

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РЕЖИМОМ
ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ІНДУКЦІЙНОЇ ПЕЧІ ЗІ ЗНИЖЕННЯМ КОЛИВАНЬ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ В МЕРЕЖАХ ВИРОБНИЧОГО КООПЕРАТИВУ
«ЛОЗІВСЬКИЙ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ЗАВОД»

08-17.МКР.238.18.110 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕСЕ-18м
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

ОП «Електротехнічні системи
електроспоживання»

Череватий В.В. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник Левицький С.М.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2019 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕМ
проф. Бурбело М.Й.

„___” _____ 2019р

ЗАВДАННЯ

на магістерську дипломну роботу

Студенту групи ЕСЕ-18м Череватому Владиславу Васильовичу Спеціальність 141 – Електротехнічні системи електроспоживання Тема Розробка системи керування режимом електроспоживання індукційної печі зі зниженням коливань електричної потужності в мережах Виробничого кооперативу “Лозівський інструментальний завод”.

1. Вихідні дані для виконання роботи

Генплан підприємства; план цеху (дільниці) із технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення; потужність короткого замикання системи $S_K = 50$ МВА, відомості про перспективу розвитку підприємства.

2. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Анотація. Вступ.

1. Аналіз сучасного стану керування електроспоживанням індукційних печей
2. Аналіз системи електропостачання підприємства.
3. Розробка системи керування режимом електроспоживання індукційної печі
 - 3.1. Вибір закону регулювання напруги
 - 3.2. Програма системи керування
4. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві при прийнятті інноваційних рішень.
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

3. Графічна частина роботи

1. Генплан підприємства із картограмою навантажень і розподільною мережею
2. План цеху і силової мережі
3. Розрахунково-монтажна таблиця
4. Однолінійна схема електропостачання підприємства
5. Креслення із спецпитання

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.пед.н., професор		
Економічна частина	Шулле Ю.А., к.т.н, доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз системи електропостачання підприємства		
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики		
3	Охорона праці		
4	Графічна частина роботи		

Завдання видав _____ доц. Левицький С.М.

„ ___ ” _____ 2019р.

Завдання отримав _____

„ ___ ” _____ 2019р.

Рецензент _____

„ ___ ” _____ 2019р.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	7
ВСТУП.....	9
1.1 Аналіз графіків електроспоживання індукційних печей.....	11
1.2 Керування електроспоживанням за допомогою трансформаторів з регулювальними відгалуженнями.....	13
1.3 Застосування індукційних установок для нагріву.....	19
2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	23
2.1 Загальні відомості про підприємство	23
2.2 Відомості про електричні навантаження. Оцінка категорії з надійності електропостачання.....	23
2.3. Розрахунок електричних навантажень	24
2.3.1 Розрахунок навантажень підприємства	24
2.4 Вибір та розміщення підстанцій	28
2.4.1 Вибір цехових ТП та їх розміщення	28
2.4.2 Техніко-економічні розрахунки схеми заводської мережі.....	36
2.5 Розрахунок електропостачання підприємства	37
2.5.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання.....	37
2.5.2 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі	44
2.6.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою 1000 В і перевірка прийнятих рішень	50
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РЕЖИМОМ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ІНДУКЦІЙНОЇ ПЕЧІ	55
3.1 Вибір закону регулювання напруги.....	55
3.2 Програма системи керування	60
4 РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ ПРИ ПРИЙНЯТТІ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ.....	63
4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	64

4.1.1	Мета розрахунків і характеристика вихідних даних.....	64
4.1.2	Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	67
4.2	Розрахунок поточних витрат	70
4.2.1	Розрахунок потреби в робочій силі	70
4.2.2	Планування вартості матеріалів, що витрачаються.....	77
4.2.3	Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат.....	80
4.3	Розрахунок собівартості електроенергії.....	81
4.3.1	Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію.....	81
4.3.2	Розрахунок собівартості електроенергії	86
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	89
5.1	Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	90
5.1.1	Електробезпека	90
5.1.2	Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	91
5.2	Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	94
5.2.1	Мікроклімат	94
5.2.2	Склад повітря робочої зони.....	94
5.2.3	Виробниче освітлення	95
5.2.4	Виробничий шум.....	97
5.2.4	Виробничі вібрації	99
5.2.5	Психофізіологічні фактори.....	100
5.3	Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	102
5.3.1	Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання індукційної печі в умовах дії іонізуючого випромінювання	103
5.3.2	Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання індукційної печі в умовах дії електромагнітного імпульсу	105
5.4	Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи системи електроспоживання індукційної печі в умовах надзвичайних ситуацій	106

ВИСНОВКИ.....	110
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	111
Додатки	113

УДК 621.311.014

АНОТАЦІЯ

Череватий Владислав Васильович. Розробка системи керування режимом електроспоживання індукційної печі зі зниженням коливань електричної потужності в мережах Виробничого кооперативу “Лозівський інструментальний завод”. Спеціальність 6.050701 – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2019. – с.110

Проведено огляд нормативних вимог до побудови систем електроживлення промислових підприємств. Розроблено систему керування індукційної печі з зі зниженням коливань електричної потужності, на основі аналізу електричних навантажень. Виконано вибір проводів і кабелів, комутаційних та захисних апаратів, розподільчих пристроїв.

Виконано вибір оптимального числа і місць розташування трансформаторних підстанцій з розрахунком потужності трансформаторів.

Ключові слова: зниження коливань електричної потужності, системи керування, електроживлення промислових підприємств.

Сторінок – 110 Рисунків – 30 Таблиць – 22

УДК 621.311.014

АННОТАЦИЯ

Череватий Владислав Васильевич. Разработка системы управление режимом электропотребления индукционной печи со снижением колебаний электрической мощности в сетях производственного кооператива «Лозовской инструментальный завод». Специальность 6.050701 – Винница: ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЭСЭЭМ, 2019. – с.110

Проведен обзор нормативных требований к построению систем электропитания промышленных предприятий. Разработана система управления индукционной печи со снижением колебаний электрической мощности, на основе анализа электрических нагрузок. Выполнен выбор проводов и кабелей, коммутационных и защитных аппаратов, распределительных устройств.

Выполнен выбор оптимального числа и мест расположения трансформаторных подстанций с расчетом мощности трансформаторов.

Ключевые слова: снижение колебаний электрической мощности, системы управления, электропитания промышленных предприятий.

Страниц – 110 Рисунков – 30 Таблиц – 22

ВСТУП

Проблема дослідження. Коливання електричної потужності на промислових підприємствах – одна з найголовніших проблем електроенергетики України. На підприємствах, що використовують індукційні печі ці коливання зумовлені особливістю технологічного процесу, а саме – регулювання розігріву металу. Коливання потужності призводять до значних коливань напруги в мережі електропостачання, які впливають на час плавки самих печей, обертовий момент, узгодження роботи електричних двигунів, що призводить до серйозних втрат продукції.

Скоротити ці коливання можливо з використанням автоматизації керування режимом електроспоживання на промислових підприємствах.

Тема дослідження: Розробка системи керування режимом електроспоживання індукційної печі зі зниженням коливань електричної потужності в мережах Виробничого кооперативу “Лозівський інструментальний завод”

Актуальність дослідження. Існуючі методи регулювання коливань напруги недостатньо точні, надійні і автономні, тому постала необхідність створення автоматизованих систем регулювання.

Автоматизовані системи керування режимами електроспоживання сприяють зниженню коливань потужності і, як наслідок, напруги, модернізації систем електроживлення, підвищенню зручності диспетчеризації, збільшити термін експлуатації індукційних печей і приймачів мережі.

АСК електроспоживання часто пов'язані з системами керування виробництвом, що дає змогу зменшити витрати і збільшити прибутки. Подальший розвиток АСК електроспоживання забезпечить автоматизацію електропостачання всієї енергетичної системи.

Об'єкт дослідження: електроспоживання індукційної печі.

Предмет дослідження: система керування режимом електроспоживання індукційної печі.

Мета дослідження: Розробка системи керування з врахуванням вимог по зниженню коливань електричної потужності в мережах, написання програми керування режимом електроспоживання індукційної печі.

Новизна дослідження: було розроблено систему керування індукційної печі з врахуванням режимів електроспоживання.

Методи дослідження: автоматизований вибір даних проектної задачі із електронної таблиці з допомогою функцій ВПР (ГПР), ПРОСМОТР, ПОИСКПОЗ, ИНДЕКС, метод коефіцієнтів використання та попиту, прийняття оптимальних проектних рішень на скінченній множині доступних рішень з допомогою функцій МИН (МАКС), ПОИСКПОЗ, ИНДЕКС, прийняття оптимальних проектних рішень на нескінченній множині доступних рішень з допомогою електронного процесора Excel, мови програмування FBD, методи розрахунку поточних витрат підприємства, методи розрахунку річного споживання і витрат електроенергії.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ ІНДУКЦІЙНИХ ПЕЧЕЙ

1.1 Аналіз графіків електроспоживання індукційних печей

Типовий графік залежності електричної потужності від режиму роботи представлено на рисунку 1.1 [1]. З даного графіка можна зробити висновок про нерівномірність роботи печі. Така нерівномірність викликає різкі коливання потужності протягом часу роботи. При цьому, навантаження має неперервно-циклічний і змінний характер. Також присутнє короткочасне відключення від мережі живлення з повторним включенням на досить значну потужність.

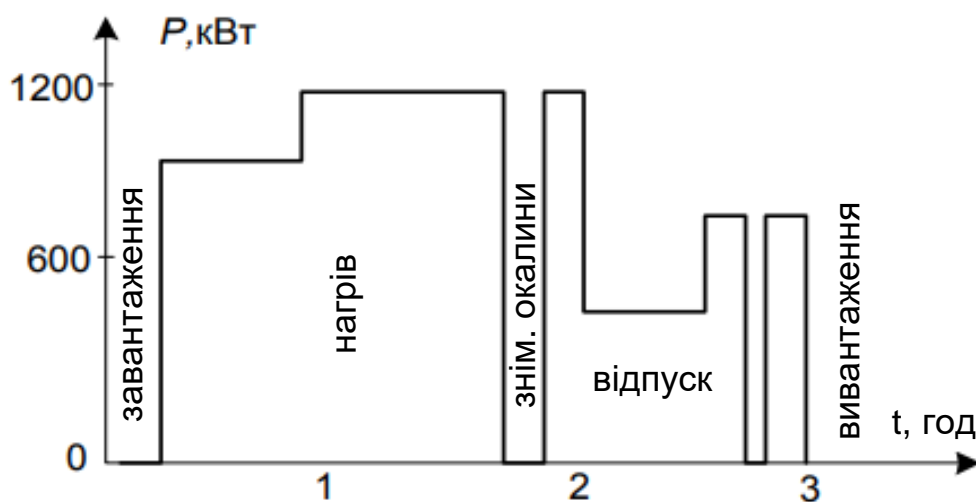


Рисунок 1.1 – Графік коливання електричної потужності від режиму роботи

Це призводить до значних, нерівномірних коливань напруги мережі. Коливання напруги знижують якість електричної енергії. Це явище призводить до збільшення часу плавки самих печей, зменшенню обертового моменту електричних двигунів, узгодженню роботи електричних двигунів. Що призводить до серйозних втрат продукції.

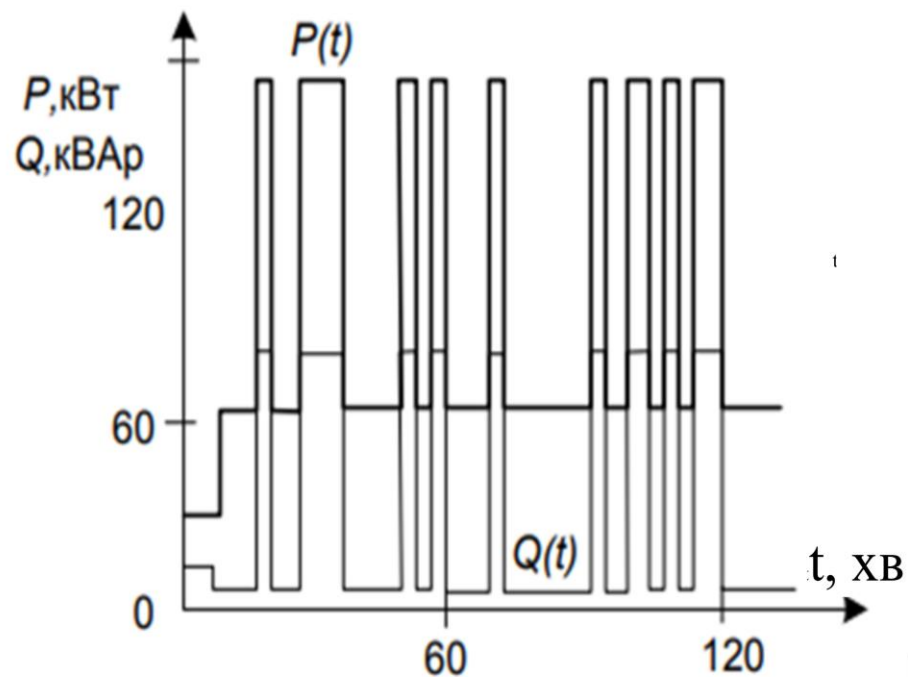


Рисунок 1.2 – Графік коливання активної і реактивної потужності

З графіка, зображеного на рисунку 1.2, видно, що індуктивні печі не тільки призводять до коливань активної потужності, а також і до коливань реактивної потужності [1]. Коливання реактивної потужності призводить до ускладнення її компенсації, що також вплине на зниження якості електричної енергії. Для вирішення цієї проблеми необхідне використання дорожчих засобів компенсації реактивної енергії.

Залежність активної потужності від завантаження печі показує, що збільшення завантаження печі може компенсувати коливання електричної потужності. Але це призведе до багатократного збільшення кількості споживаного металу і врешті-решт коливання потужності з'являться.

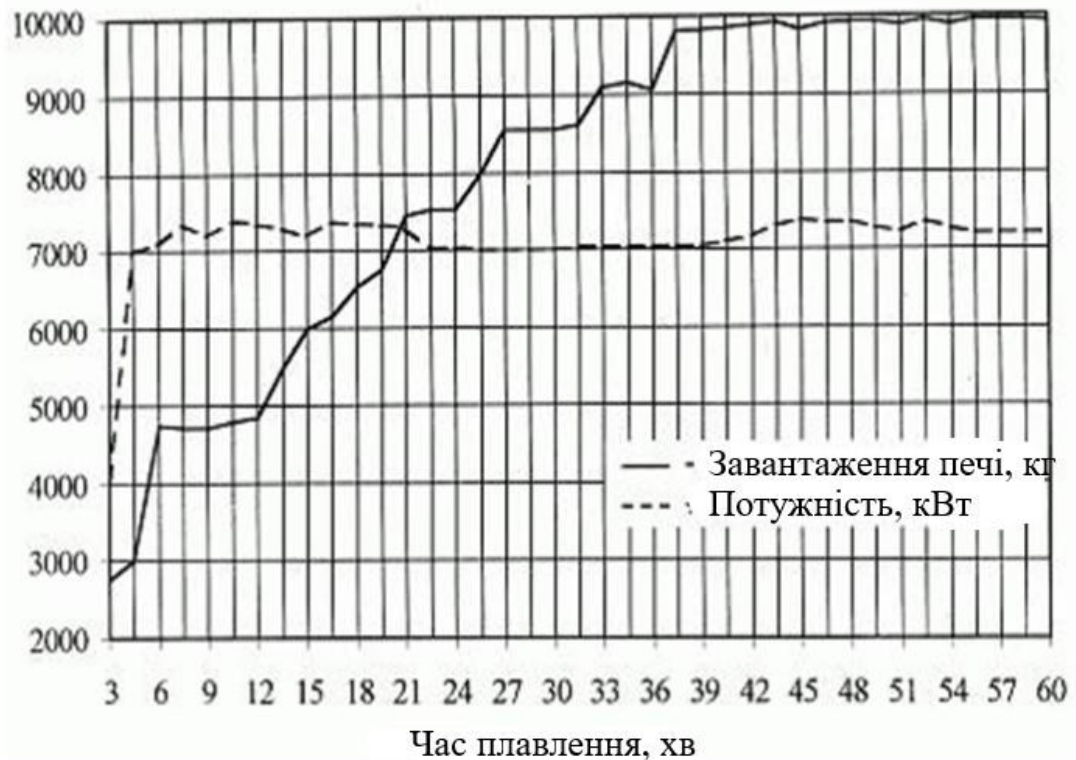


Рисунок 1.3 – Залежність активної потужності від завантаження печі

1.2 Керування електроспоживанням за допомогою трансформаторів з регулювальними відгалуженнями

На рисунку 1.4 показано типову принципову схему живлення індукційної печі. Трансформатор з регулювальними відгалуженнями – Тр використовується для регулювання коливань напруги для відповідності за вимогами до якості електричної енергії.

“Пристрої РПН є елементом з обмеженим ресурсом перемикання. До того ж час перемикання відпайки ≥ 5 с. Цих недоліків не мають безконтактні пристрої РПН, в яких застосовуються напівпровідникові силові ключі. Трансформатори, обладнані такими пристроями мають час перемикання відпайки ≥ 10 мс, а саме перемикання не супроводжується появою вищих гармонік, відповідно покращується динамічна стійкість системи регулювання напруги.

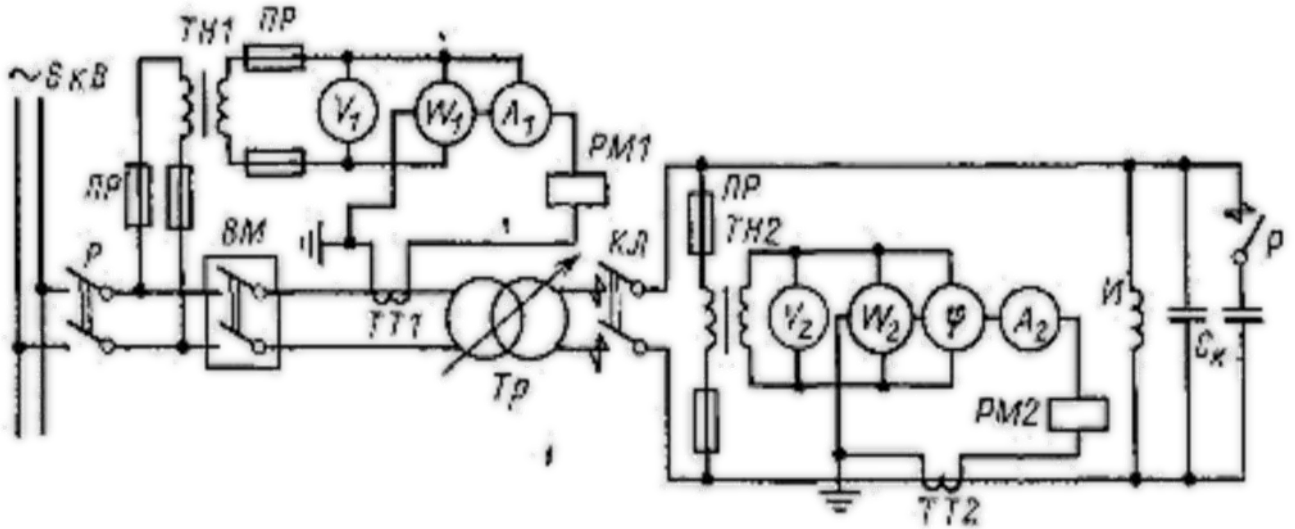


Рисунок 1.4 – Типова принципова схема живлення індукційної печі

Функціональна схема пристрою, в якому для перемикання відпайок використовуються напівпровідникові силові ключі приведена на рис. 1.5.

В режимі мінімальних навантажень ключ 1 ввімкнений, а ключ 2 вимкнений. Напряга на вторинній обмотці трансформатора мінімальна. При максимальному навантаженні ключ 2 вмикають, а ключ 1 вимикають. Напряга на вторинній обмотці максимальна. В проміжних режимах необхідну напрягу підтримують, змінюючи кути керування ключів 1 і 2.

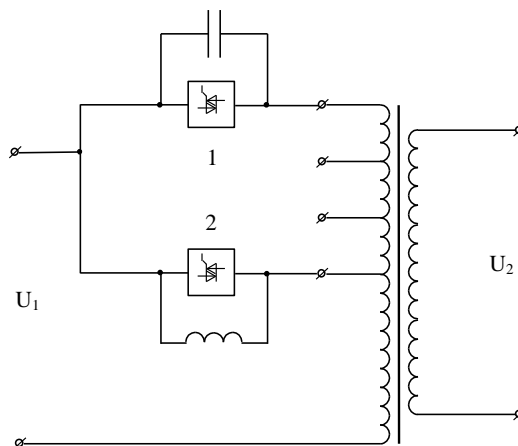


Рисунок 1.5 – Функціональна схема пристрою для регулювання змінної напруги

Даний пристрій не забезпечує захист ключів від струмів коротких замикань. Також в проміжних режимах роботи в мережі з'являються вищі гармоніки.

На рис. 1.6 приведена функціональна схема пристрою перемикання відгалужень силового трансформатора за допомогою симісторних ключів, де: 1 – система керування; 2, 3 – симісторні ключі; 4 – датчик струму короткого замикання; 5 – посилений симісторний ключ аварійного режиму; 6 – силовий трансформатор; 7 – варистор; 8 – формувач керуючих імпульсів для посиленого ключа аварійного режиму; 9 – навантаження.

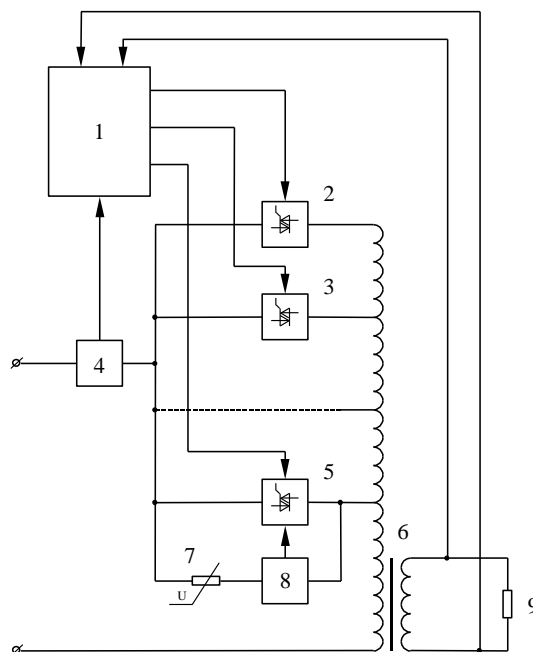


Рисунок 1.6 – Функціональна схема пристрою для перемикання відгалужень силового трансформатора

При нормальній роботі пристрою система керування 1 подає імпульси на один з симісторних ключів 2, 3, 5, вмикаючи його. При виникненні короткого замикання датчик 4 посилає сигнал системі керування 1. Остання припиняє подачу імпульсів керування, працюючий симісторний ключ вимикається, варистор 7 починає пропускати струм, живлячи формувач 8, який видає сигнал на ключ 5 і той пропускає через себе аварійний струм. Після усунення короткого замикання система керування 1 знов вступає в роботу.

Недоліком даного пристрою є те, що в процесі регулювання не враховується струмова компенсація.

В пристрої для регулювання змінної напруги первинна обмотка силового трансформатора містить дві паралельні групи обмоток, кожна з яких виконана секціонованою. Комутація проводиться за допомогою тиристорних ключів. Функціональна схема пристрою представлена на рис. 1.20, де 1 – силовий трансформатор, 2 – навантаження, 3, 35 – вхідні виводи, 4–11 – діоди, 12 – 19 – тиристори, 20 – 27 – регулювальні секції первинної обмотки трансформатора, 28 – 31 –запобіжники, 32, 33 – швидкодіючі вакуумні контактори, 34 – основна секція первинної обмотки трансформатора, 36 – датчик струму, 37 – амплітудний дискримінатор.

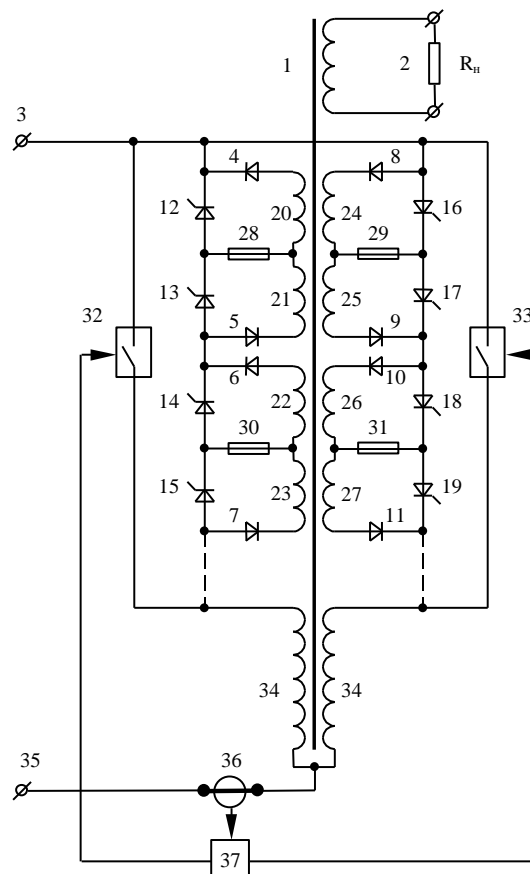


Рисунок 1.7 – Пристрій для регулювання змінної напруги

Для підвищення напруги на навантаженні 2 вмикають в довільний момент часу відповідного напівперіоду тиристори 16 і 12, що призводить до шунтування регулювальної секції 24 в додатний напівперіод і секції 29 у від'ємний напівперіод.

Для підвищення вихідної напруги ще на один ступінь додатково вмикають в довільний момент часу відповідного напівперіоду тиристори 17 і 13. При цьому в кожній групі обмоток трансформатора шунтуються вже по дві регулювальні секції 24 і 25 та 20 і 21 відповідно.

Максимальна вихідна напруга на навантаженні 2 буде тоді, коли включені всі тиристори 12–19. При цьому всі регулювальні секції 20–27 виявляються зашунтованими, а напруга мережі живлення прикладена лише до основної обмотки.

В разі пробою будь-якого діоду, наприклад діоду 8 або діоду 4, запобіжник 29 або 28 відповідно захистить тиристори від виникнення аварійного режиму роботи. При виникненні короткого замикання в колі навантаження 2 по сигналу амплітудного дискримінатора 37, пов'язаного з датчиком струму 36, спрацьовують швидкодіючі вакуумні контактори 32 і 33, захищаючи діоди та тиристори від ушкодження внаслідок різкого зростання струму навантаження.

Недоліком даного пристрою є застосування двох груп обмоток, які працюють в різні напівперіоди, що призводить до значного збільшення вартості трансформатора.

Також відомий пристрій для перемикання відгалужень регулюючої обмотки трансформатора під навантаженням, який містить два вакуумних вимикачі, коло розвантаження з тиристорною комутацією, контактори. Цей пристрій дає змогу зменшити знос контактів перемикача, але має високу вартість.

Спосіб регулювання напруги, який передбачає зміну коефіцієнту трансформації силового трансформатора шляхом зміни кількості витків вторинної обмотки. Для комутації відпайок трансформатора запропоновано використовувати тиристорні ключі. Функціональна схема пристрою, що реалізує запропонований

спосіб регулювання напруги приведена на рис. 1.8, де 1 – блок керування, 2 – система імпульсно-фазового управління (СІФУ), 3–12 – тиристорні ключі.

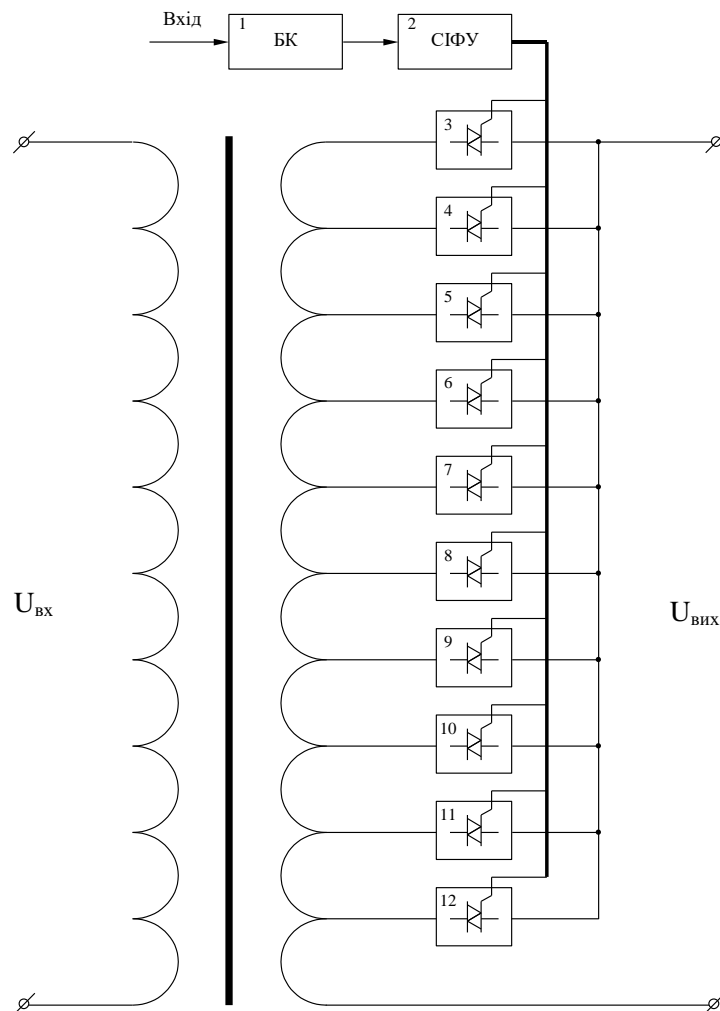


Рисунок 1.8 – Функціональна схема пристрою регулювання напруги трансформатора з тиристорним пристроєм РПН

Спосіб реалізується таким чином. На блок керування 1 надходить сигнал, відповідний необхідній величині напруги на навантаженні. Блок 1 формує пропорційний сигнал для блоку СІФУ 2, який в свою чергу формує і подає на один з блоків 3–12 відповідні імпульси, що вмикають відповідний ключ. З метою уникнення міжвиткових коротких замикань необхідно, щоб лише один ключ був відкритий, тому відкриття наступного ключа відбувається лише після закриття попереднього. У випадку, коли включений блок 8, вторинна напруга відповідає

номінальному значенню. При включенні інших ключів одержують значення напруг: 0,9; 0,92; 0,94; 0,96; 0,98; 1,02; 1,04; 1,06; 1,08, відповідно включенню блоків 3–7, 9–12.

Недоліком способу регулювання напруги, який реалізують два вищезначених пристрої, є те, що комутація проводиться по вторинній стороні силового трансформатора, де при значній потужності трансформатора струми досягають декількох тисяч ампер. Таким чином кожен ключ буде складений з декількох паралельних тиристорів, що є економічно невигідним” [8].

1.3 Застосування індукційних установок для нагріву

Виникнення індукційного електронагріву було зумовлене бурхливим розвитком електротехніки у другій половині XIX століття.

У 1831 році англійський вчений Майкл Фарадей відкриває закон електромагнітної індукції. Потім француз Леон Фуко детально досліджує окремий випадок цього явища: наведення струмів в суцільних металевих тілах. У середині XIX століття англієць Джеймс Максвелл розробляє загальну електромагнітну теорію, що дозволяє розраховувати сили струмів, індуктованих в масивних провідних тілах.

У 1878 році російський винахідник Яблочков уперше застосовує на практиці трансформатор - один з найважливіших електроапаратів, в якому використаний закон електромагнітної індукції. Саме принцип дії трансформатора лежить в основі роботи будь-якої індукційної електропечі і установки.

Однак від відкриття принципу індукційного методу електронагріву до його практичного застосування пройшов значний проміжок часу, що пояснюється двома обставинами. По-перше, для цього виявився недостатній загальний рівень розвитку електротехніки XIX століття. Зокрема для ефективного індукційного нагріву в

більшості випадків потрібно застосування струмів підвищеної частоти. Надійних і досить могутніх перетворювачів частоти в той час ще не було. По-друге, в XIX столітті ще був відсутній і сама необхідність в такому технологічному прийомі, яким є індукційний електронагрів. До цього були не готові металургійне виробництво і машинобудування того часу.

Етап найбільш бурхливого розвитку індукційного нагріву відноситься до 30-х років XX сторіччя.

У 1935 році під керівництвом В. П. Вологдіна уперше здійснене індукційне поверхневе гартування деталей. Через два - три роки цей прогресивний процес вже широко впроваджується у всіх передових промислово розвинених країнах.

Широке впровадження в промисловість обладнання для індукційного нагріву сприяє вирішенню найважливіших народногосподарських задач по створенню високопродуктивних, ефективних технологічних процесів, підвищенню автоматизації виробництва, збільшенню продуктивності праці, а також підвищення якості продукції, що є одним з найважливіших чинників при випуску продукції.

Електрорушійна сила (Е.Р.С.), що індукується в контурі може бути визначена виходячи із закону електромагнітної індукції:

$$e = \frac{d\psi}{dt} \quad (1.1)$$

де e – миттєве значення е.р.с., В.

ψ - потокозчеплення контуру.

Нагрівання невеликих заготовок вимагає більш високих частот (понад 50 кГц), а заготовки більшого розміру ефективно нагріваються низькими частотами.

Якщо частота перетворювача, який керує параметрами струму дорівнює резонансній частоті контуру, індуктор без навантаження то перетворювач буде

працювати в режимі близькому КЗ. Уникнути такого явища можна різними способами. Один із них – робота з графітовим тигелем. Інший спосіб – ввімкнення із «завантаженим» індуктором.

Глибина скін-шару залежить від частоти в контурі індуктора: чим більша частота, тим тонше скін-шар. Також вона залежить від відносної магнітної проникності μ матеріалу заготовки. Формула для обчислення глибини скін-шару в мм:

$$\Delta = 10^3 \sqrt{\frac{\rho}{\mu\mu_0\pi f}} \quad (1.2)$$

де μ_0 – магнітна постійна, Гн/м,

ρ - питомий електричний опір матеріалу заготовки при температурі обробки, Ом*м,

f - частота електромагнітного поля, що генерується індуктором, Гц.

Індукційний нагрів володіє наступними перевагами:

1) Здійснюється прямий нагрів електропровідних матеріалів шляхом передачі електричної енергії безпосередньо в тіло, що нагрівається. У порівнянні з установками побічної дії, в яких виріб нагрівається тільки з поверхні, швидкість нагріву підвищується.

2) Передача електричної енергії безпосередньо в тіло, що нагрівається не вимагає контактних пристроїв. Це зручне в умовах автоматизованого потокового виробництва.

3) Завдяки явищу поверхневого ефекту максимальна потужність, виділяється в поверхневому шарі виробу, що нагрівається. Тому індукційний нагрів при

гартуванні забезпечує швидкий нагрів поверхневого шару виробу. Це дозволяє отримати високу твердість поверхні деталі при відносно в'язкій середині. Процес поверхневого індукційного гартування швидший і економічніший відносно інших методів поверхневого зміцнення виробу [1].

4) Індукційний нагрів в більшості випадків дозволяє підвищити продуктивність і поліпшити умови праці.

Індукційний нагрів широко застосовується для:

- 1) Термічної обробки деталей;
- 2) Плавки металів;
- 3) Зварки металу;
- 4) Пайки і наплавки;
- 5) Об'ємного нагріву деталі або заготовок перед пластичною деформацією (кування, штампування, пресування);
- 6) Хіміко-термічної обробки виробів.

Індукційні нагрівальні установки за способом завантаження і характеру роботи бувають періодичної і безперервної дії. Останні можуть вбудовуватися в потокові і автоматичні технологічні лінії. Поверхневе індукційне гартування, зокрема, замінює такі операції поверхневого зміцнення, що дорого коштують, як цементація, азотування і інші.

Мета індукційного поверхневого гартування: отримання високої твердості поверхневого шару при збереженні в'язкої середини деталі. Для отримання такого гартування проводять швидкий нагрів деталі на задану глибину струмом, індуктованим поверхневим шаром металу з подальшим охолодженням [1].

2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Загальні відомості про підприємство

Виробничий кооператив "Лозівський інструментальний завод" - єдине підприємство України, спеціалізоване по випуску зажимного допоміжного інструменту для металоріжучих станків. Завод засновано у 1961 році. Основним напрямком діяльності підприємства є обробка чорних та кольорових металів та виробництво деталей із них, регіональному та національному ринках.

Важливою частиною в металообробці промислового рівня є термообробка (відпал, гартування, відпуск). У зв'язку з необхідністю виконання вищезазначених дій на заводі встановлена індукційна нагрівальна установка типу ІНУ-100-8,0.

2.2 Відомості про електричні навантаження. Оцінка категорії з надійності електропостачання

Живлення електроприймачів (ЕП) цеху №1 здійснюється через два розподільчі пункти РП приєднано до трансформаторної підстанції ТП 2.

Таблиця 2.1— Відомості про електричні навантаження

№ цеху	Найменування цехів	Потужність, кВт	cosφ	Площа, м ²
1	Адмінкорпус	30	0,85	727
2	Склад	18	0,85	148
3	Склад матеріалів	27	0,85	248
4	Котельня	125	0,65	451
5	Гараж	33,1	0,65	297
6	Механічний цех №2	147	0,7	1171
7	Механічний цех №3	207	0,75	1524
8	Механічний цех №1	132	0,8	2432

Продовження таблиці 2.1

9	Інструментальний цех	91,8	0,65	369
10	Прохідна	18	0,65	75
11	Побутове приміщення	22	0,85	800
12	Лабораторія	27	0,8	940
13	Віділ перевірки якості продукції	22	0,85	800
14	Їдальня	37	0,85	231

2.3. Розрахунок електричних навантажень

2.3.1 Розрахунок навантажень підприємства

“Визначення середніх та розрахункових навантажень здійснюється за методами коефіцієнтів використання та попиту відповідно” [2].

“Визначення розрахункової потужності цехів і заводу в цілому здійснюємо за допомогою електронної таблиці (Рисунок 2.1). Вихідними даними для цієї таблиці є номінальна потужність (P_i); коефіцієнт потужності ($\cos\varphi_i$); коефіцієнт попиту ($K_{пi}$); коефіцієнт використання ($K_{вi}$); площа і-того цеху (S_i); коефіцієнт попиту освітлювального навантаження ($K_{соi}$); питома густина освітлювального навантаження ($P_{питi}$); коефіцієнт потужності освітлення ($\operatorname{tg}\varphi_{0i}$); коефіцієнт збільшення 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:

$$P_{poi} = K_{noi} \cdot F_i \cdot P_{numi} \cdot k_{пра}; \quad (2.1)$$

Реактивна потужність електричного освітлення і-того цеху:

$$Q_{poi} = K_{noi} \cdot F_i \cdot p_{numi} \cdot k_{пра} \cdot tg_o ; \quad (2.2)$$

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:

$$P_{ci} = K_{ви} \cdot P_{номi} + P_{poi} ; \quad (2.3)$$

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

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

Середнє реактивне навантаження і-того цеху:

$$Q_{ci} = P_{ci} \cdot tg\varphi_i \quad (2.4)$$

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

Повне середнє навантаження і-того цеху:

$$S_{ci} = \sqrt{P_{cmi}^2 + Q_{cmi}^2} ; \quad (2.5)$$

Активне розрахункове навантаження і-того цеху:

$$P_{pi} = K_{ni} \cdot P_{номі} + P_{poi}, \quad (2.6)$$

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

Реактивне розрахункове навантаження і-того цеху:

$$Q_{pi} = K_{ni} \cdot P_{номі} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + Q_{poi}. \quad (2.7)$$

Повне розрахункове навантаження і-того цеху:

$$S_{pi} = \sqrt{P_{pi}^2 + Q_{pi}^2}. \quad (2.8)$$

Розрахунковий струм і-того цеху

$$I_{pi} = \frac{S_{pi}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (2.9)$$

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

Навантаження всіх цехів:

$$P_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^N P_{ci}; \quad (2.10)$$

$$Q_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^N Q_{ci}; \quad (2.11)$$

$$P_{p\Sigma} = \left(\sum_{i=1}^N P_{\text{ном}i} \cdot k_{\text{л}i} \right) \cdot K_o + P_{\text{р}o\Sigma} ; \quad (2.12)$$

$$Q_{p\Sigma} = \left(\sum_{i=1}^N P_{\text{ном}i} \cdot k_{\text{л}i} \cdot \text{tg} \varphi_i \right) \cdot K_o + Q_{\text{р}o\Sigma} ; \quad (2.13)$$

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:

$$S_{c\Sigma} = \sqrt{P_{c\Sigma}^2 + Q_{c\Sigma}^2} ; \quad (2.14)$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} , \quad (2.15)$$

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

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

Сумарний струм:

$$I_{p\Sigma} = \frac{S_{p\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} . \quad (2.16)$$

№	Цех	Рн	cos	tg	Кп	Кв	Площа	Кп0	Рпит	Кпра	tg0	Qm0	Рр0	Рс	Qс	Sc	Рр	Qр	Sp	Ір	р0	Кo=0,95
3		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
4	Адмінкорпус	30	0,85	0,6	0,55	0,5	710	0,9	0,016	1,2	0,48	5,89	12,27	27,27	15,19	31,21	28,77	16,11	32,97	50,10	0,05	
5	Склад	18	0,85	0,6	0,6	0,5	148	0,9	0,016	1,2	0,48	1,23	2,56	11,56	6,81	13,41	13,36	7,92	15,53	23,59	0,10	
6	Склад матеріалів	27	0,85	0,6	0,5	0,45	248	0,9	0,016	1,2	0,48	2,06	4,29	16,44	9,59	19,03	17,79	10,42	20,61	31,32	0,08	
7	Котельня	125	0,65	1,2	0,5	0,4	451	0,85	0,016	1,2	0,48	3,53	7,36	57,36	61,99	84,46	69,86	76,60	103,68	157,52	0,23	
8	Гараж	33,1	0,65	1,2	0,55	0,45	297	0,85	0,016	1,2	0,48	2,33	4,85	19,74	19,74	27,92	23,05	23,61	33,00	50,14	0,11	
9	Механічний цех №2	147	0,7	1	0,5	0,45	1171	0,9	0,016	1,1	0,48	8,90	18,55	84,70	76,39	114,06	92,05	83,89	124,54	189,22	0,11	
10	Механічний цех №3	207	0,75	0,9	0,45	0,4	1524	0,65	0,012	1,1	0,48	6,28	13,08	95,88	79,30	124,42	106,23	88,43	138,21	210,00	0,09	
11	Механічний цех №1	132	0,8	0,8	0,4	0,35	2100	0,65	0,012	1,1	0,48	8,65	18,02	64,22	43,30	77,45	70,82	48,25	85,69	130,20	0,04	
12	Інструментальний цех	91,8	0,65	1,2	0,5	0,45	369	0,75	0,014	1,2	0,48	2,23	4,65	45,96	50,53	68,30	50,55	55,89	75,36	114,50	0,20	
13	Прохідна	18	0,65	1,2	0,5	0,4	75	0,75	0,014	1,2	0,48	0,45	0,95	8,15	8,87	12,04	9,95	10,98	14,81	22,50	0,20	
14	Побутове приміщення	22	0,85	0,6	0,35	0,3	800	0,65	0,014	1,1	0,48	3,84	8,01	14,61	7,93	16,62	15,71	8,62	17,92	27,22	0,02	
15	Лабораторія	27	0,8	0,8	0,35	0,3	940	0,75	0,015	1,1	0,48	5,58	11,63	19,73	11,66	22,92	21,08	12,67	24,60	37,37	0,03	
16	Віділ перевірки якості продукції	22	0,85	0,6	0,35	0,25	800	0,7	0,14	1,2	0,48	45,16	94,08	99,58	48,57	110,79	101,78	49,93	113,37	172,24	0,14	
17	Ідальня	37	0,85	0,6	0,35	0,25	231	0,75	0,15	1,2	0,48	14,97	31,19	40,44	20,70	45,43	44,14	22,99	49,77	75,61	0,22	
32	Всього по підприємству	936,9					9864					111,10	231,46	605,62	460,56	760,84	643,43	496,06	812,45	1234,40	0,08	

Рисунок 2.1 - Розрахунок навантаження підприємства

Результати розрахунку по даній задачі наведено на Рисунку 2.1 та знаходяться у комірках O4:O17 - P_{ci} , P4:P17 - Q_{ci} , Q4:Q17 - S_{ci} , R4:R17 - P_{ri} , S4:S17 - Q_{ri} , T4:T17 - S_{ri} . V4:V17 - $ро_i$. При цьому повна середня потужність заводу складає $S_{сум}=760,84$ кВА, а повна розрахункова потужність з урахуванням коефіцієнта одночасності максимумів навантаження складає $S_{рsum}= 812,45$ кВА.

2.4 Вибір та розміщення підстанцій

2.4.1 Вибір цехових ТП та їх розміщення

Під час вибору трансформаторів ТП необхідно дотримуватись таких вимог ТЗ:

- показником ефективності вибору трансформаторів ТП повинні бути річні приведені затрати в підстанцію (ТЗ, пункт 6.3);

- кількість стандартних потужностей трансформаторів цехових ТП на підприємстві не повинна перевищувати дві (максимум 3) (ТЗ, пункт 6.4).

Приблизним орієнтиром оптимальної ступені потужності трансформаторів ЦТП виступає питома густина навантаження. Використання цієї величина

дозволить лише приблизно зорієнтуватись, яку ступінь потужності трансформаторів ЦТП буде доцільно встановити на підприємстві. Після приблизного вибору оптимальної потужності трансформаторів ЦТП потрібно здійснити більш точний вибір цієї потужності. Це здійснюється за допомогою комп'ютерної моделі, яка або підтвердить або спростує попередній вибір.

Оскільки підприємство належить до другої категорії електропостачання, то необхідно, щоб система електропостачання мала високу надійність, тому всі цехи заживлені двотрансформаторними підстанціями. Зорієнтувавшись на питому густину навантаження, яка складає $\sum \rho_0 = 0,11$ кВА/м², рекомендується обирати трансформатори потужністю менше 1000 кВА. Також доцільно розподілити навантаження між трьома ЦТП, адже територія підприємства займає значну площу, де розташовані споживачі II категорії. ЦТП повинні бути двотрансформаторними, бо живлять споживачів II категорії, тому не можна допускати значних перерв в електропостачанні. Перша ЦТП заживить цехи під номером 1-4,12-14; друга ЦТП 5-8 та третя ЦТП цехи 9-11. Встановлення 3-х ЦТП дозволить знизити довжини кабельних ліній 0,38 кВ, що призведе до зниження втрат потужності.

Навантаження та розподіл цехів між ТП, наведені на Рисунку 2.2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Розрахункова активна потужність Pp, кВт	Розрахункова реактивна потужність Qp, кВАр	Повна розрахункова потужність Sp, кВА	Середня активна потужність Pс, кВт	Середня реактивна потужність Qс, кВАр	Повна середня потужність Sc, кВА
1										
2		ТП1	1	Адмінкорпус	28,7688	16,11480558	32,97469958	27,2688	15,18518908	31,2118154
3			2	Склад	13,35744	7,920810055	15,52934111	11,55744	6,805270246	13,41216323
4			3	Склад матеріалів	17,78544	10,42355977	20,61486052	16,43544	9,586904912	19,02714991
5			4	Котельня	69,86032	76,60355049	103,6753021	57,36032	61,98943111	84,45647329
6			12	Лабораторія	21,0825	12,6711	24,59732875	19,7325	11,6586	22,91930431
7			13	Віділ перевірки якості продукції	101,78	49,93043141	113,3676161	99,58	48,56699386	110,7922799
9			14	Ідальня	44,135	22,99448918	49,76589955	40,435	20,70143513	45,42618894
10				Всього по ТП1	296,7695	196,6587465	356,0151664	272,3695	174,4938243	323,4706158
11		ТП2	5	Гараж	23,05204	23,61058266	32,99782056	19,74204	19,74076385	27,91855836
12			6	Механічний цех №2	92,04864	83,8883457	124,5399802	84,69864	76,38984585	114,0581789
13			7	Механічний цех №3	106,22592	88,42701981	138,2146299	95,87592	79,29917779	124,4208649
14			8	Механічний цех №1	70,818	48,24864	85,69200888	64,218	43,29864	77,45142833
21			Всього по ТП2	292,1446	244,1745882	380,7488632	264,5346	218,7284275	343,2501706	
22		ТП3	9	Інструментальний цех	50,5494	55,89475836	75,36223094	45,9594	50,52845372	68,30366816
23			10	Прохідна	9,945	10,97576595	14,81116009	8,145	8,871332762	12,04332055
24			11	Побутове приміщення	15,708	8,615871406	17,91576133	14,608	7,934152633	16,62361098
32			Всього по ТП3	76,2024	75,48639572	107,261371	68,7124	67,33393912	96,20422689	

Рисунок 2.2 - Розподіл цехів між ЦТП

Автоматизація розподілу навантажень досягається використанням функцій робочого листа ВПР та СУММ.

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

Для автоматизованого розв'язку задачі вибору трансформаторів за допомогою електронного процесору Ехсел попередньо необхідно визначити наступні дані:

- 1) марку трансформаторів (ТМ);
- 2) середню та розрахункову потужності по ТП S_p , S_c , кВА;
- 3) нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень в ТП E_e (приймається рівним 0,1);
- 4) коефіцієнт відрахувань на амортизацію в ТП E_a (для ТП складає 3,6 %);
- 5) питому вартість втрат потужності V_0 , грн./кВт (було розраховано раніше в загальній базі даних);
- 6) кількість трансформаторів ТП k_T , шт.;
- 7) коефіцієнт навантаження в нормальному режимі k_n .

Останній коефіцієнт буде розрахований відповідно наступних міркувань:

а) за таблицею G.1 ГОСТ 14209-97[7] знаходиться річна еквівалентна температура для регіону, в якому розташоване дане підприємство, тобто Вінниця: $\Theta=10,7^\circ\text{C}$;

б) з таблиці 6 ГОСТ 14209-97 з системою охолодження ONAN, в нормальному режимі, для 20°C знаходиться коефіцієнт навантаження в нормальному режимі: $k_n=1$.

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

$$Z(S_T) = B_{ТП}(S_T) + B_B(S_T) \rightarrow \min_{S_T \in S_{CT}}, \quad (2.17)$$

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

$$B_{ТП}(S_T) = (E_e + E_a)K_{ТП}(S_T, K_T), \quad (2.18)$$

де E_e - коефіцієнт ефективності капіталовкладень;
 E_a - коефіцієнт відрахувань на амортизацію;
 $K_{ТП}(S_T, K_T)$ - капіталовкладення в ТП в залежності від потужності S_T та кількості трансформаторів k_T .

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

$$B_B(S_T) = (\Delta P_{xx}(S_T) + \Delta P_{кз}(S_T) \cdot K_3^2) \cdot k_T \cdot t \cdot \tau, \quad (2.19)$$

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

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

k_T - кількість трансформаторів;

K_3 - коефіцієнт завантаження трансформатора;

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

τ - число годин максимальних втрат.

Коефіцієнт завантаження трансформатора розраховується наступним чином:

$$K_3 = \frac{S_{ТП}}{S_{ТП} \cdot k_T}. \quad (2.20)$$

Змінні втрати активної потужності в трансформаторах:

$$\Delta P_{зм} = \Delta P_{кз} \left(\frac{S_p^2}{S_T^2 \cdot k_T} \right), \quad (2.21)$$

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

S_T - потужність трансформатора ТП;

k_T - кількість трансформаторів.

Постійні втрати активної потужності розраховуються за формулою:

$$\Delta P_{пс} = \Delta P_{хх} \cdot k_T. \quad (2.22)$$

Сумарні втрати активної енергії будуть визначатись так:

$$\Delta P = \Delta P_{пс} + \Delta P_{зм}. \quad (2.23)$$

При розв'язанні задачі необхідно враховувати такі обмеження:

$$S_T \cdot k_T \cdot k_n \geq S_{ТПсм}, \quad (2.24)$$

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

$$k_T \geq 1 \Rightarrow k_{на} \cdot S_T \geq k_{нна} \cdot S_{ТП}, \quad (2.25)$$

де $k_{на}$ - максимально допустимий коефіцієнт навантаження трансформатора в післяаварійному режимі ($k_{на}=1,3$). Значення даного коефіцієнта взято з ГОСТ 14209-97 (таблиця Н.1) для варіанта, коли перевантаження буде

тривати 24 год, при середній добовій температурі 30⁰С, тобто для найгірших умов місцевості, де знаходиться підприємство;

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

Для автоматизованого вибору оптимальної потужності ЦТП 1 за мінімумом затрат складається електронна таблиця Excel на робочому листі "ТП1" (Рисунок 2.3). Коефіцієнт $k_{нна}$ буде становити 0,8, оскільки при аварійній ситуації можна відключити до 20% навантаження цехів, які живляться від ЦТП 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	Вибір оптимальної потужності ТП1 за мінімумом затрат																
2	Дані нормального режиму																
3	Розрахункова потужність ТП, кВА											Sp=	356,0152				
4	Середня потужність ТП, кВА											Sc=	323,4706				
5	Кількість трансформаторів											kt=	2				
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі											kn=	1				
7	Дані післяаварійного режиму																
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі											kпа=	1,3				
9	Доля навантаження в п.а. режимі											kнна=	0,8				
10	Економічні характеристики																
11	Питома вартість втрат, грн/кВт											Во=	3937,094				
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Ее=	0,1				
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію											Еа=	0,036				
14																	
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPкх, кВт	Ктп, тис. грн.	Е*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2		
16		63	1,28	0,24	215,505	29,30868	20,43788	0,48	20,91788	82,35567	---		---	---	---		
17		100	1,97	0,33	228,8475	31,12326	12,48456	0,66	13,14456	51,75137	---		---	---	---		
18		160	3,1	0,51	246,2625	33,4917	7,674123	1,02	8,694123	34,22958	---		---	---	---		
19	V	250	4,2	0,74	268,785	36,55476	4,258692	1,48	5,738692	22,59377	59,14853	V	+	+	+		
20		400	5,9	0,95	322,605	43,87428	2,336894	1,9	4,236894	16,68105	60,55533		+	+	+		
21		630	8,5	1,31	358,9425	48,81618	1,357203	2,62	3,977203	15,65862	64,4748		+	+	+		
22		1000	10,5	2,1	423,5175	57,59838	0,665421	4,2	4,865421	19,15562	76,754		+	+	+		
23		1600	18	2,8	526,5	71,604	0,445594	5,6	6,045594	23,80208	95,40608		+	+	+		
24		2500	23,5	3,85	602,3925	81,92538	0,238284	7,7	7,938284	31,25377	113,1792		+	+	+		
25												Змін=	59,14853				
26												Опт. Пот. Трансформатора	St*=	250			

Рисунок 2.3 - Вибір потужності ЦТП1

Як видно з розрахунків, оптимальна потужність трансформаторів ЦТП1 повинна бути 250 кВА. При цьому приведені затрати для встановлення двотрансформаторної ЦТП1 складатимуть 59148,53 грн.

Аналогічні розрахунки проводяться для ЦТП2 та ЦТП3 на листі Excel «ТП2» та «ТП3» Рисунок 2.4, Рисунок 2.5. Коефіцієнт $k_{нна}$ для ТП2 та ТП3 буде становити 0,8 та 0,8 відповідно.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Вибір оптимальної потужності ТП2 за мінімумом затрат															
2	Дані нормального режиму															
3	Розрахункова потужність ТП, кВА											Sp=	380,7489			
4	Середня потужність ТП, кВА											Sc=	343,2502			
5	Кількість трансформаторів											kt=	2			
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі											kn=	1			
7	Дані післяварійного режиму															
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяварійному режимі											kпа=	1,3			
9	Доля навантаження в п.а. режимі											кппа=	0,8			
10	Економічні характеристики															
11	Питома вартість втрат, грн/кВт											Bo=	3937,094			
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Ee=	0,1			
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію											Ea=	0,036			
14																
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPхх, кВт	Ктп, тис. грн.	Е*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2	
16		63	1,28	0,24	215,505	29,30868	23,37632	0,48	23,85632	93,92458	---	---	---	---	---	
17		100	1,97	0,33	228,8475	31,12326	14,27952	0,66	14,93952	58,81828	---	---	---	---	---	
18		160	3,1	0,51	246,2625	33,4917	8,777462	1,02	9,797462	38,57353	---	---	---	---	---	
19	V	250	4,2	0,74	268,785	36,55476	4,870982	1,48	6,350982	25,00441	61,55917	V	+	+	+	
20		400	5,9	0,95	322,605	43,87428	2,672879	1,9	4,572879	18,00386	61,87814		+	+	+	
21		630	8,5	1,31	358,9425	48,81618	1,552334	2,62	4,172334	16,42687	65,24305		+	+	+	
22		1000	10,5	2,1	423,5175	57,59838	0,761091	4,2	4,961091	19,53228	77,13066		+	+	+	
23		1600	18	2,8	526,5	71,604	0,509659	5,6	6,109659	24,0543	95,6583		+	+	+	
24		2500	23,5	3,85	602,3925	81,92538	0,272543	7,7	7,972543	31,38865	113,314		+	+	+	
25											Змін=	61,55917				
26											Опт. Пот. Трансформатора	St*=	250			

Рисунок 2.4 - Вибір потужності ЦТП2

Як видно з розрахунків для ЦТП 2 оптимальним є варіант, коли потужність трансформаторів ТП складає 250 кВА. При цьому приведені затрати складатимуть 61559,17 грн.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	Вибір оптимальної потужності ТП3 за мінімумом затрат															
2	Дані нормального режиму															
3	Розрахункова потужність ТП, кВА											Sp=	107,2614			
4	Середня потужність ТП, кВА											Sc=	96,20423			
5	Кількість трансформаторів											kt=	2			
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі											kn=	1			
7	Дані післяварійного режиму															
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяварійному режимі											kпа=	1,3			
9	Доля навантаження в п.а. режимі											кппа=	0,8			
10	Економічні характеристики															
11	Питома вартість втрат, грн/кВт											Bo=	3937,094			
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Ee=	0,1			
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію											Ea=	0,036			
14																
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPхх, кВт	Ктп, тис. грн.	Е*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2	
16		63	1,28	0,24	215,505	29,30868	1,855178	0,48	2,335178	9,193816	---	---	+	---	---	
17	V	100	1,97	0,33	228,8475	31,12326	1,133243	0,66	1,793243	7,060166	38,18343	V	+	+	+	
18		160	3,1	0,51	246,2625	33,4917	0,696592	1,02	1,716592	6,758384	40,25008		+	+	+	
19		250	4,2	0,74	268,785	36,55476	0,386568	1,48	1,866568	7,348855	43,90361		+	+	+	
20		400	5,9	0,95	322,605	43,87428	0,212123	1,9	2,112123	8,315629	52,18991		+	+	+	
21		630	8,5	1,31	358,9425	48,81618	0,123195	2,62	2,743195	10,80022	59,6164		+	+	+	
22		1000	10,5	2,1	423,5175	57,59838	0,060401	4,2	4,260401	16,7736	74,37198		+	+	+	
23		1600	18	2,8	526,5	71,604	0,040447	5,6	5,640447	22,20697	93,81097		+	+	+	
24		2500	23,5	3,85	602,3925	81,92538	0,021629	7,7	7,721629	30,40078	112,3262		+	+	+	
25											Змін=	38,18343				
26											Опт. Пот. Трансформатора	St*=	100			

Рисунок 2.5 - Вибір потужності ЦТПЗ

Для ЦТП 3 оптимальним є варіант, коли потужність трансформаторів ТП складає 100 кВА. При цьому приведені затрати складатимуть 38183,43 грн.

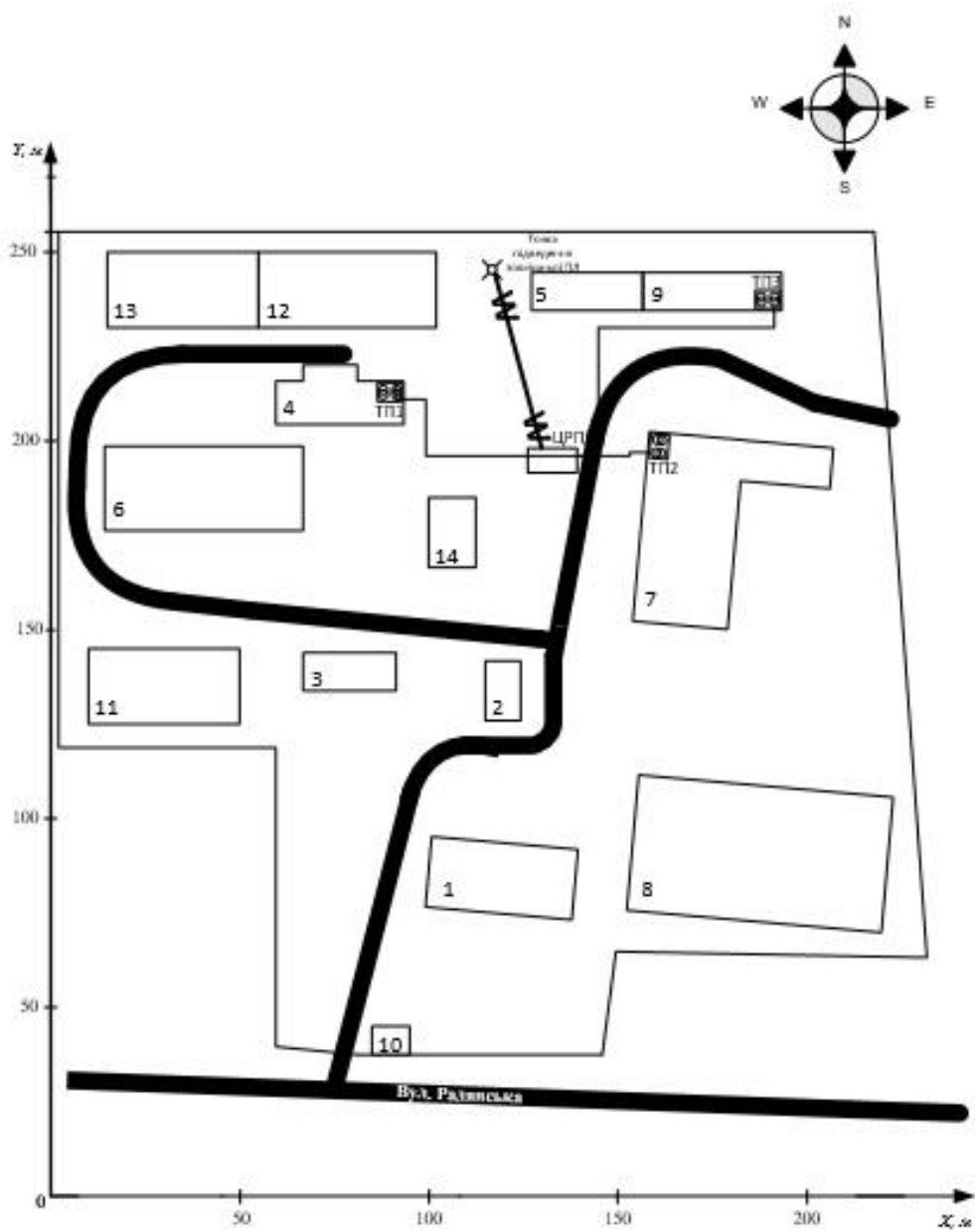


Рисунок 2.6 – Генплан підприємства

2.4.2 Техніко-економічні розрахунки схеми заводської мережі

Перед вибором зовнішньої лінії живлення потрібно розрахувати втрати потужності в трансформаторах ЦТП. По зовнішній лінії живлення буде протікати не лише потужність навантаження, а й потужність втрат в трансформаторах ЦТП. Не врахування цих втрат призведе до вибору перерізу зовнішньої лінії по заниженому навантаженню, що в свою чергу може спричинити роботу лінії живлення в недопустимих умовах [11].

Втрати активної потужності в цехових ТП розраховуються за формулою:

$$\Delta P_{TP} = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{ном.тр}} \right)^2, \quad (2.26)$$

де ΔP_{TP} - втрати активної потужності ТП, кВт;

n - кількість трансформаторів в ТП;

ΔP_{xx} - втрати холостого ходу трансформатора, кВт;

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

S_p - повне розрахункове навантаження на ТП, кВА;

$S_{ном.тр}$ - номінальна потужність трансформатора ТП.

Втрати реактивної потужності в цехових ТП розраховуються за формулою:

$$\Delta Q_{TP} = n \cdot \frac{I_{xx}}{100} \cdot S_{ном.тр} + \frac{1}{n} \cdot \frac{U_{кз}}{100} \cdot \frac{S_p^2}{S_{ном.тр}}, \quad (2.27)$$

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

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

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

Розрахунок втрат потужності в цехових ТП та опорні формули, назви діапазонів і комірок для даного розрахунку наведені на Рисунку 2.7.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1															
2	№ ТП	Sном_г, кВА	кт	dPxx, кВт	dPкз, кВт	Ixx, %	Uк, %	Pp, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА	dPтр, кВт	dQтр, кВАр	dSтр, кВА	P, кВт	Q, кВАр
3	1	250	2	0,74	4,2	2,3	4,5	296,7695	196,6587	356,0152	5,738692	22,90721	23,6151	302,5082	219,566
4	2	250	2	0,74	4,2	2,3	4,5	292,1446	244,1746	380,7489	6,350982	24,54727	25,35554	298,4956	268,7219
5	3	100	2	0,33	1,97	2,6	4,5	76,2024	75,4864	107,2614	1,793243	7,788625	7,992397	77,99564	83,27502
6	Всього							643,4338	496,0588		13,88292	55,24311	56,96083	657,3167	551,3019

Рисунок 2.7 - Розрахунок втрат потужності в цехових ТП

2.5 Розрахунок електропостачання підприємства

2.5.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання

Механічний завод знаходиться на відстані 1100 м від розподільчої підстанції «Південна» 35/10 кВ. Для того, щоб заживити ЦРП, потрібно вибрати оптимальний переріз зовнішньої лінії живлення, яка буде живити підприємство від п/ст. Оскільки підприємство знаходиться поза населеним пунктом, то живлення буде виконуватись повітряною лінією, що відповідає меншим затратам, на напрузі 10 кВ, тому що відстань від живлячої п/ст до підприємства незначна, а лінія на 35 кВ коштує значно дорожче, ніж для 10 кВ, до того ж, на нашому підприємстві встановлені споживачі малої потужності, тому лінія 35 кВ себе не окупить, її використовувати економічно недоцільно. З метою вибору оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення на листі Excel під назвою "живляча ПЛ" створюється електронна таблиця, яка містить у собі стандартні перерізи ПЛ, та допустимі для них струми. Дана таблиця буде автоматично розраховувати мінімум річних

приведених затрат в залежності від керованої змінної, якою в даній задачі є переріз ПЛ F . Показником ефективності є річні приведені затрати в зовнішню лінію живлення. За критерій оптимальності взято мінімум річних приведеніх затрат.

ПЕР з критерієм оптимальності вибору зовнішньої лінії живлення матиме вигляд[13]:

$$Z(F) = ((E_a + E_e) \cdot K_0(F) + 3 \cdot I_L \cdot r_0(F) \cdot k_L \cdot t \cdot \tau) \cdot L \rightarrow \min_{F \in X}, \quad (2.28)$$

де $Z(F)$ - річні приведені затрати в лінію живлення, залежно від перерізу ПЛ, тис. грн.;

$K_0(F)$ - вартість 1 км ПЛ перерізом F , грн/км;

$r_0(F)$ - активний опір проводу, залежно від перерізу F , Ом/км;

E_a - коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

E_e - коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

L - довжина лінії, км;

I_L - струм, що протікає в ПЛ, А;

k_L - кількість ліній ПЛЕП;

t - тариф за активну електроенергію, грн/кВт*год;

τ - число годи максимальних втрат;

X - множина всіх стандартних перерізів ПЛ.

Обмеження на керовану змінну будуть такими:

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

$$k_{\text{дон}} \cdot I_{\text{дон}}(x) \geq I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot k_L}, \quad (2.29)$$

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

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

S_p - повна потужність навантаження, кВА;

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

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

$$k_{\text{дон}} = k_{\text{сер}} \cdot k_{\text{зр}} \cdot k_{\text{нр}}, \quad (2.30)$$

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

$k_{\text{нр}}$ - коефіцієнт прокладки, враховує особливості та тип прокладки ліній. Враховуючи те, що ми прокладаємо повітряні лінії $k_{\text{нр}}=1$;

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

$$k_{\text{дон}} = 1 \cdot 1 = 1.$$

Повітряні лінії перевіряються також на стійкість до загального коронування. Згідно ПУЕ 1.3.38 на корону перевіряються ПЛ напругою 35 кВ і вище. Так як наша ПЛ прокладається на напрузі 10 кВ, перевірка на стійкість до загального коронування не виконується.

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

$$k_{\text{на}} \cdot k_{\text{дон}} \cdot I_{\text{дон}}(x) \geq k_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}} \cdot k_{\text{н.на}}, \quad (2.31)$$

де $k_{\text{на}}$ - коефіцієнт перевантаження ПЛ в післяаварійному режимі;

$k_{н.на}$ - частина навантаження, що залишилася в післяаварійному режимі;

3) Переріз ПЛ за умовою втрат напруги в нормальному режимі вибирається згідно такого виразу:

$$\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U_{\text{л}}(F) = \frac{P_p \cdot r_0(F) + Q_p \cdot x_0(F)}{k_{\text{л}} \cdot U_{\text{ном}}^2 \cdot 1000} \cdot L \cdot 100\% \quad (2.32)$$

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

$\Delta U_{\text{л}}(F)$ - фактичні втрати напруги в лінії, залежно від перерізу, %;

P_p - активна потужність навантаження, кВт;

Q_p - реактивна потужність навантаження, кВАр;

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

4) Умова допустимості втрат напруги в післяаварійному режимі:

$$\Delta U_{\text{на.доп}} \geq \Delta U_{\text{на.л}}(F), \quad (2.33)$$

де $\Delta U_{\text{на.доп}}$ - допустимі втрати напруги в лінії в післяаварійному режимі, %;

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

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

$$F \geq F_{\text{кз}}, \quad (2.34)$$

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

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

$$F_{кз} = \frac{I_{кз} \cdot \sqrt{t_n}}{C}, \quad (2.35)$$

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

t_n - приведений час к. з., с;

C - термічний коефіцієнт, $A \cdot c^{0,5}/mm^2$. Згідно ГОСТ 30323-95 Таблиці 9 для алюмінієвого провoda марки АС при допустимій температурі нагріву проводів при КЗ $200^{\circ}C$ $C=90 A \cdot c^{0,5}/mm^2$. Струм короткого замикання на стороні 10 кВ визначається за формулою (4.30):

б) Для повітряної лінії виконується перевірка на механічну міцність. Згідно ПУЕ Таблиці 2.5.15 для ПЛ до 20 кВ переріз проводів має бути більший чи рівний $F_{мех}=70 mm^2$:

$$F \geq F_{MEX}, \quad (2.36)$$

де F_{MEX} - мінімальний переріз, для якого виконується умова механічної міцності.

Електронна таблиця, яка автоматично здійснить вибір оптимального перерізу зовнішньої ПЛ представлена на Рисунку 2.9.

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R					
1	Початкові дані														R1:=kscr	Коефіцієнт середовища	1						
2	Нормальний режим														R2:=kpr	Коефіцієнт прокладки	1						
3	Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі							Kдоп=	0,87											R3:=kgr	Поправочний коефіцієнт	0,87	
4	Напруга, кВ							U=	10	H4:=U*k1										R4:=kдоп		Kдоп=	0,87
5	Довжина КЛ, км							l=	1	H5:=l*k1										kдоп1=kscr*kpr*kgr			
6	Активна розрахункова потужність, кВт							P=	303	H6:=P*k1=P*trp1													
7	Реактивна потужність, квар							Q=	219,6	H7:=Q*k1=Q*trp1													
8	Розрахунковий струм окремого кабелю, А							Iл=	10,79	H8:=I*k1													
9	Кількість кабелів							k=	2	H9:=k*k1													
10	Допустима втрата напруги в КЛ, %							ΔUдоп =	5	H10:=d*Uдоп1													
11	Аварійний режим																						
12	Струм КЗ на початку лінії, кА							Iкз =	2,74	H12:=Iкз*k1													
13	Приведений час КЗ, с							tp =	1,5	H13:=tp													
14	Тепловий коефіцієнт С, (А*с^(1/2))/мм^2							C =	90	H14:=C*tr													
15	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм^2							Fкз =	37,34	H15:=Fкз1													
16	Післяаварійний режим																						
17	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження							Kма =	1,25	H17:=kpa1													
18	Доля навантаження в післяаварійному режимі							Kма =	0,8	H18:=kpa1													
19	Допустима втрата напруги в КЛ, %							ΔUпадоп =	5	H19:=d*Uпадоп1													
20	Економічні характеристики																						
21	Питома вартість втрат							Вo =	3937,09	H21:=Вo*k1													
22	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень							Еe =	10,00%	H22:=Еe*k1													
23	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію							Еa =	4,00%	H23:=Еa*k1													

Рисунок 2.8 – Початкові дані для вибору оптимального перерізу зовнішньої ПЛ

№	F, мм^2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	dUn, %	dUpa, %	Ко, тис.грн/км	dP, кВт	K	F*K, т.грн	Вв, т.грн	З, т.грн	Доп	Kдоп*1 доп >= Iл	Kма*Kдоп >= Kма*1 л*Kл	ΔUn <= ΔUnдоп	ΔUpa <= ΔUpaдоп	F >= Fmax	F >= Fкз
27																			
28	10	2,766	0,41231	84	1,124995807	1,799993291	67,36	11,19675	74,096	9,63248	44,08267	-	недоп	+	+	+	-	-	
29	16	1,801	0,39859	111	0,77196366	1,235141856	91,8	7,290438	100,98	13,1274	28,70314	-	недоп	+	+	+	-	-	
30	25	1,176	0,38549	142	0,542038767	0,867262027	95,22	4,760442	104,742	13,61646	18,74231	-	недоп	+	+	+	-	-	
31	35	0,79	0,37314	175	0,398747338	0,637995741	99,27	3,197916	109,197	14,19561	12,59051	-	недоп	+	+	+	-	-	
32	50	0,603	0,36476	210	0,328601418	0,525762269	103,57	2,440941	113,927	14,81051	9,610214	-	недоп	+	+	+	-	-	
33	70	0,428	0,35398	265	0,262064638	0,41930842	113,51	1,732542	124,861	16,23193	6,82118	23,0531	доп	+	+	+	+	+	
34	95	0,31	0,34337	330	0,216187518	0,345900029	125,48	1,254878	138,028	17,94364	4,940574	22,8842	доп	+	+	+	+	V	
35	120	0,25	0,33593	390	0,19223918	0,307582688	134,76	1,011999	148,236	19,27068	3,984334	23,255	доп	+	+	+	+	+	
36	150	0,199	0,32965	450	0,17189701	0,275035216	156,07	0,805551	171,677	22,31801	3,17153	25,4895	доп	+	+	+	+	+	
37	185	0,158	0,32259	520	0,154934233	0,247894773	195,4	0,639583	214,94	27,9422	2,518099	30,4603	доп	+	+	+	+	+	
38	240	0,122	0,31387	605	0,139277515	0,222844024	208,45	0,493855	229,295	29,80835	1,944355	31,7527	доп	+	+	+	+	+	
39	300	0,099	0,30726	710	0,128957607	0,206332172	226,74	0,400751	249,414	32,42382	1,577796	34,0016	доп	+	+	+	+	+	
40																			
41										мін затрати		22,8842							
42										Опт. Переріз ПЛ		95							
43										Ropt=		0,31							
										Xopt=		0,34337							

Рисунок 2.9 - Вибір оптимального перерізу зовнішньої ПЛ

Проектне рішення: для зовнішньої лінії живлення на основі виконаного розрахунку в табличній формі "живляча ПЛ" доцільно вибрати повітряну лінію марки АС перерізом 95 мм², при цьому мінімальне значення приведених затрат, що залежить від КЗ, становлять 22,884 тис. грн.

Для перевірки обмеження на мінімальний переріз по струму к.з. нам потрібно розрахувати значення струму к.з. на початку лінії.

Схема заміщення для такого розрахунку зображена на Рисунку 2.10

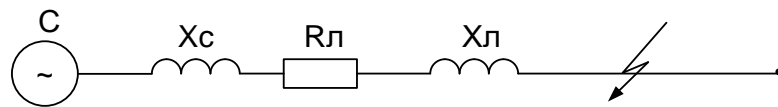


Рисунок 2.10 - Схема заміщення для розрахунку струму к.з.

Струм КЗ для зовнішньої живлячої лінії визначається за формулою:

$$I_{кз} = \frac{1,05 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot X_c} \quad (2.37)$$

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

U - напруга живлячої мережі, кВ;

X_c - опір системи, Ом.

X_c визначається наступним чином:

$$X_c = \frac{(0,95 \cdot U)^2}{S_{кз}}, \quad (2.38)$$

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

Струм КЗ для розподільчих ліній визначається за формулою:

$$I_{кз} = \frac{1,05 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_{кз}} \quad (2.39)$$

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

$$Z = \sqrt{R_l^2 + (X_l + X_c)^2}, \quad (2.40)$$

де R_l - активний опір лінії живлення, Ом;

X_L - реактивний опір лінії живлення, Ом;

Таблична форма та формули для розрахунків струмів КЗ наведені на Рисунок 2.11.

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Розрахунок струмів КЗ								
2									
3	Дані системи								
4	Напруга, кВ				U= 10		F4:=Ukz		
5	Потужність коротко замикання, МВА				Sкз = 50		F5:=S_kz		
6	Опір системи, Ом				Xc = 1,805		F6:=Xc		
7	Струм КЗ для ЗЛЖ, кА				Iкз = 3,359		F7:=Ikz		
8									
9	Довжина ПЛ, км				L= 1,1		F9:=Lkz		
10	Переріз ПЛ, мм ²				F= 95		F10:=Fkz		
11	Активний опір ПЛ, Ом				Rл = 0,341		F11:=Rkz		
12	Реактивний опір ПЛ, Ом				Xл = 0,378		F12:=Xkz		
13	Результат								
14	Сумарний повний опір, Ом				Z= 2,209		F14:=Zkz		
15	Струм КЗ для розподільчих ліній, кА				Iкз= 2,74		F15:=Ikzr		
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

Рисунок 2.11 - Розрахунок струмів короткого замикання

2.5.2 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

На стороні 10 кВ вибрано вакуумні вимикачі ВРС-10-20/630 У2. Номінальний струм вимикачів $I_{ном.в} = 630$ А для всіх приєднань. Власний час відключення вимикача 0,055 с. Для встановлення на стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі ВРС-10-20/630 У2. Номінальний струм вимикачів $I_{ном.в} = 630$ А для всіх приєднань.

Складемо математичну модель вибору оптимальних перерізів КЛ 10 кВ [4].

Керована змінна: переріз КЛ (мм²).

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

ПЕР – річні приведені затрати.

$$\left\{ \begin{array}{l} 3(F) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(F) + 3 \cdot I_n^2 \cdot r_0(F) \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \cdot k_n \rightarrow \min_{F \in X} \\ k_{\text{доп}} \cdot I_{\text{доп}}(F) \geq I_n \\ k_{na} \cdot I_{\text{доп}}(F) \geq I_n \cdot k_n \cdot k_{na} \\ \Delta U_n(F) \leq \Delta U_{\text{доп}} \\ \Delta U_{na}(F) \leq \Delta U_{\text{доп}} \\ F \geq F_{кз} \\ F \in X \end{array} \right. \quad (2.41)$$

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

I_n – струм однієї лінії;

$I_{\text{доп}}(F)$ – допустимий струм за ПУЕ по перерізу ([5] §1.3.13–§1.3.18);

$K_{\text{доп}}(F)$ - коефіцієнт допустимого навантаження ([5] §1.3.22);

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

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

$\Delta U_{\text{доп}}$ – допустимі втрати напруги ([12] А.4.7);

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

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

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

C – тепловий коефіцієнт $\frac{A \cdot \sqrt{c}}{\text{мм}^2}$ ([8], для кабелів 10кВ з АЛ жилами = 90).

Для вибору оптимального перерізу КЛ повинні виконуватися всі ті ж умови, що і для ПЛ, крім перевірки на механічну міцність.

Відрізняться при виборі КЛ від вибору ПЛ (підрозділ 4.5) будуть такі коефіцієнти як $k_{сер}$ - коефіцієнт середовища (ПУЕ, табл. 1.3.10). Так як поправка на температуру землі не вказана $k_{сер} = 1$.

Коефіцієнт прокладки $k_{np}=0,92$ (ПУЕ Таблиця 1.3.28) для КЛ, які підходять до ТП1 в одній траншеї по два кабеля, $k_{np}=0,92$ для ТП2 та ТП3, оскільки в траншеях до ТП2 та ТП3 буде прокладено теж по 2 кабеля.

Коефіцієнт, що враховує особливості прокладки та ґрунту $k_{zp}=1,05$ згідно ПУЕ Таблиця 1.3.26 для піщано-глинистого ґрунту вологістю 6% (задано в індивідуальному завданні).

Коефіцієнт перевантаження в післяаварійному режимі $k_{па}=1,25$ згідно ПУЕ Таблиця 1.3.32. Коефіцієнт попереднього навантаження 0,6, бо відношення $I_{л}/(I_{доп}k_{доп})=0,16$, що ближче до 0,6; вид прокладки – в землі, допустиме перевантаження триває 6 год.

Таблична форма під назвою "КЛ1-ТП1" для автоматизованого вибору оптимального перерізу КЛ до ТП1 представлена на Рисунку 2.12.

Таблична форма під назвою "КЛ-ТП2" для автоматизованого вибору оптимального перерізу КЛ до ТП2 представлена на Рисунку 2.13.

Таблична форма під назвою "КЛ-ТП3" для автоматизованого вибору оптимального перерізу КЛ до ТП3 представлена на Рисунку 2.14.

Проектне рішення: для ЦТП1, ЦТП2 та ЦТП3 доцільно вибрати кабелі марки ААБ, перерізом 50м^2 , при цьому питомі затрати на 1 км довжини складуть: для ЦТП1 – 24969 для ЦТП2 – 25225 та для ЦТП3 – 23422.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Початкові дані														R1:=kser	Коефіцієнт середовища	1			
2	Нормальний режим														R2:=kpr	Коефіцієнт прокладки	1			
3	Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. реж														Kдоп=	0,87				
4	Напряга, кВ														U=	10	H4:=U*kI3			
5	Довжина КЛ, км														l=	1	H5:=l*kI3			
6	Активна розрахункова потужність, кВт														P=	78	H6:=P*kI3=Pr*tr3			
7	Реактивна потужність, квар														Q=	83	H7:=Q*kI3=Q*tr3			
8	Розрахунковий струм окремого кабелю, А														Iл=	3,29	H8:=I*kI3			
9	Кількість кабелів														k=	2	H9:=k*kI3			
10	Допустима втрата напруги в КЛ, %														ΔUдоп =	5	H10:=dUдоp3			
11	Аварійний режим																			
12	Струм КЗ на початку лінії, кА														Iкз =	2,74	H12:=I*kz*kI3			
13	Приведений час КЗ, с														tp =	1,5	H13:=tp			
14	Тепловий коефіцієнт C, (A*c^(1/2))/мм^2														C =	90	H14:=C*tr			
15	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм^2														Fкз =	37,34	H15:=F*kz3			
16	Післяаварійний режим																			
17	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження														Kпа =	1,25	H17:=kpa3			
18	Доля навантаження в післяаварійному режимі														Kпаа =	0,8	H18:=kpa3			
19	Допустима втрата напруги в КЛ, %														ΔUпадоп =	5	H19:=dUпадоp3			
20	Економічні характеристики																			
21	Питома вартість втрат														Вв =	3937,09	H21:=Bv*kI3			
22	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень														Ев =	10,00%	H22:=E*kI3			
23	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію														Еа =	4,00%	H22:=E*kI3			
24																				
		F,	Ro,	Xo,	Iдоп,	Ko,	dUn,	dUпа,	dP,	K,	Е*К,	Вв,	З,	Доп,	Kдоп*	Кпа*	ΔUн <=	ΔUпа <=	F >=	V
		мм^2	Ом/км	Ом/км	А	грн/км	%	%	кВт	грн.	грн.	грн.	грн.		доп >=	Кпа*Кр	ΔUндоп	ΔUпадоп	Fкз	
26		10	3,1	0,122	0	21,461	0,126	0,2015568	0,20178	42,921	6,0089	0,7944	---	НЕДОП	---	---	+	+	---	
27		16	1,94	0,113	75	31,012	0,0804	0,1285773	0,12628	62,024	8,6833	0,4972	---	НЕДОП	+	+	+	+	---	
28		25	1,24	0,099	90	44,669	0,0525	0,0839671	0,08071	89,339	12,507	0,3178	---	НЕДОП	+	+	+	+	---	
29		35	0,89	0,095	115	58,394	0,0387	0,0618618	0,05793	116,79	16,35	0,2281	---	НЕДОП	+	+	+	+	---	
30		50	0,62	0,09	140	83,084	0,0279	0,0446816	0,04036	166,17	23,263	0,1589	23,4222652	ДОП	+	+	+	+	+	V
31		70	0,443	0,086	165	113,63	0,0209	0,033371	0,02883	227,25	31,816	0,1135	31,929156	ДОП	+	+	+	+	+	
32		95	0,326	0,083	205	147,26	0,0162	0,0258707	0,02122	294,53	41,234	0,0835	41,3176729	ДОП	+	+	+	+	+	
33		120	0,258	0,081	240	186,35	0,0134	0,0214945	0,01679	372,7	52,178	0,0661	52,2446067	ДОП	+	+	+	+	+	
34		150	0,206	0,079	275	229,75	0,0113	0,0181167	0,01341	459,49	64,329	0,0528	64,3814609	ДОП	+	+	+	+	+	
35		185	0,167	0,077	310	309,33	0,0097	0,01555	0,01087	618,66	86,612	0,0428	86,6551965	ДОП	+	+	+	+	+	
36		240	0,129	0,075	355	429,01	0,0082	0,0130457	0,00984	858,02	120,12	0,0331	120,156418	ДОП	+	+	+	+	+	
37													Мінімальні затрати на КЛ1	23,4222652						
38													Оптимальний переріз КЛ1	50						

Рисунок 2.14 - Таблична форма для автоматизованого вибору КЛ від ЦРП до ТПЗ

Проектне рішення: для ЦТП1, ЦТП2 та ЦТП3 доцільно вибрати кабелі марки ААБ, перерізом 50мм², при цьому питомі затрати на 1 км довжини складуть: для ЦТП1 – 24969 для ЦТП2 – 25225 та для ЦТП3 – 23422.

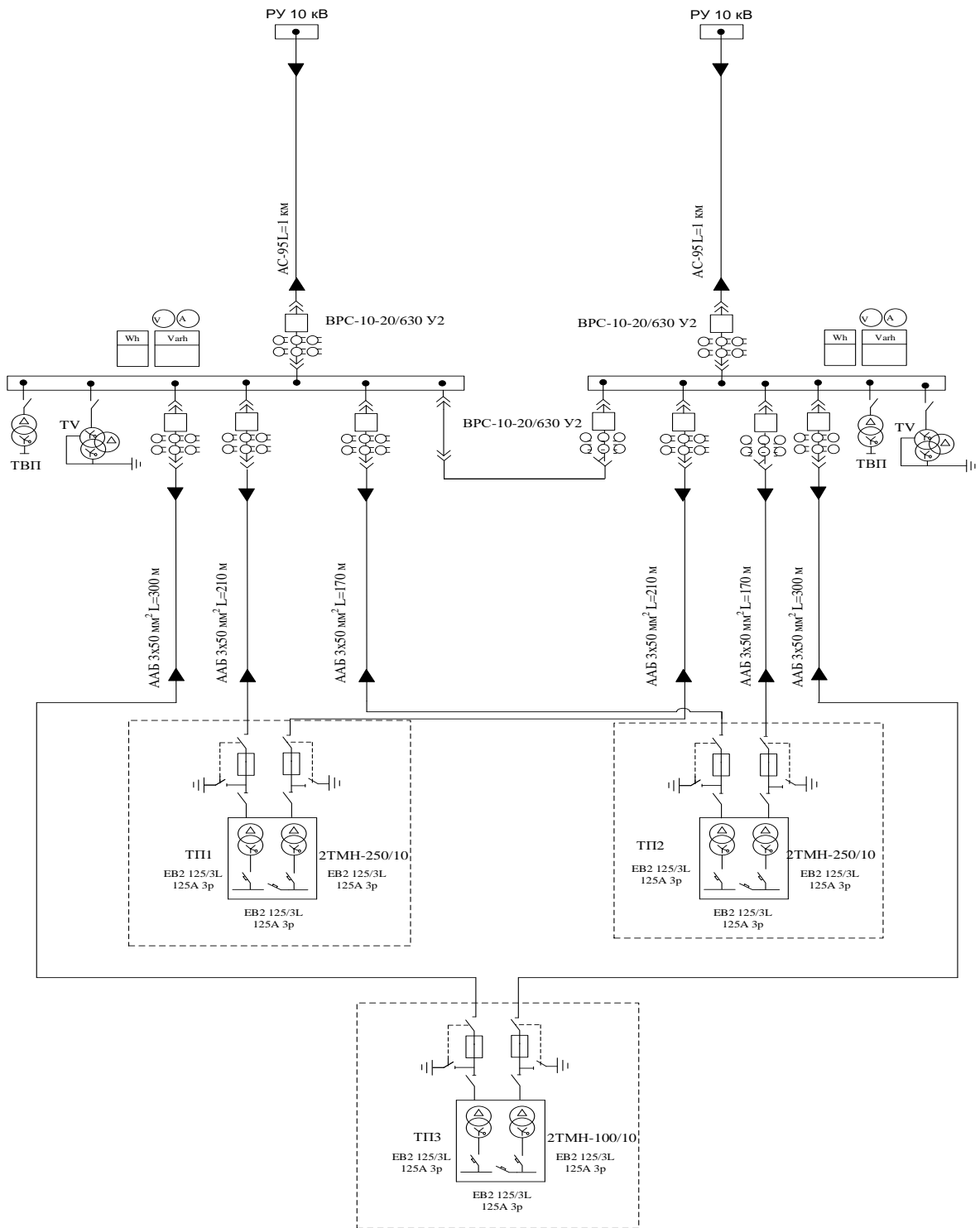


Рисунок 2.15 - Однолінійна схема електропостачання підприємства

2.6.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою 1000 В і перевірка прийнятих рішень

Розрахунок струмів короткого замикання виконується з метою перевірки вибраних вимикачів і провідників. Проведемо розрахунок КЗ для перевірки живлячої лінії.

Складаємо схему заміщення (рисунок 2.17).

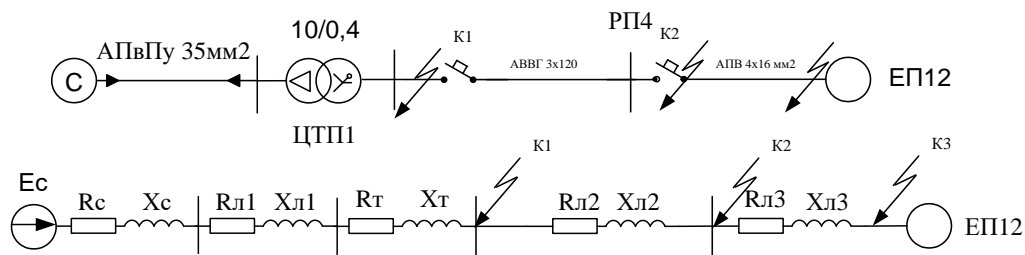


Рисунок 2.17 – Розрахункова схема і схема заміщення системи електропостачання

Знаходимо номінальний коефіцієнт трансформації:

$$t_{\Gamma} = \frac{U_{BH}}{U_{HH}} = \frac{10}{0,4} = 25 \quad (2.50)$$

Якщо трансформатор отримує живлення середньою або високою напругою, то енергопостачальна компанія повинна вказувати характеристики підстанції з якої здійснюється живлення, $I_K^{\ddot{}} = 10 \text{ кА}$

Визначаємо опір системи:

$$Z_c = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_K^{\ddot{}}} \cdot \frac{1}{t_{\Gamma}^2} = \frac{1,1 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 10} \cdot \frac{1}{25^2} = 1,016 \quad (\text{МОм}). \quad (2.51)$$

де С - коефіцієнт напруги;

U_n — номінальна напруга системи в точці з'єднання з мережею;

Γ_k'' — початкова сила струму КЗ.

Оскільки живлення здійснюється на напрузі 10 кВ то активний і реактивний опір системи знаходиться:

$$X_c = 0,955 \cdot Z_c = 0,955 \cdot 1,016 = 0,97 \text{ мОм}$$

$$R_c = 0,1 \cdot X_c = 0,1 \cdot 0,97 = 0,097 \text{ мОм}$$

Оскільки підприємство живиться через КЛ 10 кВ при розрахунку кз на стороні 0,4 кВ то їх опір потрібно привести до сторони 0,4 кВ. Знаходимо опори лінії 1:

$$R_{L1} = r_{num} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_2^2} = 1,1 \cdot 1000 \cdot \frac{1}{25^2} = 1,76 \text{ мОм} \quad (2.52)$$

$$X_{L1} = x_{num} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_2^2} = 0,068 \cdot 1000 \cdot \frac{1}{25^2} = 0,11 \text{ (мОм)}.$$

Опори інших ліній:

$$R_{L2} = r_{num} \cdot L_2 = 0,769 \cdot 170 = 46,14 \text{ (мОм)};$$

$$X_{L2} = x_{num} \cdot L_2 = 0,066 \cdot 170 = 3,96 \text{ (мОм)};$$

$$R_{L3} = r_{num} \cdot L_3 = 2,4 \cdot 2 = 2,8 \text{ (мОм)};$$

$$X_{L3} = x_{num} \cdot L_3 = 0,084 \cdot 2 = 0,168 \text{ (мОм)}.$$

Визначаємо опір трансформатора:

$$Z_T = \frac{U_{K\%}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_T} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{0,4^2}{630} = 13,9 \text{ (мОм)};$$

$$U_{ka} = \frac{P_k}{S_T} \cdot 100 = \frac{8,4}{630} \cdot 100 = 1,33$$

$$R_T = \frac{U_{ka}}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_T} = \frac{1,33}{100} \cdot \frac{0,4^2}{630} = 3,3 \text{ (мОм)};$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{13,9^2 - 3,3^2} = 13,5 \text{ (мОм)}.$$

Знаходимо струми кз:

$$I_{кз}^{(3)} = \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot U_n}{Z_\Sigma} \quad (2.53)$$

Знайдемо струм для трифазного та однофазного КЗ т. 3:

$$Z_\Sigma = (R_c + R_{L1} + R_T + R_{L2} + R_{L3}) + j(X_c + X_{L1} + X_{L2} + X_T + X_{L3})$$

$$Z_\Sigma = (0,97 + 1,76 + 3,3 + 46,14 + 2,8) + j(0,097 + 0,11 + 13,5 + 3,96 + 0,168)$$

$$Z_\Sigma = 213 + j180 \text{ (мОм)};$$

$$I_{кз3}^{(3)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot 380}{0,212} = 3,3 \text{ (кА)};$$

$$I_{кз3}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot U_n}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,95 \cdot 380}{0,295} = 1,44 \text{ (кА)}.$$

Оскільки точка кз віддалена від генератора то $Z_\Sigma = Z_1 = Z_2$. Z_0 – вибирається з додатку, $Z_0 = 93$ мОм.

КЗ в точці 2:

$$I_{кз2}^{(3)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot 380}{0,168} = 4,84 \text{ (кА)};$$

$$I_{кз2}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot U_n}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,95 \cdot 380}{0,213} = 3,1 \text{ (кА)}.$$

Перевіримо чи виконується умова чутливості захисту за умовою:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_{к.мін}^{(1)}}{3}$$

Для точки К2:

$$320 \text{ A} \leq \frac{3100}{3} = 333 \text{ (A)}.$$

Для точки К3:

$$300 \text{ A} \leq \frac{1440}{3} = 412 \text{ (A)}.$$

Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів виконуються.

Селективність автоматичних вимикачів перевіряємо за умовами:

$$\begin{cases} I_{c.B1} > (1,3..1,5)I_{c.B2}, \\ t_{c.B1} > t_{c.B2} + \Delta t. \end{cases}$$

Виконаємо перевірку на селективність для вимикачів, що захищають лінії ТП1 – РП2 та РП2 – ЕП14.

$$\begin{cases} I_{c.B1} = 300 \text{ (A)} > (1,3..1,5) \cdot 80 = 104 \div 120 \text{ (A)}, \\ t_{c.B1} = t_{c.B2} + \Delta t = 0,015 + 0,1 = 0,115 \text{ (с)}. \end{cases}$$

Умови селективності виконуються.

Побудуємо карту селективності дії захисту. Зображено на рисунку 2.17.

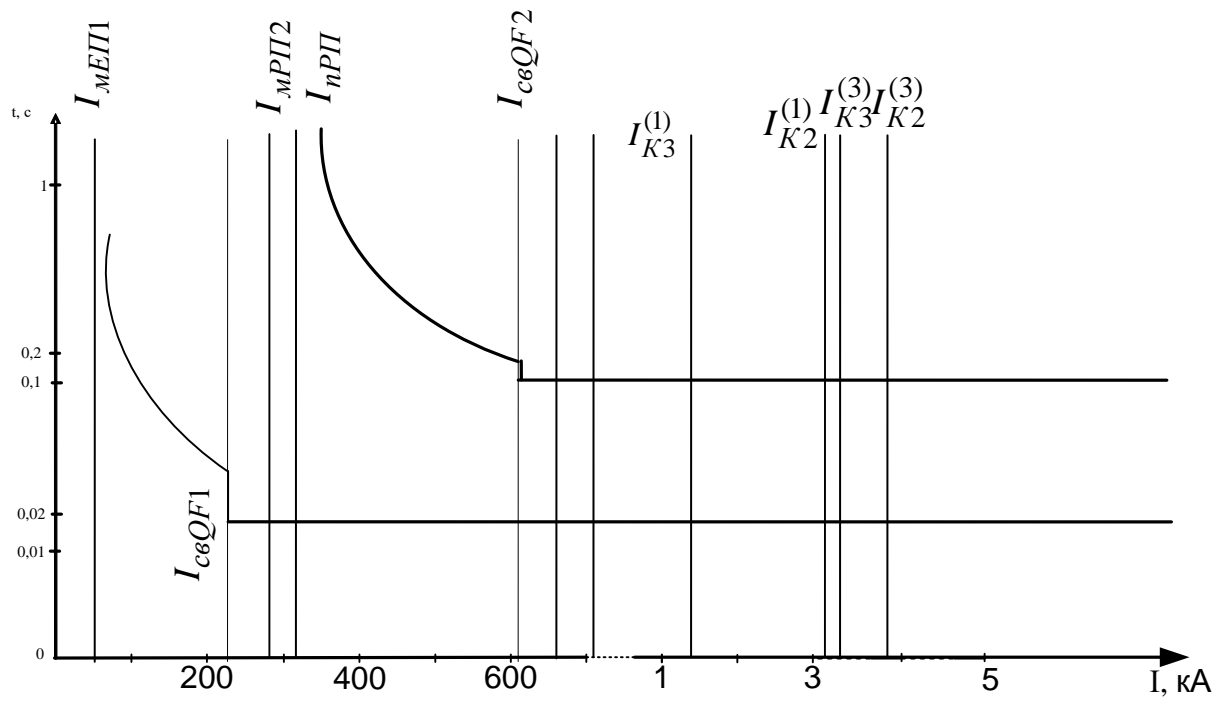


Рисунок 2.18 – Карта селективності дії захисту

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РЕЖИМОМ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ІНДУКЦІЙНОЇ ПЕЧІ

Проблемою ефективності роботи вітчизняних систем автоматичного керування силовими трансформаторами, які живлять індукційні печі - є ускладнене узгодження сигналів, які формуються локальними автоматичними регуляторами напруги, централізовано з допомогою програмованих логічних контролерів чи децентралізованих структур з послідовністю функціонування сучасних пристроїв РПН. В міру зношення пристроїв РПН експлуатаційні служби змушені їх поступово замінювати на нові, більш надійні та досконалі за зношені, але їх конструкція вимагає вдосконалення і існуючих законів регулювання напруги та засобів для їх реалізації.

3.1 Вибір закону регулювання напруги

“Першим кроком до врахування відмінностей в алгоритмах перемикачів звичайного та вакуумного пристрою РПН є врахування миттєвого значення струму в короткозамкненій секції трансформатора, яка виявляється кожен раз при проміжному положенні перемикача відгалужень: виборець знаходиться на відгалуженні N , а передвиборець – на відгалуженні $N+1$ (або -1). Закон регулювання напруги, доповнимо змінною миттєвого значення струму комутованої секції $i_k(t)$

$$u(t) = K_1 \cdot ((U(t) - U_y) - K_2(I(t) - I_{\min}));$$

$$K_m = \begin{cases} \frac{U_{i+1}}{U_{н.н}}, & \text{якщо} \begin{cases} u(t) \leq u_{н.з}; \\ u(t - \tau_3) \leq u_{н.з}; \\ \frac{dU_{оз}}{dt} \leq 0; i_k(t) = 0; \end{cases} \\ \frac{U_i}{U_{н.н}}, & \text{якщо } u_{н.з} < u(t) < u_{в.з}; \\ \frac{U_{i-1}}{U_{н.н}}, & \text{якщо} \begin{cases} u(t) \geq u_{в.з}; \\ u(t - \tau_3) \geq u_{в.з}; \\ \frac{dU_{оз}}{dt} \geq 0; i_k(t) = 0; \end{cases} \end{cases}, \quad (3.1)$$

де K_m – коефіцієнт трансформації трансформатора з РПН; $u(t)$ – приведена напруга на шинах підстанції з урахуванням струмової компенсації; $u_{н.з}$, $u_{в.з}$ – нижня і верхня границі зони нечутливості, які задаються з умов надійності; U_y – уставка регулятора, яка відповідає номінальній напрузі $U_{ном}$ на шинах підстанції; $U(t)$ – поточне значення цієї напруги; I_{\min} – струм, що знімається з шин підстанції в режимі мінімуму навантаження; $I(t)$ – поточне значення цього струму; $U_{н.н}$ – напруга на шинах низької напруги трансформатора; U_i – напруга, що індукується в обмотці високої напруги трансформатора при підключенні i -го відгалуження; K_1 – коефіцієнт, який характеризує чутливість регулятора; K_2 – коефіцієнт, який визначає нахил характеристики зустрічного регулювання; τ_3 – час затримки сигналу; $dU_{оз}/dt$ – похідна огинаючої контрольованої напруги; $\Delta U = u_{в.з} - U_{ном} = U_{ном} - u_{н.з}$; $u_{в.з1}$, $u_{н.з1}$ – верхня і нижня границі зони нечутливості, обумовленої якістю регулювання напруги.

Стани вакуумного пристрою РПН, які відповідають послідовності перемикання в напрямку «Збільшити» номер відгалуження наведено на рис. 3.1.

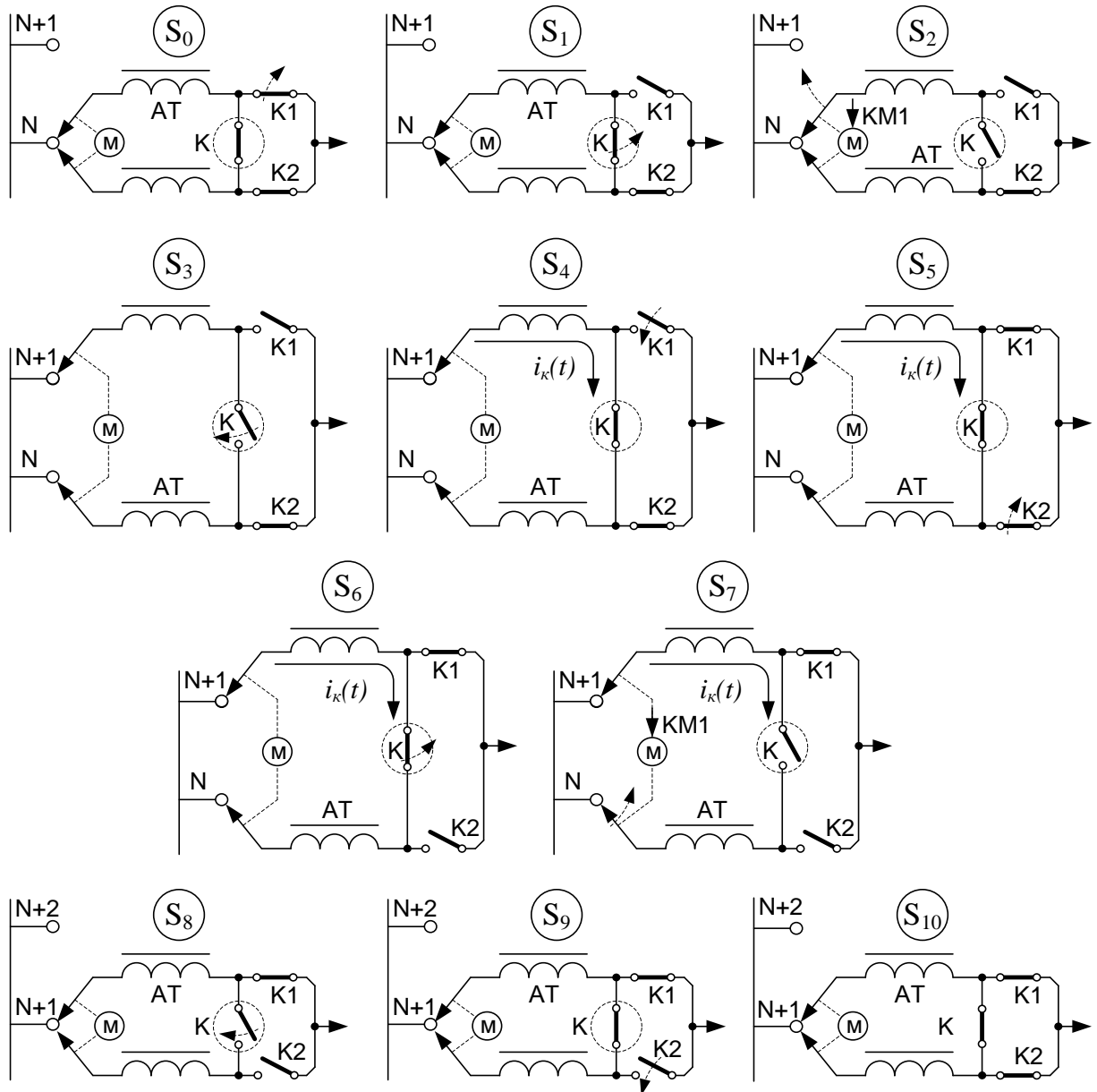


Рисунок 3.1 – Стани вакуумного пристрою РПН при переході на регульовальне відгалуження N+1 в напрямку «Збільшити»

При переході на регульовальне відгалуження в напрямку «Зменшити» та номер N-1 пристрій переходить через стани $S_{10} - S_1$ у зворотньому напрямку, однак на систему при переході передвиборця та виборця на сусіднє відгалуження діє інший сигнал, який повинен поступати від іншої котушки реверсивного пускача електроприводу KM2. Тому стани пристрою при проведенні перемикання в зворотньому напрямку не можна вважати ідентичними до наведених. Таким чином, вся послідовність перемикань вакуумним пристроєм РПН описується 21 станом (1

статичний та 20 перехідних) – від S_0 до S_{20} . Для опису всіх станів системи достатньо використати 8 тригерів, що запам'ятовуватимуть переходи між сусідніми станами. Така кількість обумовлена тим, що ряд переходів між станами, що супроводжуються спрацюванням контакторів K , $K1$ та $K2$ при ініціації перемикачів, здійснюються з часовою затримкою τ , необхідною для закінчення електричних перехідних процесів в колах превентивних автотрансформаторів АТ. Інший ряд переходів здійснюється без часової затримки. Такими є переходи від стану S_3 до S_4 та від S_8 до S_9 (відключення приводу по спрацюванні кінцевого вимикача положення виборця на вибраному відгалуженні ($N1$ – передвиборець, $N2$ – виборець) та одночасне замикаччя вакуумного перемикача K). Позначимо сигнали «Збільшити» та «Зменшити» автоматичного регулятора відповідно U та D , а сигнал нульового миттєвого значення струму $i_k(t) - I_k$. Структурна схема виконавчого тракту САК трансформатором, яка функціонуватиме у відповідності до закону керування (3.1) з врахуванням зазначених станів та сигналів, наведена на рис. 3.2.

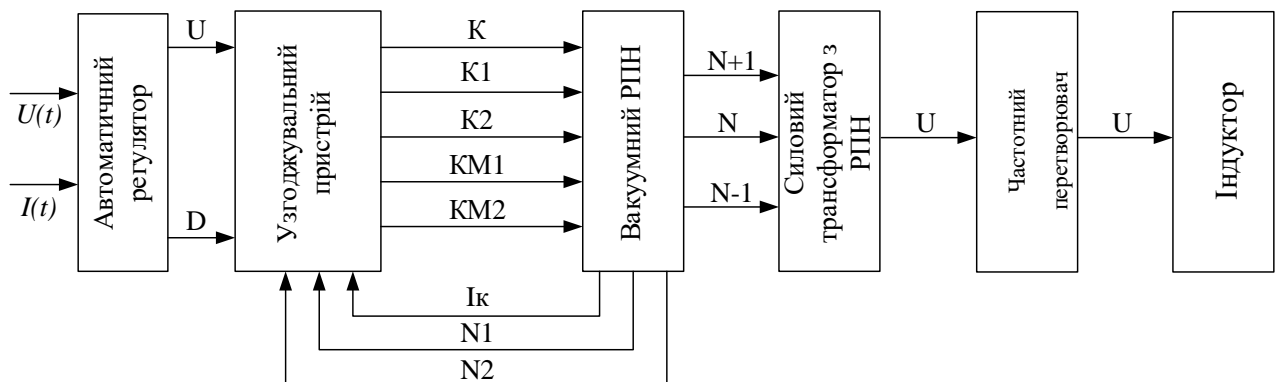


Рисунок 3.2 – Структурна схема виконавчого тракту САК трансформатором з вакуумним пристроєм РПН

Наведена на рис. 3.2 працює відповідно до зазначених станів та зручно описуватиметься системою секвенцій.

$$\left\{ \begin{array}{ll}
 S_{10} \vee S_{20} \vee (\overline{U} \wedge \overline{D}) \mapsto S_0; & S_{17} \cdot \tau \mapsto S_{18}; \\
 U \mapsto S_1; & S_{18} \cdot \lrcorner N1 \mapsto S_{19}; \\
 Ik \cdot S_1 \cdot \tau \mapsto S_2; & S_{19} \cdot \tau \mapsto S_{20}; \\
 S_2 \cdot \tau \mapsto S_3; & S_3 \vee S_8 \mapsto KM1; \\
 S_3 \cdot \lrcorner N1 \mapsto S_4; & S_{13} \vee S_{18} \mapsto KM2; \\
 S_4 \cdot \tau \mapsto S_5; & S_{13} \cdot \lrcorner N2 \mapsto S_{14}; \\
 \overline{S}_5 \lrcorner \mapsto S_6; & S_{14} \cdot \tau \mapsto S_{15}; \\
 Ik \cdot S_6 \cdot \tau \mapsto S_7; & \overline{S}_{15} \lrcorner \mapsto S_{16}; \\
 S_7 \cdot \tau \mapsto S_8; & Ik \cdot S_{16} \cdot \tau \mapsto S_{17}; \\
 S_8 \cdot \lrcorner N2 \mapsto S_9; & S_1 \vee S_4 \vee S_{16} \vee S_{19} \mapsto K1; \\
 S_9 \cdot \tau \mapsto S_{10}; & S_6 \vee S_9 \vee S_{11} \vee S_{14} \mapsto K2; \\
 D \mapsto S_{11}; & S_2 \vee S_{12} \vee S_3 \vee S_{13} \mapsto K \\
 Ik \cdot S_{11} \cdot \tau \mapsto S_{12}; & S_7 \vee S_{17} \vee S_8 \vee S_{18} \mapsto K. \\
 S_{12} \cdot \tau \mapsto S_{13}; &
 \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l}
 S_{17} \cdot \tau \mapsto S_{18}; \\
 S_{18} \cdot \lrcorner N1 \mapsto S_{19}; \\
 S_{19} \cdot \tau \mapsto S_{20}; \\
 S_3 \vee S_8 \mapsto KM1; \\
 S_{13} \vee S_{18} \mapsto KM2; \\
 S_1 \vee S_4 \vee S_{16} \vee S_{19} \mapsto K1; \\
 S_6 \vee S_9 \vee S_{11} \vee S_{14} \mapsto K2; \\
 \left. \begin{array}{l}
 S_2 \vee S_{12} \vee S_3 \vee S_{13} \vee \\
 \vee S_7 \vee S_{17} \vee S_8 \vee S_{18}
 \end{array} \right\} \mapsto K.
 \end{array} \right. \quad (3.2)$$

Зазначеним рівнянням станів відповідає система рівнянь для 8 тригерів (елементів пам'яті), які запам'ятовують відповідні стани.

$$\left\{ \begin{array}{ll}
S_0 \in \bar{T}_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{11} \in \bar{T}_1 T_2 \bar{T}_3 T_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; \\
S_1 \in T_1 \bar{T}_2 T_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{12} \in \bar{T}_1 T_2 \bar{T}_3 T_4 \bar{T}_5 T_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; \\
S_2 \in T_1 \bar{T}_2 T_3 \bar{T}_4 T_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{13} \in \bar{T}_1 T_2 \bar{T}_3 T_4 \bar{T}_5 T_6 \bar{T}_7 T_8; \\
S_3 \in T_1 \bar{T}_2 T_3 \bar{T}_4 T_5 \bar{T}_6 T_7 \bar{T}_8; & S_{14} \in \bar{T}_1 T_2 \bar{T}_3 T_4 T_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; \\
S_4 \in T_1 \bar{T}_2 T_3 \bar{T}_4 T_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{15} \in \bar{T}_1 T_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 T_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; \\
S_5 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 T_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{16} \in \bar{T}_1 T_2 T_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; \\
S_6 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 T_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{17} \in \bar{T}_1 T_2 T_3 \bar{T}_4 T_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; \\
S_7 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 T_4 T_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{18} \in \bar{T}_1 T_2 T_3 \bar{T}_4 T_5 \bar{T}_6 T_7 \bar{T}_8; \\
S_8 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 T_4 T_5 T_6 \bar{T}_7 T_8; & S_{19} \in \bar{T}_1 T_2 T_3 \bar{T}_4 T_5 \bar{T}_6 T_7 \bar{T}_8; \\
S_9 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 T_4 T_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; & S_{20} \in \bar{T}_1 T_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 T_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8. \\
S_{10} \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8; &
\end{array} \right. \quad (3.3)$$

Після підстановки (3.3) в систему секвенцій (3.2) та спрощення виразів отримуємо систему рівнянь, які описують структуру узгоджувального пристрою, складеного з кінцевих автоматів”. [16].

$$\left\{ \begin{array}{ll}
U \mapsto T_1; & N2 \mapsto \bar{T}_6; \\
D \mapsto \bar{T}_1; & T_5 \cdot \tau \mapsto T_7; \\
D \mapsto T_2; & N1 \mapsto \bar{T}_7; \\
U \mapsto \bar{T}_2; & T_6 \cdot \tau \mapsto T_8; \\
U \vee \bar{T}_4 \lfloor \mapsto T_3; & N2 \mapsto \bar{T}_8; \\
N1 \cdot \tau \mapsto \bar{T}_3; & T_3 \mapsto K1; \\
D \vee \bar{T}_4 \lfloor \mapsto T_4; & T_4 \mapsto K2; \\
N2 \cdot \tau \mapsto \bar{T}_4; & (T_5 \oplus T_6) \wedge I_k \mapsto K; \\
T_3 \cdot \tau \mapsto T_5; & (T_7 \oplus T_8) \wedge T_1 \mapsto KM1; \\
N1 \mapsto \bar{T}_5; & (T_7 \oplus T_8) \wedge T_2 \mapsto KM2. \\
T_4 \cdot \tau \mapsto T_6; &
\end{array} \right. \quad (3.4)$$

3.2 Програма системи керування

“Програма, яка реалізовує систему рівнянь узгоджувального пристрою для перемикання відгалужень вакуумним РПН, написана на мові програмування FBD стандарту МЕК 611-31(3) наведена на рис. 3.3.

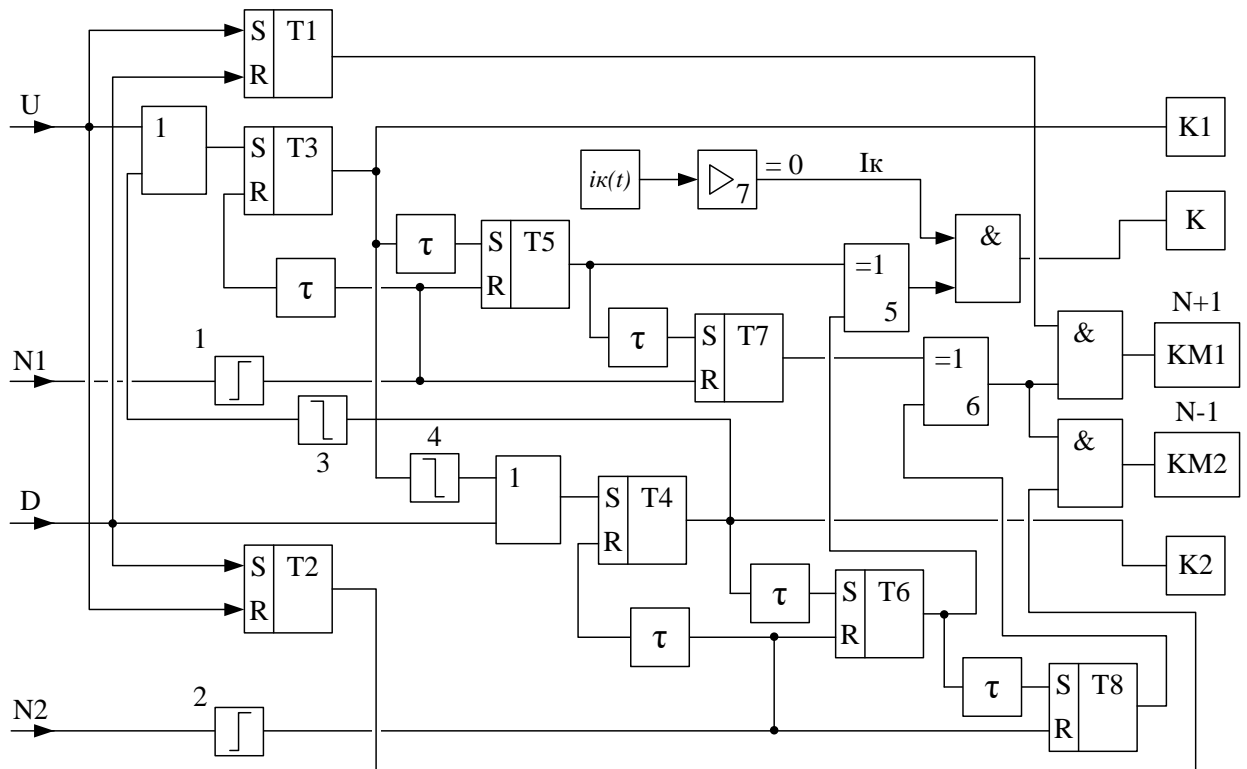


Рисунок 3.3 – Програма системи керування вакуумними РПН

Розглянемо роботу програми на рис. 3.3 відповідно до послідовності перемикання в напрямку «Збільшити». Імпульсний сигнал U встановлює тригери T_1 та T_3 . Тригером T_3 подається сигнал на розмикання контактора $K1$, а сигналом з тригера T_1 відкривається логічний елемент I , який готує канал до вмикання пускача $KM1$ для переміщення електроприводом контактів виборця заданого відгалуження. Через час, який встановлюється витримкою τ , встановлюється тригер T_5 . Сигнал тригера T_5 через логічний елемент виключного АБО подається на контактор вакуумного перемикача, який розімкнеться одразу, оскільки струм між обмотками превентивних автотрансформаторів АТ в даному стані рівний нулю.

Після встановлення тригера T_5 та розмикання вакуумного перемикача K з витримкою часу встановлюється тригер T_7 , сигнал з якого через логічний елемент виключного АБО подається в відкритий тригером T_1 канал вмикання приводу $KM1$ для переміщення виборця на наступне відгалуження $N+1$. Після переміщення виборця на задане відгалуження спрацьовує кінцевий вимикач досягнення заданого положення виборцем і подає сигнал $N1$ в пристрій управління. Передній фронт

цього сигналу фіксується одинівбратором 1, який формує імпульс з тривалістю, близькою до $1,5 \cdot t$. Тривалості цього імпульсу достатньо для скиду тригерів T_7 та T_5 , а також з витримкою часу T_3 . При скиді тригерів припиняється переміщення валу РПН, замикається коло вакуумного перемикача К, через який починає протікати струм короткозамкненої секції $i_k(t)$.

Скид тригера T_3 приводить до замикання контактора К1 і встановлення тригера T_4 за допомогою одинівбратора 4 з інверсією на вході. Тригером T_4 подається сигнал К2 на розімкнення байпасного контактора К2 та сигнал на встановлення з витримкою часу тригерів T_6 та T_8 . Послідовність встановлення та скиду тригерів T_6 , T_8 така ж, як і в тригерів T_5 та T_7 . Тригер T_6 , як і тригер T_5 , відповідає за стан сигналу на комутацію вакуумного перемикача К, однак одночасна подача сигналів блокується елементом «виключне АБО» 5. При встановленні тригеру T_6 вакуумним перемикачем К мусить бути розімкнений струм в короткозамкненій секції, тому момент подачі сигналу на розмикання синхронізується з миттєвим значенням струму, що повинен в момент розімкнення бути рівним 0. Цей момент встановлюється за допомогою нуля-компаратора 7, миттєве значення струму вимірюється за допомогою сенсора струму на ефекті Холла.

Після розмикання обох контакторів К2 та К тригером T_8 подається сигнал на чергове вмикання пускача приводу переміщення валу РПН КМ1, який переводить другий виборець на задане відгалуження. Після досягнення другим виборцем заданого відгалуження спрацьовує кінцевий вимикач, подаючи сигнал N2 в схему пристрою, тригери T_8 , T_6 та T_4 повертаються у вихідний стан. При цьому в силовій схемі відбувається зупинка приводу шляхом відключення пускача КМ1, замикання вакуумного перемикача К та байпасного контактора К2. По завершенні комутацій схема переходить у вихідний стан S_0 ». [16].

4 РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ ПРИ ПРИЙНЯТТІ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ

Собівартість продукції – це основний якісний показник роботи підприємства. Це грошова форма витрат на підготовку її виробництва, виготовлення і збут. Відображаючи рівень витрат на виробництво, собівартість комплексно характеризує ступінь використання усіх ресурсів підприємства, а значить, і рівень техніки, технології та організації виробництва. Рівень собівартості відбиває досягнення та недоліки роботи як підприємства в цілому, так і кожного структурного підрозділу. Систематичне зниження собівартості продукції має важливе народногосподарське значення, бо дає змогу за стабільних ринкових цін збільшувати прибуток на кожну гривню витрат, підвищує конкурентоспроможність продукції [17].

Однією із важливих складових собівартості продукції є собівартість електроенергії. Собівартість електроенергії виражає всі витрати на її виробництво, передавання, а також реалізацію та є основним показником роботи електрогосподарства і підприємства в цілому. В зниженні собівартості продукції підприємства велику роль відіграє зниження собівартості електроенергії. Запровадження ефективних заходів зі зниження собівартості електроенергії потребує її аналізу і планування. У даному розділі розглядається задача планування собівартості електроенергії промислового підприємства на стадії його проектування.

Собівартість електричної енергії на підприємстві складається із таких складових: кількість корисної споживаної підприємством електроенергії; річне споживання електроенергії з урахуванням втрат; плата енергосистемі за електроенергію; річні витрати на передавання і розподіл електроенергії; сумарні

витрати підприємства. В розділі виконується розрахунок капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства, що включають вартість устаткування і будівельно-монтажних робіт, експлуатаційних витрат на її обслуговування і оплату за електроенергію.

4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

4.1.1 Мета розрахунків і характеристика вихідних даних

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

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

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Розр. потужність підстанції, кВА
ТП 1	ТМ-630	2	943,14
ТП 2	ТМ-630	2	851,36

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
ЦРП - ТП1	210	АПвПу 3х35	2
ЦРП - ТП2	170	АПвПу 3х35	2

Таблиця 4.3 – Потужність цехів підприємства

Найменування цеху	Кількість змін	Розр. потужність, кВА
Адмінкорпус	1	30
Склад	1	18
Склад матеріалів	1	27
Котельня	1	125
Гараж	1	33,1
Механічний цех №2	1	147
Механічний цех №3	1	207
Механічний цех №1	1	132
Інструментальний цех	1	91,8
Прохідна	1	18
Побутове приміщення	1	22

Рекомендації до виконання:

1. Кількість вимикачів визначається відповідно до даної схеми (рис. 1.1).
2. Оплату за спожиту електроенергію розраховують за одноставковим тарифом: 2 грн/кВт·год;
3. Прийняти норму амортизації – 6%,
4. Нарахування:

- в пенсійний фонд – 33,3%,
- у фонд зайнятості – 1,5%,
- на соціальне страхування – 1,5%.

5. Якщо заводська мережа складається тільки з живильного кабелю 10 кВ і однієї ТП 10/0,4 кВ, то необхідно розраховувати капіталовкладення і експлуатаційні витрати для мережі 0,38 кВ.

За відсутності даних щодо вартості високовольтних вимикачів можна приблизно вартість вимикача 10 кВ прийняти рівною 20–25 тис. грн., а вимикача 110 кВ – 50–60 тис.грн [17].

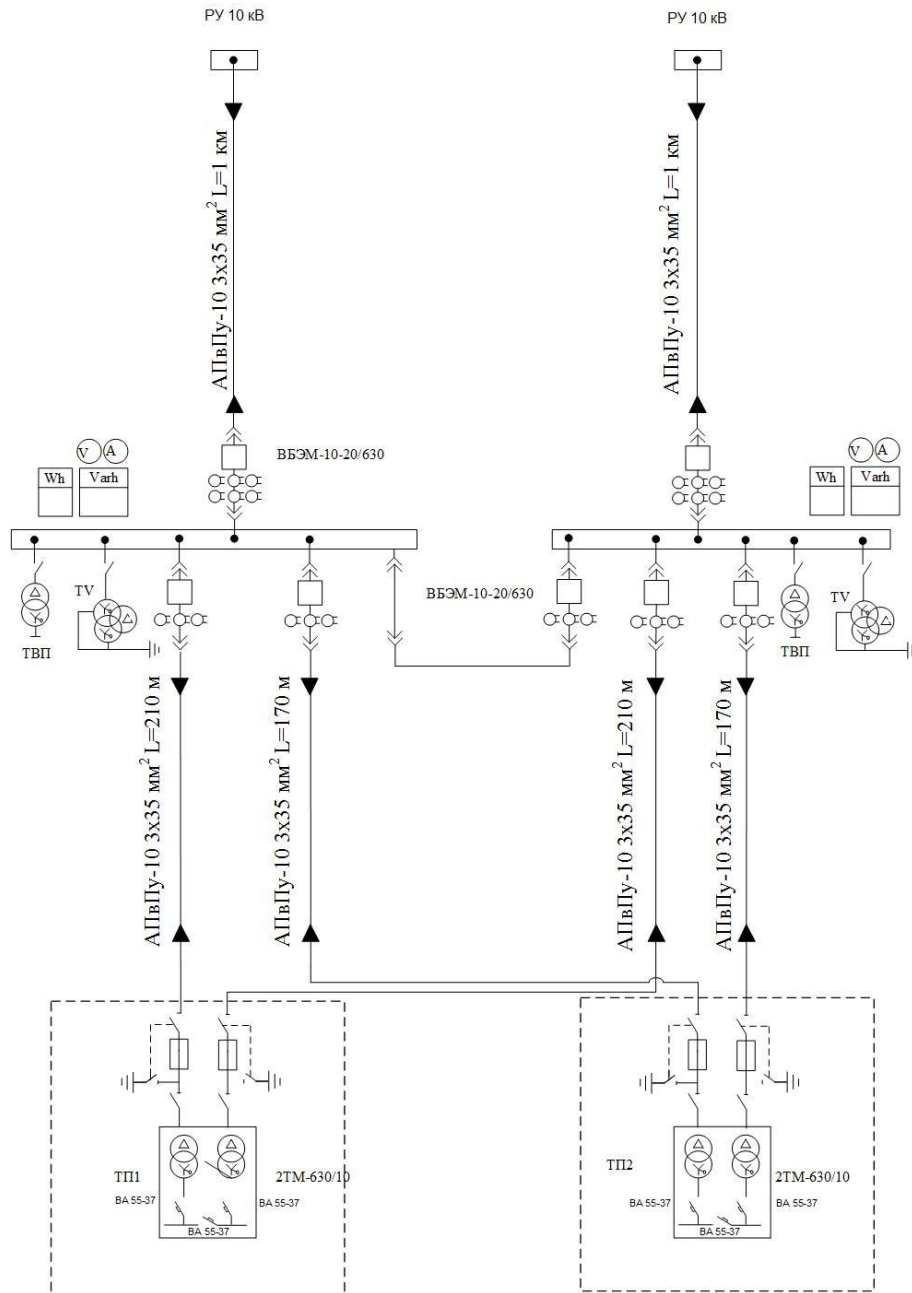


Рисунок 4.1 – Схема електропостачання підприємства

4.1.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 2.4 і табл. 2.5 [17].

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 [17];

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

L - довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від системи до ТП1:

$$K_{л1} = (K_{пит} \cdot n + K_{прок}) L = (94,5 \cdot 2 + 24,57) \cdot 0,210 = 44,84 \text{ тис.грн.}$$

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

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кіл-ть	Довжина, км	$K_{пит}$, тис.грн	$K_{прок}$, тис.грн	$K_{л}$, тис.грн
ЦРП-ТП1	АПвПу 3х35	2	0,210	94,5	24,57	44,84
ЦРП-ТП2	АПвПу 3х35	2	0,170	94,5	24,57	36,30
Разом						81,14

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. (табл. 2.7 і табл. 2.8 [17]);

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

З табл. 2.7–2.8 [17] визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, для ТП1:

$$K_{\text{ТП1}} = 123,76 + 24,752 = 148,512 \text{ тис.грн.}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип тр-ра	Кількість т-рів	$K_{\text{од}}$, тис.грн	$K_{\text{пост}}$, тис.грн	$K_{\text{пс}}$, тис.грн
ТП1	ТМ-630	2	123,76	24,752	148,512
ТП2	ТМ-400	2	123,76	24,752	148,512
Всього					297,024

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис.4.1, кількість вимикачів 10 кВ – 7 шт. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ – 20–25 тис.грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_{\text{В}} = 7 \cdot 100 = 700 \text{ тис. грн.}$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{пс}} = 297,024 + 700 = 997,024 \text{ тис. грн.}$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 997,024 + 81,14 = 107,164 \text{ тис. грн.}$$

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. При цьому рекомендується скористатися нормативами системи планово-попереджувальних робіт промислових електричних мереж.

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

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

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

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

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. (табл.2.12 [17]);

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

Для схеми, представленої на рис.4.1 трудомісткість ремонту вимикачів 110кВ, люд.-год./рік:

$$T = 1 \cdot 20 \cdot 7 = 140.$$

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

Слід зазначити, що норми тривалості міжремонтних періодів і пов'язана з ними розрахункова кількість ремонтів за рік, розроблені для енергоустановки, яке працює в двох змінах, тобто при $K_{зм}=2$. При іншій змінності вводиться поправочний коефіцієнт β_p , який знаходимо за табл. 2.15 [17].

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

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

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{пр}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год. (табл. 2.13 [17]);

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

h – кількість обладнання в групі.

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

Таблиця 4.6 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудо- місткості люд.год.	Заг. трудо- місткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудо- місткості люд.год.	Заг. трудо- місткість люд.год.
Вимикач 10кВ	7	1	16	112	12	1	84
ТМ-630	4	0,33	100	132	12	20	960
Кабельна лінія 35 мм ² , км	0,760	1	46	34,96	1	11,5	4,3
Разом:		278,96			1048,3		

Таблиця 4.7 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудо- місткість люд.год.	трудоміст- кість обслу- говування люд.год.
Вимикач 10кВ	7	2	0,1	12	268,8	352,8
ТМ-630	4	2	0,1	12	960	1920
Кабельна лінія 35мм ² , км	760	2	0,1	12	29,18	149,18
Разом:					1257,98	2421,98

Якщо ремонтний персонал виконує лише поточні ремонти, то його чисельність

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

експлуатаційні робітники, чол.:

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

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

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

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

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

Знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{обс} = \frac{2421,98}{1900 \cdot 1,05} = 1,214.,$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{тр} = \frac{278,96}{1900 \cdot 1,1} = 0,133..$$

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

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:

$$\Phi_e = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_{\text{д}}. \quad (4.7)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

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

де $K3, K4$ – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [17];
 C_I – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

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

де Z_{min} – мінімальний розмір заробітної плати;

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

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

$$C_I = 1218 \cdot 2 / 176 = 13,84 (\text{грн.} / \text{год.}).$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 13,84 = 16,95 (\text{грн.} / \text{год.}).$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 16,95 \cdot 3200 = 9766,14 (\text{грн./рік}),$$

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

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

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

де $K4, K5$ – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, (табл. 1.1)[17].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{гр}} = ((1,27 + 1,96) / 2) \cdot 6,92 = 11,17 (\text{грн./год.}),$$

$$\Phi_p = 278,96 \cdot 11,17 = 3115,98 (\text{грн./рік}).$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

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

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

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

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

α – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 9766,14 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 12305,33(\text{грн. / рік}),$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 3115,98 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,25) = 4081,933(\text{грн. / рік}).$$

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

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

$$\Phi_{оed} = 12305,33 \cdot 1,15 = 14151,12(\text{грн. / рік}),$$

$$\Phi_{орд} = 4081,933 \cdot 1,15 = 4694,222(\text{грн. / рік}).$$

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:

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

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

β_3 – нарахування у фонд зайнятості, $\beta_3 = 1,5\%$;

β_c – нарахування на соціальне страхування, $\beta_c = 4\%$.

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{\text{зп}} = 4694,222 \cdot \left(1 + \frac{33,3 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 6398,224 (\text{грн.} / \text{рік}),$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{\text{зпр}} = 4081,933 \cdot \left(1 + \frac{33,3 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 5563,674 (\text{грн.} / \text{рік}).$$

4.2.2 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) [17]. Якщо на окремі види матеріалів норми відсутні, підприємство розробляє їх самостійно і затверджує.

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

Необхідні дані для розрахунку беремо з табл. 2.19 та 2.20 [17], результати розрахунків заносимо до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – 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.	
		1	2	3	4
Силові трансформатори		400	10000	400	10000
		250	10000	250	10000
Сталь сортова, кг	22,485	6	10	134,91	224,85
Гума профільна, кг	83,35	0,13	0,09	10,83	7,5
Провід установлюваний, м	5,18	0,5	0,5	2,59	2,59
Мідь (гола), кг	116,25	62	79	7207,5	9183,75
Картон електроізоляційний, кг	56,05	1,4	1,7	78,47	95,28
Лакотканина (ширина 700мм), м	155,45	0,2	0,3	31,09	46,63
Кабельний папір, кг	45,835	0,6	0,6	27,501	27,501
Стрічка кіперна, кг	560,5	40	42	22420	23541
Стрічка тафтяна, кг	416,4	18	28	7495,2	11659,2
Стрічка азбестова, м	12,27	0,05	0,09	0,6135	11,043
Лаки ізоляційні, кг	67,05	1,5	1,8	100,575	53,64
Емалі ґрунтові, кг	73,55	2,5	3,2	183,875	235,36
Масло трансформаторне, кг	22,725	0,58	1,3	13,1805	29,5425
Бензин, кг	26,52	0,7	1	18,564	26,52

Продовження таблиці 4.8

Розчиники кг	32,495	0,8	1,2	25,996	38,994
Маслостійка гума, кг	83,35	0,4	0,6	33,34	51,21
Гума профільна, кг	83,35	0,13	0,09	10,8355	7,5015
Припій олов'яносвинцевий, кг	793,5	0,02	-	15,87	-
Припій міднофосфорний, кг	147,5	0,03	-	4,425	-
Електроди, кг	128,7	0,15	0,3	19,305	38,61
Засоби кріплення, кг	34,9	2	3	69,8	104,7
Дріт кручений,	4,55	0,3	0,37	1,365	1,6835
Разом:				37905,836	45387,106

Вартість матеріалу на технічну операцію:

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

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

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

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

Отже, вартість матеріалів, потрібних на ремонт:

$$C_{мтр} = 37905,8355 \text{ (грн. / рік),}$$

і вартість матеріалів, потрібних на технічне обслуговування:

$$C_{\text{мто}} = 45387,1055(\text{грн./ рік}).$$

Отже, можна розрахувати:

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

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

$$C_{\text{обс}} = 6398,224 + 45387,1055 = 417852,24(\text{грн./ рік});$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

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

$$C_{\text{пр}} = 5563,674 + 37905,8355 = 93469,5095(\text{грн./ рік}).$$

4.2.3 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

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

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 1078164 = 64689,84(\text{грн./ рік}).$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат виділяються інші витрати. Вони включають витрати на допоміжні матеріали, послуги виробничим підрозділам підприємства, частину загальнозаводських витрат. Їх можна приймати

в розмірі 20 - 30% від суми витрат на обслуговування, поточний ремонт і амортизацію, тис. грн/рік:

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

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

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (517852,24 + 43469,509 + 64,68) = 2382(\text{грн.} / \text{рік}).$$

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

Таблиця 4.9 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації обладнання	417852,24	58,033899
Витрати на поточний ремонт	93469,5095	12,98162258
Витрати на амортизацію	64689,509	8,984478417
Інші витрати	144002,8146	20
Разом	720014,0731	100

4.3 Розрахунок собівартості електроенергії

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

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

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

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

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

K_p – 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 першого цеху:

$$E_{a1} = 250 \cdot 4200 = 1050000 (\text{кВт} \cdot \text{год.} / \text{рік}).$$

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

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Таблиця 4.10 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	T _м , год.	cos φ	P _p , кВт	E _a , кВт·год./рік
Адмінкорпус	1	4200	0,65	250	1050000
Склад	1	2500	0,8	400	1000000
Склад матеріалів	1	4200	0,75	400	1680000
Котельня	1	4200	0,8	170,7	716940
Гараж	1	4200	0,75	140	588000
Механічний цех №2	1	2500	0,75	155	387500
Механічний цех №3	1	2500	0,75	155	387500

Механічний цех №1	1	2500	0,75	50	125000
Інструментальний цех	1	4200	0,8	100	420000
Прохідна	1	2500	0,75	60	150000
Побутове приміщення	1	4200	0,6	400	1680000
Разом:				2280,7	8184940

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

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

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

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

τ – час максимальних втрат, год./рік.

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

n – кількість кабелів в лінії.

$$R = r_0 \cdot L,$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км (див. табл. 2.25 [17]),

Величина τ визначається за часом використання максимального навантаження T_M :

$$\tau_m = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{4200}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2595,4(\text{год.}).$$

Для лінії ТП1 –РП1:

Активний опір однієї фази кабелю від системи до ТП1.:

$$R = 0.210 \cdot 0.769 = 0.161 \text{ Ом.}$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ГПП-ТП1:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot 2 \cdot 57^2 \cdot 0,16 \cdot 2592,4 \cdot 10^{-3} = 8085,7(\text{кВт} \cdot \text{год.} / \text{рік}). \text{ кВт} \cdot \text{год.} / \text{рік.}$$

Аналогічно виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	I_M , А	R, Ом	τ , год./рік	R _{пит} , Ом/км	$\Delta E_{\text{л}}$, кВт·год.
ЦРП-ТП-1	АПвПу 3х35	2	0,210	57	0,16	2592,40	0,769	808,5
ЦРП-ТП-2	АПвПу 3х35	2	0,170	24,5	0,11	2592,40	0,769	149,3
Разом								957,8

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

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left(\frac{S_{\Phi}}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.21)$$

де n - кількість трансформаторів;

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

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

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

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

Відповідно втрати енергії в трансформаторах ТП1:

$$\Delta E_T = 2 \cdot 1,31 \cdot 8760 + \left(\frac{1}{2}\right) \cdot 8,5 \cdot \left(\frac{943,14}{1260}\right)^2 \cdot 2592,4 = 29124,28 (\text{кВт} \cdot \text{год.} / \text{рік}).$$

Для інших ТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати зводимо у табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип	шт	$\Delta P_{х}$, кВт	$\Delta P_{к}$, кВт	$S_{р}$, к ВА	$S_{н}$, к ВА	ΔE_T , кВт*год./рік
КТП-1	ТМ-630	2	1,31	8,5	943,14	630	29124,28
КТП-2	ТМ-630	2	1,31	8,5	851,36	630	27981,29
Разом:							57105,57

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

$$E = E_a + \Delta E_{л} + \Delta E_T; \quad (4.22)$$

$$E = 8184940 + 8085,7 + 29124,28 = 8222149,98$$

Оплата за електроенергію при одноставковому тарифі визначається як:

$$П_1 = v \cdot E / 100, \text{ грн.}, \quad (4.23)$$

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

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

$$П_1 = 2 \cdot 82430033.7 = 16486006.74 (\text{грн.}).$$

4.3.2 Розрахунок собівартості електроенергії

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

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.24)$$

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

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

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

$$C_{\text{сум}} = П + C_{\text{п}}, \quad (4.25)$$

де П – оплата за спожиту електроенергію;

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

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

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{а}} + C_{\text{ір}}, \quad (4.26)$$

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;

$C_{\text{а}}$ – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\text{п}} = 417852,24 + 93469,5095 + 64689,84 = 576011,5895(\text{грн./рік}).$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 16486006.74 + 576011,58 = 17062018.32(\text{грн./рік}).$$

Отже, собівартість електроенергії

$$S = \frac{17062018.32 \cdot 100}{8184940} = 2.2083(\text{грн.})$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 4.14.

Таблиця 4.13 – Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	Е _а	8184940	кВт·год.
Річне споживання електроенергії із втратами	Е	8222149,98	кВт·год.
Плата за електроенергію	П ₁	16486006,74	грн.
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	С _п	576011,5895	грн.
Сумарні витрати підприємства	С _{сум}	17062018,32	грн.
Собівартість електроенергії	С	220,83	коп/кВт·год.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випускній кваліфікаційній роботі розробляється система керування режимом електроспоживання індукційної печі зі зниженням коливань електричної потужності в мережах Виробничого кооперативу «Лозівський інструментальний завод». Ремонтно-механічна дільниця має у своєму складі велику кількість обладнання з різними виробничими потужностями, умовами експлуатації, та характером середовища. Підприємство відноситься до I категорії електропостачання, живлення здійснюється від двох підстанцій 10/0,4 кВ, які знаходяться на відстані 0,4 км.

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

а) фізичні:

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

в) психофізіологічні:

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

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 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 електроустановками. 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 пробігу 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 електроустановками використовують основні і додаткові електрозахисні засоби. До основних відносяться: ізолюючі штанги; ізолюючі і струмовимірні 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 ошиновування, опір ізоляції силових та освітлювальних мереж, правильність підключення. На всіх підготовлених місцях роботи після накладається заземлення вивішується плакат "Працювати тут".

5.1.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Каркас індукційної печі повинен бути ізольований від витків індуктора та заземлений.

Кабелі, що підводять струм до індуктора печі, повинні бути ізольовані й обгороджені.

Механізм нахилу печі з електричним приводом повинен бути обладнаний обмежником нахилу печі й гальмом, що забезпечує негайну зупинку печі під час її нахилу у будь-якому положенні, а також зупинку печі під час її нахилу у випадку перерви в живленні електроенергією. Механізм нахилу повинен бути захищений від бризок металу й шлаків. Приміщення, де розташований механізм нахилу печі, повинно бути освітлене відповідно до вимог законодавства.

Контроль за безперервним надходженням води в індуктор печі повинен здійснюватися візуально й за допомогою спеціальних приладів. Піч повинна бути обладнана дублюючим підведенням охолоджувальної води, що забезпечує охолодження індуктора у випадку перебою в подачі охолоджувальної води від основного джерела.

На печах необхідно передбачати пристрій максимального струмового захисту, що автоматично відключає печі при короткому замиканні між витками індукторів.

Робоча зона печі по всьому периметру повинна бути обгороджена поруччям із суцільним обшиванням по низу, за винятком передньої частини майданчика. Передня частина робочої зони повинна бути зі знімним огородженням. Підлога робочої зони біля печі повинна бути покрита електроізолюючим настилом.

Щоб уникнути викидів металу, подачу вологої шихти й феросплавів у розплавлену ванну при довантаженні печі заборонено. На ділянці індукційної плавки необхідно встановити устаткування з підігріву шихти та видалення з поверхні шихти масла, вологи, легкоплавких кольорових металів і сплавів.

При утворенні у верхній частині печі "моста" шихти, що не розплавилася, піч необхідно негайно відключити та вжити заходи до його видалення.

Металевий інструмент, що застосовується при обслуговуванні індукційних печей, повинен мати електроізолюючі ручки. При проведенні на печі робіт,

пов'язаних із застосуванням неізольованого металевого інструменту, піч повинна бути відключена.

Для захисту працівників від впливу електромагнітних полів високої частоти пристрої, що генерують електромагнітні поля, повинні бути обладнані екранами з таким розрахунком, щоб напруга електромагнітного поля та інтенсивність опромінення на робочих місцях не перевищувала величин, передбачених вимогами ГОСТ 12.1.002-84 "ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах" та ГОСТ 12.1.006-84, а також ДСН 3.3.6.096-2002.

Завантаження та довантаження шихти й зливання металу повинні виконуватися при відключеній від напруги печі.

Керування вакуумними індукційними печами необхідно здійснювати дистанційно за допомогою електричної апаратури керування, автоматично або з пульта керування.

Вакуумна камера індукційної печі повинна бути обладнана запобіжним клапаном, що спрацьовує при тиску 0,1-0,3 кг/см².

У випадку різкого падіння вакууму в камері печі вона повинна бути відключена до виявлення причин падіння вакууму і їх усунення.

У випадку пробією індуктора струмом і проникнення води у вакуумну камеру піч повинна бути відключена, затвори бустерних насосів або лінія форвакуумної відкачки повинні бути перекриті, після чого піч повинна заповнюватися інертним газом або повітрям.

Ремонтні роботи усередині печі, а також вхід працівників усередину вакуумної камери дозволяється тільки після повного видалення з печі легкозаймистого конденсату.

Печі повинні бути обладнані контрольною апаратурою, що сигналізує про порушення роботи. Систему водоохолодження необхідно обладнувати приладами, що сигналізують про підігрів води або відключають живлення печі при різкому зниженні витрат охолоджувальної води.

Джерела електроживлення печей повинні автоматично відключатися з подачею світлового або звукового сигналу у разі підвищення тиску в печах вище контрольного тиску, передбаченого в технічній документації на електропіч.

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

Роботи по обслуговуванню технологічного обладнання відносяться до категорії Па по важкості праці.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 5.1- Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість	Швидкість руху, X
Холодний	Па	20-24	15-24	75	не більше 0,3
Теплий		21-28	17-29	65 при 26 °С	0,2-0,4

5.2.2 Склад повітря робочої зони

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

При металообробці 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

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

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

5.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення

Підприємство знаходиться у Вінницькій області, система природного освітлення цеху - бокова.

КЕО при природному та суміщеному освітленню.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 характеристика зорової роботи при виконанні - роботи високої точності;

Розряд зорової роботи - III;

Підрозряд зорової роботи - г;

Контраст об'єкту розпізнавання - середній;

Характеристика фону - світлий;

Бокове КЕО, %:

- природне 2,0;

- суміщене 1,2.

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормовані значення КЕО для будинків визначаються за формулою:

$$e_N = e_n \cdot m_n, \quad (5.1)$$

де e_n - значення КЕО для будинків;

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

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

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

Штучне освітлення

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

$$e_N = 1,5 \cdot 0,85 = 1,275.$$

Таблиця 5.3 - Норми освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення Горизонт зорової роботи	Підзоряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість,	
					Штучне освітлення	
					Комбіноване	Загальне
Середньої точності	Вище 0,5 до 1	III	Середній, малий	Середній, темний	400	200

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 звуку вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

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

де L - рівень шуму.дБ;

p -звуковий тиск, Па;

U_0 -коливальна швидкість, 5-10 м/с;

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

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

-нормування за гранично допустимим спектром шуму;

-нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

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

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

Таблиця 5.4 - Допустимі рівні звукового тиску

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

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

5.2.4 Виробничі вібрації

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

Таблиця 5.5 - Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середнього метричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 93	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	-	-	-	-

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

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

5.2.5 Психофізіологічні фактори

а) Класи умов праці за показниками важкості праці:

Загальні енергозатрати організму (кг/м):

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

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

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

Маса вантажу. Що постійно підіймається – до 25.

Стереотипні робочі рухи:

При локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 60 000;

При регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30 000;

Статичне навантаження (кг/с):

Двома руками (чоловіки) – до 70 000;

За участю м'язів тулуба та ніг – до 200 000.

Робоча поза:

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

Нахил тулуба:

Вимушені нахили протягом зміни – 150 разів;

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

б) Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

Зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом;

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

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

Сенсорні навантаження:

Зосередження (%за зміну) - до 50;

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

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

Навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності - є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці:

Тривалість робочого дня - більше 8 год;
Змінність роботи – тризмінна (цілодобова).

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання індукційної печі в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.

Всі системи електропостачання є досить вразливими до дії загрозливих чинників, що виникають у надзвичайних ситуаціях. Система електропостачання відноситься до стратегічного підприємства з важливими для життя держави завданнями. Тому надзвичайної ваги є питання є забезпечення високої стійкості роботи СЕС.

Дія радіації на матеріали та обладнання залежить в основному від виду випромінювання, дози опромінення, умов навколишнього середовища. Найбільш чутливе до дії іонізуючого випромінювання є електронне обладнання систем управління СЕС. Серед елементів є напівпровідники, блок живлення, блок керування та силові елементи, транзистори, діоди. Через впливи на ізоляцію в трансформаторах можливі замикання обмоток, а відповідно і загорання трансформаторів.

В результаті опромінення системи в регуляторах змінюється струм і коефіцієнти підсилення; в конденсаторах понизиться напруга пробою і опір витоку, зміниться провідність і внутрішнє нагрівання. В ізоляційних і діелектричних матеріалах зміняться такі параметри: електрична провідність та діелектрична провідність.

Серед загрозливих чинників надзвичайних ситуацій особливо великий вплив на СЕС має вплив електромагнітного імпульсу. Він може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів, зокрема транзисторів та діодів, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликаючи коротке замикання. Ці наслідки призводять до пожеж на підприємстві,

а в подальшому розвитку і вибухів. Саме тому є необхідність запобігати впливу цього фактору на електричне та електронне обладнання СЕС. Систему управління роботи СЕС індукційної печі застосовують в багатьох галузях. Їх використовують на вузлах зв'язку, на об'єктах житлово-комунального господарства (ліфти, котельні, трансформаторні), в системах безпеки, а також в промислових потребах. Саме тому розробка подібних систем є перспективною та економічно виправданою.

5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання індукційної печі в умовах дії іонізуючого випромінювання

У якості критерія стійкості роботи радіоелектронної апаратури використовують граничне значення рівня радіації, яке визначається з формулою:

$$p_{гр} = K \cdot p_{зв} \cdot K_{пос}, \quad (5.1)$$

де K – коефіцієнт надійності, $K = 0,9 \dots 1$

$p_{зв}$ – рівень радіації, який відповідає початку зворотних змін у найменш стійкому елементі пристрою;

$K_{пос}$ – коефіцієнт послаблення радіації ($K_{пос} = 4$).

Макет модуля реєстрації сигналів складається з наступних елементів: резистори, конденсатори, мікросхеми, дисплей. Визначаємо максимальне значення потужності експозиційних доз, при яких можуть відбутися зворотні зміни. Дані заносимо у таблицю 5.6.

Таблиця 5.6 – Максимально допустимі значення потужностей опромінення елементів печі

№	Блок системи	Елементи РЕА	$p_{зв1}$, (P/c)	$p_{зв}$, (P/c)
1	Блок приймання інформації	Мікросхема	10^4	10^4
		Резистор	10^6	

		Транзитор	10^6	
2	Перетворювач повідомлень	Модуль	10^4	10^4
		Мікросхема	10^4	
		Конденсатор	10^6	
		Резистор	10^7	
3	Блок виводу інформації	Роз'єми	10^4	10^4
		Мікросхема	10^4	

Як видно з таблицею 5.6 найбільш вразливим елементом є мікросхеми та дисплей.

$$p_{зв} = 10^4 \text{ Р/год.}$$

Підставивши значення у формулу (6.1) отримаємо:

$$p_{гр} = 0,5 \cdot 4 \cdot 10^4 = 20000 \text{ (Р/год).}$$

Визначаємо допустимий час роботи РЕА:

$$t_{доп} = \frac{D_{гр} \cdot K_{посл} + 2P_1 \cdot \sqrt{t_{п}}}{2P_1}.$$

Підставимо значення у формулу:

$$t_{доп} = \frac{10000 \cdot 4 + 2 \cdot 5,34 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 5,34} = 3746,32 \text{ (годин).}$$

В умовах дії іонізуючого випромінювання від 0 до 20000 Р/год система електроспоживання індуктивної печі зможе продовжувати нормальну роботу. При

дії максимально допустимого рівня випромінювання час його працездатності буде 3746,32 годин.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання індукційної печі в умовах дії електромагнітного імпульсу

Параметри пристрою:

Напруга живлення $U_{\text{ж}} = 6\text{В}$;

Допустиме відхилення напруги живлення $N = \pm 5\%$

Розрахунок допустимого коливання напруги живлення модуля за наступною формулою:

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

$$U_{\text{доп}} = 6 + \frac{6}{100} \cdot 5 = 6,3(\text{В}).$$

Плата розташована в горизонтальній площині. Визначаємо максимальну очікувану напругу в горизонтальних ліній з наступної рівності:

$$U_{\text{г}} = \frac{U_{\text{ж}}}{100}.$$

$$U_{\text{г}} = \frac{6}{100} = 0,06(\text{В}).$$

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається:

$$U_{\Gamma} = E_{\text{в}} + l_{\Gamma}.$$

$$E_{\text{в}} = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}},$$

де l_{Γ} – максимальна довжина горизонтального контуру електричної схеми ($l_{\Gamma} = 0,055\text{м}$).

$$E_{\text{в}} = \frac{0,06}{0,055} = 1,09 \text{ (В/м)}.$$

Отже, вертикальна складова напруженості електричного поля становить 1,09 В/м.

5.4 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи системи електроспоживання індукційної печі в умовах надзвичайних ситуацій

Насичення сучасних технологічних ліній засобами автоматики, телемеханіки, електронної та напівпровідникової технікою значною мірою сприяє вдосконаленню технологічних процесів, але в той же час робить ці процеси більш уразливими до впливу вражаючих факторів. Отже, одночасно з вдосконаленням технологічних процесів виробництва слід вживати необхідних заходів і щодо підвищення їх стійкості.

Необхідна умова надійності технологічного процесу – стійкість системи управління та безперебійне забезпечення всіма видами енергопостачання. У разі виходу з ладу автоматичних систем управління передбачається перехід на ручне управління технологічним процесом у цілому або окремими його ділянками.

Підвищення стійкості систем енергопостачання відіграє значну роль у покращенні стійкості роботи систем. Це досягається проведенням як загальноміських, так і об'єктових інженерно-технічних заходів. Створюються дублюючі джерела електроенергії і подальшого їх закріплення.

Екранування забезпечує захист модуля від дії іонізуючого випромінювання.

Перехідне гасіння енергії електричного поля визначається за формулою:

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f} \quad (5.6)$$

де t – товщина стінки екрану;

f – 1500 Гц

Вертикальна складова напруженості електричного поля на виході екрану визначається:

$$A = 20 \lg \frac{E_B}{E_{Bi}} \quad (5.7)$$

звідси

$$E_{Bi} = \frac{E_B}{10^{\frac{A}{20}}}$$

Для вертикальної складової приймемо товщину стінки екрану 0,35 мм, тоді перехідне згасання енергії електричного поля буде:

$$A_B = 5,2 \cdot 0,35 \cdot \sqrt{1500} = 7,04 \text{ (дБ)}$$

Розраховуємо вертикальну складову напруженості електричного поля на виході екрану:

$$E_{Bi} = \frac{1,09}{10^{\frac{7,04}{20}}} = 0,48 \text{ (кВ/м)}$$

Горизонтальна складова напруженості електричного поля на виході екрану:

$$A = 20 \lg \frac{E_r}{E_{ri}} \quad (5.8)$$

звідси

$$E_{vi} = \frac{E_r}{10^{\frac{A}{20}}}$$

Нехай для горизонтальної складової товщина стінки екрану буде становити 0,5 мм, тоді перехідне згасання енергії електричного поля буде розраховуватись:

$$A_r = 5,2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{1500} = 10,06 \text{ (дБ)}$$

Горизонтальна складова напруженості електричного поля визначається:

$$E_r = \frac{U_r}{l_r} \quad (5.9)$$

$$E_r = \frac{0,06}{0,05} = 1,2 \text{ (В/м)}$$

Горизонтальна складова напруженості електричного поля на виході екрану:

$$E_{rvi} = \frac{1,2}{10^{\frac{10,06}{20}}} = 0,37 \text{ (кВ/м)}$$

Для захисту обладнання доцільно використовувати екранування. Розрахунки показали, що мінімальна товщина екрану має бути 0,35 мм для горизонтальних стінок і 0,5 мм для вертикальних, при яких відповідно горизонтальна і вертикальна складові напруженості електричного поля будуть становити 0,48 та 0,37 кВ/м. Якщо екранувати кожен прилад в лабораторії, то це призведе до того, що екран

збільшити габаритні розміри та вагу пристроїв. Крім того довелось б змінювати конструкцію всіх приладів. Тому найкращим рішенням є екранування самих лабораторних приміщень, де знаходиться радіоелектронна апаратура.

Висновки

У розділі було розглянуто принцип дії іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу на радіоелектронну апаратуру. Крім того було проведено дослідження безпеки роботи системи електроспоживання індукційної печі в умовах дії іонізуючого випромінювання. Була складена таблиця максимально допустимих значень потужностей доз електромагнітного імпульсу для елементів радіоелектронної апаратури, на основі якої було розраховано граничне значення рівня радіації, яке склало 20000 Р/год для миттєвого відказу.

Крім того у розділі було розроблено заходи по підвищенню стійкості роботи системи електроспоживання індукційної печі до дії загрозливих чинників в НС. Такими заходами є підвищення стійкості будівель, забезпечення додаткового електропостачання та використання захисних екранів. При товщині вертикальної стінки екрану 1 мм вертикальна складова напруженості електричного поля буде 0,37 кВ/м.

ВИСНОВКИ

Було розроблено проект електропостачання Виробничого кооперативу “Лозівський інструментальний завод”. В результаті розрахунку, були отримані всі необхідні дані для вибору проводів, вимикачів та кабелів заживлення електроприймачів та самого підприємства. Було запропоновано схему живлення підприємства. Було вибрано всі автоматичні вимикачі для захисту електричного обладнання від струмів короткого замикання, також були вибрані перерізи кабелів, які живлять все електричне навантаження.

Було вибрано вимикачі та кабельні лінії напругою 10 (кВ), виконана перевірка за вимикаючою здатністю вимикачів під час аварійних ситуацій, та перевірено переріз кабелю на термічну стійкість до струмів короткого замикання.

У третьому розділі було розроблено режим електроспоживання індукційної печі зі зниженням коливань електричної потужності в мережах. Що дозволяє збільшити надійність пристрою РПН шляхом вибору моменту розмикання контактів вакуумного перемикача, що відповідає нульовому миттєвому значенню струму комутованої секції обмотки трансформатора.

У розділі №4 здійснено розрахунок собівартості електроенергії на Виробничому кооперативі “Лозівський інструментальний завод”. Було проаналізовано вихідні дані та розраховано розмір капіталовкладень в систему електропостачання. Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства для даного варіанту склала 107,164 тис. грн. Було проведено розрахунок поточних витрат підприємства. Витрати по заробітній платі експлуатаційного персоналу склала 9766,14 грн. Витрати по заробітній платі ремонтного персоналу – 3115,98 грн. Проведено розрахунок річного споживання і витрат електроенергії, а також визначено плату за електроенергію. Величина собівартості електроенергії склала 220,83 коп./кВт·год.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабат Г. И. Индукционный нагрев металлов и его промышленное применение. М.—Л., «Энергия», 1965. 552 с.
2. Бурбело Михайло Йосипович. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник - 2-ге вид., перероб. і доп. / М.Й. Бурбело. –Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005 – 148 с. ISBN 966-641-145-8.
3. Справочник по проектированию электроснабжения / Ю.Г. Барыбин, И.С. Бабахаян, А.А. Бейдер [та ін.] // . – Москва: Энергоатомиздат, 1990 – 576 с. ISBN 5-283-01032-5.
4. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2014.
5. Неклепаев Борис Николаевич. Электрическая часть электростанций и подстанций / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – Москва: Энергоатомиздат, 1989 – 607 с. ISBN 5-283-01086-4.
6. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. /Под ред.. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – Т.1 – 580с., Т.2 – 591 с.
7. РТМ 36.18.32.4-92 Указания по расчету электрических нагрузок.
8. ГОСТ 14209-97 Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов.
9. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, ІDТ) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.
10. СН 174-75 Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятия.

11. СН 357-77 Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий.

12. РД 153-34.0-15.501-00 Контроль качества электрической энергии

13. Вимикачі навантаження [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://001.com.ua/uk/vymykachi-navantazheniya-c756>

14. Соснин О. М. Основы автоматизации технологических процессов и производств/ О. М. Соснин, - Москва: Издательский центр «Академия», 2007. – 240с.

15. Втюрин В. А. Основы АСУТП/ В. А. Втюрин, - Санкт-Петербург: «БХВ-Петербург», 2006.

16. Левицький С. М. Синтез структури пристрою для управління вакуумними перемикачами відгалужень силових трансформаторів [Текст] / С. М. Левицький // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. - 2014. - Вип. 3. - С. 51-55.

17. Демов О. Д., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві. Навчальний посібник / О. Д. Демов, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 92 с.

18. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99.

19. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори ГОСТ 12.0.003-74.

20. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ.

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

22. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. ДСН № 528.

Додатки

Додаток А
Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

Головний інженер

“ ___ ” _____ 2019р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

“ ___ ” _____ 2019р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

Розробка системи керування режимом електроспоживання індукційної печі зі зниженням коливань електричної потужності в мережах Виробничого кооперативу «Лозівський інструментальний завод»

08 – 17.МКР.238.18.000 ПЗ

Керівник

к.т.н., доцент Левицький С.М.

“ ___ ” _____ 2019 р.

Розробив ст. гр. ЕСЕ-18м

Череватий В.В.

“ ___ ” _____ 2019 р.

Вінниця 2019

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 254 від 02.10. 2019р.

Дата початку роботи ____ . 2019р.

Дата закінчення роботи ____ . 2019р.

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

а) мета – Розробка системи керування режимом електроспоживання індукційної печі зі зниженням коливань електричної потужності в мережах Виробничого кооперативу «Лозівський інструментальний завод», провести розрахунки потужності приймачів, написання програми керування електроспоживанням індукційної печі;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

генплан підприємства; план цеху (дільниці) із технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення; потужність короткого замикання системи $S_K = 50$ МВА, відомості про перспективу розвитку підприємства.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Бурбело Михайло Йосипович. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник - 2-ге вид., перероб. і доп. / М.Й. Бурбело. –Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005 – 148 с. ISBN 966-641-145-8.

3.2 Справочник по проектированию электроснабжения / Ю.Г. Барыбин, И.С. Бабахаян, А.А. Бейдер [та ін.] // . – Москва: Энергоатомиздат, 1990 – 576 с. ISBN 5-283-01032-5.

3.3. Правила улаштування електроустановок. – 5-те вид., переробл. й доповн. – Х.: Міненерговугілля України, 2014.

3.4 Неклепаев Борис Николаевич. Электрическая часть электростанций и подстанций / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – Москва: Энергоатомиздат, 1989 – 607 с. ISBN 5-283-01086-4.

3.5 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. /Под ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – Т.1 – 580с., Т.2 – 591 с.

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

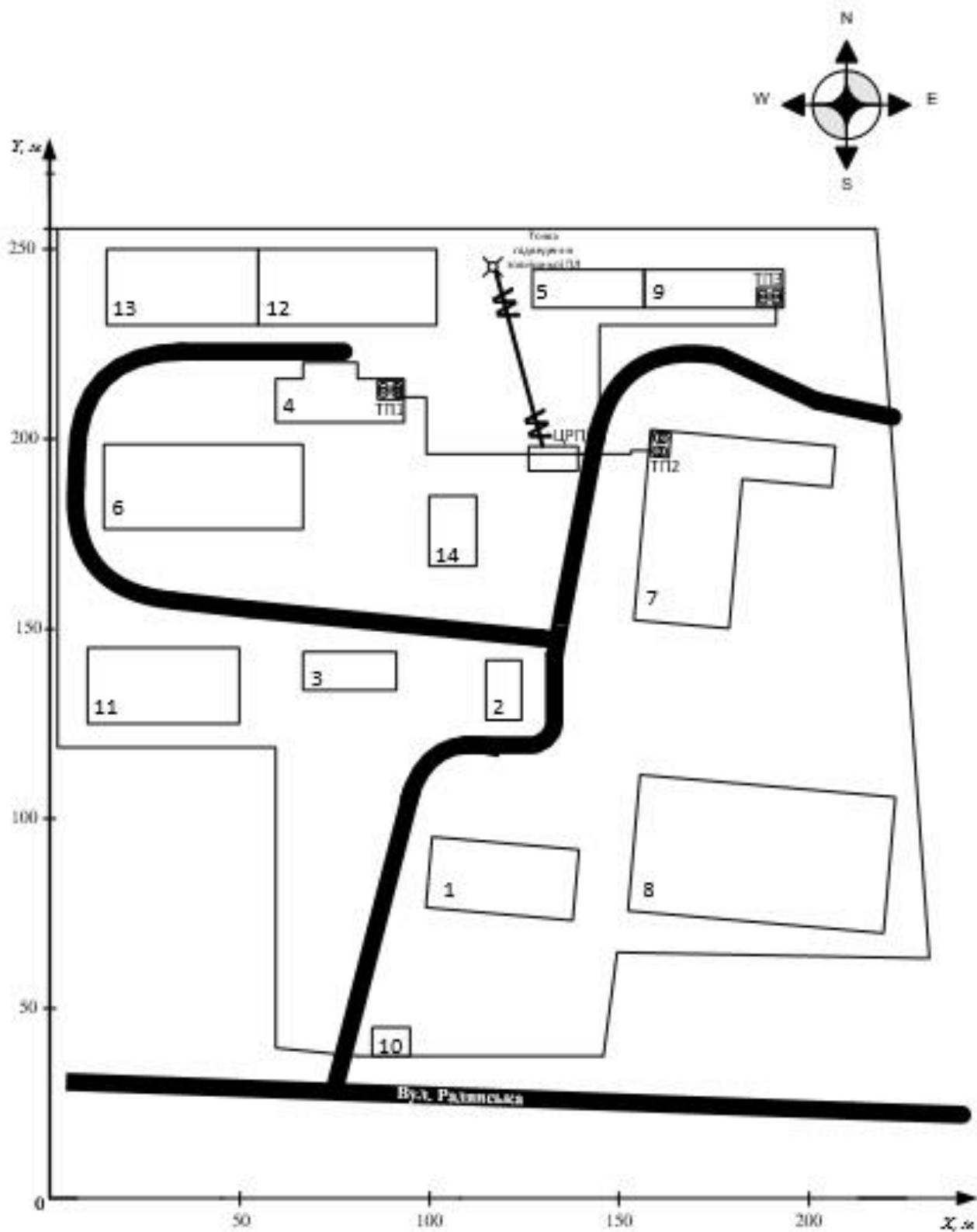
7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

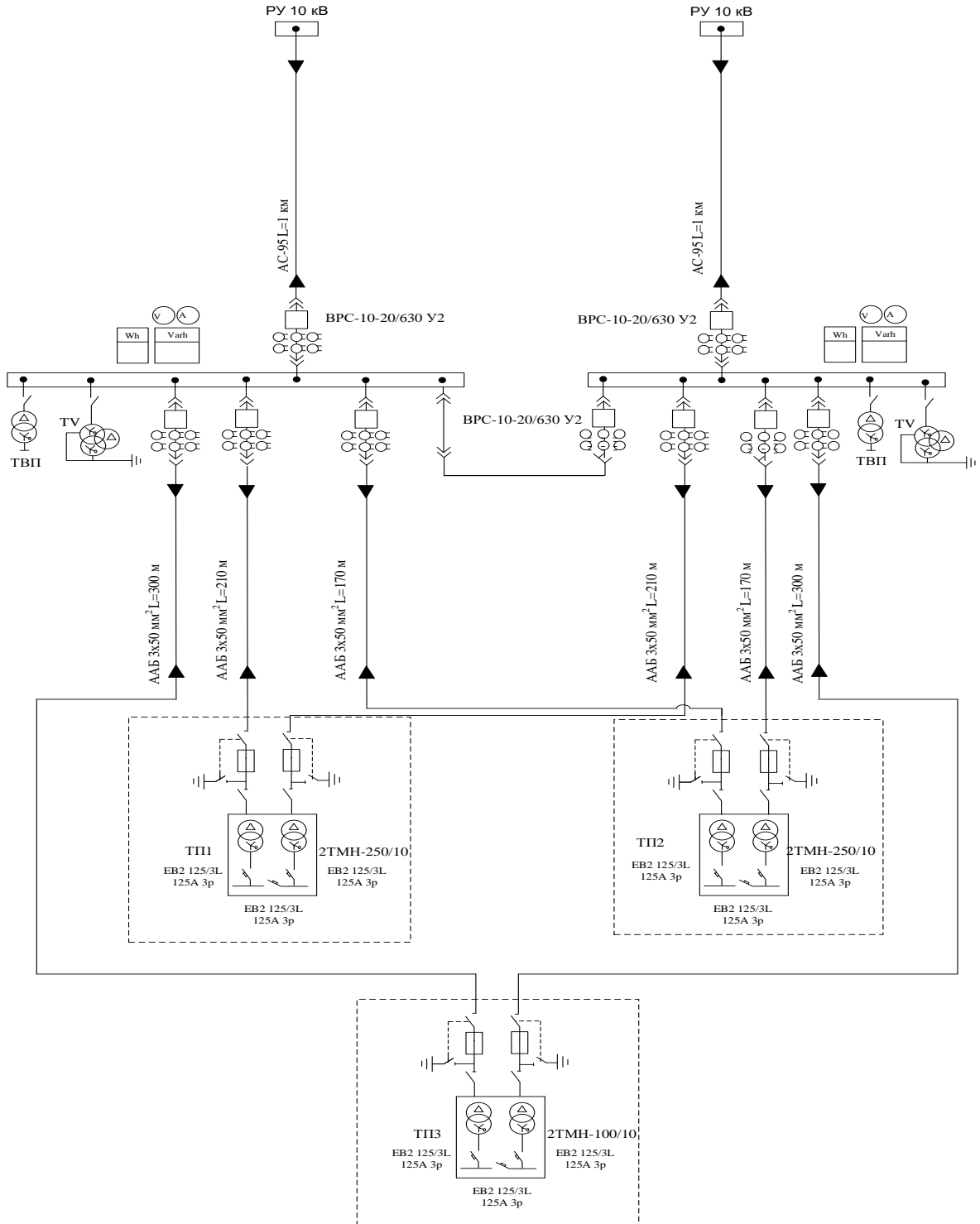
Додаток Б
Генеральний план підприємства



					08-17.МКР.238.18.000			
					Генплан підприємства Розробка системи керування режимом електроспоживання індукційної печі зі зниженням коливань електричної потужності в мережах Виробничого кооперативу "Лозівський інструментальний завод"	<i>Лім.</i>	<i>Маса</i>	<i>Масш.</i>
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				1:30
<i>Розробив</i>	Череватий В.В.							
<i>Перевірів</i>	Левицький С.М.							
<i>Реценз</i>								
<i>Н.контр.</i>	Войтюк Ю.П.					<i>Аркуш 1</i>	<i>Аркушів 6</i>	
						ВНТУ, ст.гр ЕСЕ-18М		
<i>Затв.</i>	Бурбело М.Й.							

Додаток В

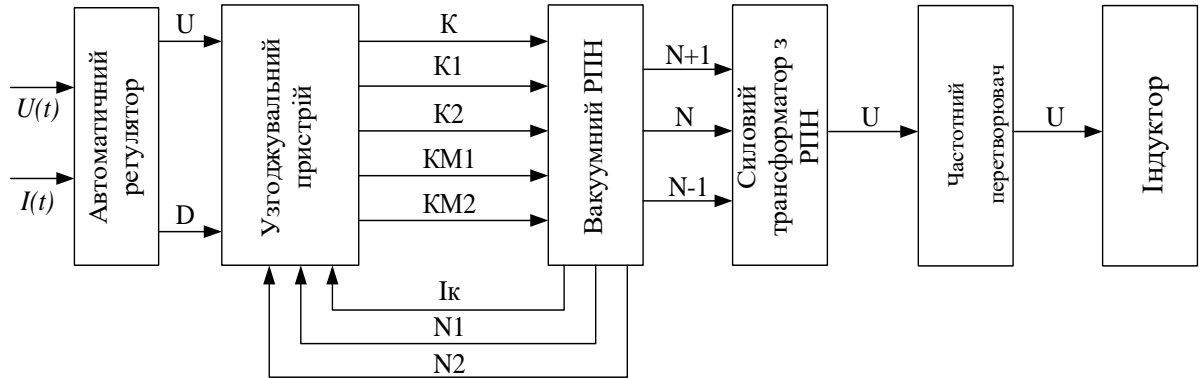
Однолінійна схема електропостачання



					08-17.МКР.238.18.000			
					Однолінійна схема електропостачання Розробка системи керування режимом електроспоживання індукційної печі зі зниженням коливань електричної потужності в мережах Виробничого кооперативу “Лозівський інструментальний завод”	<i>Лім.</i>	<i>Маса</i>	<i>Маси.</i>
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	Череватий В.В.							
<i>Перевірів</i>	Левицький С.М.							
<i>Реценз</i>								
<i>Н.контр.</i>	Войтюк Ю.П.					<i>Аркуш 2</i>	<i>Аркушів 6</i>	
						ВНТУ, ст.гр ЕСЕ-18М		
<i>Затв.</i>	Бурбело М.Й.							

Додаток Е

Структурна схема виконавчого тракту САК

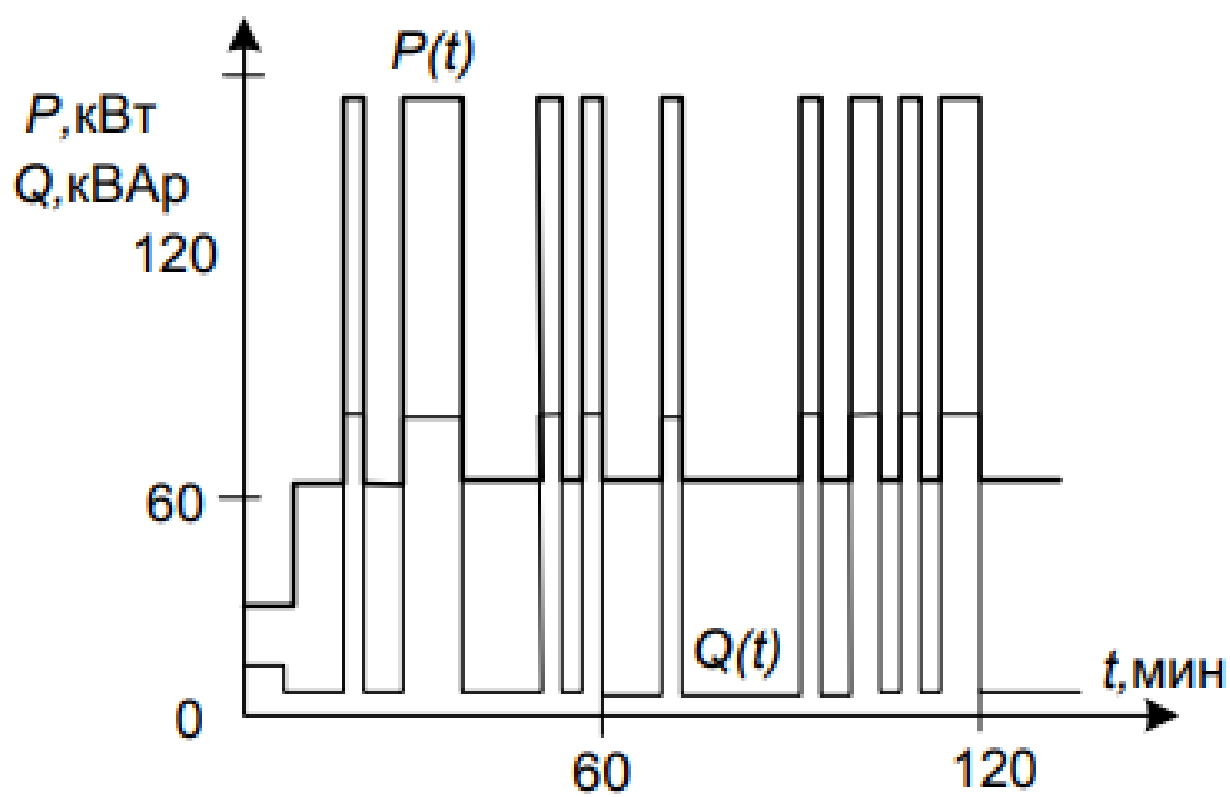


08-17.МКР.238.18.000

					08-17.МКР.238.18.000			
					Структурна схема виконавчого тракту САК Розробка системи керування режимом електроживлення індукційної печі зі зниженням коливань електричної потужності в мережах Виробничого кооперативу "Лозівський інструментальний завод"	<i>Лім.</i>	<i>Маса</i>	<i>Маси.</i>
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	Череватий В.В.							
<i>Перевірів</i>	Левицький С.М.							
<i>Реценз</i>								
<i>Н.контр.</i>	Войтюк Ю.П.					<i>Аркуш 5</i>	<i>Аркушів 6</i>	
<i>Затв.</i>	Бурбело М.Й.					ВНТУ, ст.гр ЕСЕ-18М		

Додаток Є

Графік коливання активної і реактивної потужності



					08-17.МКР.238.18.000			
					Графік коливання активної і реактивної поужності	<i>Лім.</i>	<i>Маса</i>	<i>Маси.</i>
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	Розробка системи керування режимом електроспоживання індукційної печі зі зниженням коливань електричної потужності в мережах Виробничого кооперативу “Лозівський інструментальний завод”			
<i>Розробив</i>	Череватий В.В.							
<i>Перевірів</i>	Левицький С.М.							
<i>Реценз</i>						<i>Аркуш 6</i>	<i>Аркушів 6</i>	
<i>Н.контр.</i>	Войтюк Ю.П.						ВНТУ, ст.гр ЕСЕ-18М	
<i>Затв.</i>	Бурбело М.Й.							

Додаток Ж

Програма системи керування вакуумними РПН

