієнт прокладки		Коефіцієнт прокладки																																																																																																																																																																																																																																																
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі	$K_{доп} = 1$																																																																																																																																																																																																																																																					
Напруга, кВ	$U_n = 10$																																																																																																																																																																																																																																																					
Довжина КЛ, км	$l = 1$																																																																																																																																																																																																																																																					
Активна розрахункова потужність, кВт	$P = 505,3$																																																																																																																																																																																																																																																					
Реактивна потужність, квар	$Q = 37,5$																																																																																																																																																																																																																																																					
Розрахунковий струм окремого кабелю, А	$I_{каб} = 14,63$																																																																																																																																																																																																																																																					
Кількість кабелів	$n = 2$																																																																																																																																																																																																																																																					
Допустима втрата напруги в КЛ, %	$\Delta U_{доп} = 5$																																																																																																																																																																																																																																																					
Пиллярний режим				Коефіцієнт прокладки		Коефіцієнт прокладки																																																																																																																																																																																																																																																
Струм КЛ на початку лінії, кА	$I_{каб} = 1,9949$																																																																																																																																																																																																																																																					
Приведений час КЛ, с	$tm = 1,5$																																																																																																																																																																																																																																																					
Темповий коефіцієнт C , (А*с ² /(1,2))мм ²	$C = 90$																																																																																																																																																																																																																																																					
Мінімальний переріз ліній за умовою КЛ, мм ²	$S_{каб} = 40,78$																																																																																																																																																																																																																																																					
Пиллярний режим				Коефіцієнт прокладки		Коефіцієнт прокладки																																																																																																																																																																																																																																																
Максимально допустимий коефіцієнт навантаження	$K_{каб} = 1,25$																																																																																																																																																																																																																																																					
Доп. навантаження в пиллярному режимі	$K_{каб} = 0,8$																																																																																																																																																																																																																																																					
Допустима втрата напруги в КЛ, %	$\Delta U_{доп} = 5$																																																																																																																																																																																																																																																					
Економічні характеристики				Коефіцієнт прокладки		Коефіцієнт прокладки																																																																																																																																																																																																																																																
Питома вартість втрат	$В_в = 2450,63$																																																																																																																																																																																																																																																					
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	$Е_к = 10,00\%$																																																																																																																																																																																																																																																					
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію	$Е_а = 4,00\%$																																																																																																																																																																																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>$F, \text{мм}^2$</th> <th>$R_0, \text{Ом/км}$</th> <th>$X_0, \text{Ом/км}$</th> <th>$I_{ном}, \text{А}$</th> <th>$K_0, \text{т.грн/км}$</th> <th>$dU_0, \%$</th> <th>$dU_0, \%$</th> <th>$dP, \text{кВт}$</th> <th>$K, \text{т.грн}$</th> <th>$E^*K, \text{т.грн}$</th> <th>$В_в, \text{т.грн}$</th> <th>$\Sigma, \text{т.грн}$</th> <th>Доп.</th> <th>$K_{доп} \cdot I_{ном} \geq I_p$</th> <th>$K_{каб} \cdot K_0 \geq U_{ном} \cdot I_p$</th> <th>$\Delta U_0 \leq \Delta U_{доп}$</th> <th>$F \geq F_{каб}$</th> <th>$V$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10</td><td>3,1</td><td>0,122</td><td>50</td><td>21,4605</td><td>0,7855199</td><td>1,25683</td><td>3,979555</td><td>42,921</td><td>6,00894</td><td>9,75240731</td><td>---</td><td>НЕДОП.</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>---</td></tr> <tr><td>16</td><td>1,94</td><td>0,115</td><td>75</td><td>31,0118</td><td>0,4922705</td><td>0,78765</td><td>2,490431</td><td>62,0255</td><td>3,68329</td><td>6,10311941</td><td>---</td><td>НЕДОП.</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>---</td></tr> <tr><td>25</td><td>1,24</td><td>0,099</td><td>90</td><td>44,6693</td><td>0,3151491</td><td>0,50424</td><td>1,591522</td><td>89,3382</td><td>12,5074</td><td>3,90096292</td><td>---</td><td>НЕДОП.</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>---</td></tr> <tr><td>35</td><td>0,89</td><td>0,09</td><td>115</td><td>58,2943</td><td>0,2266446</td><td>0,26263</td><td>1,142517</td><td>116,7185</td><td>18,3504</td><td>2,79988468</td><td>---</td><td>НЕДОП.</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>---</td></tr> <tr><td>50</td><td>0,62</td><td>0,09</td><td>140</td><td>83,0835</td><td>0,1583338</td><td>0,25233</td><td>0,785911</td><td>166,167</td><td>23,2634</td><td>1,95048146</td><td>25,2139</td><td>ДОП.</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>V</td></tr> <tr><td>70</td><td>0,443</td><td>0,086</td><td>165</td><td>115,627</td><td>0,1135387</td><td>0,18166</td><td>0,568691</td><td>227,2545</td><td>31,8156</td><td>1,39345046</td><td>33,2093</td><td>ДОП.</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr> <tr><td>95</td><td>0,326</td><td>0,083</td><td>205</td><td>147,265</td><td>0,0839218</td><td>0,13427</td><td>0,418495</td><td>294,5285</td><td>41,2541</td><td>1,02557374</td><td>42,2597</td><td>ДОП.</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr> <tr><td>120</td><td>0,258</td><td>0,081</td><td>240</td><td>186,352</td><td>0,0667037</td><td>0,10673</td><td>0,331202</td><td>372,7035</td><td>52,1785</td><td>0,81165196</td><td>52,9901</td><td>ДОП.</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr> <tr><td>150</td><td>0,206</td><td>0,079</td><td>275</td><td>229,743</td><td>0,0535281</td><td>0,08564</td><td>0,264448</td><td>459,4905</td><td>64,3287</td><td>0,6480632</td><td>64,9767</td><td>ДОП.</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr> <tr><td>185</td><td>0,167</td><td>0,077</td><td>310</td><td>309,33</td><td>0,043637</td><td>0,06982</td><td>0,214382</td><td>618,66</td><td>86,6124</td><td>0,52337162</td><td>87,1378</td><td>ДОП.</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr> <tr><td>240</td><td>0,129</td><td>0,075</td><td>355</td><td>429,012</td><td>0,0339986</td><td>0,0544</td><td>0,165601</td><td>838,024</td><td>120,123</td><td>0,40582598</td><td>120,529</td><td>ДОП.</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr> <tr><td colspan="12">Мінімальні затрати на КЛ</td><td>25,2139</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="12">Оптимальний переріз КЛ</td><td>50</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>										$F, \text{мм}^2$	$R_0, \text{Ом/км}$	$X_0, \text{Ом/км}$	$I_{ном}, \text{А}$	$K_0, \text{т.грн/км}$	$dU_0, \%$	$dU_0, \%$	$dP, \text{кВт}$	$K, \text{т.грн}$	$E^*K, \text{т.грн}$	$В_в, \text{т.грн}$	$\Sigma, \text{т.грн}$	Доп.	$K_{доп} \cdot I_{ном} \geq I_p$	$K_{каб} \cdot K_0 \geq U_{ном} \cdot I_p$	$\Delta U_0 \leq \Delta U_{доп}$	$F \geq F_{каб}$	V	10	3,1	0,122	50	21,4605	0,7855199	1,25683	3,979555	42,921	6,00894	9,75240731	---	НЕДОП.	+	+	+	---	16	1,94	0,115	75	31,0118	0,4922705	0,78765	2,490431	62,0255	3,68329	6,10311941	---	НЕДОП.	+	+	+	---	25	1,24	0,099	90	44,6693	0,3151491	0,50424	1,591522	89,3382	12,5074	3,90096292	---	НЕДОП.	+	+	+	---	35	0,89	0,09	115	58,2943	0,2266446	0,26263	1,142517	116,7185	18,3504	2,79988468	---	НЕДОП.	+	+	+	---	50	0,62	0,09	140	83,0835	0,1583338	0,25233	0,785911	166,167	23,2634	1,95048146	25,2139	ДОП.	+	+	+	V	70	0,443	0,086	165	115,627	0,1135387	0,18166	0,568691	227,2545	31,8156	1,39345046	33,2093	ДОП.	+	+	+	+	95	0,326	0,083	205	147,265	0,0839218	0,13427	0,418495	294,5285	41,2541	1,02557374	42,2597	ДОП.	+	+	+	+	120	0,258	0,081	240	186,352	0,0667037	0,10673	0,331202	372,7035	52,1785	0,81165196	52,9901	ДОП.	+	+	+	+	150	0,206	0,079	275	229,743	0,0535281	0,08564	0,264448	459,4905	64,3287	0,6480632	64,9767	ДОП.	+	+	+	+	185	0,167	0,077	310	309,33	0,043637	0,06982	0,214382	618,66	86,6124	0,52337162	87,1378	ДОП.	+	+	+	+	240	0,129	0,075	355	429,012	0,0339986	0,0544	0,165601	838,024	120,123	0,40582598	120,529	ДОП.	+	+	+	+	Мінімальні затрати на КЛ												25,2139				Оптимальний переріз КЛ												50			
$F, \text{мм}^2$	$R_0, \text{Ом/км}$	$X_0, \text{Ом/км}$	$I_{ном}, \text{А}$	$K_0, \text{т.грн/км}$	$dU_0, \%$	$dU_0, \%$	$dP, \text{кВт}$	$K, \text{т.грн}$	$E^*K, \text{т.грн}$	$В_в, \text{т.грн}$	$\Sigma, \text{т.грн}$	Доп.	$K_{доп} \cdot I_{ном} \geq I_p$	$K_{каб} \cdot K_0 \geq U_{ном} \cdot I_p$	$\Delta U_0 \leq \Delta U_{доп}$	$F \geq F_{каб}$	V																																																																																																																																																																																																																																					
10	3,1	0,122	50	21,4605	0,7855199	1,25683	3,979555	42,921	6,00894	9,75240731	---	НЕДОП.	+	+	+	---																																																																																																																																																																																																																																						
16	1,94	0,115	75	31,0118	0,4922705	0,78765	2,490431	62,0255	3,68329	6,10311941	---	НЕДОП.	+	+	+	---																																																																																																																																																																																																																																						
25	1,24	0,099	90	44,6693	0,3151491	0,50424	1,591522	89,3382	12,5074	3,90096292	---	НЕДОП.	+	+	+	---																																																																																																																																																																																																																																						
35	0,89	0,09	115	58,2943	0,2266446	0,26263	1,142517	116,7185	18,3504	2,79988468	---	НЕДОП.	+	+	+	---																																																																																																																																																																																																																																						
50	0,62	0,09	140	83,0835	0,1583338	0,25233	0,785911	166,167	23,2634	1,95048146	25,2139	ДОП.	+	+	+	V																																																																																																																																																																																																																																						
70	0,443	0,086	165	115,627	0,1135387	0,18166	0,568691	227,2545	31,8156	1,39345046	33,2093	ДОП.	+	+	+	+																																																																																																																																																																																																																																						
95	0,326	0,083	205	147,265	0,0839218	0,13427	0,418495	294,5285	41,2541	1,02557374	42,2597	ДОП.	+	+	+	+																																																																																																																																																																																																																																						
120	0,258	0,081	240	186,352	0,0667037	0,10673	0,331202	372,7035	52,1785	0,81165196	52,9901	ДОП.	+	+	+	+																																																																																																																																																																																																																																						
150	0,206	0,079	275	229,743	0,0535281	0,08564	0,264448	459,4905	64,3287	0,6480632	64,9767	ДОП.	+	+	+	+																																																																																																																																																																																																																																						
185	0,167	0,077	310	309,33	0,043637	0,06982	0,214382	618,66	86,6124	0,52337162	87,1378	ДОП.	+	+	+	+																																																																																																																																																																																																																																						
240	0,129	0,075	355	429,012	0,0339986	0,0544	0,165601	838,024	120,123	0,40582598	120,529	ДОП.	+	+	+	+																																																																																																																																																																																																																																						
Мінімальні затрати на КЛ												25,2139																																																																																																																																																																																																																																										
Оптимальний переріз КЛ												50																																																																																																																																																																																																																																										

Рисунок 2.9 – Вибір оптимального перерізу КЛ 10 кВ від ЦРП до ТП–1

А	Б	С	Д	Е	Р	С	Н	І	Ј	К	Л	М	Н	О	Р	С	К	З	Т
Початкові дані											Коефіцієнт середовища		1						
Нормальний режим											Коефіцієнт прокладки		1						
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі											К _{доп} =		1						
Напруга, кВ											U=		10						
Довжина КЛ, км											l=		1						
Активна розрахункова потужність, кВт											P=		722						
Реактивна потужність, кВАр											Q=		206						
Розрахунковий струм зовнішнього кабелю, А											I _н =		21,68						
Кількість кабелів											k=		2						
Допустима втрата напруги в КЛ, %											ΔU _{доп} =		5						
Аварійний режим											I _{кз} =		3,00						
Приведений час КЗ, с											t _п =		1,5						
Тепловий коефіцієнт С, (А*с ^{0,5} (1,2))мм ²											С=		90						
Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм ²											F _{кз} =		40,78						
Післяаварійний режим											K _{па} =		1,25						
Доля навантаження в післяаварійному режимі											K _{па} =		0,8						
Допустима втрата напруги в КЛ, %											ΔU _{падоп} =		5						
Економічні характеристики											В _о =		2450,63						
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Е _е =		10,00%						
Коефіцієнт врахувань на амортизацію											Е _а =		4,00%						
F, мм ²	K _о , Ом/км	X _о , Ом/км	I _{доп} , А	K _о , т. гр/км	ΔU _н , %	ΔU _{па} , %	ΔP, кВт	K, т. гр/км	Е*К, т. гр/км	В _к , т. гр/км	З, т. гр/км	Доп	K _{доп} *I _{доп} >= I _р	K _{па} *I _р >= K _{ма} *I _р <= U _н	ΔU _н <= ΔU _{доп}	ΔU _{па} <= ΔU _{падоп}	F >= F _{кз}	V	
10	3,1	0,122	50	21,4605	1,13176	1,81082	8,73920269	42,921	6,00894	21,416531	---	НЕДОП	+	+	+	+	---		
16	1,94	0,113	75	31,0118	0,71204	1,13926	5,46904943	62,0235	8,68329	13,402603	---	НЕДОП	+	+	+	+	---		
25	1,24	0,099	90	44,6693	0,45788	0,7326	3,49568108	89,3385	12,5074	8,5666122	---	НЕДОП	+	+	+	+	---		
35	0,89	0,095	115	58,3943	0,3311	0,52977	2,5089969	116,789	16,3504	6,1486169	---	НЕДОП	+	+	+	+	---		
50	0,62	0,09	140	83,0835	0,23311	0,37298	1,74784034	166,167	23,2634	4,2833081	27,5467	ДОП	+	+	+	+	+	V	
70	0,443	0,086	165	113,627	0,1688	0,27007	1,24886026	227,255	31,8156	3,0604913	34,8761	ДОП	+	+	+	+	+		
95	0,326	0,083	205	147,265	0,12625	0,20199	0,91902583	294,53	41,2341	2,25219	43,4863	ДОП	+	+	+	+	+		
120	0,258	0,081	240	186,352	0,10149	0,16238	0,72732719	372,704	52,1785	1,782408	53,9609	ДОП	+	+	+	+	+		
150	0,206	0,079	275	229,745	0,08251	0,13202	0,58073411	459,491	64,3287	1,423163	65,7518	ДОП	+	+	+	+	+		
185	0,167	0,077	310	309,33	0,06822	0,10916	0,47078931	618,66	86,6124	1,1537292	87,7661	ДОП	+	+	+	+	+		
240	0,129	0,075	355	429,012	0,0543	0,08688	0,3636636	838,024	120,123	0,891204	121,015	ДОП	+	+	+	+	+		
Мінімальні затрати на КЛ1													27,5467						
Оптимальний переріз КЛ1													50						

Рисунок 2.10 – Вибір оптимального перерізу КЛ 10 кВ від ЦРП до ТП–2

Рішення в результаті: для живлення ЦТП1 та ЦТП2 доцільно вибрати кабелі марки ААБ, перерізом 50 мм², при цьому питомі затрати на 1 км довжини складуть: для ЦТП1 –25,2139 тис.грн. та для ЦТП2 – 27,5467 тис.грн..

Аналогічні розрахунки проводимо для інших КЛ.

Результати розрахунку вибору оптимального перерізу КЛ зводяться в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок вибору оптимального перерізу КЛ

	Приведені затрати З, тис.грн	Кількість кабелів k	Переріз КЛ F _{опт} , мм ²
КЛ–1	1,194	2	50
КЛ–2	1,438	2	50

2.5 Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП за критерієм мінімуму затрат в системі електропостачання

В магістерській кваліфікаційній роботі необхідно обрати оптимальне місце розміщення ЦРП за критерієм мінімуму витрат в систему електропостачання враховуючи припущення, що ЦРП може бути встановлена на будь-якому місці території підприємства, що не зайняте цехом або дорогою.

Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП дозволить ефективно його розташувати на території підприємства, що в свою чергу, дасть змогу зменшити довжину мереж низької напруги, в яких є великі втрати потужності, а також зменшити витрату на КЛ, таким чином зменшуючи витрату кольорових металів, а отже зменшити затрати в СЕП.

Для вибору оптимальних координат розміщення ЦРП необхідно сформулювати математичну модель відповідної задачі. В такій моделі керовані змінні є координати розміщення ЦРП - $(x_0; y_0)$. Показником ефективності рішення будуть виступати сумарні річні приведені витрати в систему електропостачання.

Виберемо оптимальне місце розміщення ЦРП по критерію мінімуму сумарних річних приведених витрат в систему електропостачання, виходячи з припущення, що ЦРП може бути встановлена на довільному місці території підприємства, не зайнятому цехами і дорогою.

Математична модель вказаної задачі наведена нижче. Вектор керованих змінних – координати розміщення ЦРП на території підприємства – (x_0, y_0) . Показником ефективності рішення виступають річні приведені затрати в ЕПС.

Повна математична модель має такий вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} 3(x_0, y_0) = \left[(E_e + E_{аж}) \cdot (\alpha_{жс} + K_0(F_{жс})) + 3 \cdot I_{лжс}^2 \cdot r_0(F_{жс}) \cdot B_0 \right] \cdot k_{жс} \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{жс}, y_{жс})) + \\ + \sum_{i=1}^n \left[(E_e + E_a) \cdot (\alpha + K_0(F_i) \cdot k_i) + 3 \cdot I_{ли}^2 \cdot r_0(F_i) \cdot k_i \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_i, y_i)) \rightarrow \min_{(x_0, y_0) \in X} \\ \min_{i=1}^n (x_i) \leq x_0 \leq \max_{i=1}^n (x_i); \\ \min_{i=1}^n (y_i) \leq y_0 \leq \max_{i=1}^n (y_i), \end{array} \right.$$

де $3(x_0, y_0)$ – річні приведені затрати в ЕПС;

E_e – показник ефективності капіталовкладень;

E_a – показник відрахувань на амортизацію;

$\alpha_{жс}, \alpha$ – частки питомої вартості лінії живлення та розподільних КЛ, що незалежні від перерізу;

$K_0(F)$ – питома вартість КЛ перерізом F;

$I_{лжс}$ – струм КЛ;

$r_0(F)$ – питомий опір КЛ перерізом F;

B_0 – питома вартість втрат активної потужності в КЛ;

$k_{жс}$ – кількість кабелів живлячої КЛ;

k_i – кількість кабелів від ЦМ до і-ої ЦТП;

$I_{ли}$ – струм окремої КЛ від ЦМ до і-ої ЦТП;

n – кількість ЦТП;

$(x_{жс}, y_{жс})$ – координати точки підводу зовнішньої лінії живлення;

(x_i, y_i) – координати і-ої ЦТП;

(x_0, y_0) – координати ЦМ.

Слід зазначити, що при визначенні довжин КЛ будемо використовувати неевклідову метрику. Таким чином, довжина кабелю визначається за формулою:

$$L = |x_0 - x_i| + |y_0 - y_i|.$$

На рисунку 2.10 зображена таблична форма електронного процесора Excel для визначення центру мережі (вибору оптимального місця розташування ЦРП).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R		
1	Технічні характеристики мережі																			
2	Напруга зовнішньої лінії живлення, кВ											Uж=	10	L3:=Uj						
3	Метрика зовнішньої лінії (Е чи НЕ)											МетрикаЖ =	НЕ	L4:=MetrZL						
4	Метрика розподільної мережі (Е чи НЕ)											МетрикаР =	НЕ	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=	2450,63	L10:=BoCEM						
10	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Ee=	0,1	L11:=EeCEM						
11	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію											Ea=	4,00%	L12:=EaCEM						
12	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію живлячої лінії											Eаж=	5,00%	L13:=EajCEM						
13																				
14																				
15	Лінії живлен	X, м	Y, м	F, мг ²	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	Ro, Ом/км	Ko, т.грн/км	L, м	З, тис. грн								
16	ЖЛ	94	12	70	2	461,06	426,69	18,13	0,443	113,62725	15,00	0,306								
17	ТП1	95	35	50	2	505,31	37,494	14,63	0,62	83,0835	9,00	0,240								
18	ТП2	95	131	50	2	722,06	206,02	21,68	0,62	83,0835	105,00	3,039								
19																				
20												Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.		3,5847						
21												Оптимальні координати ЦЕМ, м		Xo = 94		Yo = 27				
22																				
23												Координати ЦЕМ на генплані, м		Xo = 94		Yo = 27				
24												Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.		3,66						
25																				
26	C17:C19:=X	J17:J19:=R0CEM			ICEM=(КОРЕНЬ(РCEM^2+QCEM^2))/(Uj*kCEM*КОРЕНЬ(3))															
27	D17:D19:=Y	K17:K19:=KotCEM			J18:J20:=ВІПР(FCEM,KL;2)															
28	E17:E19:=FCEM	L17:L19:=LCEM			KotCEM=ВІПР(FCEM,KL;8)															
29	F17:F19:=kCEM	M17:=Zzlsum			LmetrZL=ЕСЛИ(MetrZL="Е";КОРЕНЬ((X0-X)^2+(Y0-Y)^2);ABS(X0-X)+ABS(Y0-Y))															
30	G17:G19:=PCEM	M18:M20:=Ztp			LmetrR=ЕСЛИ(metrR="Е";КОРЕНЬ((X0-X)^2+(Y0-Y)^2);ABS(X0-X)+ABS(Y0-Y))															
31	H17:H19:=QCEM	M21:=Зсуврічн			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			Зсуврічн=Zzlsum+СУММ(Ztp)													
34				L17:=LmetrZL			J17:=ВІПР(FCEM,PL;3)													
35				L18:L19:=LmetrR			K17:=ВІПР(FCEM,PL;7)													
36							K18:K19:=ВІПР(FCEM,KL;8)													

Рисунок 2.11 – Визначення центру мережі. Лист “ЦМ”

Розрахунок оптимальних координат розміщення ЦРП проводиться за допомогою засобу "Поиск решений" діалогове вікно, якого представлено на.

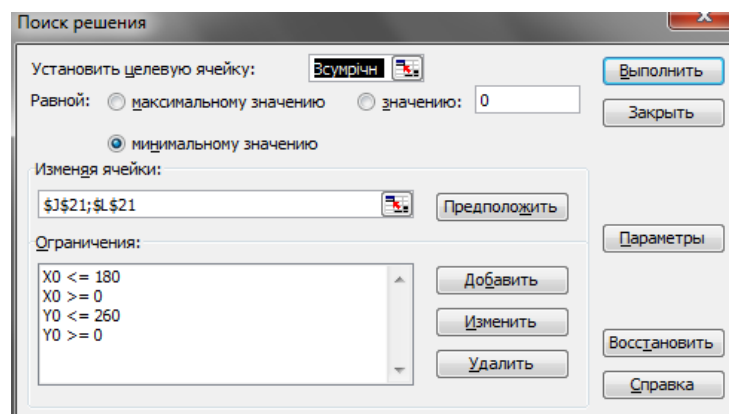


Рисунок 2.12- Діалогове вікно засобу «Поиск решений» для визначення ЦМ

За допомогою засобу EXCEL "Поиск решений" було визначено оптимальні координати центру мережі: $X_0=95$, $Y_0=220$. сумарні річні приведені затрати в мережу при цьому становлять 15,34 тис. грн.

Генплан підприємства з розміщеними на ньому ЦРП та ТП зображено на Рисунку 2.12.

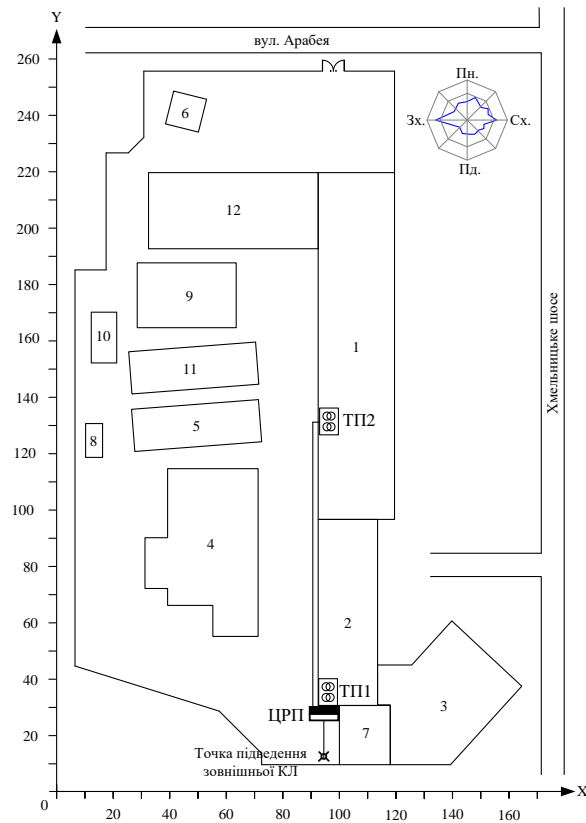


Рисунок 2.12 - Генплан підприємства із розташуванням ЦРП та ЦТП

РОЗДІЛ 3 ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ЗА УМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

3.1 Аналіз параметрів режиму підприємства без використання фотоелектричних установок

Підприємство працює одну зміну тому режим його роботи характеризується основним навантаженням з 8.00 до 18.00. Шляхом проведення вимірювань та аналізу показів лічильників було сформовано добові графіки активної потужності підприємства за найбільш характерну добу. Характерною добою будемо називати ту добу, режим якої найбільш часто повторюється протягом місяця.

На рисунку 3.1 наведено графіки навантаження для січня (а) і червня (б) місяців 2011 року.

а)





Рисунок 3.1 – Добові графіки навантажень для характерних діб січня (а) і червня (б) 2011 року

З врахуванням того, що основне навантаження підприємства споживається протягом світлового дня, то використання фотоелектричних станцій для компенсації спожитого активного навантаження і генерації надлишків в електричну мережу може бути ефективних для підприємства.

3.2 Визначення показників роботи фотоелектричних установок

Показниками роботи фотоелектричних установок на підприємстві є потужність, що виробляється установками, кут розташування відносно горизонтальної площини, відстань між панеліми в ряду і між рядами.

Потужність окремого модуля визначається за виразом [2]

$$P_{\text{мод}} = P_{\text{ном}} \cdot \cos\alpha, \quad (3.1)$$

де $P_{\text{ном}}$ – значення номінальної потужності сонячного модуля;

α – кут між напрямом сонячних променів і лінією, що перпендикулярна до площини панелі.

Якщо панелі розташувати на південь, що є найбільш доцільним, то енергія, яку вони отримають, залежить від азимутного кута сонця, що є різний для кожної години в кожному пору року:

$$P_{\text{мод}} = -P_{\text{ном}} \cdot \cos\alpha \cdot \cos\chi. \quad (3.2)$$

де χ – значення азимутального кута;

«-» – знак, що враховує від'ємне значення складової $\cos\chi$.

Азимутальний кут є кутом між північним напрямом і напрямом розташування сонця.

У випадку, якщо є декілька рядів сонячних модулів, то наступні модулі видають потужність з тієї їх частини, що незатінена

$$P_{\text{мод}i=2\dots n} = P_{\text{мод}} \cdot k. \quad (3.3)$$

де k – коефіцієнт, що враховує частку затінення модулів панелями попередніх рядів.

Сумарна вироблена енергія модулями визначається як сума виробленої енергії протягом годин світлового дня

$$W_{\text{доб}} = \sum_{i=m}^n P_{\text{мод}i}, \quad (3.4)$$

де m – початкова година доби, з якої починається вироблення електричної енергії модулями;

n – кінцева година доби, в яку закінчується вироблення електричної енергії модулями.

3.3 Аналіз роботи сонячних електрогенеруючих установок на підприємстві

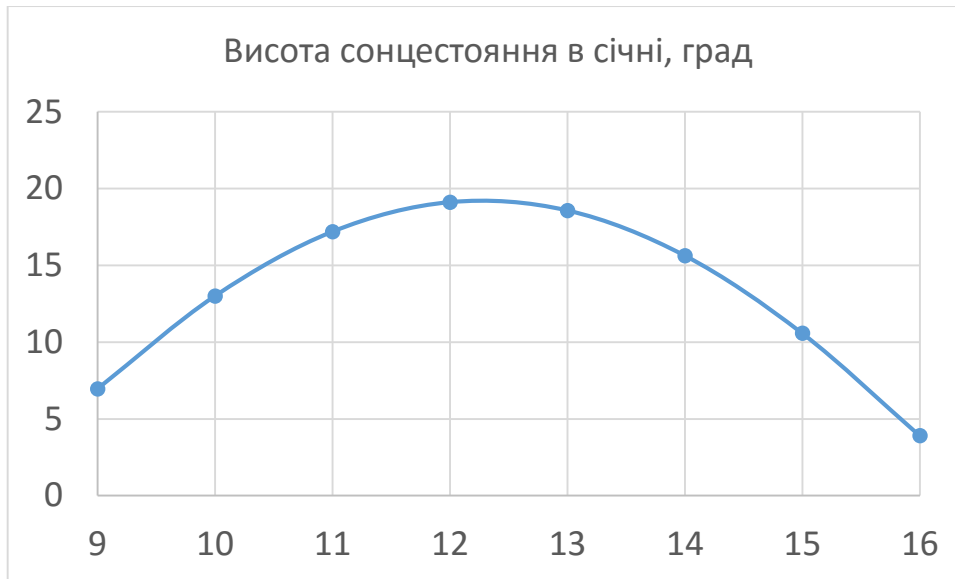
Здійснено моделювання роботи сонячної станції розташованої на даху підприємства. В таблиці 3.1 наведено вихідні дані, які використовувались під час моделювання.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані до моделювання

Номінальна потужність модуля, $P_{ном.м}$, кВт	0,365
Довжина модуля, м	1,65
Шинина модуля, м	0,992
Ширина даху, м	20
Довжина даху, м	90
Кількість модулів в ряд, максимальна, шт	90
Кількість модулів в ряд, задана, шт	84
Відстань між сонячними модулями d , м	1,82
Кількість рядів максимальна, шт	9
Кут нахилу модулів, град	25
Коефіцієнт оподаткування, в.о.	0,4
Вартість зеленого тарифу, грн/кВт*год	4,968
Тариф за спожиту електроенергію, грн/кВт*год	2,88
Коефіцієнт зниження потужності за похмурих днів	8

З використанням сонячного калькулятора, знайденого в інтернет-ресурсі, визначено висоту сонцестояння. Результати наведено на рис. 3.2.

а)



б)

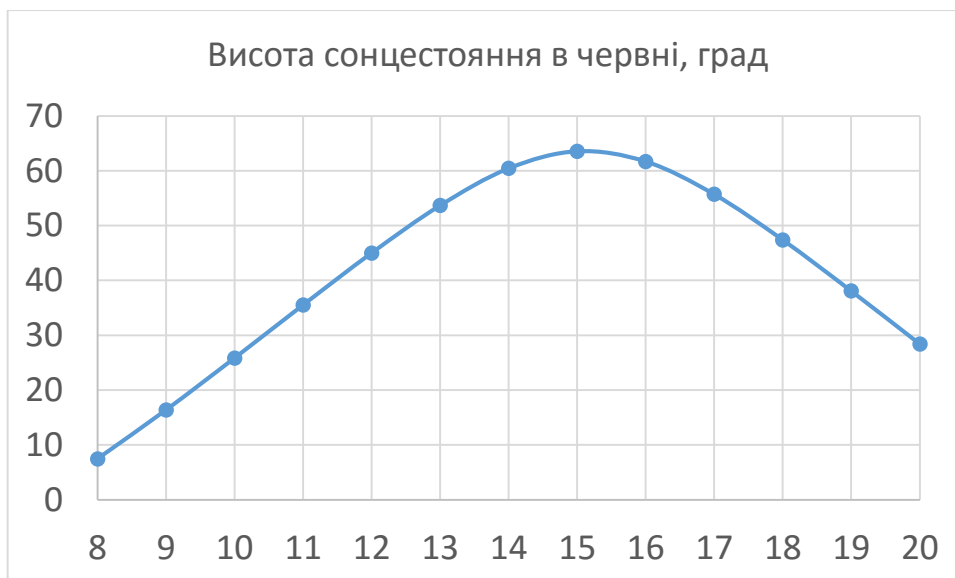


Рисунок 3.2 – Висота сонцестояння в січні (а) та червні (б) місяці для характерної доби

За формулою 3.4 було розраховано потужності, що генеруються фотоелектричною станцією. Результати моделювання наведено на рис. 3.3. З графіків видно, що на початку світлового дня та в його кінці потужність споживання переважає потужність генерації. І навпаки, чим більше світлова інтенсивність, чим більше сонячна активність протягом дня – тим більше

генерації електроенергії здійснюється. При цьому з рисунків видно, що в більшій частині графіка добового навантаження під час робочої зміни, генерація в квітні та липні місяцях переважає споживання. Таким чином підприємство має змогу продавати електроенергію, отримуючи прибуток. В зимові та осінні місяці генерація і споживання знаходяться приблизно на одному рівні що є також позитивним, оскільки здійснюється своєрідна компенсація активної енергії, що спожита з електричної мережі.

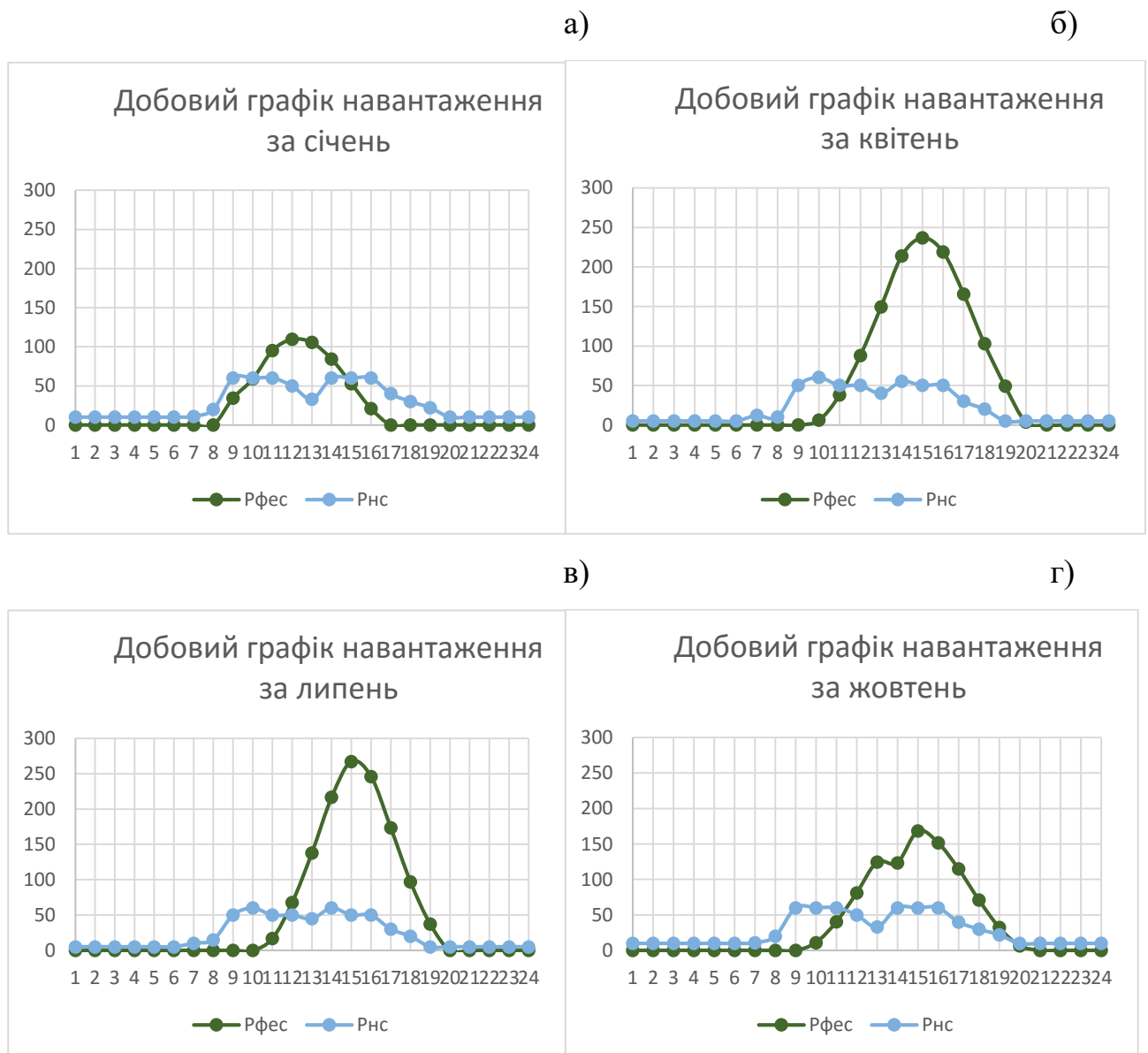


Рисунок 3.3 – Графіки споживання потужності підприємством та генерації фотоелектричною станцією : а) за характерну добу січня; б) за характерну добу квітня; в) за характерну добу липня; г) за характерну добу жовтня

3.4 Економічна ефективність роботи фотоелектричної станції на підприємстві

Техніко-економічні розрахунки показали, що на даному підприємстві переважна кількість часу відбувається генерація електричної енергії в електричну мережу, що перевищує споживання енергії підприємством на технологічні потреби. Це пояснюється значною площею даху для встановлення фотоелектричних панелей. Однак, враховуючи розташування підприємства і кут встановлення панелей, термін окупності панелей значний і складає 25 років. Таким чином, реалізація запропонованого проекту можлива за умови зацікавленості інвесторів в даний проект.

На даху може розміститися 756 сонячних модулів, що і прийнято до розрахунку. Кут нахилу модулів 25 градусів, що визначено організацією проектувальником. Вартість СЕС з врахуванням монтажу, проектуванн, налагоджування і запуску складає 7,5 млн грн. Річний прибуток з врахуванням діючих податків складає 300000 грн.

В таблиці 3.2 наведено показники місячної вартості електроенергії для підприємства без використання ФЕС і з використанням ФЕС.

Таблиця 3.2 – Вартість електроенергії для підприємства з і без використання фотоелектричної станції

	Січень	Лютий	березень	квітень	травень	червень	липень
Вартість електроенергії за місяць без ФЕС, грн	44510	36307	41746	36247	37593	38918,8 8	42659,10
Вартість електроенергії за місяць з ФЕС, грн	-1635	- 28313	-56915	-94724	- 10034 7	- 97161,5 6	- 107472,1 0

Продовження таблиці 3.2 – Вартість електроенергії для підприємства з і без використання фотоелектричної станції

	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень		
Вартість електроенергії за місяць без ФЕС, грн	40659	40052	48735	41844	42055		
Вартість електроенергії за місяць з ФЕС, грн	-10927 2	-90308	-44765	-13920	3366		

За результатами моделювання побудовано залежність фінансових витрат підприємства з використанням ФЕС на своєму даху та без використання останньої (рис. 3.4)

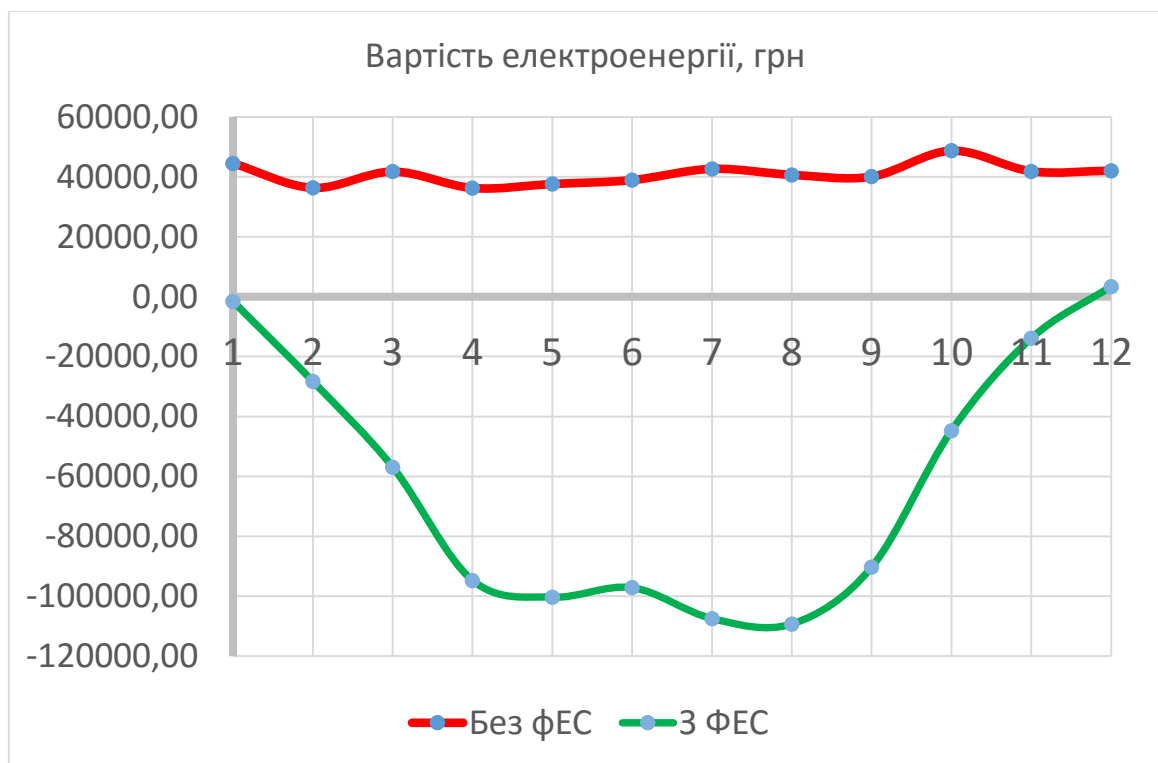


Рисунок 3.4 – Вартість електроенергії для підприємства

На графіку по осі ординат вказуються фінансові витрати підприємства на оплату за електроенергію. Причому додатні числа показують обсяги оплати підприємства енергоспостачальній компанії, а від'ємні – обсяги оплати підприємству по зеленому тарифу за надлишки електроенергії, що генеровано фотоелектричними панелями в електромережу. На осі абсцип вказано місяці, протягом яких здійснюються фінансові розрахунки за електроенергію. Графік показує суттєву перевагу генерації над споживанням. Це характерно майже для усіх місяців року.

Висновки. В результаті застосування фотоелектричних панелей на промисловому підприємстві встановлено, що практично цілий рік відбувається генерація активної потужності в енергосистему і всітлу пору доби, коли підприємство працює. Це зумовлене невеликою потужністю виробництва підприємства і оптимальним розрахунком техніко-економічних показників роботи енергосистеми підприємства разоз з фотоелектричною даховою станцією.

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Визначення капітальних вкладень

Капіталовкладення являють собою сукупність усіх витрат на створення нових або модернізацію діючих основних фондів. Знання одноразових капітальних витрат, що включають вартість устаткування і будівельно-монтажних робіт, необхідно при проектуванні будь-якого об'єкта.

Зумовлені на їхній основі капітальні вкладення в кабельні лінії повинні враховувати вартість спорудження траншей, тунелів, естакад і т.д.. Капіталовкладення в повітряні ЛЕП і електроустаткування варто визначати по повній вартості спорудження з урахуванням монтажу і будівельної частини [17].

При відсутності даних на нове обладнання і матеріали можна користуватися преїскурантами і цінниками на електромонтажні роботи, а також збільшеними будівельними нормами на конструкції, частини будинків і види робіт.

Таблиця 4.1 – Параметри трансформаторних підстанцій

№	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів
ТП 1	ТМ – 1000	2
ТП 2	ТМ – 1000	2

Таблиця 4.2 – Характеристики кабельних ліній

Найменування ліній	Довжина (км)	Марка кабелю	К-сть
ЦРП - ТП1	0,074	ААБ 3x50	2
ЦРП - ТП2	0,800	ААБ 3x50	2

Таблиця 4.3 – Навантаження підприємства

№п/п	Найменування	Потужність кВт	К-сть змін
1	Токарний цех	422.5	1
2	Виробничо - побутовий корпус	100	1
3	Адміністративний корпус	100	1
4	Виробничий корпус	100	1
5	Склад ОКСА	100	1
6	ПТО автомобілів	10	1
7	Їдальня	10	1
8	КПП	20	1
9	Ангар	15	1
10	Склад імпортих частин	20	1
11	Склад ОМТС	18	1
12	Склад запасних частин	85	1

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання[1].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

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

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

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

L - довжина лінії електропередачі, км.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ЦРП до ТП1 (ААБ 3х50):

$$K_{л1} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) \cdot L = (83,084 \cdot 2 + 2,44) \cdot 0,009 = 1,51 \text{ (тис.грн);}$$

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

Таблиця 4.4 - Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	К _{пит} , тис.грн	К _{прок} , тис.грн	К _л , тис.грн
ЦРП-ТП1	ААБ 3 х 50	2	0,009	83,084	2,44	1,51
ЦРП-ТП2	ААБ 3 х 50	2	0,105	83,084	2,44	17,7
РАЗОМ						19,21

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

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

де $K_{псі}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн[1];

l – кількість підстанцій;

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

Визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, наприклад, для ТП–1:

$$K_{псі} = 423,52 + 84,7 = 508,22 \text{ (тис.грн);}$$

Таблиця 4.5 – Розрахунок капіталовкладень для КТП

№	Тип трансформатора	Кількість тр-рів	К _{од} , тис.грн	К _{пост} , тис.грн	К _{пс} , тис.грн
КТП-1	ТМ-1000	2	423,52	84,7	508,22
КТП-2	ТМ-1000	2	423,52	84,7	508,22
Разом					1016,44

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис. Г.1. (Додаток Г), кількість вимикачів 10 кВ – 7 шт. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною 50 тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 7 \cdot 50 = 350,00 \text{ (тис. грн.)}$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{пс} = 1016,44 + 350,00 = 1366,44 \text{ (тис. грн.)}$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 19,21 + 1366,44 = 1385,65 \text{ (тис. грн.)}$$

4.2 Розрахунок поточних витрат

4.2.1 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.

Трудомісткість оглядів, які проводять як самостійні операції, складає 25% від трудомісткості поточного ремонту, а для шинопроводів, ошинування РУ, мереж заземлення та заземлювальних пристроїв 10% від трудомісткості капітального ремонту [17].

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

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

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

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

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год.

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

Для схеми, представленої на рис.1.1 трудомісткість ремонту вимикачів 10кВ:

$$T = 1 \cdot 4 \cdot 2 = 8 \text{ (люд.-год./рік)}.$$

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

$$T_{т.о} = 12 \cdot t_{пр} \cdot K_{с.р} \cdot K_{зм} \cdot h,$$

де 12 – кількість місяців у році;

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

$K_{с.р}$ – 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.

Для відокремлювачів:

$$T_{т.о} = 12 \cdot 4 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 2 = 9,6 \text{ (люд-год/рік)}.$$

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

Таблиця 4.6 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	Кількість	Поточний ремонт			Огляд			Техн. обслуговування			Загальн а трудоєм обслуговування
		Число на од.облад. /рік	Норма трудоєм. чол.год	Загальна трудоєм. чол.года.	Число на один. обл рем /рік	Норма трудоємн. люд.год	Загальна трудоєм. люд.год.	Змінність роботи	Коефіцієнт складності	Заг. Трудомісткість люд*Г.	
Відокремлювач	2	1	4	8	12	0,5	12	1	0,1	9,6	21,6
Короткозамикач	1	1	4	4	12	0,5	6	1	0,1	4,8	10,8
Вимикач 10 кВ	7	1	8	56	12	1	84	1	0,1	67,2	151,2
Тр-ор струму	1	1	4	4	12	0,5	6	1	0,1	4,8	10,8
ТП 1000/10	4	0,33	300	396	12	20	960	1	0,1	1440	2400
Кабельні лінії 50мм, км	0,228	1	41,41	9,44	1	12,7	2,89	1	0,1	11,3	14,2
Разом				477,4			1070,8			1537,7	2608,6

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників.:

$$H_{обс} = \frac{2608,6}{1900 \cdot 1,1} = 1,24 (\text{чол})$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{тр} = \frac{477,4}{1900 \cdot 1,05} = 0,23 (\text{чол})$$

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

4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Для розрахунку оплати праці експлуатаційних робітників рекомендується використовувати погодинно-преміальну систему, а для ремонтного персоналу – відрядно-преміальну. Преміювання експлуатаційних робітників здійснюється за

безаварійну і надійну роботу енергообладнання та мереж, економію енергоресурсів, компенсацію реактивної потужності. Ремонтний персонал преміюється за високоякісне і своєчасне виконання ремонтних робіт.

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

Фонд прямої заробітної плати:

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

$$\Phi_e = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d, \quad (4.4)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K5) / 2) \cdot C_1, \quad (4.5)$$

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

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

$$C_1 = \frac{Z_{\text{min}} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.6)$$

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).

$$C_1 = 4173 \cdot 1 / 176 = 23,71 \text{ грн./год.}$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,21 + 1,5) / 2) \cdot 23,71 = 32,12 \text{ (грн./год.)};$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 32,12 \cdot 1900 = 109850,4 \text{ (грн./рік)};$$

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

$$\Phi_p = T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{гр}},$$

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

де K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно.

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{гр}} = ((1,33+1,5)/2) \cdot 23,71 = 33,54 \text{ (грн./год.)};$$

$$\Phi_p = 477,4 \cdot 19,545 = 9330,78 \text{ грн./рік.}$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1+0.05+0.01+\alpha),$$

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:

$$\Phi_{oe} = 109850,4 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 138411,5 \text{ (грн./рік)}$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 9330,78 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 12223,32 \text{ (грн./рік)}$$

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

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15;$$

$$\Phi_{оед} = 138411,5 \cdot 1,15 = 159173,22 \text{ (грн./рік)};$$

$$\Phi_{орд} = 12223,32 \cdot 1,15 = 14056,82 \text{ (грн./рік)}.$$

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:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100}\right), \quad (4.7)$$

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

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

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

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 159173,22 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 21488384 \text{ (грн./рік);}$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зрп} = 1405682 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 1897670 \text{ (грн./рік).}$$

4.2.3 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). Якщо на окремі види матеріалів норми відсутні, підприємство розробляє їх самостійно і затверджує.

Необхідні дані для розрахунку беремо з табл. 2.19 та 2.20 [1], результати розрахунків заносимо до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. на 100 люд.- год. трудомісткості ремонту і тех. обслуговування	Вартість матеріалу, грн.
Силові трансформатори		1000	1000
Сталь сортова, кг	12,485	6	74,91
Провід уста-новлюваний, м	5,18	0,5	2,59
Мідь-алюміній (гола), кг	116,25	62	7207,5
Картон електроізоляційний, кг	56,05	1,4	78,47
Лакоткани-на (ширина 700мм), м	155,45	0,2	31,09
Кабельний папір,кг	45,835	0,6	27,501
Стрічка кіперна,кг	560,5	40	22420
Стрічка нафтяна,кг	416,4	18	7495,2
Стрічка азбестова,м	12235	0,05	611,7
Лаки ізоляційні,кг	67,05	1,5	100,5
Емалі ґрунтові,кг	73,55	2,5	183,8
Масло трансформаторне,кг	22,725	0,58	13,18
Бензин,кг	11,53	0,7	8,071
Розчинники,кг	32,495	0,8	25,99
Маслостійка гума, кг	83,35	0,4	33,34
Гума профільна, кг	83,35	0,13	10,83
Припій олов'яно-свинцевий, кг	793,8	0,02	15,876
Припій мідно-фосфорний, кг	147,7	0,03	4,431
Електроди, кг	27,4	0,15	4,11
Засоби кріплення, кг	34,9	2	69,8
Дріт кручений,	4,55	0,3	1,365
Матеріали обтиску, кг	45,45	0,4	18,18
Разом			39438,6
Кабельні лінії			
Сталь сортова, кг	12,485	2	24,97
Електроди, кг	27,42	0,1	2,742
Разом			27,712

Отже, вартість матеріалів, потрібних на ремонт:

$$C_m = 0,01 \times \left(\sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{л0} \right), \quad (4.8)$$

де C_{0i} – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування i -го виду трансформаторів,

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

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

Отже, вартість матеріалів, потрібних на ремонт:

$$C_{mпр} = 0,01 \cdot [394386 \cdot 396 + 9,44 \cdot 27,712] = 156179,4 \text{ грн/рік};$$

і вартість матеріалів, потрібних на технічне обслуговування:

$$C_{mто} = 0,01 \cdot [394386 \cdot 2400 + 14,2 \cdot 27,712] = 946530,3 \text{ грн/рік};$$

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж:

$$C_{обс} = C_{зпе} + C_{mто},$$

$$C_{обс} = 214883,84 + 946530,3 = 1161414,14 \text{ (грн/рік)};$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{пр} = C_{зпр} + C_{mпр},$$

$$C_{пр} = 18976,70 + 156179,4 = 175156,1 \text{ (грн/рік)}.$$

4.2.4 Визначення амортизаційних та інших відрахувань

Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат знаходимо за формулою:

$$C_a = a \cdot K,$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 1385,65 = 83,14 \text{ (тис.грн/рік).}$$

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

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

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

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (1161414,14 + 175156,1 + 83140) = 354927,56 \text{ (грн/рік).}$$

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

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації обладнання	1161414,14	65,4
Витрати на поточний ремонт	175156,1	9,87
Витрати на амортизацію	83140	4,68
Інші витрати	354927,56	20
Разом	1774637,8	100

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

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

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_{\Pi} \cdot P_{\text{ном}} \cdot T_{mi},$$

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

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

K_{Π} – 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.

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для токарного цеху

$$E_{a1} = 453,5 \cdot 2400 = 1088400 \text{ (кВт год./ рік) .}$$

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.8.

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Таблиця 4.8 - Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	Кількість змін	T_m , год.	P_p , кВА	$\cos\phi$	E_a , кВт*год./рік
Токарний цех	1	2400	453,55	0,75	1088520
Виробничо - побутовий корпус №2	1	2400	119,20	0,8	286080
Адміністративний корпус	1	2400	270,60	0,8	649440
Виробничий корпус	1	2400	53,48	0,8	128348
Склад ОКСА	1	2400	93,49	0,7	224376
ПТО автомобілів	1	2400	3,69	0,75	8858,88
Їдальня	1	2400	7,35	0,85	17650,9
КПП	1	2400	7,83	0,75	18790,7
Ангар	1	2400	13,77	0,7	33056,6

Склад іпортних частин	1	2400	7,87	0,7	18879
Склад ОМТС	1	2400	15,50	0,7	37195,2
Склад запасних частин	1	2400	37,60	0,75	90240
РАЗОМ	1550,45				3677889

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

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3},$$

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

τ – час максимальних втрат, год./рік.

R – активний опір проводу або кабелю однієї фази;

$$R = r_0 \cdot L$$

Активний опір однієї фази кабелю від ГПП до ТП1.:

$$R = 0,549 \cdot 0,009 = 0,005 \text{ (Ом)}.$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ГПП-ТП1:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot 2 \cdot 14,6^2 \cdot 0,005 \cdot 1160,66 \cdot 10^{-3} = 7,45 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Аналогічно виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Втрати електроенергії в лініях

Найменування лінії	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	$I_{\text{м}}$, А	R , Ом	τ , год./рік	$\Delta E_{\text{л}}$, кВт*год.
ЦРП-ТП-1	ААБ 3 х 50	2	0,009	14,6	0,005	1160,66	7,45
ЦРП-ТП-2	ААБ 3 х 50	2	0,105	21,6	0,057	1160,66	185
РАЗОМ							192,6

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

$$\Delta E_{\text{Т}} = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{р}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left(\frac{S_{\text{ф}}}{S_{\text{Н}}} \right)^2 \cdot \tau,$$

де n - кількість трансформаторів;

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

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

$S_{\text{ф}}$ - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

$S_{\text{н}}$ - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах КТП-1:

$$\Delta E_T = 2 \cdot 1,55 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 10,8 \cdot \left(\frac{1211,22}{1000}\right)^2 \cdot 1160,66 = 36350,85 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)} .$$

Для інших КТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати зводимо у таблицю 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії

№	Тип трансформатора	К-сть тр-рів	$\Delta P_{\text{х}}$, кВт	$\Delta P_{\text{к}}$, кВт	S_p , кВА	$S_{\text{н}}$, кВА	ΔE_T , кВт*год./рік
КТП-1	ТМ – 1000	2	1,55	10,8	$\frac{1211,2}{2}$	1000	36350,85
КТП-2	ТМ – 1000	2	1,55	10,8	$\frac{1078,9}{7}$	1000	34452,55
РАЗОМ							70803,40

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

$$E = E_a + \Delta E_{\text{л}} + \Delta E_T;$$

$$E = 3677889 + 192,6 + 70803,40 = 3748885 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

– у разі застосування одноставкового тарифу:

$$П_1 = 2,70 \cdot 3748885 = 10121989,5 \text{ (грн.)}.$$

4.4 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії:

$$S = \frac{C_{\text{сум}}}{E_a}, \quad (4.6)$$

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

E_a – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год/рік.

Розрахунок сумарних витрат. 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:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}}, \quad (4.7)$$

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:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.8)$$

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

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

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

$C_{\text{ір}}$ – інші витрати, грн/рік.

$$C_{\Pi} = 1161414,14 + 175156,1 + 83140 + 354927,56 = 1774637,8 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 10121989,5 + 1774637,8 = 11896627,3 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії

$$S = \frac{11896627,3}{3677889} = 3,23 \text{ (грн/кВтгод)}$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 4.11.

Таблиця 4.11 - Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисної споживаної підприємством ел.енергії	Е _а	3677889	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії з урахуванням втрат	Е	3748885	кВт·год.
Плата ен.системі за ел.енергію:	П ₁	10121989,5	грн.
Річні витрати на передавання і розподіл ел.енергії	С _Π	1774637,8	грн.
Сумарні витрати підприємства	С _{сум}	11896627,3	грн.
Собівартість електроенергії	S	3,23	грн/кВт·год.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Вінницьке ТОВ «Сармат» має у своєму складі велику кількість обладнання з різними виробничими потужностями, умовами експлуатації, та характером середовища, в якому встановлене дане обладнання. Підприємство відноситься до II категорії електропостачання, живлення здійснюється від двох підстанцій 10/0,4 кВ.

На електромонтерів з обслуговування технологічного обладнання впливають за ГОСТ 12.0.003-74 такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні:

- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та знижена рухомість повітря;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена та знижена вологість повітря у робочій зоні;
- недостатність природного освітлення;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини;

б) підвищений рівень вібрації,

- хімічні: загально токсичні (оксид вуглецю)

в) психофізіологічні:

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

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації робочих місць

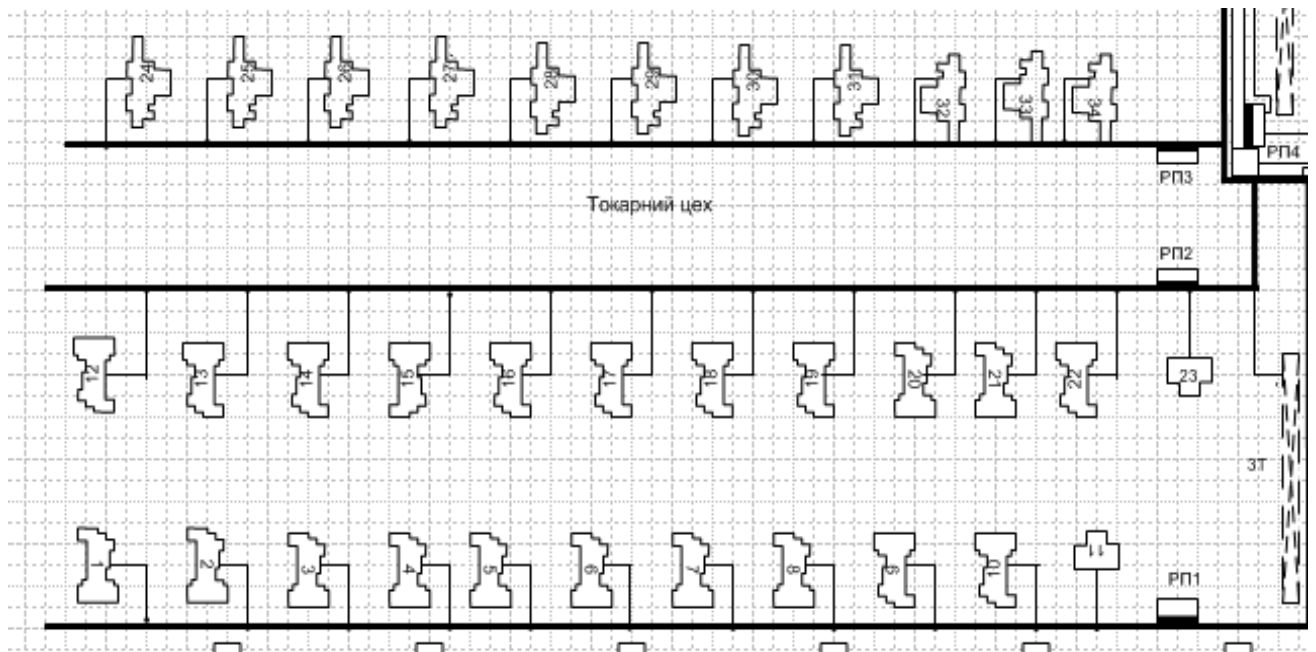


Рис 5.1.1 Схема розташування обладнання в токарному цеху

Враховуючи технологічний процес виробництва та розташування груп електроприймачів, живлення електроприймачів буде відбуватися наступним чином:

Живлення електроприймачів 1-11 здійснюється від РП-1.

Живлення електроприймачів 12 - 23 здійснюється від РП-2.

Живлення електроприймачів 22-32, здійснюється від РП-3,

Живлення розподільчих пунктів РП-1 – РП-3 здійснюється від розподільчого пристрою низької напруги трансформаторної підстанції.

Зазначимо, що план розміщення устаткування може істотно позначитися на безпеці, ефективності і мотивації працівників, тоді як поганий план як мінімум приводить до необґрунтованих витрат виробничих площ, часу, а іноді здатний заподіяти і серйозних збитків.

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

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

5.1.2 Електробезпека

Живлення здійснюється від п/ст 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.

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

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

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

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізольованими струмоведучими частинами

регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями - 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.

Обов'язкова установка захисного заземлення та захисного відключення. При роботі з електроустаткуванням використовують 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.

На ключах керування і приводах роз'єднувачів віддільників і вимикачів 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 ошикування, 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

5.2.1 Мікроклімат

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

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

Робота з обслуговування верстатного обладнання відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 12.1.

Таблиця 5.1- Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху, X
Холодний	Пб	13-23	75	не більше 0,4
Теплий		15-29	70 при 25 °С	0,2-0,5

5.2.2 Склад повітря робочої зони

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

При роботі технологічного обладнання виділяється пил нетоксичний. 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 відповідно до [18] наведено в таблиці 5.2.

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

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Оксид вуглецю	5.0	3.0	4

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

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

5.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення

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

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

Нормоване значення КПО для даного виробничого приміщення розраховуємо за формулою:

$$e_N = e_n \cdot m_N,$$

m_N - коефіцієнт світлового клімату, $m_N = 0,9$.

Суміщене освітлення ($e_n = 0,9 \%$). Отже, $e_N = 0,9 \cdot 0,9 = 0,8\%$.

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

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 5.2

Таблиця 5.2 - 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	IV	в	Середній, малий	Середній, темний	400	200

Для освітлення миючого відділу вибираємо світильники прямого світла ЛПО-02 з двома люмінесцентними лампами. Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

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

5.2.4 Виробничий шум

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

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

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

Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. 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.

Відповідно до [11] рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

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

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.

Шум в цеху-постійний.

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

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

5.2.6 Психо-фізіологічні 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.

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 і т. д..

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП ТОВ Сармат в умовах дії загрозливих чинників НС.

Існує велика кількість чинників надзвичайних ситуацій техногенного, природнього, соціально-політичного та воєнного характеру, які загрожують роботі систем електропостачання. До них можна віднести землетруси, повені, пожежі, ударну хвилю, іонізуюче та електромагнітне випромінювання, а також дії зловмисників, спрямовані на терористичні акти та дії з метою незаконного заволодіння інформацією, перешкоджання роботі підприємства тощо.

Саме тому, доцільно дослідити стійкість роботи СЕП в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій. На основі проведених досліджень будуть розроблені заходи, які підвищать стійкість роботи СЕП, що дозволить зменшити матеріальні та фінансові витрати і збитки у разі виникнення надзвичайної ситуації. В даному підрозділі буде оцінено стійкість СЕП в умовах дії іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу.

Іонізуюча радіація - потоки електромагнітних хвиль або частинок речовин, що здатні при взаємодії утворювати в ній іони. До іонізуючого випромінювання відносять альфа-, бета-, гамма-промені та рентгенівське випромінювання.

Рух у повітрі електронів та іонів, які виникають під дією іонізуючих випромінювань, призводить до утворення електромагнітного імпульсу (ЕМІ). Електромагнітний імпульс, як уражаючий фактор, здатний розповсюджуватися на десятки й сотні кілометрів по лініях електропередачі, зв'язку, трубопроводах.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ТОВ «САРМАТ» 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 метали найбільш чутливі до радіації, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

Виконаємо оцінку стійкості роботи системи електропостачання ТОВ «САРМАТ»:

1. Проаналізуємо систему і визначимо всі елементи, від яких залежить її робота: транзистори, мікросхеми, конденсатори, діоди, фотодіоди, резистори тощо.

2. Для кожного елемента визначаємо максимально допустимі потужності дози гамма-випромінювання (p_i) або експозиційні дози (D_i). Отримані дані заносимо в таблицю 5.3.1.

3. Визначимо межу стійкості елементів СЕП та запишемо результат в таблицю 5.5.

4. Граничне значення потужності гамма-випромінювання ($p_{гр}$) або експозиційної дози ($D_{гр}$) порівнюється з p_{1max} (D_{max}), що очікується на об'єкті, і робиться висновок про стійкість роботи апаратної частини СЕП:

$$\left. \begin{array}{l} p_{гр} \geq p_{1max} \\ D_{гр} \geq D_{max} \end{array} \right\} - \text{РЕА стійка до радіації.}$$

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

$$D_m = \frac{2 \cdot p_1 \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{посл}}, [P]. \quad (5.2)$$

D_m для пульта керування:

$$D_m = \frac{2 \cdot 4,62 \cdot (\sqrt{34560} - \sqrt{1})}{3} \approx 569 (P).$$

Таблиця 5.3.1 – Максимально допустимі експозиційні дози для елементів СЕП

№ п/п	Системи	Блок	Елементи РЕА	Д _{гр, Р}	Д _{гр, Р}
1	Пульт керування	Процесорний блок	Транзистор СП1-10	10 ⁴	10 ³
			Мікросхема К1553ЛА	10 ⁴	
		Блок живлення	Транзистор КТ 531	10 ³	
			Конденсатор К – 41	10 ⁷	
			Діод VD 648	10 ⁴	
2	Система збору і обробки даних	УМК	Транзистор КТ 847	10 ⁴	
			Мікросхема DA 3247	10 ³	
		Блок пам'яті	Мікросхема К1553ЛА	10 ⁴	
			Мікросхема DA 3247	10 ³	
			Транзистор СП-10	10 ⁴	
3	Система аварійного вимикання	Блок реле	Резистор СП-45	10 ⁴	
		Блок захисту	Діод VD 648	10 ⁴	
			Транзистор ГТ 500	10 ⁴	
			Фотоелемент DP3M	10 ⁶	

Допустимий час роботи апаратної частини СЕП в заданих умовах можна визначити за допомогою формули 5.3.2:

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

Допустимий час роботи СЕП буде становити:

$$t_{\partial} = \left(\frac{10^3 \cdot 3 + 2 \cdot 4,62 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 4,62} \right)^2 \approx 60350(\text{год}).$$

Результати розрахунку експозиційної дози опромінення та допустимого часу роботи для системи електропостачання ТОВ «САРМАТ» представлені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.3.2 – Дані розрахунку Д_м, t_{доп.} для СЕП ТОВ «Сармат»

№	Блоки системи електропостачання	Д _м (Р)	t _{доп.} (год.)
1	Пульт керування	569	60350
2	Система збору і обробки даних	600	60350
3	Система аварійного вимикання	2200	2200

Можлива експозиційна доза опромінення пульта керування становить 569 (P), системи обробки даних – 600 (P), а системи збору даних і зв'язку – 2200(P), що свідчить про те, що робота СЕП не стійка, тому що гранична експозиційна доза опромінення становить 1000 (P), тому потрібно застосовувати протирадіаційне екранування елементів системи збору даних і зв'язку. Даний розрахунок наведено в пункті 5.3.3.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ТОВ «САРМАТ» в умовах дії електромагнітного імпульсу

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

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

де U_d - 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:

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

де $U_{ж}$ - напруга живлення, В;

N - допустимі коливання, %.

Отже, допустиме коливання напруги живлення при $U_{ж}=12\text{В}$ становить:

$$U_d = 12 + \frac{12}{100} \cdot 5 = 12.6 \text{ (В)}.$$

Визначимо горизонтальну складову напруженості електричного поля за формулою:

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

Отже, горизонтальна складову 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:

$$l_{zi} = 2,1 \text{ м}, l_{ei} = 1,6 \text{ м}$$

4. За допомогою формул 5.6 та 5.7:

$$U_{ei} = E_z \cdot l_{ei}, [B] \quad (5.6)$$

$$U_{zi} = E_e \cdot l_{zi}, [B] \quad (5.7)$$

Визначимо напруги наводок у струмопровідних частинах.

Процесорний блок:

$$U_{zi} = 11,12 \cdot 2,1 = 18,27 \text{ (В)},$$

$$U_{ei} = 11,12 \cdot 1,6 = 13,92 \text{ (кВ)}.$$

Визначимо коефіцієнти безпеки за формулами 5.8 та 5.9:

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

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

Отже, коефіцієнти безпеки будуть дорівнювати:

$$K_{B_{ei}} = 20 \cdot \lg \frac{12,6}{13,92} \approx 0,9 \text{ (дБ)};$$

$$K_{B_{zi}} = 20 \cdot \lg \frac{12,6}{18,27} \approx 0,7 \text{ (дБ)}.$$

Результати обчислень для інших блоків занесемо до таблиці 5.3.2.

Таблиця 5.3.2 – Розрахунок коефіцієнтів безпеки по блоках СЕП

	Блок	l_{zi}	l_{ei}	$K_{B_{ei}}$, дБ	$K_{B_{zi}}$, дБ	Стійкість
1	Процесорний блок	0,3	0,8	2,363	-49,119	нестійкий
2	Блок живлення	0,2	1,1	-0,404	-45,597	нестійкий
3	УМК	0,12	0,36	9,298	-41,16	нестійкий
4	Блок пам'яті	1,9	1,4	-2,499	-65,151	нестійкий
5	Блок реле	1,2	0,95	0,869	-61,16	нестійкий
6	Блок захисту	0,41	1,3	-1,855	-51,835	нестійкий

Оскільки $K_{B_{ei}} < 40$ дБ та $K_{B_{zi}} < 40$ дБ, то СЕП нестійка в роботі в умовах дії електромагнітного імпульсу.

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання ТОВ «САРМАТ» в умовах надзвичайних ситуаціях

Основними заходами щодо підвищення радіаційної стійкості є: застосування для електроніки різних апаратних масивних 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 5.3.3.

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

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 процесорного блоку

$$A_{екр1} = K_{\min} - K_{б.розр} = 40 - 2,363 = 37,637 \text{ (дБ)},$$

2. Знайдемо товщину стінки екрану для процесорного блоку:

$$t_1 = \frac{A_{екр1}}{k \cdot \sqrt{f}} = \frac{37,637}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} \approx 0,059 \text{ (см)}.$$

Таблиця 5.3.3 – Дані розрахунку захисного екрану по різних блокам

№	Блок	$A_{\text{екр.}}$ (дБ)	t_1 , (см)
1	Процесорний блок	37,637	0,059
2	Блок живлення	40,404	0,063
3	УМК	30,702	0,048
4	Блок пам'яті	42,499	0,067
5	Блок реле	39,133	0,061
6	Блок захисту	41,855	0,066

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

Отже ми дослідили стійкість роботи системи електропостачання шляхом оцінки його безпеки в умовах дії іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу та розробили заходи по підвищенню безпеки її роботи у надзвичайних ситуаціях.

5.4 Дослідження стійкості роботи пожежної безпеки СЕП ТОВ «САРМАТ»

Приміщення інструментального цеху відноситься до категорії Д по пожежній небезпеці цехів – виробництва в яких знаходяться негорючі речовини і матеріали в холодному стані які розташовані у будівлі зі ступеню вогнестійкості IV – будівлі з несучими конструкціями з цільної або клеєної деревини та інших горючих або важко горючих матеріалів, які захищені від дії полум'я та високих температур [15].

Таблиця 5.5- Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см) для різних ступенів вогнестійкості будівель (СНиП 2.01.02-85)

Ступінь вогнестійкості Будівлі	Стіни				Колони	Сходові площадки, балки, косоури, марші сходових кліток	Плити, настили, (з утеплювачем), інші несучі конструкції перекриття	Елементи перекриття	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі (перегородки)				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рамы
IV	0,5 40	0,2 5 40	<u>0,25</u> <u>40</u>	<u>0,25</u> <u>40</u>	0,5 40	0,5 025	<u>0,255</u> 25	<u>0,25</u> н.н.	<u>н.н.</u> н.н.

1) У чисельнику вказуються межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику - межі розповсюдження полум'я на них.

2) Скорочення н.н. показує, що показник не нормується.

В таблиці 5.6 приведені протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх огнестійкості

Таблиця 5.6 - Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості

Номер п/п	Протипожежна перешкода	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальні межі вогнестійкості протипожежних перешкод або їх елементів, год
1	Протипожежні стіни	2/1	0,75
2	Протипожежні перегородки	2/2	0,25
3	Протипожежні перекриття	3/2	0,75
4	Протипожежні вікна і двері	3/3	0,25

В таблиці 5.7 приведена допустима кількість поверхів і площа поверху і межах пожежного відсіку будівлі відповідно до ступеня вогнестійкості.

Таблиця 5.7 - Допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі.

Категорія будівлі (пожежних відсіків)	Допустима кількість поверхів	Ступінь вог- нестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² , будівель		
			Одноповер- хових	багатоповерхових	
				2 поверхи	3 поверхи і більше
Д	1	IV	не обмежується		
			1800	-	-

Мінімальні відстані між будівлями і спорудами відповідно до IV ступеня вогнестійкості становлять 12 м.

У випадку виникнення пожежі робітники повинні: прийняти всі заходи по ліквідації вогню; місце, яке загорілось слід гасити вогнегасником; при загоранні електропроводів слід відключити лінію, а ізоляцію електропроводів необхідно гасити тільки вуглекислотним вогнегасником або піском; зупинити обладнання.

В цеху засобами пожежогасіння є пожежні крани з рукавами та шлангами, щити.

В цеху можуть виникати пожежі в наслідок горіння електричних установок. Тому потрібно забезпечити об'єкт пожежним інвентарем за нормами небезпечного виробництва.

Площа цеху становить 1800 м², необхідно встановити біля входу 1 пожежний щит (стенд). До комплексу засобів пожежогасіння, які розміщені на ньому, включені: вогнегасники ВВК-3,5 – 3 шт., ящик з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2м x 2м – 1 шт., гаки – 3 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

Ящик для піску повинен мати місткість 3,0 м³ та бути укомплектований совковою лопатою. У приміщеннях щит повинен бути в легкодоступному місці, ближче до виходу. Конструкція ящика повинна забезпечувати зручність дістання піску та виключати попадання опадів.

ВИСНОВКИ

Результатом виконання магістерської кваліфікаційної роботи щодо оптимізації режимів електроспоживання за умови застосування фотоелектричних панелей Товариства з обмеженою відповідальністю «Сармат», місто Вінниця» стали такі рішення.

Визначені середні та розрахункові навантаження цехів підприємства в цілому методом коефіцієнтів використання та попиту. Знайдено кількість, потужність та місце розташування цехових ТП, було вибрано дві двотрансформаторні ЦТП: одна - з трансформаторами ТМ – 1000/10, друга - з трансформаторами ТМ – 1000/10. Також було обрано оптимальний переріз кабельних ліній живлення. Підприємство живиться двома кабельними лініями марки ААБ перерізом 70 мм².

Визначено координати розміщення ЦРП за мініумом приведених затрат в кабельних лініях. При такому розміщенні ЦРП витрати на спорудження, а також сумарні затрати по СЕП заводської мережі будуть мінімальними.

В науковій частині встановлено, що за умови застосування фототелектричних панелей завдяки великим площам даху, є можливим досягнення оптимального енергоспоживання. В світлу пору доби ФЕС здійснює генерацію активної енергії.

Розрахована економічна частина роботи з визначенням величини капітальних вкладень, плати за електроенергію, кількості робітників а також собівартості електроенергії.

Робота містить також розділ з охорони праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ГОСТ 13109-97 . Электромеханическая совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.– Введ. в Украине 01.01.2000г.–30с.
2. Курбацкий В.Г., Контроль несинусоидальности напряжения в электрических сетях / В.Г. Курбацкий, Г.Г. Трофимов // Электричество. — 1991. — №6. — С. 17 — 21.
3. Шидловский А.Е. Контроль качества электроэнергии и требования к средствам измерения / Шидловский А.Е., Гринберг М.П., Железко Ю.С.// Электричество. — 1982. — №12. — С. 24 – 27.
4. Паянок О.А. Дослідження гармонічного складу напруг в контактній мережі постійного струму тягових підстанцій міста / О.А. Паянок // Вісник ВПІ. – 2008. – №1. – С. 84 – 89.
5. Паянок О.А. Дослідження гармонічного складу напруг та струмів на вході змінного струму тягових підстанцій електротранспорту міста / Б.І. Мокін, О.А. Паянок // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2008. – Вип. 4/2008 (51). Частина 2. – С. 57–61.
6. Указания по расчету электрических нагрузок РТМ 36.18.32.4–92.
7. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети /под общ. ред. Фёдорова А.А., Сербиновского Г. В -М. .Энергия, 1980.
8. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005 – 148с.
9. Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий СН 357 – 77.
10. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2014.

11. ГОСТ 14209–97. Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов.
12. Методические указания по контролю и анализу качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения РД 153–34.0–15.501–00.
13. ГОСТ 30323–95. Короткие замыкания в электроустановках.
14. Демов О.Д., Бірюков О.О., Мельничук Л.М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 92с.
15. Єдина тарифна сітка розрядів і коефіцієнтів з оплати праці працівників установ та організацій окремих галузей бюджетної сфери. Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/ST000596.html
16. http://www.voe.com.ua/consumers/legal_entities/fees?year=2017@month=1 ПАТ «Вінницяобленерго». Тарифи на електроенергію з 1 січня 2018 року.
17. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / Жежеленко И.В.. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 160 с.
18. Криксунов В.Г.Спектральный анализ электрических сигналов / Криксунов В.Г. – К.: Техника, 1971. – 196 с.
19. <http://www.testequipmentdepot.com/fluke/powermeter/1735.htm>
20. Домнин И.Ф. Перспективы применения полупроводниковых компенсаторов реактивной мощности в сетях электроснабжения промышленных предприятий / Домнин И.Ф., Жемеров Г.Г., Сокол Е.И.— Техн. електродинаміка. — 2002. — №1. — С. 37 — 42.
21. Кожем'яко В.П. Оптимізація проектів будівництва сонячних електростанцій із врахуванням базових техніко-економічних показників / В. П. Кожем'яко, О. Г. Домбровський, В. І. Маліновський // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2015. – № 2. – С. 66–81. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/oeiet_2015_2_11.
22. Арриллага Дж. Гармоники в электрических системах / Арриллага Дж., Бредли Д, Боджер П.; Пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 320 с.

23. О. В. Бабенко. Підвищення ефективності використання електроприводів на підприємствах. Матеріали XLVIII науково-технічної конференції факультету електроенергетики та електромеханіки. Електронне наукове видання матеріалів конференції / Бабенко О. В., Акопов В. Д. – Вінниця, 2019. – Режим доступу: https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwisusvj0p_mAhWhwqYKHQV7BS0QFjAAegQIAhAB&url=https%3A%2F%2Fconferences.vntu.edu.ua%2Findex.php%2Fall-feeem%2Fall-feeem-2019%2Fpaper%2Fview%2F7171&usg=AOvVaw2DMu1VqH2bXrs5A9JoPzWp.

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:

Оптимізація режимів електроспоживання за умови застосування
фотоелектричних панелей Товариства з обмеженою відповідальністю
«Сармат», місто Вінниця»

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Бабенко О. В. _____
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ - 18м

Акопов В. Д. _____
(підпис)

Вінниця 2019 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № ____ від ____ . ____ .19р.

Дата початку роботи ____ . ____ .19р.

Дата закінчення роботи ____ . ____ .19р.

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

а) мета – забезпечення оптимальних режимів електроспоживання за умови застосування фотоелектричних панелей Товариства з обмеженою відповідальністю «Сармат»;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

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

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

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

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

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

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

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

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

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

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

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

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

Додаток Б

Вихідні дані для виконання МКР:

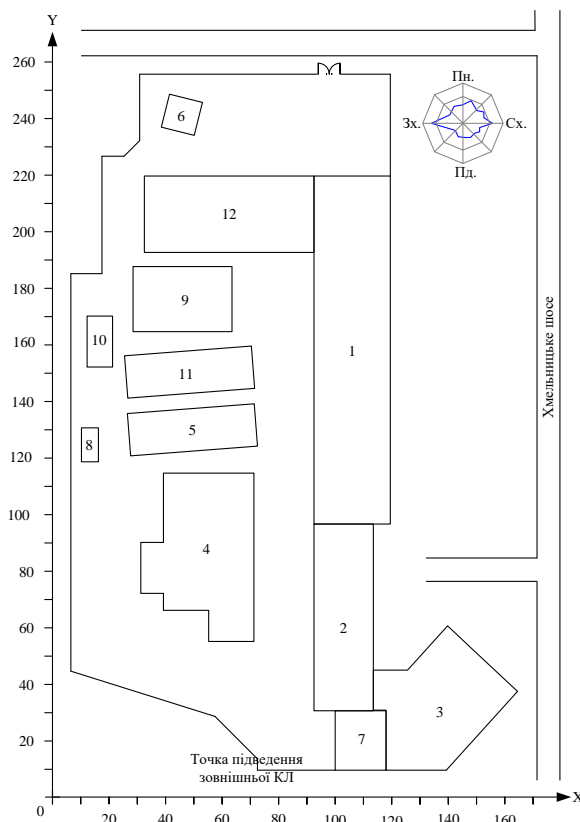


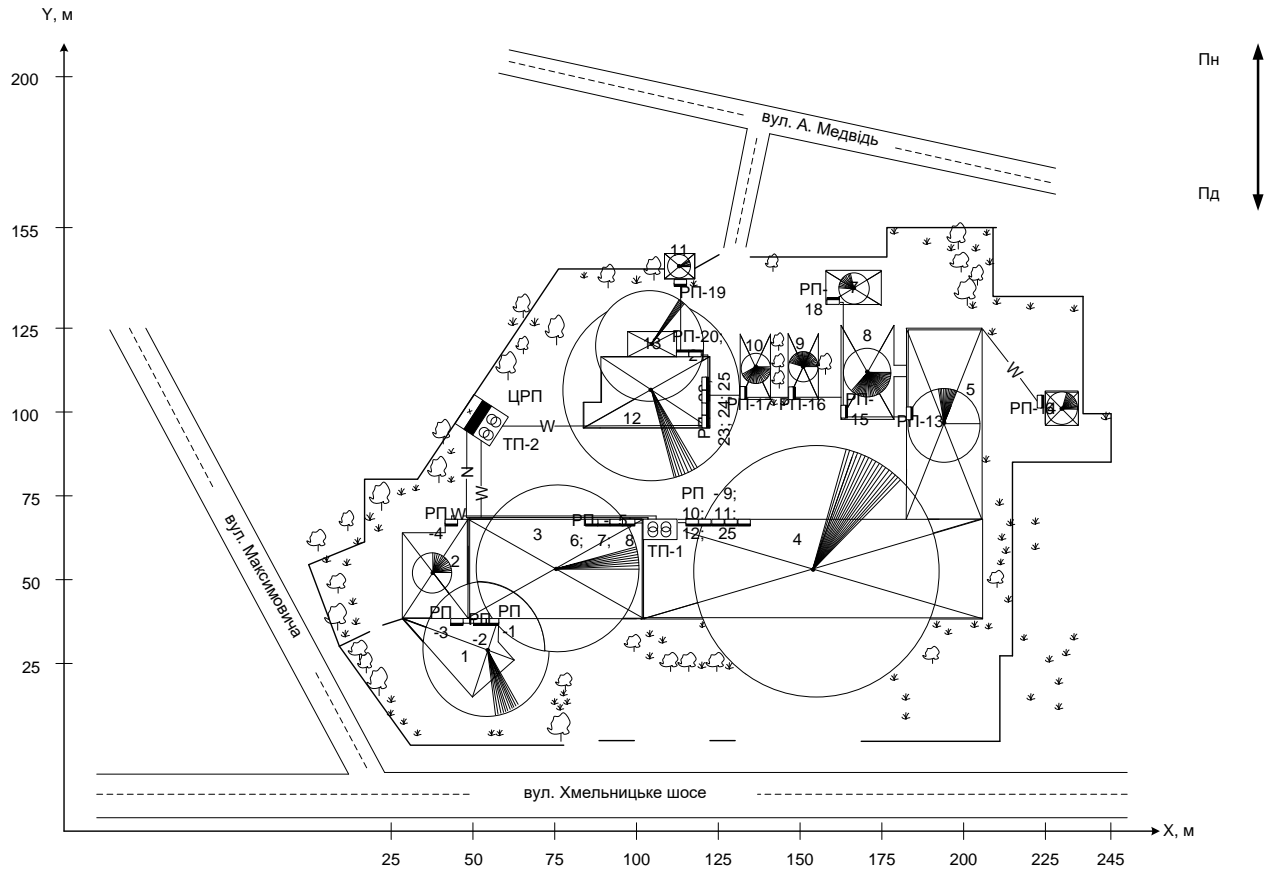
Рисунок 1 – Генеральний план підприємства

Таблиця 1 - Вхідні дані про електричні навантаження заводу

Позначення на генплані	Найменування	P_n , кВт
1	Токарний цех	422.5
2	Виробничо - побутовий корпус	100
3	Адміністративний корпус	100
4	Виробничий корпус №4	100
5	Склад ОКСА	100
6	ПТО автомобілів	10
7	Їдальня	10
8	КПП	20
9	Ангар	15
10	Склад іпортних частин	20
11	Склад ОМТС	18
12	Склад запасних частин	85

Додаток В

Генеральний план підприємства з їхнім навантаженням:



- двотрансформаторна підстанція.

ЦРП – центральний розподільчий пристрій.

					08-17.МКР.002.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Картограма електричних навантажень Оптимізація режимів електроспоживання за умови застосування фотоелектричних панелей Товариства з обмеженою відповідальністю «Сармат», місто Вінниця»	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Акопов В.Д.						1:500
Перевірив		Бабенко О. В.						
Рецензент								
						Аркуш 1		Аркушів 1
Норм.кон.		Войтюк Ю. П.				ВНТУ гр. ЕСЕ-18М		
Затверд.								

Додаток Г

Схема внутрішньозаводського електропостачання:

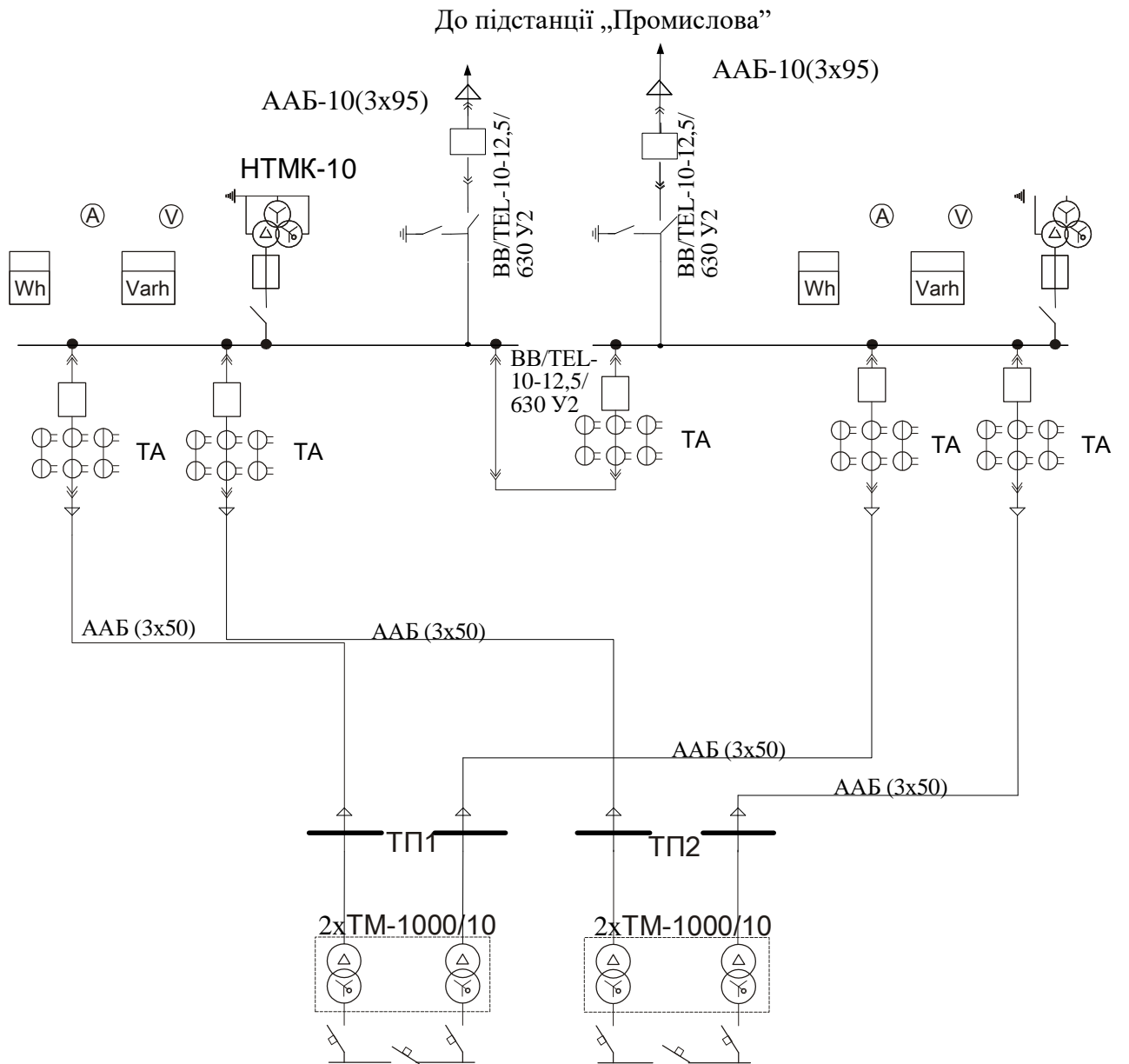
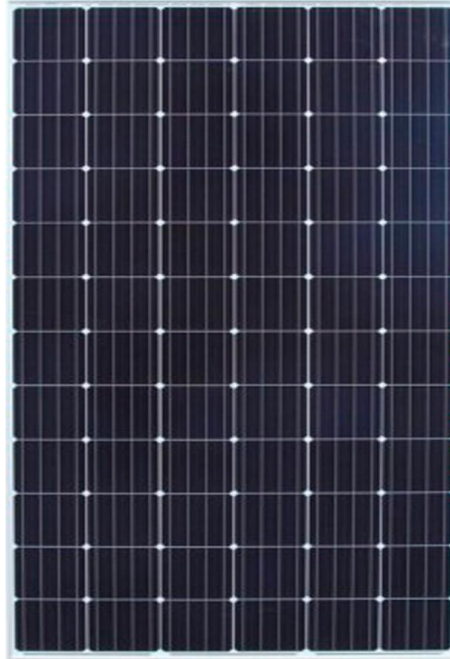


Рисунок Г.1

					08-17.МКР.002.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Однолінійна схема електропостачання Оптимізація режимів електроспоживання за умови застосування фотоелектричних панелей Товариства з обмеженою відповідальністю «Сармат», місто Вінниця»	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:	Акопов В.Д.							1:500
Перевірів	Бабенко О. В.							
Рецензент								
Норм.кон.	Войтюк Ю. П.				Аркуш 1	Аркушів 1	ВНТУ гр. ЕСЕ-18м	
Затверд.								

Додаток Д

Характеристика панелі з полікристалічного кремнію



Таблиця Д.1 – Характеристика сонячної панелі

Характеристики		Risen
Тип панелі		монокристал
Макс.потужність, Вт		365
ККД %		18.9
Розміри, мм		1.6*0.992
Вага,кг		19
Країна виробник		Китай

Додаток Е

Розташування сонячних панелей

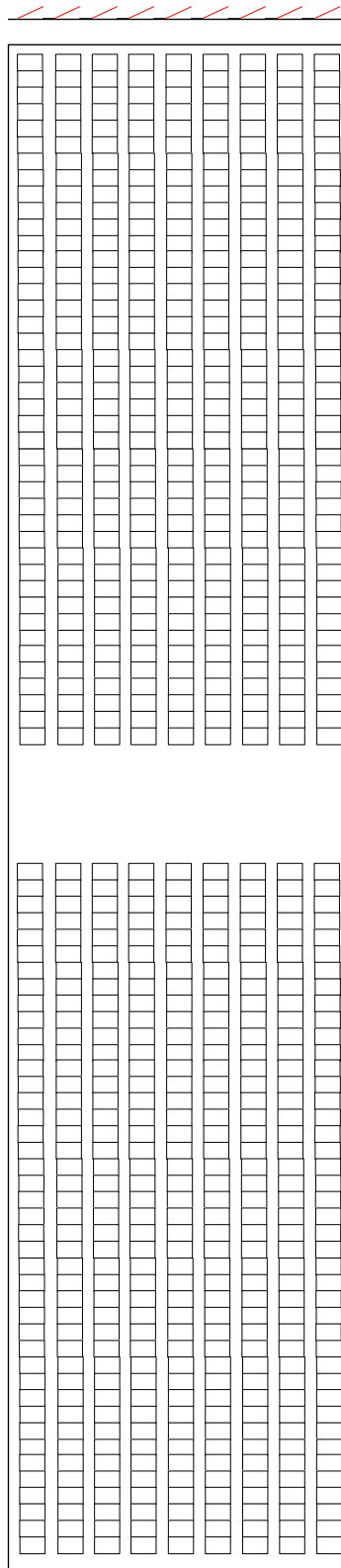


Рисунок Е.1 – План розташування сонячних панелей на даху цеху

Додаток Ж

Добові графіки навантажень підприємства за характерну добу

а)



б)



Рисунок Ж.1 – Добові графіки навантажень для характерних днів січня (а) і червня (б) 2011 року

Додаток 3

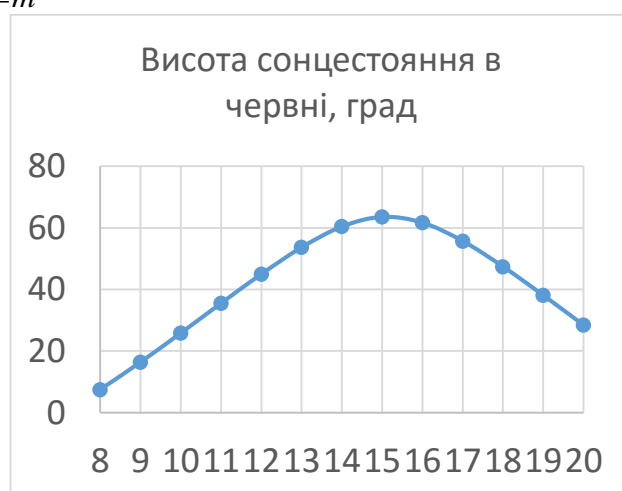
Вихідні дані для моделювання

Номінальна потужність модуля, $P_{ном.м}$, кВт	0,365
Довжина модуля, м	1,65
Шинина модуля, м	0,992
Ширина даху, м	20
Довжина даху, м	90
Кількість модулів в ряд, максимальна, шт	90
Кількість модулів в ряд, задана, шт	84
Відстань між сонячними модулями d , м	1,82
Кількість рядів максимальна, шт	9
Кут нахилу модулів, град	25
Коефіцієнт оподаткування, в.о.	0,4
Вартість зеленого тарифу, грн/кВт*год	4,968
Тариф за спожиту електроенергію, грн/кВт*год	2,88
Коефіцієнт зниження потужності за похмурих днів	8

$$P_{мод} = -P_{ном} \cdot \cos\alpha \cdot \cos\chi$$

$$P_{мод i=2\dots n} = P_{мод} \cdot k$$

$$W_{доб} = \sum_{i=m}^n P_{мод i}$$



Додаток И

Добові графіки споживання та генерації потужності

а)

б)



в)

г)



Рисунок И.1 – Графіки споживання потужності підприємством та генерації фотоелектричною станцією : а) за характерну добу січня; б) за характерну добу квітня; в) за характерну добу липня; г) за характерну добу жовтня

Додаток І

Економічна ефективність роботи фотоелектричної станції на підприємстві

Таблиця І.1 – Вартість електроенергії для підприємства з і без використання фотоелектричної станції

	Січень	Лютий	березень	квітень	травень	червень	липень
Вартість електроенергії за місяць без ФЕС, грн	44510	36307	41746	36247	37593	38918,88	42659,10
Вартість електроенергії за місяць з ФЕС, грн	-1635	-28313	-56915	-94724	- 100347	- 97161,56	- 107472,10

Продовження таблиці І.1 – Вартість електроенергії для підприємства з і без використання фотоелектричної станції

	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень		
Вартість електроенергії за місяць без ФЕС, грн	40659	40052	48735	41844	42055		
Вартість електроенергії за місяць з ФЕС, грн	- 109272	-90308	-44765	-13920	3366		

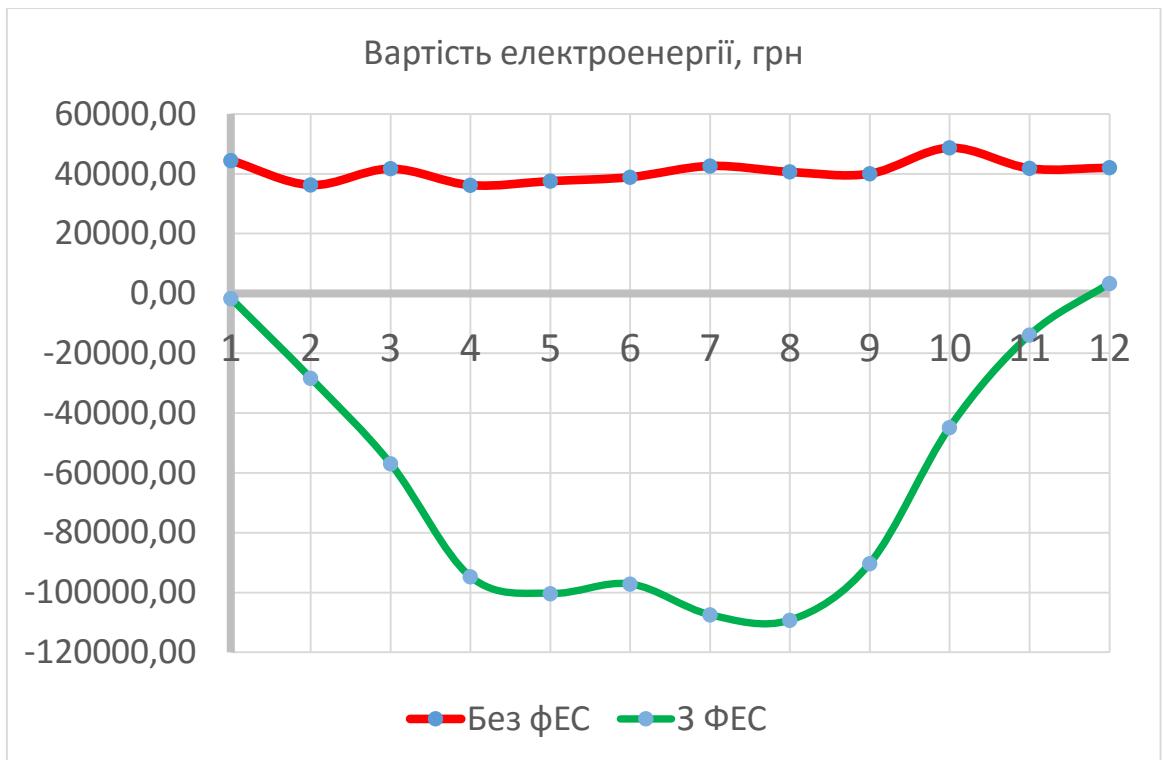


Рисунок І.2 – Вартість електроенергії для підприємства