

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ

Електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення ефективності електроспоживання Запорізького машинобудівного заводу ім. В.І. Омельченка

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1412
спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Виноградов Є.Д.

(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., доц., Коваленко В.Л.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент д.т.н., проф., Артемчук В.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерний навчально-науковий інститут _____
Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем _____
Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень _____
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., доц. В.Л. Коваленко
« » 2023 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Виноградову Євгенію Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Підвищення ефективності електроспоживання Запорізького машинобудівного заводу ім. В.І. Омельченка

керівник роботи Коваленко В.Л., д.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «01» травня 2023 року № 639 - с

2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2023 р.


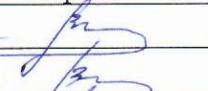

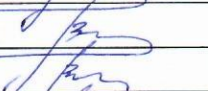

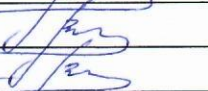
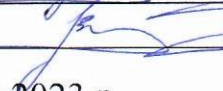
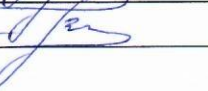
3 Вихідні дані до роботи: Потужність силових трансформаторів підприємства 2500 кВА; розподіл електричного навантаження за ділянками: головний виробничий корпус - 2012,8 кВт, Інструментальна ділянка - 1829,9 кВт, термічна ділянка - 797,4 кВт; час роботи трансформаторів на рік – 8760 годин.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз можливостей підвищення енергоефективності системи енергоспоживання 2) Оптимізація системи електропостачання 3) Техніко-економічне обґрунтування впровадження заходів з енергозбереження для системи електропостачання 4) Охорона праці та техногенна безпека

5 Перелік графічного матеріалу 1) Аналіз енергоспоживання 2) Схема електропостачання 3) Блок-схема алгоритму оптимізації параметрів системи електропостачання. 4) Структурна та параметрична оптимізація системи

електропостачання ПАТ «ВАП БУД». 6) Перелік груп заходів підвищення енергоефективності системи електропостачання ПАТ «ВАП-БУД». 7) Техніко-економічне обґрунтування впровадження заходів з енергозбереження. 8) Техніко-економічні показники впровадження груп заходів з енергозбереження. 9) Висновки.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Коваленко В.Л. д.т.н., доцент		
Розділ 2	Коваленко В.Л. д.т.н., доцент		
Розділ 3	Коваленко В.Л. д.т.н., доцент		
Розділ 4	Коваленко В.Л. д.т.н., доцент		

7 Дата видачі завдання 01.09.2023 р.


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз можливостей підвищення енергоефективності системи енергоспоживання	30.09.2023	
2	Оптимізація системи електропостачання	15.10.2023	
3	Техніко-економічне обґрунтування впровадження заходів з енергозбереження для системи електропостачання	25.10.2023	
4	Охорона праці та техногенна безпека	10.11.2023	

Студент  Є.Д.Виноградов
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи  В.Л. Коваленко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  І.І. Бандуренко
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Виноградов Є.Д. Підвищення ефективності електроспоживання Запорізького машинобудівного заводу ім. В.І. Омельченко.

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник Коваленко В.Л. З Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2023.

У роботі були сформовані заходи з енергозбереження для об'єкта, який досліджувався, і кожен може функціонувати як окремий проект. Після оцінки техніко-економічних показників кожного окремого заходу та аналізу групових результатів був розроблений комплекс енергозберігаючих заходів. Цей комплекс включає в себе заміну перерізу кабельних мереж напругою 0,4 кВ, а також розподільчої та живлячої мережі напругою 10 кВ. Додатково передбачено встановлення засобів компенсації реактивної потужності та заміну певної кількості РП.

Ключові слова: ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ, ВТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

ABSTRACT

Vinogradov E.D. Improving the efficiency of power consumption of Zaporizhzhya Machine-Building Plant. V.I. Omelchenko.

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 141 - Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, supervisor Kovalenko V.L. Zaporizhzhya National University, Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni, Department of Electrical Engineering and Energy Efficiency, 2023.

In the work, energy saving measures were formed for the object that was studied, and each can function as a separate project. After evaluating the technical and economic indicators of each individual measure and analyzing the group results, a set of energy-saving measures was developed. This complex includes the replacement of the cross-section of cable networks with a voltage of 0.4 kV, as well as the distribution and supply network with a voltage of 10 kV. Additionally, it is envisaged to install reactive power compensation and replace a certain number of switchgears.

Keywords: TRANSFORMER SUBSTATION, POWER SUPPLY SYSTEM, POWER CONSUMPTION EFFICIENCY, POWER LOSSES

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз шляхів підвищення енергоефективності системи енергоспоживання Запорізького машинобудівного заводу ім. В.І. Омельченко	11
1.1 Запорізький машинобудівний завод ім. В.І. Омельченко	11
1.2 Аналіз енергоспоживання заводу	14
1.3 Аналіз існуючих методів оцінки втрат потужності в системах електропостачання промислових підприємств	23
1.3.1 Методи оцінки втрат електроенергії в системах енергозабезпечення промислових підприємств	23
1.3.2 Методи оцінки структурних станів промислових систем електропостачання	28
1.3.3 Методи оцінки ефективності мережевої топології промислових енергосистем	31
1.3.4 Організаційно-економічні чинники підвищення ефективності функціонування промислових підприємств	33
2 Оптимізація системи електропостачання Запорізького машинобудівного заводу ім. В.І. Омельченко	47
2.1 Методика розрахунку втрат активного енергії в системі електропостачання заводу	47
2.2 Алгоритм структурно-параметричної оптимізації системи електропостачання	58
2.3 Формування оптимальної системи електропостачання заводу	64
3 Техніко-економічне обґрунтування впровадження енергозберігаючих заходів в системі електропостачання	73

3.1 Техніко-економічне обґрунтування груп енергозберігаючих заходів системи енергопостачання	73
3.2 Техніко-економічні показники реалізації запропонованої групи енергозберігаючих заходів для системи електропостачання	74
4 Охорона праці та техногенна безпека	78
4.1 Характеристика потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробництва	78
4.2 Заходи щодо поліпшення умов праці	80
4.3 Заходи електробезпеки	85
4.4. Пожежна безпека та техногенні заходи безпеки	87
4.5 Розрахунок загального освітлення робочої зони	89
Висновки	93
Список використаних джерел	94

ВСТУП

Сучасний стан української енергетики вимагає термінового підвищення ефективності використання енергоресурсів, що можливо лише за рахунок застосування енергозберігаючих технологій у всіх сферах енергетичного комплексу – від виробництва до систем електропостачання споживачам. Однак процес підвищення ефективності споживання електроенергії в Україні поки що не стає суттєвою альтернативою вирішенню цієї проблеми. Очевидною причиною цього є реалізований на практиці відносно низький потенціал енергозбереження, який є непропорційним існуючому потенціалу енергозбереження та є занадто низьким за необхідне загальне збільшення виробництва енергії в країні. І це в той час, коли з міжнародного досвіду загальновідомо, що підвищення енергоефективності є найдешевшим способом задоволення енергетичних потреб економіки країни.

Покращення такої негативної енергетичної ситуації в нашій країні потребує розробки низки нових ефективних методів та заходів, які б сприяли досягненню економічно обґрунтованого ефекту в енергозбереженні, зокрема, економії максимальної кількості електроенергії, яка є основним енергоресурсом у виробничих структурах України. Незважаючи на те, що найбільший ефект від енергозберігаючих заходів досягається на технологічних об'єктах, електропостачання виробничих процесів також вимагає належної уваги, так як втрати енергії в електричних мережах досягають 20% від обсягу, що передається.

Однією з основних причин наявності значних втрат потужності в системах електропостачання (СЕР) є їх недосконалість, оскільки вони виникли ще за радянських часів. У той час фактор енергозбереження практично не враховувався в проектних рішеннях через співвідношення цін на обладнання та електроенергію, що було не на користь останнього і в основному орієнтувалося на економію капітальних вкладень. Сучасні

тенденції розвитку СЕП, окрім задоволення потреб генерації електроенергії в належній якості при мінімальних витратах та необхідному рівні надійності, розставляють нові акценти – підвищення енергоефективності шляхом виявлення джерел втрат електроенергії та впровадження економічно обгрунтованих заходів щодо їх зменшення.

При впровадженні енергозберігаючих заходів на промисловому підприємстві найважливішим стратегічним завданням є підвищення енергоефективності, тому поняття енергозберігаючого потенціалу підприємства можна визначити як систему взаємопов'язаних поточних і майбутніх, внутрішніх і зовнішніх навичок, мобілізаційних навичок керівників і співробітників підприємства з метою перетворення наявних ресурсів на підвищення енергоефективності виробництва.

Нинішня економічна ситуація відкриває безліч можливостей для раціонального використання енергоресурсів. Однак на мікрорівні занадто мало уваги приділяється питанню впровадження енергозберігаючих технологій. Процес впровадження енергозберігаючих заходів на підприємстві ускладнюється нестачею фінансових ресурсів, підвищенням тарифів на енергоресурси, нестачею кваліфікованих кадрів та відсутністю мотивації промислових підприємств у здійсненні заходів щодо зниження собівартості електроенергії. Таким чином, управління інноваційним розвитком енергозберігаючих систем та здійснення енергозберігаючих заходів буде можливим лише за умов створення ефективного економіко-організаційного механізму управління, заснованого на використанні інноваційного енергозберігаючого потенціалу промислового підприємства.

Основним потенціалом енергозбереження є енергозбереження при споживанні. Це стосується в першу чергу електричної енергії. Тому важливим напрямком енергозбереження для таких об'єктів, що розглядаються в дипломній роботі, є зниження втрат у проміжних з'єднаннях приладів, споживачів електричної енергії, а також електромереж, де втрати сягають 30 відсотків.

Основними завданнями магістерської роботи є: аналіз структури втрат потужності в системі електропостачання підприємства; Формування енергозберігаючих заходів для системи енергозабезпечення підприємства; мінімізація втрат електричної енергії за запропонованим алгоритмом оптимізації структури та параметрів системи електропостачання; Визначення економічних показників впровадження енергозберігаючих заходів в системі енергозабезпечення підприємства.

Метою дослідження є розробка енергозберігаючих заходів щодо підвищення енергоефективності системи енергоспоживання Запорізького машинобудівного заводу ім. В.І. Омельченко.

1 АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЗАПОРІЗЬКОГО МАШИНОБУДІВНОГО ЗАВОДУ ім. В.І. ОМЕЛЬЧЕНКО

1.1 Коротка інформація про Запорізький машинобудівний завод ім. В.І. Омельченко

Акціонерне товариство Запорізький машинобудівний завод ім. В.І. Омельченко засноване 3 липня 2005 року. Компанія надає інженерно-технічні послуги з розробки, впровадження та використання сучасних технологій, спеціалізуючись на виготовленні електрообладнання, схемотехніці, реалізації проектів електромереж, а також електромонтажних, ремонтних та пусконаладжувальних роботах.

Компанія Запорізький машинобудівний завод ім. В.І. Омельченко також спеціалізується на реалізації проектів по внутрішніх і зовнішніх мережах електропостачання, управлінні та супроводі проектів, розвитку електричних мереж, проектуванні систем зовнішнього електропостачання, а також електромонтажних, ремонтних і пусконаладжувальних роботах.

До переліку послуг входять:

А) Проектування зовнішніх та внутрішніх мереж електропостачання підстанцій 0,4 кВ, 10 кВ, 35 кВ, підстанцій;

Б) підготовка техніко-економічних обґрунтувань приєднання об'єктів до електричних мереж, їх узгодження з НЕК «Укренерго», ПАТ «Київенерго» та іншими регіональними енергопостачальними компаніями (обленерго);

В) підготовка та затвердження технічного завдання на проектування, ескізне проектування та проектні роботи;

Г) організація дозвільної документації на проекти енергопостачання у відповідних організаціях;

Д) оформлення дозвільної документації, оформлення вихідних даних для технічного супроводу проекту;

Е) введення в експлуатацію завершеного заводу, включаючи окремі етапи.

Співробітники лабораторії електромонтажних робіт компанії Запорізький машинобудівний завод ім. В.І. Омельченко перевіряють електрообладнання, виявляють несправності в електричних колах та обладнанні, готують технічні звіти про стан електромереж та їх відповідність вимогам ПУЕ та ПТБ.

Відповідно до вказівок офіційних нормативних актів і перевіряючих органів необхідно регулярно проводити вимірювання опору ізоляції джерел електричного живлення, а також заземлюючих пристроїв і електровимірювань параметрів електрообладнання.

Вимірювання показників об'єктів проводяться відповідно до сфери застосування:

- вимірювання опору ізоляції;
- вимірювання опору заземлення;
- вимірювання контуру «фаза-нуль» (фаза-нуль);
- вимірювання зчеплення металів;
- електроустановки та прилади напругою до 1000 В;
- силові трансформатори;
- силові кабельні лінії;
- автоматичні вимикачі, вимикачі навантаження, автоматичні вимикачі, короткі замикання;
- комплектний розподільчий пристрій;
- заземлення і т.д.

Електротехнічна лабораторія атестована на відповідність критеріям атестації вимірювальних лабораторій відповідно до правил затвердження та атестації в Державній метрологічній системі України.

Після проведення робіт організація Запорізький машинобудівний завод ім. В.І. Омельченко надає реальні дані електровимірювань і надає інформацію про стан електрообладнання, щоб вчасно запобігти аварійним ситуаціям на об'єкті замовника.

Працівники організації Запорізький машинобудівний завод ім. В.І. Омельченко готують технічний звіт про електричні вимірювання, в якому відображається реальний стан електроустановок та електрообладнання, випробування яких проводилися, відповідність параметрів електроустановок у приміщеннях існуючому проекту нормам і вимогам, встановленим відповідними організаціями.

При необхідності часткової модернізації низьковольтного розподільчого пристрою підстанції пропонуємо замінити існуючу плиту Ш на нову плиту, використовуючи в якості розподільного пристрою блокові дробарки типу АРС, РБК (АПАТОР). Це дасть можливість модернізувати підстанцію, збільшити кількість ліній живлення без повної заміни існуючого розподільного пристрою.

Шафи розподільні силові KUS призначені для прийому і розподілу струму напругою до 660 В трифазного струму частотою 50 Гц від систем із заземленим нульовим провідником, а також для захисту ліній живлення від струмів перевантаження і короткого замикання.

Шафи призначені для установки в промислових, житлових, муніципальних і громадських об'єктах з одностороннім обслуговуванням. Шафи випускаються в настінному і підлоговому варіантах.

Номінальна напруга змінного струму 660/380 В, частота 50 Гц. Номінальний струм до 630 А.

Шафи АСУ ТП виготовляються в корпусах ОТ і OTS – це універсальні корпуси з шинною системою або друкованою платою, призначені для внутрішнього і зовнішнього монтажу. Їх часто використовують на підприємствах з підвищеною агресивністю середовища.

Корпуси виготовлені з армованого скловолокном поліестеру методом лиття під тиском у прес-формах з підігрівом.

У порівнянні з металевими корпусами, корпуси мають такі переваги:

- заземлення не потрібно;
- стійкі до утворення вм'ятин, що позначає їх як стійкі до вандалізму;
- не стійкий до корозії;
- невелика вага, невелика вага і простий монтаж без спеціальних інструментів;
- термін служби більше 35 років.

1.2 Аналіз енергоспоживання заводу

У головному корпусі, термічній кузні, а також в оснащеній зоні відбуваються основні етапи технологічного процесу, які пов'язані між собою. Ділянка ремонту – це допоміжна зона, де проводиться ремонт власних пристроїв. На території підприємства також є насосні та компресорні станції, їдальня та управління, центральна лабораторія (ЦПЛА), оснащена обладнанням для аналізу якості продукції, що випускається для кожного основного цеху. У головній будівлі розміщується основне електрообладнання, а також є ділянки, де здійснюється остаточний процес виробництва деталей. Вся продукція, що випускається компанією, зберігається на матеріальному складі.

Підприємство живиться від головної підстанції ГПП 150/10 кВ. Звідти напруга подається в розподільний пункт розподільного пристрою, звідки розподіляється на складні трансформаторні станції ПТС. Крім того, напруга 0,4 кВ подається безпосередньо на споживачів заводу.

Схема електропостачання підприємства наведена на малюнку 1.1. У таблиці 1.1 наведено перелік споживачів електричної енергії від заводу та їх розрахункове електричне навантаження.

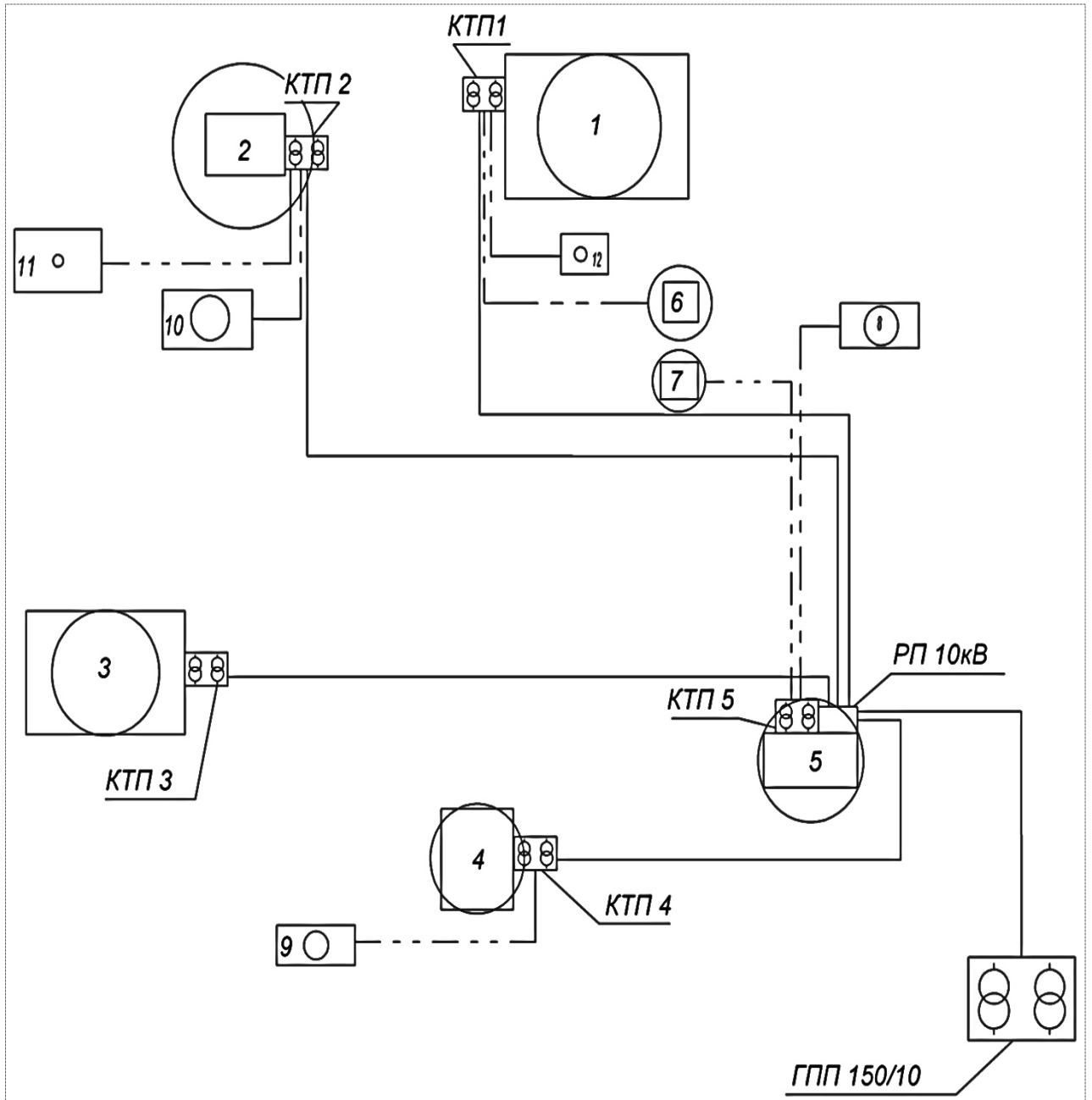


Рисунок 1.1 – Схема електропостачання заводу

Таблиця 1.1 - Розрахункове електричне навантаження споживачів

Споживач No. за розкладом	Найменування споживача	Розрахункове електричне навантаження споживачів	
		P_{Σ} , кВт	Q_r , kvar
1	2	3	4
1	Головний корпус	2012,8	927,3

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
2	Інструментальний діапазон	1829,9	1314,0
3	Термічна секція	797,4	617,4
4	Розташування кузні	616,7	464,1
5	Компресорна кімната	767,8	377,5
6	Насосна	137,0	44,4
7	Ремонтний майданчик	91,0	32,8
8	Їдальня	32,0	28,2
9	Контрольно-пропускний пункт	14,3	8,3
10	CPL, Керуючий директор	33,2	30,7
11	Відкритий склад продукції 1	2,2	---
12	Відкритий склад продукції 2	3,1	---

На рисунку 1.2 показана процентна структура втрат підприємства за енергоресурси: вартість питної води – 2%, вартість технічної води – 8%, вартість електроенергії – 58%, вартість теплової енергії – 32%. Як бачимо, найбільшу частку в загальній структурі витрат на енергоносії займають витрати на електроенергію. Однією з основних причин наявності значних втрат потужності в системах електропостачання є їх недосконалість, яка пов'язана зі зміною навантаження у вузлах системи електропостачання з плином часу, що, як правило, не передбачається і не враховується. Тому було проведено аналіз розподілу втрат електроенергії в існуючій системі електропостачання.

Структура втрат електричної енергії в існуючій схемі електропостачання показана на рисунку 1.3.

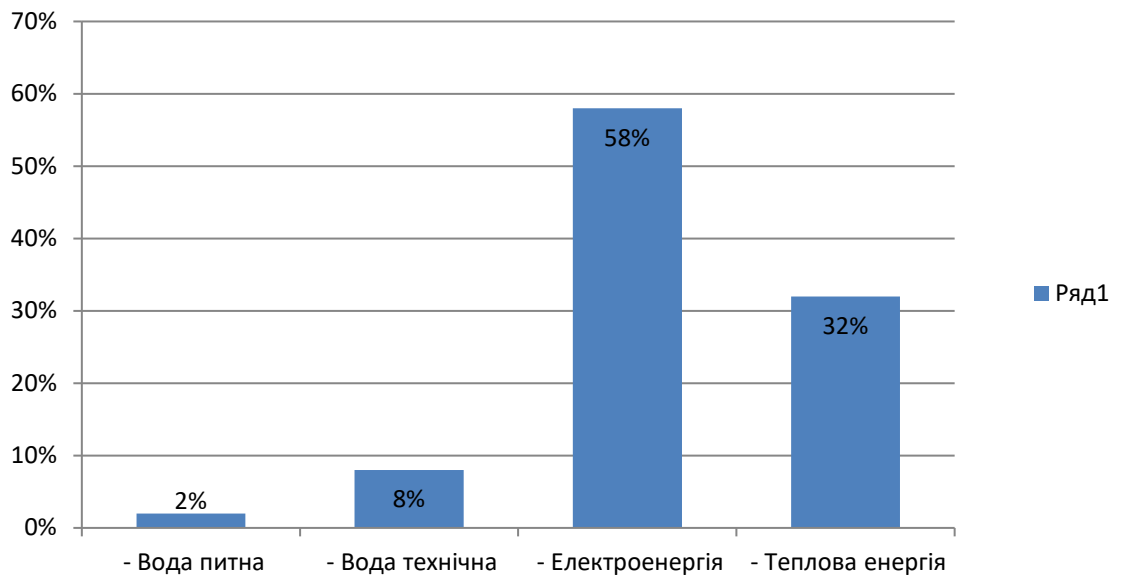


Рисунок 1.2 – Графік енергоспоживання заводу

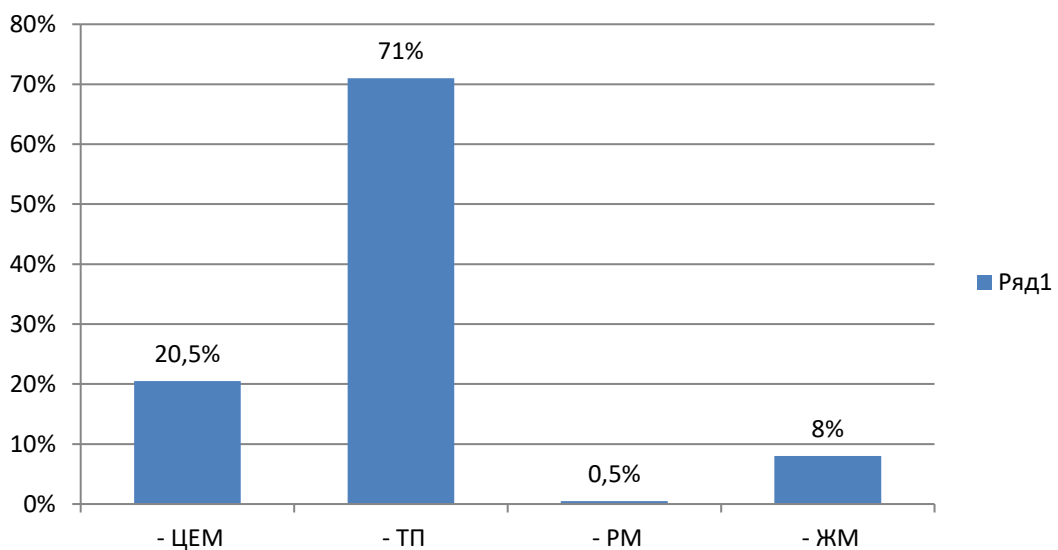


Рисунок 1.3 – Розподіл втрат потужності в системі електропостачання заводу

Більшу частину електричної енергії підприємства споживає основне виробництво, тому за даними таблиці 1.1 формується графік, який наведено на рисунку 1.4, який відображає розподіл електричного навантаження в цехах Запорізького машинобудівного заводу. Найпотужнішими споживачами

електричної енергії є основний виробничий корпус, інструментальні, опалювальні та ковальські дільниці.

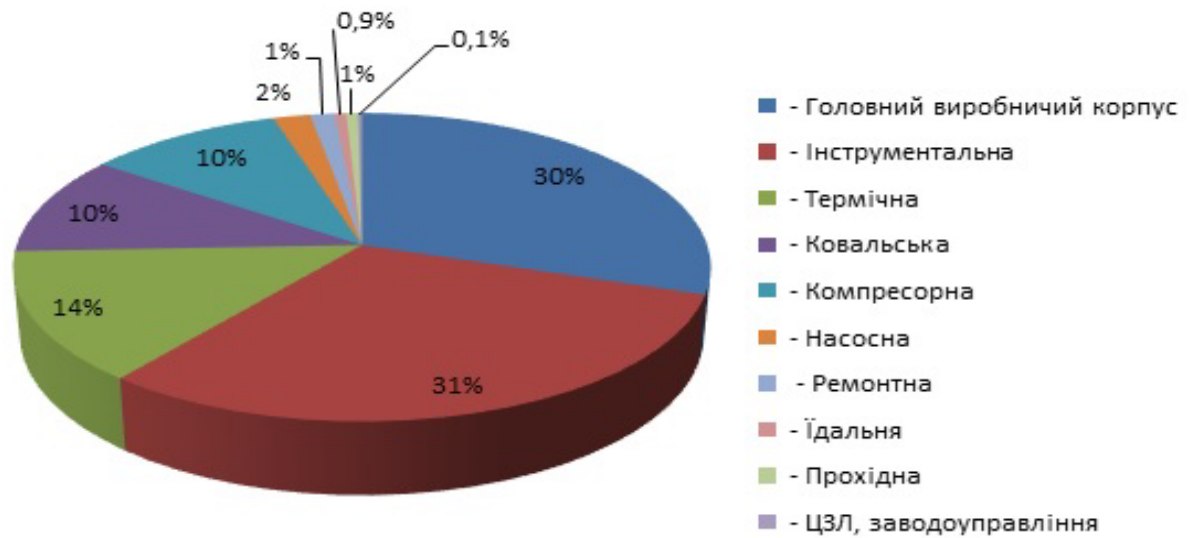


Рисунок 1.4 Розподіл електричного навантаження по секціях

У таблиці 1.2 наведено перелік споживачів електроенергії в цехах заводу.

Таблиця 1.2 Споживачі електроенергії по цехах заводу

Найменування пристрою	Кількість, шт.	Потужність, кВт
1	2	3
Головний корпус		
Вібраційне гоління	6	2,5
Гоління роликом	6	4
Креслярська машина	2	2
Гільйотинні ножиці	8	6,6
Гільйотинні ножиці	6	12,5
Гільйотинні ножиці	4	28
Внутрішнє шліфувальний верстат	4	20
Машина для абразивного різання	10	7
Станок	8	9
Вентилятор	6	4,5

Продовження з таблиці 1.2

1	2	3
Прес	6	20
Безцентровий шліфувальний верстат	8	21
Вентилятор	7	40
Наждачний верстат	6	2,5
Безцентровий шліфувальний верстат	6	14,5
Верстат	6	5,5
Заточувальний верстат	6	2,2
Пральна машина	4	5
Машина для абразивного різання	8	14
Вертикально-свердлильний верстат	2	3
Викрутка	2	7
Вентилятор	10	22
Мостовий кран	4	20,7
Електричні печі опору	4	50
Освітлення		35
Прямий	141	2012,8
Інструментальна ділянка		
Фрезерні	3	13
Подрібнювачі	9	2,2
Подрібнювачі	8	5,5
Подрібнювачі	8	7,5
Подрібнювачі	7	3
Подрібнювачі	4	5,5
Верстат	7	69
Верстат	5	17
Фрезерний верстат	4	4

Продовження з таблиці 1.2

1	2	3
Фрезерний верстат	4	7,5
Фрезерний верстат	4	13
Рубанки	5	3,5
Рубанки	8	5,5
Підрізний верстат для зубчастих коліс	1	10
Верстати для довбальних верстатів	9	30
Верстати для довбальних верстатів	2	3
Верстати	10	7,5
Верстати	7	10
Шанувальників	5	4,5
Мостовий кран	3	20,7
Кран-балка	6	11
Освітлення		35
Прямий	126	1829,9
Термічна секція		
Електропечі неавтоматизовані	4	20
Електропечі неавтоматизовані	6	12
Електропечі неавтоматизовані	5	10
Електропечі неавтоматизовані	5	15
Верстати	10	7
Верстати	2	4,5
Машина	6	10
Машина	5	20
Насоси	4	4,5
Вентилятори	3	7
Вентилятори	3	12
Вентилятори	2	40

Продовження з таблиці 1.2

1	2	3
Вентилятори	6	10
Кран	2	20,7
Освітлення		25
Всього	63	797,4
Ковальська ділянка		
Кувальні машини	3	28
Кувальні машини	4	40
Кувальні машини	6	14
Вентилятори	3	10
Вентилятори	3	20
Насоси	4	4,5
Кран	1	20,7
Електропечі неавтоматизовані	2	40
Електропечі неавтоматизовані	1	60
Освітлення		20
Всього	27	616,7
Компресорна		
Привід водного насосу	2	75
Водна засувка нагнітання	1	2,8
Водна засувка загального колектора	1	2,8
Привід кисневої засувки	2	2,8
Привід аміачного компресора	4	40
Вентилятори аміачного відділення	3	2,8
Привід повітряного компресора	2	125
Привід кисневого компресора	2	55
Вентилятор механічної майстерні	2	4,5
Токарно-гвинторізний	2	12,2

Продовження з таблиці 1.2

1	2	3
Наждачний верстат	1	2,8
Обігрівачі	1	1
Вентилятори в компресорній	2	2,8
Електротельфери при ПВ-40%	4	5,1
Освітлення		15
Всього	29	767,8
Насосна		
Циркуляційні насоси	2	28
Дренажний насос	1	7
Засувка напірна холодної води	5	2,8
Засувка напірна гарячої води	2	7
Опалювальні агрегати	1	1
Шафа сантехніки	2	10
Кран-балка	1	11
Освітлення		14
Всього	14	137,0
Ремонтний майданчик		
Прес	1	28
Зварювальний передавач	1	14
Вентилятор	4	4,5
Подрібнювачі	1	7
Універсальні фрезерні верстати	1	14
Освітлення		10
Всього	8	91,0

1.3 Аналіз існуючих методів оцінки втрат потужності в системах електропостачання промислових підприємств

1.3.1 Методи оцінки втрат електроенергії в системах енергозабезпечення промислових підприємств

Передача електроенергії від джерела живлення до споживача пов'язана з втратою частини електроенергії в системі електропостачання (трансформаторах, лініях). Ці втрати визначаються струмом, що протікає по лініях, і величиною напруги, що передається.

Використання перенапруги в електричних мережах, наприклад, 10 кВ (замість 6 кВ), 380 В і $U_3-380 \text{ В} = 660 \text{ В}$, а також низька вхідна напруга 35 кВ і вище, значно знижує втрати потужності.

Слід зазначити, що втрати в трансформаторах також визначаються кількістю годин роботи, тому однією з умов, що забезпечує енергозбереження в трансформаторах, є їх відключення при малих навантаженнях. Це можливо, якщо в нічний час (не в роботі) електроустановки, необхідні для проведення ремонтних робіт, оперативного освітлення і т.д., живляться від трансформатора. При цьому електропостачання цих споживачів забезпечується наявністю між підстанціями перемичок з меншою напругою. Іншими обов'язковими умовами економії електроенергії в трансформаторах є встановлення раціонального режиму роботи включених трансформаторів, що забезпечується встановленням оптимального коефіцієнта навантаження, який залежить від співвідношення між активною і реактивною складовими втрат.

Тому вміння правильно розрахувати втрати у всіх ланках системи електропостачання, виявити їх визначальні складові та визначити основні напрямки зниження втрат та економії електроенергії є головними умовами правильного проектування та експлуатації електричної мережі.

Розглянемо метод знаходження втрат потужності в окремих точках системи електропостачання.

Відключення електроенергії та електроживлення повітряних ліній та кабельних ліній. Електричне навантаження, як правило, змінна, тому втрати потужності і струму в лініях залежать від зміни навантаження. Втрати потужності та електроенергії по проектуваному об'єкту можна розраховувати або за величиною середньоквадратичного струму I_{cp} з урахуванням часу включення лінії T_v , або максимальному току I_{max} при часі втрат τ .

Середньоквадратичний струм представляє собою еквівалентний струм, який, проходячи по лінії за час T_v , викликає ті ж втрати потужності і електроенергії, що і діючий, змінюючийся за той самий час струм. Час втрат τ - це розрахунковий час, протягом якого лінія, працюючи з незмінним максимальним навантаженням I_{max} , мала б ті ж втрати потужності та електроенергії, що і при роботі по дійсному змінному графіку навантаження.

Средньоквадратичний струм знаходять по середньому струму I_{cp} і коефіцієнту форми графіка навантаження κ_ϕ :

$$I_{ск} = \kappa_\phi \cdot I_{cp}, \quad (1.1)$$

де

$$I_{cp} = W / (T_v \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\phi), \quad (1.2)$$

де W - втрати активного струму (кВт·год) під час *телебачення* (доба, рік); $\cos\phi$ - середньозважений коефіцієнт потужності.

При достатній точності для розрахунків за даними підприємств, що розвиваються, при будь-якому числі (більше двох) пантографів з тривалою експлуатацією і кількості пантографів більше двадцяти при повторній короткочасній експлуатації коефіцієнт виду $\kappa_\phi = 1,05—1,1$.

Активна потужність і втрати електроенергії в середньоквадратичному струмі впливають з формул:

$$\Delta P = 3 \cdot I_{ск}^2 \cdot R \cdot 10^{-3}; \Delta W = \Delta P \cdot Tв, \quad (1.3)$$

Втрати реактивної потужності і реактивної енергії складають:

$$\Delta Q = 3 \cdot I_{ск}^2 \cdot X \cdot 10^{-3}; \Delta V = \Delta Q \cdot Tв, \quad (1.4)$$

Якщо відомі витрати електроенергії W , врахована за певний час, а також максимальна потужність навантаження $P_{макс}$, то можна знайти час $T_{макс}$, протягом якого така лінія могла б передати цю електроенергію:

$$T_{макс} = W / P_{макс} \quad (1.5)$$

Термін корисного використання максимального навантаження T_{max} визначається видом виробництва і змінами роботи споживача і становить середній показник за рік: для освітлювальних навантажень - 1500-2000 годин; для однозмінної роботи - 1800-2500 годин; для двозмінної роботи - 3500-4500 годин; для тризмінної роботи - 5000-7000 годин.

Виходячи зі значень W і T_{max} , можна визначити максимальний струм за період, що розглядається:

$$I_{макс} = W / (T_{макс} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi), \quad (1.6)$$

При розрахунку втрати потужності та електроенергії по максимальному струму вводиться поняття часу втрат τ , яке залежить від часу використання максимуму $T_{макс}$ і коефіцієнту потужності $\cos\varphi$. Знаючи ці величини, по кривих залежності $\tau = f(T_{макс}, \cos\varphi)$ знаходять час втрат, а потім визначають активні і реактивні втрати електроенергії:

$$\Delta W_{л} = 3 \cdot I_{макс}^2 \cdot R \cdot \tau; \Delta V = 3 \cdot I_{макс}^2 \cdot X \cdot \tau, \quad (1.7)$$

Якщо ви знаєте розсіювання потужності, ви можете визначити відповідну потужність, що розсіюється:

$$\Delta P = \Delta W/T; \Delta Q = \Delta V/\tau, \quad (1.8)$$

Втрати потужності в трансформаторах складаються з втрат в міді і втрат в сталі.

Втрати електроенергії в міді можна визначити по втратах потужності міді $\Delta P_{м ном}$, максимальному навантаженні $S_{макс}$ і часу втрат τ , знайденим по кривій залежності $\tau = f(T_w, \cos\varphi)$, де $\cos\varphi$ приймають незмінним за певний час:

$$\Delta W_{м} = \Delta P_{м ном} \cdot S_{макс}^2 \cdot \tau, \quad (1.9)$$

Втрати електроенергії в сталі визначаємо втратами потужності при холостому ході ($\Delta P_{см} = \Delta P_{xx}$) та часом включення трансформатора $T_{в}$:

$$\Delta W_{см} = \Delta P_{см} \cdot T_{в}, \quad (1.10)$$

Сумарні активні втрати електроенергії визначаємо за формулою:

$$\Delta W_{тп} = \Delta P_{м ном} \cdot S_{макс}^2 \cdot \tau + \Delta P_{см} \cdot T_{в}, \quad (1.11)$$

Сумарні реактивні втрати електроенергії визначаються за такою формулою:

$$\Delta V = \Delta Q \cdot \tau + \Delta QM \cdot \text{Олово} \quad (1.12)$$

Зниження втрат потужності може бути досягнуто в основних ланках системи електропостачання промислових підприємств - в трансформаторах, силових і освітлювальних мережах і шинопроводах.

Втрати електричної енергії в трансформаторах значні і повинні бути зведені до мінімуму правильним вибором потужності і кількості трансформаторів, раціональною експлуатацією, а також виключенням швидкості холостого ходу при малих навантаженнях. Число трансформаторів, що працюють одночасно в залежності від навантаження, повинно визначатися черговим персоналом в умовах мінімальних втрат електричної енергії в трансформаторах.

Втрати електричної енергії в лінії, в залежності від опору, струму мережі і часу втрати; Тому для зменшення втрат необхідно зменшувати не тільки величину струму, але і величину опору лінії, для чого при наявності спарених ліній їх необхідно включати паралельно.

Використання підвищених напруг 20 кВ і 660 В для мереж промислових підприємств також значно знижує втрати електроенергії в живильних і розподільчих мережах промислових підприємств.

При створенні схеми зовнішнього і внутрішнього електропостачання слід вибирати варіант, де на лініях відсутні дроселі, або варіант, де втрати в дроселях мінімальні. Наприклад, можливість подачі електроенергії на підприємства напругою 6 кВ дроселями з техніко-економічними показниками порівнюється з варіантом електропостачання напругою 20 кВ без дроселів.

Необхідно прагнути до єдиного плану навантаження, який збільшує використання встановленого обладнання при одночасному зниженні втрат потужності. Зменшення величини максимального сумарного навантаження дає можливість подавати електроенергію більшій кількості споживачів при збереженні встановленої потужності трансформаторів незмінною. Зниження величини максимального сумарного навантаження на підприємство і коригування графіка може бути досягнуто (після узгодження з

Система логічних виразів (1.13) є математичним відображенням повної групи подій, для якої властиві дві характерні риси: 1) події B_j попарно несумісні; 2) структурному стану системи електропостачання в будь-який момент часу відповідає тільки одна з B_j . Ці особливості математично відображаються так:

$$\begin{cases} \bigcap_{i,j=1}^{2^n} (B_i, B_j) = V, & i \neq j \\ \bigcup_{j=1}^{2^n} B_j = U \end{cases}, \quad (1.14)$$

де V, U - - детерміновані події, які відповідають неможливому і достовірному відповідно.

З теорії ймовірностей відомо, що якщо випадкова подія B настає з одночасним настанням одної з подій B_j , що задовольняють логічним умовам (1.14), які іменують гіпотезами, то можна говорити про розкладання події B відносно гіпотез і обчислити $p(B)$ (ймовірність його настання) за формулою повної ймовірності. Стосовно до системи (1.13) формула повної ймовірності настання події B така:

$$p(B) = \sum_{j=1}^{2^n} p(B_j) \cdot p(B/B_j), \quad (1.15)$$

де $p(B_j), p(B/B_j)$ – ймовірності настання гіпотези B_j і події B при цій гіпотезі відповідно.

Тому що стан працездатності кожної i -ої перемички не залежить від станів працездатності всіх інших $(n-1)$ перемичок у j -ої їх комбінації, то алгоритм обчислення ймовірностей $p(B_j)$ можна відобразити системою алгебраїчних виразів вигляду:

визначається працездатністю відповідного структурного стану, тим самим сприяючи підвищенню достовірності оцінок втрат електроенергії в мережі системи та моделюванню системи електропостачання з раціональним рівнем структурного резерву з метою зменшення втрат потужності в її мережі.

Достовірність результатів оцінки структурних станів синтезованих і діючих систем електропостачання залежить від багатьох факторів. Серед них недостатньо вивчені такі напрями: вплив репрезентативності статистичних показників на (не)результативність елементів ДСПЕП та принципи їх забезпечення; вплив невизначеності вихідних умов оцінки. Під вихідними умовами заявник розуміє наступне: принцип поділу експлуатаційних і нефункціональних структурних умов системи енергопостачання; ступінь відповідності між пропускною здатністю елементів системи та їх структурним резервом; ступінь повноти представлення станів через працездатність елементів системи. На прикладі двоступеневої системи електропостачання в дисертації показано, як перераховані початкові умови впливають на діапазон допустимих рішень і надійність прийняття рішень.

1.3.3 Методи оцінки ефективності мережевої топології промислових енергосистем

У цьому розділі представлено теоретичне підґрунтя розробленого нового методологічного підходу до розв'язання топологічної задачі електричної мережі.

Обґрунтовано доцільність визначення терміна «центр електричних навантажень», оскільки він визначає принципи формування раціональної топології електричної мережі. З цією метою були визначені та досліджені наступні фактори, що впливають на розв'язання топологічної задачі: коефіцієнт енергетичної подвійності вузлів мережі, коефіцієнт сумісності

силових навантажень вузлів у мережі, коефіцієнт неоднозначності електричних зв'язків між вузлами розподільчих та живильних мереж, фактор обумовленості параметрів мережі, і фактор критеріальної функції вибору раціональних рішень. Під «центром електричних навантажень» пропонується розуміти точку плану мережі, що зумовлено екстремумом обраної критеріальної функції, яка враховує енергетичну подвійність вузлів мережі та їх поточне навантаження при фіксованих електричних зв'язках між вузлами та фіксованому конструктивно-параметричному проектуванні мережі, що відповідає технічним вимогам до її експлуатації.

Показано, що фізико-технічна сутність топологічної задачі спотворюється при її розв'язанні відповідно до принципів теорії функціонального аналізу з використанням адитивних критеріальних функцій (зокрема, річної консолідованої вартості мережі). Це пов'язано з множиною стаціонарних точок критеріальних функцій (критеріальні функції не опуклі). Крім того, топологічна задача електричної мережі - це задача зі змінними параметрами, яка не дозволяє апріорі ідентифікувати критеріальну функцію опуклості класичними методами. Тому топологічна задача вимагає нових математичних підходів.

Запропоновано розв'язувати топологічну задачу за допомогою детермінованого імітаційного моделювання раціональної мережі з урахуванням перелічених вище факторів. Моделювання мережі вимагає обумовленості її проектування, параметрів аварійного режиму, електричних зв'язків і метрик між вузлами мережі, координат топологічного базису (x_0, y_0) . Під детермінізмом розуміється зміна координат вузлів мережі, що утворюють суміжний шар (з вузлами живлення та розподілу мережі). Координати по дугах концентричних кіл з центром в точці з координатами (x_0, y_0) пропонується варіювати за алгоритмом:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{ij}(y_{ij}) = x_0(y_0) + r_i(r_i) \cos \varphi_j (\sin \varphi_j) \\ r_i = i \frac{R}{m_i}, \varphi_j = j \frac{360}{m_2} \\ i = 1, m_1; j = 1, m_2 \end{array} \right. , \quad (1.17)$$

де R – радіус метричної області моделювання мережі;

m_1, m_2 – параметри моделювання.

Моделювання містить у собі обчислення параметрів аварійного режиму в точках (x_{ij}, y_{ij}) , оцінку параметрів мережі на відповідність цьому режиму, обчислення абсолютних і відносних значень критеріальної функції в точках (x_{ij}, y_{ij}) . Вона дає можливість враховувати різноманіття при вирішенні топологічної задачі, оцінювати потенціал енергозбереження в мережі і є ефективним інструментом при синтезі раціональної електричної мережі.

1.3.4 Організаційно-економічні чинники підвищення ефективності функціонування промислових підприємств

Підвищення ефективності функціонування первинної ланки підприємницької економіки потребує ґрунтовних досліджень, які мають місце в діяльності суб'єктів господарювання різних форм власності в умовах ринкової трансформації економіки України. Одним із пріоритетних завдань є проблема комплексної оцінки ефективності функціонування бізнес-структур. Така постановка проблеми не є новою за своєю суттю, але зміна принципів відносин супроводжується глибокими змінами не тільки в структурі та організації виробництва, але і в підходах до оцінки його діяльності.

В економічній літературі широко використовується термін «ефективність». Як правило, її ототожнюють з ефективністю виробництва.

Однак, як показує досвід, набутий в умовах економічних реформ, на практиці необхідно розрізняти поняття «виробнича ефективність» і «ефективність функціонування бізнесу», оскільки ці категорії мають різне значення. Якщо для визначення ефективності виробництва прийнято використовувати такі показники, як рентабельність інвестицій, капіталомісткість, коефіцієнт капіталомісткості, матеріаломісткість і ефективність, продуктивність праці, трудомісткість і т. ін., то оцінка результатів діяльності промислового підприємства в умовах ринкової економіки включає, крім перерахованих показників: оцінка суто ринкових показників, зокрема ступеня конкурентоспроможності підприємства, його інвестиційної привабливості, фінансової стійкості, платоспроможності, ділової активності, тобто показників, що характеризують якісні параметри діяльності.

Беручи до уваги всі показники, поняття «ефективність функціонування підприємства» означає його здатність раціонально вирішувати завдання формування необхідного обсягу матеріальних, трудових і фінансових ресурсів та їх оптимального розподілу і використання з метою забезпечення стабільного розвитку і досягнення стратегічних цілей.

Багаторівнева діяльність підприємств здійснюється під впливом ряду факторів, що формують економічне середовище функціонування підприємницьких структур. Кількість екзогенних та ендогенних факторів потребує класифікації за ступенем та значимістю їх впливу на господарську діяльність економічних агентів. Запропонована класифікація факторів, що визначають фінансово-економічний і техніко-технологічний стан промислових підприємств, включає дві важливі групи: 1) фактори, об'єднані за характером їх виникнення; 2) Фактори, згруповані за способом впливу.

Запропонований підхід до структуризації факторів, що впливають на діяльність підприємств, є надзвичайно важливим, оскільки фактори, віднесені до першої групи, відображають місце їх виникнення в структурі соціально-економічної ієрархії. Зокрема, макроекономічні та мезоекономічні аспекти переважно стосуються діяльності галузей, регіонів та ринків. На противагу

цьому, мікроекономічні фактори визначають поведінку окремих економічних агентів. Другу групу складають фактори, що визначаються способом їх впливу на діяльність підприємств. У його структурі головну роль відіграють внутрішні чинники, в тому числі економічні та організаційні. У цій групі важливу роль відіграють соціально-психологічні детермінанти, які «проникають» в компанію через психологічні особливості співробітників, акціонерів, державних службовців і т.д. Окрему підсистему цієї групи складають фактори, які за рахунок горизонтальних відносин впливають на діяльність підприємств через партнерські відносини, контрактні системи, взаємні поставки тощо.

Запропонована структуризація факторів значно підвищує можливості управління ними. Якщо, наприклад, поведінка фірм сильно залежить від макроекономічних факторів, то на рівні уряду і державного управління повинні розроблятися заходи, спрямовані на створення сприятливого макроекономічного середовища за допомогою інструментів макроекономічного впливу. Якщо переважають мікроекономічні фактори, які залежать від самого підприємства, то для підвищення ефективності його роботи необхідно розробити гнучку комбінацію стимулюючих заходів, що враховують характер впливу внутрішніх факторів на діяльність господарюючого суб'єкта.

Система електропостачання – це сукупність пристроїв, які використовуються для вироблення, передачі та розподілу електричної енергії.

Система електропостачання промислових підприємств забезпечує електроенергією промислових споживачів. Основними споживачами є електроприводи різних машин і механізмів, електроосвітлення, електронагрівальні прилади, в тому числі електropечі.

Експлуатація промислових електроприводів та інших навантажень, як за конструкцією, так і за принципом експлуатації, повинна здійснюватися в суворій відповідності як з окремими споживачами, так і з комплексом електроприводів, що забезпечують роботу складних механізмів.

Раціонально виконана сучасна система електропостачання промислового підприємства повинна відповідати ряду вимог: економічна і надійна, безпечна і проста в експлуатації, забезпечувати правильну якість електроенергії, рівні напруги, стабільність частоти і т.д. Повинні бути передбачені стислі терміни виконання будівельно-монтажних робіт і забезпечена необхідна гнучкість системи, що дасть можливість розширюватися з розвитком підприємства без істотних ускладнень і збільшення вартості первинних варіантів. При цьому повинні прийматися рішення, що вимагають мінімальної витрати кольорових металів і електроенергії.

При розробці системи електропостачання підприємства на період будівництва передбачається її максимальне використання для постійної роботи електрообладнання підприємства.

Наразі більшість споживачів отримують електроенергію з електромереж. Однак багато компаній продовжують будувати власні теплові електростанції.

Потреба у виробленні електроенергії на заводських електростанціях виникає з наступних причин:

- а) потреба в теплі для техніки і тепла, а також ефективність високопродуктивного виробництва з використанням цієї електроенергії;
- б) потреба в аварійному електропостачанні критичних споживачів (друге незалежне джерело живлення);
- в) необхідність використання вторинних енергетичних ресурсів;
- г) велика віддаленість деяких підприємств від систем електропостачання.

З розвитком споживання електроенергії ускладнюються і системи електропостачання промислових підприємств. До них відносяться високовольтні мережі, розподільчі мережі, а в деяких випадках і промислові когенераційні мережі. Виникає необхідність впровадження автоматизації систем електропостачання промислових підприємств і виробничих процесів,

здійснення дислокації виробничих процесів на широкій території за допомогою телесигналізації і дистанційного керування, проведення активних робіт з економії електроенергії.

Сучасні промислові підприємства характеризуються безперервним зростанням електроспоживання, збільшенням питомих витрат електроенергії і питомих щільностей навантажень, які досягають $0,65 \text{ кВА/м}^2$ за рахунок різкого зростання виробничих потужностей і розширення області застосування електроенергії в технологічних процесах, в т. ч. в електролізі в електротермії. В електросталеплавильних цехах питома щільність навантажень досягає $3-4 \text{ кВА/м}^2$.

Зміни технологічних виробничих процесів, зазвичай пов'язані з їх ускладненням, призводять до необхідності модернізації та реконструкції систем електропостачання. У таких системах замість резервних систем встановлюється комп'ютер, який бере на себе управління системою електропостачання. Цей комп'ютер отримує інформацію у вигляді сигналів про стан системи електропостачання, роботу захисту і автоматики, і на підставі цієї інформації забезпечує точну роботу технологічного обладнання. У цих умовах черговий за пультом управління тільки спостерігає за ходом технологічного процесу і втручається в цей процес тільки в разі відхилення або виходу з ладу системи захисту, автоматики і телемеханіки.

З вищесказаного зрозуміло, що сучасне виробництво висуває високі вимоги до підготовки інженерів і фахівців в області промислового електропостачання. При цьому потрібна значна кількість інженерів, що володіють знаннями в області автоматизації, комп'ютерної інженерії та енергозберігаючих технологій.

Перехід на автоматизовані системи управління може бути успішним тільки при наявності засобів автоматизації і кваліфікованих інженерів в області автоматизованого електропостачання.

Слід зазначити, що більшість промислових підприємств нашої країни використовують старі системи ручного обслуговування, які потребують

реконструкції в умовах експлуатації та в умовах жорсткої конкуренції з вітчизняними та зарубіжними виробниками.

З одного боку, необхідність наукового підходу до управління системою електропостачання великих підприємств, застосування автоматизованих систем управління з використанням комп'ютерних технологій і комп'ютерних технологій продиктована складністю сучасних систем електропостачання, наявністю різних внутрішніх зв'язків, а також недостатньо високими характеристиками надійності засобів автоматизації в експлуатації; З іншого боку, можливість негативного впливу великих споживачів електроенергії на роботу енергосистеми.

Реальними гарантами використання керованих обчислювальних систем в системах електропостачання є наступні:

- Режим вироблення, передачі, приймання та розподілу електроенергії між споживачами - безперервний, безінерційний, тимчасовий; Об'єктом управління є розвинена складна технічна система;
- Керовану обчислювальну техніку зручно використовувати в системах з високим ступенем автоматизації технологічного процесу, зі значними інформаційними потоками в системах моніторингу та управління; Система електропостачання великих промислових підприємств відноситься саме до таких систем;
- Високі темпи розвитку у виробництві комп'ютерної техніки, удосконалення її елементної бази призводять до здешевлення комп'ютерної техніки, що, в свою чергу, дозволяє розширити сферу застосування;
- Сучасний ступінь автоматизації систем електропостачання на підприємствах дозволяє використовувати доступні засоби локальної автоматизації в автоматизованій системі управління енергопостачанням.

Головною особливістю електропостачання АСУ ТП є уніфікація, уніфікований підхід і універсальність рішень енергосистеми підприємства, незалежно від типу виробництва, в той час як автоматизована система управління технологічними процесами (АСУ ТП) характеризується

різноманітністю і індивідуальністю в залежності від типу виробництва. Тому можлива розробка універсальних принципів побудови автоматизованих систем управління електропостачанням.

Важливою особливістю системи електропостачання є неможливість створення резервів основного продукту – електроенергії. Вся вироблена електроенергія витрачається відразу. При виникненні непередбачених коливань навантаження потрібна точна і негайна реакція системи управління для компенсації виниклого дефіциту.

Система електропостачання великої компанії характеризується наявністю глибоких внутрішніх зв'язків, які не дозволяють системний, комплексний підхід до фрагменту, що враховує взаємодію факторів і їх динаміку. Під впливом різних порушень відбуваються безперервні зміни стану системи.

Використання керованої обчислювальної апаратури в системах електропостачання є закономірним продовженням еволюції автоматизації цих систем. Існуючі засоби локальної автоматики вирішують такі основні завдання: захист, регулювання напруги, регулювання потужності конденсаторних батарей та ін. Одним із засобів удосконалення автоматизації є використання керованих комп'ютерів і комп'ютерів. Логічні можливості комп'ютерів практично безмежні, що дозволяє реалізовувати досить складні алгоритми управління. Можливості накопичення і статистичної обробки інформації дозволяють вирішувати завдання аналізу і самоконтролю системи. Централізувавши функцію контролю і управління, можна налаштувати систему управління практично на будь-якому рівні.

Модель управління системою електропостачання може включати в себе наступні рівні: перший – пристрої автоматизації, датчики електричних і технологічних параметрів; другий - аналіз первинної інформації, її обробка; третя - керуюча і комп'ютерна операційна система; Четвертий - оптимальне управління, висновок керуючих сигналів до виконавчих органів

Створення універсальної системи управління системою електропостачання, яка може використовуватися на будь-якому великому підприємстві, незалежно від типу виробництва, можна вважати першим кроком на шляху до створення інтегрованої автоматизованої системи управління, що поєднує в собі безпосереднє управління електропостачанням з управлінням енергоменеджментом, технології виробництва, а також адміністративно-господарські питання. Комплекс керованих комп'ютерів повинен використовуватися для вирішення завдань оптимального управління виробництвом з урахуванням всіх аспектів діяльності підприємства.

Для того щоб поліпшити техніко-економічні показники промислових систем електропостачання, необхідно:

- Удосконалення стандарту на номінальні силові трансформатори;
- Виготовлення трансформаторів із зірково-зигзагоподібною або трикутно-зигзагоподібною обмоткою, що дозволяє скоротити капітальні вкладення та зменшити втрати потужності; замінювати, по можливості, симетричні і фільтрокомпенсуючі пристрої раціональними схемотехнічними рішеннями;
- Створення ефективного математичного забезпечення автоматизованих систем управління електропостачанням, включаючи розробку найбільш універсальних алгоритмів і програм для розрахунку режимів і надійності сонячних електростанцій з урахуванням реальних умов роботи системи та її динаміки.

Все це покликане допомогти знизити інвестиційні витрати і заощадити енергію в умовах експлуатації.

Основною проблемою на найближчу перспективу є створення раціональних систем електропостачання промислових підприємств, що пов'язано з наступними аспектами:

- Вибір і застосування раціонального перетворення числа.

В даний час існують системи електропостачання з неприпустимо великою кількістю перетворень; Так, наприклад, на металургійному

комбінаті є напруги - 500, 220, 110, 35, 10, 6, 3, 0,5, 0,38 і 0,22 кВ. Або, наприклад, групи нових промислових підприємств, створених за останні \approx 20 років, мають напругу 500, 220, 110, 35, 10, 6, 0,38 і 0,22 кВ. Така велика напруга тягне за собою невиправдано велику кількість перетворень (п'ять-шість).

Використання раціональних напруг на промислових підприємствах призведе до скорочення числа перетворень до двох-трьох. В цьому випадку економія електроенергії складе не менше 10-15% від загального споживання промислового підприємства.

Причинами появи нераціональних систем електропостачання в промисловості є їх постійне зростання і реконструкція при локальному вирішенні проблем електропостачання, коли необхідна реконструкція цих систем. Використання напруги 20 кВ могло б сприяти значному скороченню числа перетворень;

– Вибір і застосування раціональних напружень. Використання раціональних напруг в системах електропостачання промислових підприємств призводить до значної економії втрат потужності.

Причинами використання нераціональних напруг є постійне збільшення споживання електроенергії і вирішення тих чи інших проблем електропостачання, а також вимоги систем електропостачання до забезпечення електроенергією тієї напруги, яка присутня в даній енергосистемі. Нераціональні рішення в цьому напрямку призводять до того, що в роботі знаходяться системи електропостачання, в яких втрати потужності досягають 35-40%.

– правильний вибір місця розташування магазину і основних розподільчих станцій (СТЕР-станцій). Розміщення підстанцій у відповідних центрах електричних навантажень забезпечує мінімальне щорічне зниження витрат. Будь-яке зміщення підстанції від центру електричних навантажень призведе до збільшення цих витрат і збільшення вартості електроенергії.

Підтримання напруги, близької до номінальної, зазвичай здійснюється шляхом регулювання напруги різних допоміжних пристроїв, у тому числі перемикачів під навантаженням. При цьому відбуваються додаткові втрати потужності, особливо при низькому регулюванні напруги. У таких випадках ефективніше використовувати підвищений показник напруги, що набагато економічно вигідніше.

Загальне завдання оптимізації промислової системи електропостачання, крім перерахованих вище положень, включає в себе також раціональні рішення по вибору ліній і жил кабелю, способи компенсації реактивної потужності, автоматизації, диспетчеризації і т.д.

Оптимізація виробничих процесів у поєднанні з оптимізацією промислових систем електропостачання може і повинна забезпечувати державу додатковими ресурсами за рахунок зниження непродуктивних витрат.

Електромонтажники повинні зробити все від них залежне для того, щоб проєктоване ними електрообладнання мало якомога менший вплив на розташування і роботу технологічного обладнання, забезпечуючи при цьому високу надійність і безпеку при експлуатації цього обладнання.

Для коректного вирішення поставлених завдань необхідно координувати роботу декількох проєктних організацій або створити єдиний координаційний центр для узгодження проєктних рішень, прийнятих різними проєктними організаціями.

Якщо використання рішень енергосистеми суперечить вимогам будівельників або технологів, питання слід з'ясувати на основі техніко-економічного порівняння варіантів.

При розробці схеми електропостачання враховуються також режими роботи електроспоживачів, зокрема спосіб і частота пуску двигунів, пускові стрибки навантажень електродвигунів і т.д. При проєктуванні електропостачання підприємств і мікрорайонів повинен послідовно реалізовуватися принцип «децентралізації» перетворення і перемикання

електроенергії. Завдяки децентралізації та максимальній близькості високовольтних джерел до електроустановок споживачів мінімізуються пікові ланки та проміжні каскади перетворення та комутації, що знижує первинні витрати та зменшує втрати енергії при одночасному підвищенні надійності.

Система електропостачання в цілому повинна бути спроектована таким чином, щоб в післяаварійних умовах, після відповідної комутації, вона, як правило, була здатна подавати живлення споживачам компанії (з певним обмеженням) з урахуванням використання всіх додаткових джерел і можливостей резервування (перемички, підключення вторинної напруги, аварійні джерела живлення, і т.д.), перевантажувальна здатність обладнання і т.д. 2б. Для цілей цієї Директиви Сторони забезпечують, щоб Сторони не були зобов'язані виконувати положення цієї Директиви протягом терміну дії Договірних Сторін Договірних Сторін

Завдання оптимізації повинні вирішуватися з точки зору системного підходу. При цьому вибір раціональних режимів роботи систем електропостачання промислового підприємства слід здійснювати, оцінюючи рентабельність всього підприємства в цілому. У деяких випадках при нестачі потужності в системі електропостачання може бути вигідніше знизити напругу на 5-10% в порівнянні з номінальною напругою. Цей захід дозволяє багатьом галузям промисловості скоротити втрати без істотних втрат для технологічного процесу в порівнянні з втратами через зупинки виробництва, які в даний час широко застосовуються.

Системний підхід до вирішення оптимізаційних завдань полягає в управлінні якістю електроенергії з метою зниження її втрат в промислових системах електропостачання, а також підвищення продуктивності механізмів і якості продукції, що випускається. Комплексне вирішення цієї проблеми забезпечить всебічне підвищення ефективності національної економіки.

Більше 50% всієї електроенергії, виробленої в нашій країні, споживається промисловими підприємствами.

Споживачі електроенергії промислових підприємств поділяються на такі групи:

- споживачі трифазного струму напругою до 1000 В, частотою 50 Гц;
- споживачі трифазного струму напругою вище 1000 В, частотою 50 Гц;
- однофазні електроспоживачі напругою до 1000 В, частотою 50 Гц;
- Споживачі, що працюють на частоті, відмінній від 50 Гц, такі як електропостачання від підстанцій та установок;
- Споживачі постійного струму, що живляться підстанціями і установками з силовими перетворювачами.

Для правильної побудови системи промислового електропостачання для всіх споживачів перерахованих вище груп необхідно з'ясувати наступне:

1. Вимоги, викладені в чинних «Правилах електромонтажного обладнання» ПУЕ щодо надійності постачання електричної енергії споживачам (1-а, 2-а та 3-я категорії);
2. Спосіб дії (довготривалий, короткостроковий, повторно-короткостроковий);
3. Місця розташування споживачів електроенергії, також необхідно з'ясувати, чи є вони стаціонарними або пересувними.

В даний час електропостачання промислових установок забезпечується змінним струмом. З метою забезпечення електроенергією групи споживачів постійного струму будують підстанції, на яких встановлюються перетворювальні агрегати: напівпровідникові випрямлячі, ртутні випрямлячі, мотор-генератори і механічні випрямлячі.

Перетворювальні агрегати живляться від трифазної мережі і тому є споживачами трифазного струму.

Споживачі постійного струму з індивідуальними перетворювальними блоками: електроприводом від системи генератор-двигун, вентиль-

електроприводом і т.д. - це з точки зору електропостачання споживачами трифазного струму.

Такими споживачами є електрифікований транспорт всередині підприємств, електролізні установки, підйомно-транспортні споруди та деякі інші механізми.

Згідно з ПУЕ, електроустановки, які виробляють, перетворюють, розподіляють і споживають електроенергію, поділяються на електроустановки напругою до 1000 В і електроустановки напругою понад 1000 В.

Електроустановки напругою до 1000 В виконуються як з міцно заземленими і ізольованими нульовими провідниками, так і з установками постійного струму з міцно заземленою і ізольованою нульовою точкою.

Електроустановки з ізольованими нульовими провідниками повинні застосовуватися для підвищення надійності електропостачання промислових систем електропостачання (торф'яних шахт, вугільних шахт і т. Д.) За умови контролю в цьому випадку ізоляції мережі і цілісності пробивних пристроїв, швидкого виявлення персоналом замикань на землю і їх швидкого усунення, або забезпечується автоматичне відключення ділянок з замиканням на землю.

У чотирипровідних мережах змінного або трипровідного постійного струму для установок без підвищеної небезпеки глухе заземлення нейтралі є обов'язковим.

Електроустановки з напругою вище 1000В поділяються на установки:

- з ізольованим нульовим провідником (напругою до 35 кВ);
- з нульовим провідником, з'єднаним із землею індуктивним резистором для компенсації ємнісних струмів (напруга до 35 кВ і рідко 110 кВ);
- з міцно заземленим нульовим провідником (напругою 110 кВ і більше).

Крім того, всі ці установки поділяються на установки з малими струмами замикання на землю (до 500 А) і рослини з високими струмами замикання на землю (понад 500 А).

За поточною частотою споживачі електроенергії поділяються на споживачі з промисловою частотою (50 Гц) і споживачі з високою (вище 10 кГц), високою (до 10 кГц) і низькою (нижче 50 Гц) частотами.

Більшість споживачів споживають електроенергію з нормальною промисловою частотою. Високочастотні і високочастотні системи використовуються для нагрівання, загартування, кування і штампування металів, а також для плавки металів.

Для перетворення змінного струму промислової частоти в струми високої і високої частоти застосовують двигуни-генератори (перетворювачі електричних машин), а також тиристорні і іонні перетворювачі. Для того щоб домогтися підвищеної частоти (до 10 кГц), в основному використовуються тиристорні перетворювачі (інвертори). Для досягнення частоти 10 кГц і більше використовуються лампові генератори. Іонні генератори можуть використовуватися для досягнення частот до 2800 Гц.

Споживачів електроенергії можна розділити на групи за схожістю режимів, тобто за схожістю графіків навантаження. Розділивши навантаження на групи, можна більш точно визначити сумарне електричне навантаження.

2 ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАПОРІЗЬКОГО МАШИНОБУДІВНОГО ЗАВОДУ. В.І. ОМЕЛЬЧЕНКО

2.1 Методика розрахунку втрат активного енергії в системі електропостачання заводу

Вибір методу розрахунку втрат активного струму (ВЕЕ) в системі електропостачання визначається використовуваними даними про параметри його елементів (резисторів). Останні досить стійкі, і їх заготівля не пов'язана з великими труднощами. Значення існуючих або прогнозованих електричних навантажень визначаються або відомими методами, що застосовуються в умовах експлуатації, або розрахунками, що застосовуються при проектуванні. Залежно від характеру і повноти інформації про навантаження, для розрахунку ВАЕЕ в даний час використовуються детерміновані дані; імовірнісно-статистичні методи і способи, що відповідають умовам невизначеності (невизначеності) інформації. Перші рекомендуються, коли вихідними даними служать параметри елементів мережі і електричних споживачів.

При проведенні розрахунків втрат рекомендується найбільш простий з детермінованих методів, враховує тривалість інтервалів з найбільшими втратами потужності, згідно з яким ВАЕЕ за рік (ΔW_a , кВт·год) визначаються за формулою:

$$\Delta W_a = \Delta P \tau, \quad (2.1)$$

де ΔP – втрати потужності в режимі максимального навантаження мережі, кВт;

τ – тривалість інтервалів годин з найбільшими втратами потужності, год.

Для визначення останньої величини зазвичай використовується наступна формула:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{ma}}{10^4}\right)^2 8760, \quad (2.2)$$

де T_{ma} - кількість годин використання максимального навантаження, яке залежить від режиму роботи підприємства.

Відомо, що в теорії проектування складних технічних об'єктів з використанням принципів декомпозиції та ієрархії опису об'єктів остання передбачає їх поділ на шари, що, як правило, здійснюється за функціональною ознакою і залежить від рівня деталізації відображуваних властивостей і властивостей об'єкта. Принцип декомпозиції має на увазі поділ кожного рівня на ряд частин (блоків) з можливістю блокового проектування об'єкта на будь-якому ієрархічному рівні. Звичайно, такий підхід доцільно реалізувати при моделюванні системи електропостачання.

Вищевказані принципи ми використовуємо в роботі програми розрахунку ВАЕЕ в системі електропостачання, а також при формуванні моделі енергоефективної системи, кінцевою метою якої є отримання системи, що працює з мінімальними втратами. Для створення цієї моделі ми розділимо систему електропостачання на підсистеми (Цехова електрична мережа (СЕМ), Внутрішня електротехнічна система (ВЕЗ), Електропостачання підприємства (СР)), де її ієрархічна структура і визначена структура самої моделі, згідно з якою сумарний БГАЕ в системі (Вт, кВт·год/рік) визначається за такою формулою:

$$W = W_I + W_{II} + W_{III}, \quad (2.3)$$

де W_I - сумарні річні ВАЕЕ у всіх елементах цехової електромережі, що складаються з втрат в її провідниках і трансформаторних підстанціях;

W_{II} - на живильних та розподільних ділянках внутрішньопідприємствської електросистеми;

W_{III} - в джерелі живлення підприємства.

Ще одним принципом проектування складних технічних систем є типізація і стандартизація проектних рішень. Тому структура даної моделі повинна відповідати типовій схемі системи електропостачання промислового підприємства (рис. 2.1), яку можна легко адаптувати до інших схем, або виключивши неіснуючі секції і елементи, або додатково включивши їх в різні рівні системи з відповідними підключеннями.

Тому створення моделі системи електропостачання буде базуватися на математичних залежностях для розрахунку ВАЕЕ в її заданих підсистемах, таких як цехова електромережа, внутрішня електрична система і електропостачання підприємства. Ці складові моделі повинні бути самостійними обчислювальними одиницями, які підходять для подальшої ефективної реалізації моделі електричної системи стосовно до системи електропостачання не тільки на підприємстві в цілому, але і в кожному його бізнес-підрозділі окремо.

Для створення моделі цехової електромережі визначено залежності втрат активної електричної енергії від параметрів елементів цехової мережі (рівень 3 на рисунку 2.1), які є провідниками секцій останніх, трансформаторів підстанції. Умовно зарядну електромережу можна розділити на два фрагменти з відповідними втратами активного струму, сума яких визначає втрати, показані в цілому:

$$W_I = W_c + W_m, \quad (2.4)$$

де W_c – сумарні втрати активної електроенергії в провідниках ділянок мережі до 1000 В;

W_m – сумарні втрати активної електроенергії у трансформаторах цехових трансформаторних підстанцій ТП.

Наприклад, припустимо, що для цеху існує набір $i = \overline{1, N}$ розподільних вузлів N . Число N включає в себе все, що підлягає живленню трансформаторами підстанції підстанції, наприклад, високопродуктивні

поодинокі ПЕ, які не можуть бути підключені до розподільних пристроїв, автомобілів і т.д. Далі ці вузли представлені як пункти розподільні (ПР_i) з розрахунковими навантаженнями за активної P_i (кВт) і реактивної Q_i (квар) потужностям і координатами місць розташування в плані цеху $((x_i, y_i), \text{м})$.

Річні втрати активної електричної енергії в мережі до 1000 В при живленні i -ого пункт розподілу від j -ї трансформаторної підстанції обчислюються як сума втрат на ij -й ділянці w_{ij} (кВт·год/рік):

$$W_c = \sum_j \sum_i w_{ij} = \sum_j \sum_i w_i l_{ij}, \quad (2.5)$$

де M – кількість цехових трансформаторних підстанцій;

w_i – питомий параметр втрат ij -ї ділянки мережі на 1 км довжини, обумовлений струмовим навантаженням i -ого вузла мережі I_i (А) і питомим опором ділянки r_{ij} (Ом / км), при річному числі годин максимуму втрат τ_i (год):

$$w_i = 3I_i^2 r_{ij} \tau_i 10^{-3}. \quad (2.6)$$

Струмове навантаження i -ого вузла цехової електричної мережі при номінальній напрузі $U_{\text{номЦЕМ}}$ (кВ) обчислюється як:

$$I_i = \sqrt{P_i^2 + Q_i^2} / (\sqrt{3} U_{\text{номЦЕМ}}), \quad (2.7)$$

Питомий опір ij -ого ділянки мережі обумовлений перетином провідника s_{ij} (мм²) і питомою провідністю матеріалу його жили γ_{ij} (1/ом · мм² · м) при кількості ниток провідника на кожній ділянці n_{ij} (шт.):

$$r_{ij} = 1000 / (\gamma_{ij} s_{ij} n_{ij}). \quad (2.8)$$

Зазначені вище питомі опори ij -их ділянок, як видно, залежать від типу провідників, переріз яких для мереж до 1000 В визначається струмовим навантаженням пункту розподілу PP_i (I_i) і перевіряється за погодженням з струмами уставок апаратів захисту, зумовленими цими ж струмами. У такому випадку відсутній вплив на вибір перерізу зв'язку між i -им розподільчим пунктом РП і j -ою трансформаторною підстанцією ТП, що відбивається у подальшому записом питомого опору ij -их ділянок за формулою (2.8) тільки з одним i -им індексом.

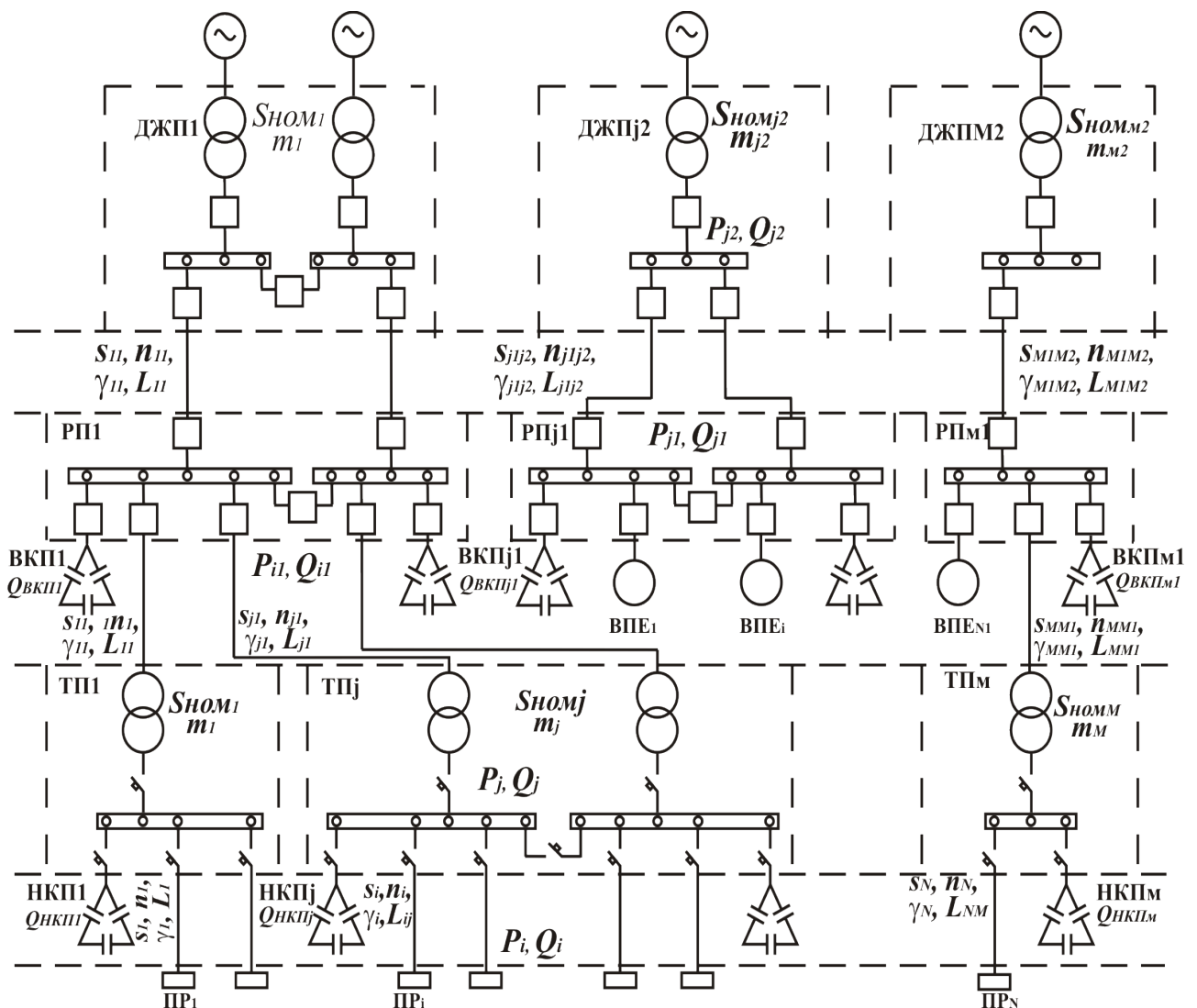


Рисунок 2.1 – Типова схема системи електропостачання промислового підприємства

У залежності (2.5) довжина ділянки мережі l_{ij} (км) може бути обчислена за координатами j -ої трансформаторної підстанції (x_j, y_j) і i -их пунктів розподілу (x_i, y_i) , використовуючи, наприклад, принцип найкоротшої відстані:

$$l_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} / 1000, \quad (2.9)$$

або з урахуванням фактичного плану розміщення обладнання в цеху, тобто коригування довжини ділянки відповідно до запропонованого маршруту укладання сітки.

Річні втрати активної електричної енергії на підстанціях, коли на них встановлені трансформатори стандартного розміру, розраховуються як сума втрат за останній тиждень (кВт·год/рік):

$$W_T = \sum_j^M w_{jt}. \quad (2.10)$$

Тут втрати в трансформаторах обумовлені їх навантаженням і технічними характеристиками:

$$w_{jt} = m_j P x_{jt} T_{Bj} + m_j P k_{jt} k z_{jt}^2 \tau_j, \quad (2.11)$$

де $m_j, P x_{jt}$ – кількість (шт.) і втрати потужності в трансформаторах (на вихрові струми і перемагнічування) j -ої трансформаторної підстанції (кВт);

T_{Bj} – тривалість включення розглянутої трансформаторної підстанції (ч);

$P k_{jt}$ – номінальні втрати потужності в обмотках трансформатора j -ої трансформаторної підстанції t -ого виконання (кВт);

τ_j – числогодин максимуму втрат j -ої трансформаторної підстанції (ч).

Тут коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$kz_{jt} = S_j / (m_j S_{номjt}), \quad (2.12)$$

де S_j – електричне навантаження по повній потужності j -ої трансформаторної підстанції, обумовлена переліком пунктів розподілу, що підключаються до неї (кВА);

$S_{номjt}$ – номінальна потужність трансформатора j -ої трансформаторної підстанції t -ого виконання (кВА).

Підставляючи в (2.4) залежності (2.5) і (2.10), і замінюючи в них вищеописані складові, отримаємо загальну формулу обчислення сумарних втрат активної електричної енергії в цеховій електромережі:

$$\begin{aligned} W = & \sum_j \sum_i w_i l_{ij} + \sum_j w_{jt} = \\ & + \sum_j \sum_i \left(\frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{номЦЭМ}^2} \frac{1}{\gamma_{ij} \cdot s_{ij} \cdot n_{ij}} \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \tau_i \right) 10^{-3} + \quad (2.13) \\ & + \sum_j (m_j \cdot P_{x_{jt}} T_{в_j} + \frac{1}{m_j} P_{к_{jt}} \frac{P_j^2 + Q_j^2}{S_{номjt}^2} \tau_j). \end{aligned}$$

Введемо в залежність (2.13) додаткові змінні X_{ij} , T_{ij} . Перша з них відображає розподіл електричних навантажень (у вигляді деякого переліку груп PP_i при радіальній схемі їх підключення) за джерелами живлення (ТП $_j$), а друга - установку трансформатора j -ої ТП певного типу t -ого виконання з відповідними технічними характеристиками ($S_{номt}$, $P_{хt}$, $P_{кт}$). Ці змінні дозволяють описати в досліджуваній мережі зв'язок між вузлами і формалізувати процес розрахунку втрат в ній.

Для обліку ПФВ введемо також змінну $Q_{нкрj}$, величина якої відображає номінальну реактивну потужність генеруючого низьковольтного розподільного пристрою в мережу при підключенні до шин низьковольтного розподільного пристрою (ЗРУ) j -ї підстанції. Тоді, з урахуванням вищесказаного, формула (2.13) прийме вигляд:

$$\begin{aligned}
W = & \sum_j \sum_i \left(\left(\frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{\text{номЦЭС}}^2} \gamma_i s_i n_i \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \tau_i \right) 10^{-3} \right) X_{ij} + \\
& + \sum_t \sum_j \left((P_{x_{jt}} T_{v_j} + P_{k_{jt}} \frac{P_j^2 + (Q_j - Q_{\text{нкв}j})^2}{S_{\text{ном}jt}^2} \tau_j) \right) T_{jt},
\end{aligned} \quad (2.14)$$

де X_{ij} - булева змінна, що характеризує зв'язок i -ого пункту розподілу з j -ої трансформаторної підстанції, яка приймає значення рівне одиниці, за наявності останньої і нулю при її відсутності;

T_{jt} - булева змінна, яка дорівнює одиниці при установці трансформатора на j -ої трансформаторній підстанції деякої номінальної потужності $S_{\text{ном}jt}$ і нулю - за його відсутності;

T - кількість номенклатурних виконань трансформаторів, допустимих до розгляду по можливості їх використання на конкретному підприємстві.

Для створення моделі внутрішньої електричної системи виділимо її основні елементи (2-й рівень на рисунку 2.1): розподільні вузли вище 1000 В - РП; Вузли-відгалуження, які є або цеховими ТП, або ВПП, а також лінії електропередач. Ця мережа має одне або кілька джерел живлення, наприклад, головну підстанцію підприємства (ГПП), з фіксованими значеннями номінальної напруги розподільного пункту шини (ППК) і струмів короткого замикання на них. В якості джерела реактивної потужності використовуються або високовольтні компенсатори (ВКП), або синхронні двигуни вище 1000 В, які працюють в режимі перезбудження.

Зв'язки між джерелом живлення і розподільним пунктом визначають схему живильної мережі, а між розподільним пунктом і підстанцією (ВППЕ) - розподільчої мережі. При цьому можуть виникати випадки, коли частина або всі підстанції безпосередньо підключені до електропостачання мережі, що обумовлено її топологічними та енергетичними показниками. Аналогічно випадку з цеховою електричною мережею відобразимо схеми розподільної (зв'язки між j -им ТП (ВППЕ) і $i1$ -им РП) і живильної (зв'язки між $i1$ -ої РП та $j1$ -им ДЖ) мереж булевими змінними - X_{j1i1} і X_{j1i1} .

Енергетична ефективність внутрішньої електричної системи визначається також мінімальними сумарними втратами активної електричної енергії на ділянках розподільчих і живильних мереж, саме тому в основу моделі покладено розрахунок цих втрат на заданих ділянках (ДВН):

$$W_{II} = W_p + W_{\text{жс}} \quad (2.15)$$

де W_p , $W_{\text{жс}}$ - сумарні втрати активної електроенергії на всіх розподільчих і живлячих ділянках відповідно.

Так як основними елементами цієї мережі є провідники, то втрати в ній будуть визначатися аналогічно вище наведеними формулами, тільки зі своїми мережевими та режимними параметрами, а залежність (2.15) прийме вигляд:

$$W_{II} = \sum_{il=1}^{NI} \sum_{j=1}^M w_{jil} X_{jil} + \sum_{jl=1}^{MI} \sum_{il=1}^{NI} w_{iljl} X_{iljl}, \quad (2.16)$$

де M - кількість ділянок розподільної мережі, яка при радіальній схемі підключення може визначатися числом трансформаторних підстанцій (шт.);

NI і MI - кількість розподільчих пунктів та високовольтних пристроїв мережі відповідно (шт.);

w_{jil} , w_{iljl} - втрати активної електричної енергії на ji 1-й та ij 1-й ділянках розподільної і живильної мереж (кВт·год / рік), які обчислюються наступним чином:

$$w_{jil} = 3I_{jil}^2 R_{jil} \tau_j 10^{-3}; \quad (2.17)$$

$$w_{iljl} = 3I_{iljl}^2 R_{iljl} \tau_{mil} 10^{-3}, \quad (2.18)$$

де I_{jil} , I_{iljl} і R_{jil} , R_{iljl} - розрахункові струмові навантаження (А) і опору (Ом) ji 1-ї та $iljl$ 1-ї ділянок мережі;

τ_{mj}, τ_{mil} - тривалість максимуму втрат активної потужності $i1$ -ого та $j1$ -ого вузлів мережі (ч).

Опори зазначених ділянок мережі залежать від типу провідника: перетину ($sjil, silj1$), питомої провідності матеріалу його жили ($\gamma jil, \gamma ilj1$), кількості ниток в ньому ($njil, nilj1$), а також від довжин ділянок ($ljil, lilj1$). Останні обумовлені топологією мережі, а також трасировкою прокладки провідників. Наприклад, при проведенні її по найкоротшій відстані довжина ділянок визначається аналогічно формулі (2.9), а по периметру будівлі вона обчислюється як:

$$l_{jil} = |x_j - x_{il}| + |y_j - y_{il}|; \quad (2.19)$$

$$l_{ilj1} = |x_{il} - x_{j1}| + |y_{il} - y_{j1}|, \quad (2.20)$$

де (x_j, y_j) , (x_{il}, y_{il}) и (x_{j1}, y_{j1}) - координати розміщення j -ї трансформаторної підстанції, $i1$ -ого розподільчого пункту та $j1$ -ого високовольтного пристрою у плані підприємства (м).

Так як в даному випадку в розподільному вузлі (РП) не передбачається трансформація, то номінальні напруги двох його рівнів збігаються ($U_{номВЗЕС}$, кВ). Токи ділянок розподільної мережі I_{jil} залежать або від активних і реактивних електричних навантажень j -ої трансформаторної підстанції - P_j, Q'_j , (кВт, квар), що визначаються з урахуванням втрат потужностей у трансформаторах ($\Delta P_{m'j}, \Delta Q_{m'j}$) і потужностей високовольтних компенсуючи пристроїв, або від номінальних потужностей ВПЕ при їх одиночному підключенні до $i1$ -ого розподільчого пункту.

Струми ділянок мережі живлення I_{ilj1} обумовлені навантаженнями за активної і реактивної потужностей $i1$ -огорозподільчого пункту (P_{il}, Q_{il}) і генерується потужністю джерела реактивної потужності ($Q_{вкнib}$, квар). Ці електричні навантаження можуть бути визначені або за показаннями

лічильників, встановлених у розподільчих пунктах, або розраховані одним з аналітичних методів, наприклад, коефіцієнтом попиту.

Вставивши вищевказані змінні в формулу (2.16), отримаємо модель внутрішньої електричної системи, що враховує рівні живлення і розподілу мережі, що відображає специфіку даної системи - ієрархію:

$$W_{II} = \sum_{il=1}^{Nl} \sum_{j=1}^M \left(\left(\frac{P_j^2 + Q_j^2}{U_{номВЗЕМ}^2} \frac{1}{\gamma_{jil} s_{jil} n_{jil}} l_{jil} \tau_{mj} \right) 10^{-3} \right) X_{jil} + \sum_{j1=1}^{M1} \sum_{il=1}^{N1} \left(\left(\frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{номЦЕМ}^2} \frac{1}{\gamma_i s_i n_i} \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \tau_i \right) 10^{-3} \right) X_{ij} \cdot \quad (2.21)$$

Якщо у внутрішній електричній системі передбачено проміжне перетворення, то логіка побудови моделі залишається колишньою, тільки у формулі (2.21) необхідно додати складову, яка є сумою втрат активної електричної енергії в трансформаторах цих вузлів, і врахувати зміну напруг при переході з одного рівня мережі на інший.

Розрахунок втрат активної електричної енергії в електропостачанні підприємства (якщо вони включають понижуючі підстанції) алгоритмічно узгоджується з розрахунком втрат в трансформаторах підстанцій (формули (2.10) - (2.12), (2-14)), з тією різницею, що конструктивні особливості трансформаторів, а також активні і реактивні навантаження на шини збігаються з електропостачанням підприємства (P_j, Q_{j1}) . Останні можуть розраховуватися як безпосередньо за показниками вимірювальних приладів (встановлених на джерелах живлення підприємства), так і за допомогою одного з аналітичних методів за висхідним принципом, тобто від РЕ до їх блоків живлення, від підстанцій до розподільчих пунктів тощо.

Таким чином, при установці трансформаторів $t1$ - го типу виконання (описується змінною T_{tlj1}) з відповідними технічними характеристиками $(S_{номt1}, P_{xt1}, P_{kt1})$ і числом m_{lj1} , на $j1$ - му джерелі живлення підприємства сумарні

річні втрати активної електричної енергії при їх загальній кількості Ml і часу включення T_{ejl} визначатися за формулою:

$$W_{unn} = \sum_{tl}^{Tl} \sum_{jl}^{Ml} \left((ml_{jl} P_{x_{jltl}} T_{ejl} + \frac{l}{ml_{jl}} P_{k_{jltl}} \frac{P_{jl}^2 + Q_{jl}^2}{S_{ном_{jltl}}^2} \tau_{mjltl}) \right) T_{tljltl}. \quad (2.22)$$

У разі електропостачання споживачів електроенергії підприємства від підстанції без комутації розрахунки втрат активної електричної енергії в джерелах живлення промислових підприємств будуть аналогічними розрахункам втрат в елементах внутрішньої електричної системи (формула 2.21).

2.2 Алгоритм структурно-параметричної оптимізації системи електропостачання

Розроблено алгоритм оптимізації системи електропостачання стосовно до типової схеми промислового підприємства (рисунок 2.1), що включає такі конструктивні елементи, згадані вище: ділянки електричної мережі цеху; цехові підстанції; розподільні секції (СЕМ), електромережі вище 1000 В та проміжні вузли розподільчих пунктів; а також електропостачання компанії, наприклад, головна підстанція компанії. Метою алгоритму є визначення топології (структури) та параметрів елементів енергоефективної системи електропостачання для заданого переліку розподільчих пунктів та високовольтного електрообладнання промислового підприємства.

Перелік вихідних даних для вирішення проблеми наведено в таблиці 2.1. Вони обумовлені математичними залежностями при розрахунку втрат електричної активної енергії і вихідної інформації, необхідної для установки режимів енергоспоживання. Крім того, існують змінні, які визначають

технічні вимоги до режимів роботи системи і відображаються в математичному описі обмежень. З метою подальшої оцінки економічної доцільності можливих енергозберігаючих заходів в окремий блок вносяться дані про витрати на електрообладнання, а також тариф на електроенергію та інформація про винагороду за реактивну потужність.

Нижче ви знайдете інформацію про можливу конструкцію елементів електричних мереж, з яких вибираються відповідні параметри. Необхідність у цьому впливає як з економічних, так і з організаційних можливостей. Існує також перелік джерел реактивної потужності, як правило, компенсаційних пристроїв (КП), що підключаються або до низьковольтних пунктів збору цехових підстанцій підстанцій (ТП), або до високовольтних шин розподільних пунктів розподільного пристрою або електропостачання фірми JP (ВКП). Якщо під час роботи присутні синхронні двигуни, вказується мінімально допустима реактивна потужність, що виробляється ними.

Вихідні дані для розрахунку енергоефективної системи електропостачання промислового підприємства:

Список пунктів розподілу

- кількість N , шт.;
- електричне навантаження по активній P_{pi} , кВт та реактивній Q_{pi} , квар потужностям, $i = 1 \dots N$;
- координати (x_i, y_i) , м;
- категорія по надійності електричних пристроїв, що підключаються до пунктів розподілу, I, II, III.

Список високовольтних електричних пристроїв

- кількість N_I , шт.;
- електричне навантаження по активній P_{pi} , кВт та реактивній Q_{pi} , квар потужностям, $i = 1 \dots N_I$;
- координати (x_i, y_i) , м;
- категорія по надійності електричних пристроїв, що підключаються до пунктів розподілу, I, II, III.

Зовнішнє електропостачання

- номінальна напруга, $U_{ном}$, кВ;
- струми к.з. на шинах РУ зовнішнього джерела живлення $I_{кз}$, кА;
- коефіцієнт реактивної потужності на межі балансової належності

підприємства, $tg\varphi$.

Джерела реактивної потужності

- номінальна потужність низьковольтних компенсуючих пристроїв, $Q_{нкпj}, квар, j=1 \dots M$;
- номінальна потужність високовольтних компенсуючих пристроїв, $Q_{вкпj}, квар, j=1 \dots M1$;
- синхронні двигуни вище 1000 В, $Q_{сдi}, квар, i=1 \dots N2$.

Зони неприпустимого встановлення вузлів: трансформаторних підстанцій, розподільчих пунктів, головної понижуючої підстанції

- кількість зон H , шт.;
- координати зон (x_i, y_i) , м, $i = 1 \dots H$.

Режим роботи підприємства

- число годин максимуму активного електричного навантаження, $T_{макс}$, години.

Конструктивне виконання цехової електромережі, внутрішньопідприємствоської електричної системи, трансформаторних підстанцій, розподільчих пунктів, головної підприємствоської підстанції

- марка провідників (матеріал жили), γ , $1/ом \cdot мм^2 \cdot м$;
- переріз, s , $мм^2$;
- кількість ниток, n , шт.;
- тип трансформатора ТМЗ, ТПЗ;
- номінальна потужність трансформаторів, $S_{номj}$, кВА, $j=1 \dots M(M2)$
- кількість трансформаторів, $m_j (m_{2j})$, шт.

Алгоритм визначення оптимальної структури та параметрів системи наведено на рисунку 2.2. Деякі з них визначаються шляхом вирішення окремих оптимізаційних завдань, які включаються в загальну схему алгоритму

у вигляді проміжних блоків оптимізації. До них відносяться: Блок I - оптимізація перетину, матеріалу і кількості ниток провідників ділянок електричної мережі; II блок - розподіл електричного навантаження по вузлах електромережі; Блок III - визначення місця розташування підстанцій, розподільчих пунктів і джерел живлення підприємства; Блок IV - підбір кількості і потужності трансформаторів (підстанцій і джерел живлення компанії). Загальним результатом роботи блоків II і III, заснованим на використанні розроблених вище алгоритмів, є побудова оптимальної топології електричної мережі.

У запропонованому алгоритмі взаємозв'язок між окремими завданнями враховується шляхом повного перерахування кількості вузлів електричної мережі (підстанцій, розподільчих пунктів та джерел живлення підприємства) та отримання рішень за допомогою блоків оптимізації для кожного варіанту кількості вузлів. Результатом перерахування та роботи вузлів оптимізації є багатовимірна матриця рішень із сумарними значеннями активних втрат електричної енергії в системі для кожного числа вузлів. Крім того, з останнього вибирається мінімальне значення втрат електричної активної енергії з певною структурою і переліком бажаних параметрів системи.

Розв'язок задачі в блоці I ґрунтується на послідовному перерахуванні перерізу провідника з паралельною зміною числа ниток розжарювання і матеріалу сердечника для заданого номінального струмового навантаження. Звичайно, чим більше перетин, кількість ниток і матеріал жили – мідь – тим менші втрати в провіднику (оптимізується питомий показник – втрати активної електричної енергії на одиницю довжини). Обмеженнями в переліку можуть бути: 1) економічні показники (вивільнені кошти), 2) конструктивна реалізація електричної мережі, що передбачає можливість підключення її до джерела живлення.

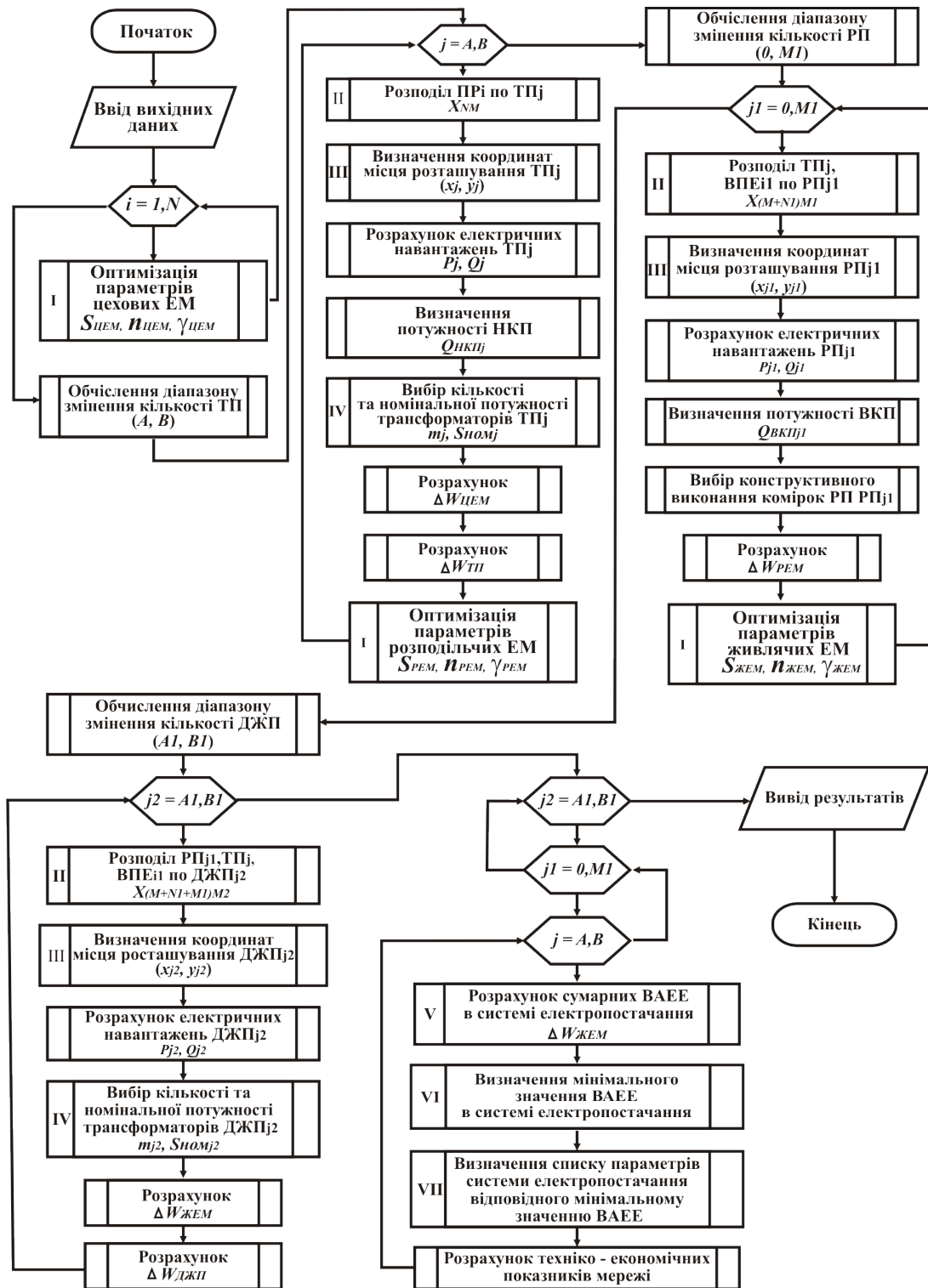


Рисунок 2.2 – Структурна схема алгоритму оптимізації параметрів системи електропостачання

Початкова межа діапазону змінних перерізів визначається умовами їх вибору по відношенню до мереж напругою до і вище 1000 В. Рішенням даного оптимізуєного блоку є перетин провідників ділянок зарядної електромережі

та внутрішньої електричної системи. В якості вихідних даних виступає номінальне струмове навантаження, а для електричної мережі цеху - вихідна інформація, а для внутрішньої електричної системи - розрахунок відповідно до розподілу електричних навантажень на розподільні пункти і джерела живлення підприємства при відповідних номінальних напругах мережі.

Результатом роботи блоків II і III є координати розташування вузлів електричної мережі з урахуванням топологічних обмежень в місцях їх розташування і проходження траси мережі, а також схеми зв'язку між ними. Для формалізації подальших розрахунків останні представлені у вигляді матриці розподілу вузлів електричної мережі за джерелами їх енергії, наприклад, для мережі електроцеху це розподіл розподільчих пунктів через підстанції, а для внутрішньої електричної системи підстанцій і високовольтного електрообладнання через розподільні пункти. Елементами цієї матриці є дві величини: 0 - якщо зв'язку між вузлами немає, 1 - якщо вона є. а також перерізи провідників, що живлять їх ділянки мережі.

Розрахунок номінальної потужності компенсаційної апаратури проводиться за умови повної компенсації реактивної потужності у вузлах мережі (розподільних шинах підстанцій і розподільчих пунктів), а їх остаточний вибір (нормативне значення) обмежується балансом реактивної потужності, що забезпечує оптимальні значення номінальної потужності низьковольтних еквалайзерів і високовольтних еквалайзерів з точки зору енергозбереження.

Вибір кількості і потужності трансформаторів (підстанцій і електропостачання підприємства) в блоці IV також ґрунтується на повному перерахуванні номенклатурних рядів заданих номінальних потужностей трансформаторів паралельно з їх кількістю (за умови відсутності обмежень надійності). При цьому розрахункові навантаження регулюються (знижуються) до реактивної потужності значеннями номінальних потужностей компенсаційних пристроїв. При розрахунку втрат електричної активної енергії на кожній підстанції (джерелі живлення підприємства)

враховуються як втрати холостого ходу, так і втрати на коротке замикання, які змінюються в залежності від номінальної потужності трансформаторів і їх кількості (збільшення або зменшення). Значення суми цих компонентів у всьому номенклатурному діапазоні дає інформацію для вибору потужності і кількості трансформаторів, де втрати електричної активної енергії мінімальні. Цей блок оптимізації проходить через всю кількість підстанцій та джерел живлення компанії.

В останньому блоці V формується матриця значень сумарних втрат активної електричної енергії для всіх варіантів числа вузлів електричної мережі з відповідними рішеннями блоків оптимізації. Потім з цього повного масиву електричних втрат вибирається мінімальне сумарне значення електричних втрат і виписуються всі відповідні параметри системи електропостачання, які і є вирішенням завдання розрахунку енергоефективної системи електропостачання. Паралельно зі складанням масиву втрат активної потужності по кожному її значенню втрат (з відповідними параметрами системи) розраховуються вартісні показники електричної мережі з метою подальшої оцінки економічної доцільності запропонованих енергозберігаючих заходів.

2.3 Формування оптимальної системи електропостачання заводу

Алгоритм, згаданий у попередньому розділі, має реалізацію на мові Delphi у вигляді програми «ПОТЕНЦІАЛ». На рисунку 2.3 показана головна сторінка, де база даних являє собою базу даних, що містить всі змінні, необхідні для оптимізації та оцінки втрат електричної активної енергії в досліджуваній системі.

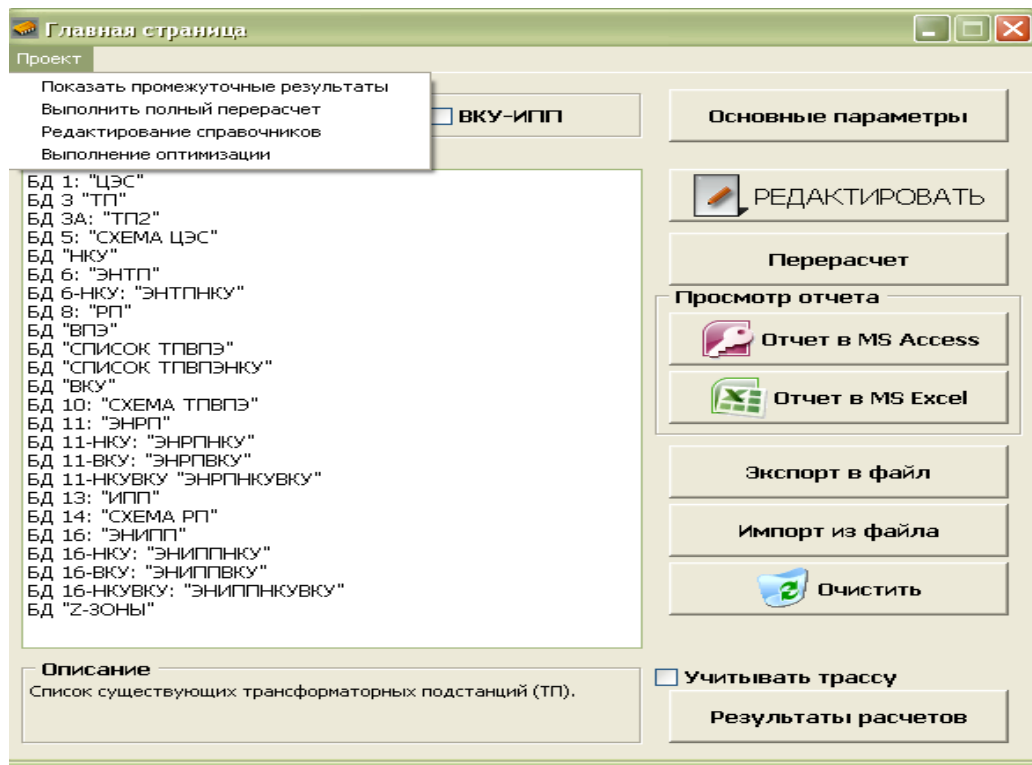


Рисунок 2.3 – Головна сторінка меню "ПОТЕНЦІАЛ"

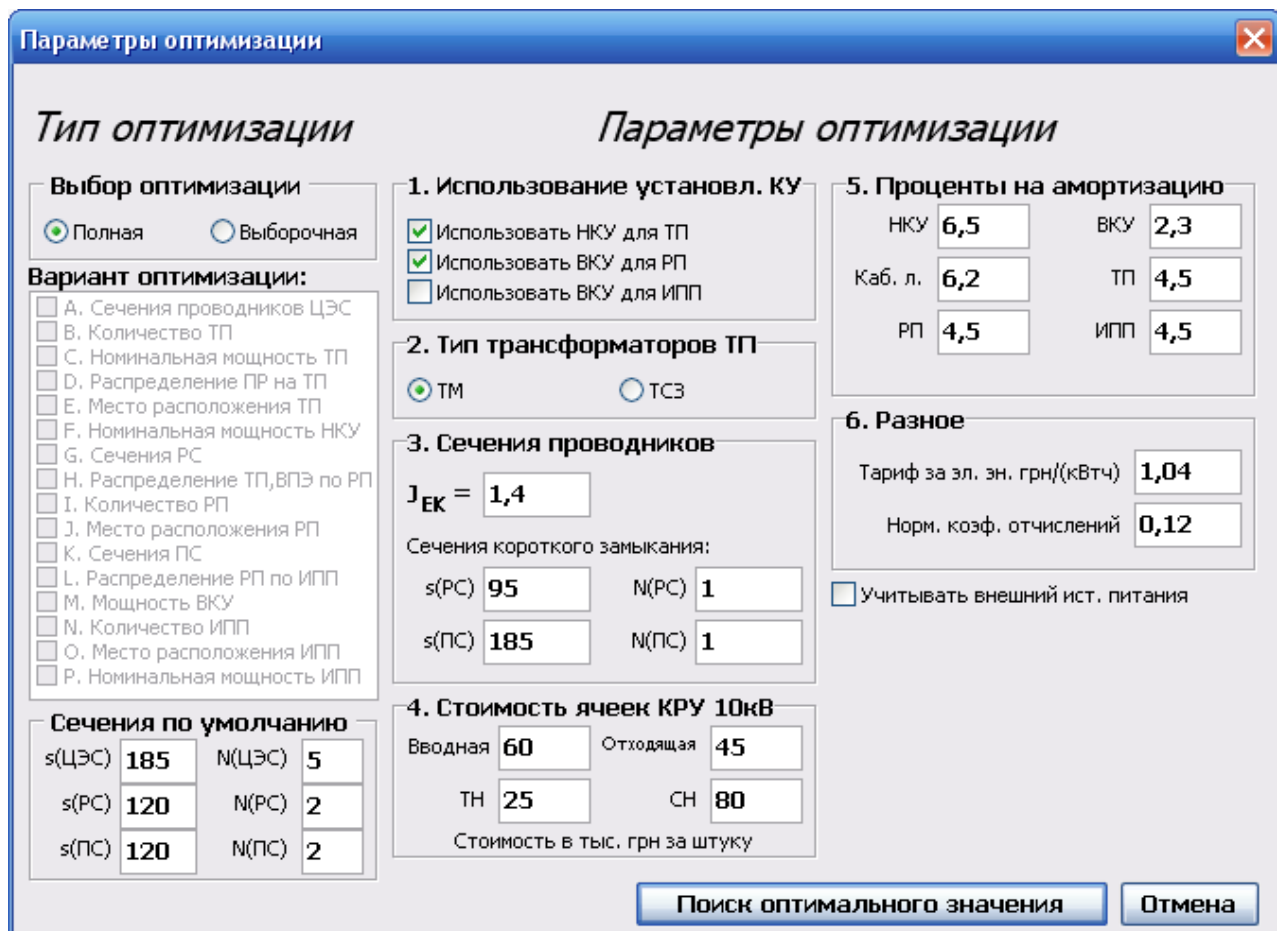


Рисунок 2.4 – Вихідні дані для програми оптимізації

У таблиці 2.2 наведені координати вузлів початкової та оптимальної системи електропостачання заводу.

Таблиця 2.2 - Координати вузлів початкової та оптимальної системи електропостачання заводу

	Target		Оптимальна система	
	Координати <i>X</i>	Координати <i>i</i>	Координати <i>X</i>	Координати <i>i</i>
Головний корпус	125	111	125	111
Інструментальний діапазон	73	108	73	108
Термічна секція	52	42	52	42
Розташування кузні	108	17	108	17
Компресорна кімната	158	30	158	30
Насосна	138	88	138	88
Ремонтний майданчик	137	78	137	78
Їдальня	168	85	168	85
Контрольно- пропускний пункт	85	7	85	7
КПЛ	68	86	68	86
Відкритий склад продукції 1	45	93	45	93
Відкритий склад продукції 2	123	95	123	95
КТП 1	108	115	133	100
ПТС 2	82	108	65	108
Позиція 3	67	42	67	42
Крок 4	116	18	135	30

На рисунку 2.4 представлена окрема сторінка програми, де під типом оптимізації мається на увазі включення в процес розрахунку енергоефективної системи електропостачання або всього переліку параметрів системи (в повному обсязі) або їх комбінації. Останнє визначається технічними, організаційними та економічними можливостями реалізації енергозберігаючих заходів.

Перелік технічних енергозберігаючих заходів для кожного вузла системи, сформований за вищезгаданим принципом, в кінцевому підсумку має єдину мету – створення енергозберігаючої електричної системи, що сприяє максимальному зниженню енергоспоживання на промисловому підприємстві.

В результаті оптимізації була сформована нова топологія розташування вузлів системи електропостачання (рис. 2.5, рис. 2.6) і передбачив розподіл і величину втрат потужності в його елементах (рис. 2.7).

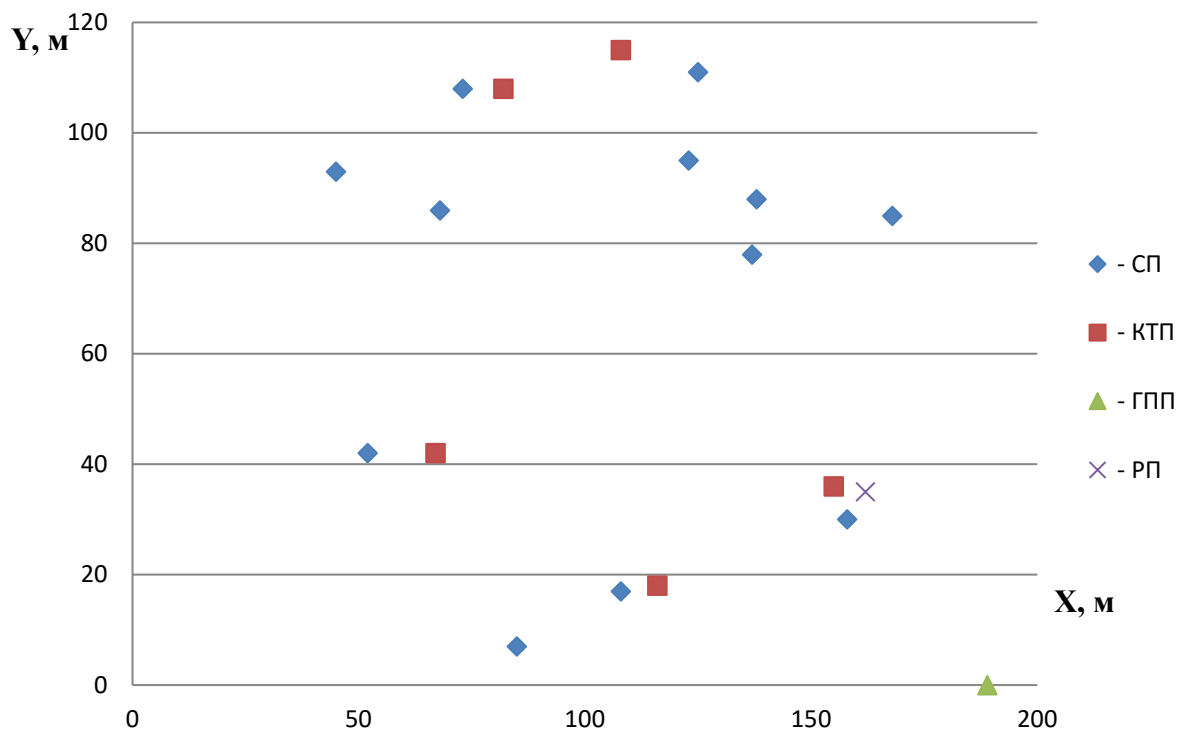


Рисунок 2.5 – План розташування вузлів системи електропостачання

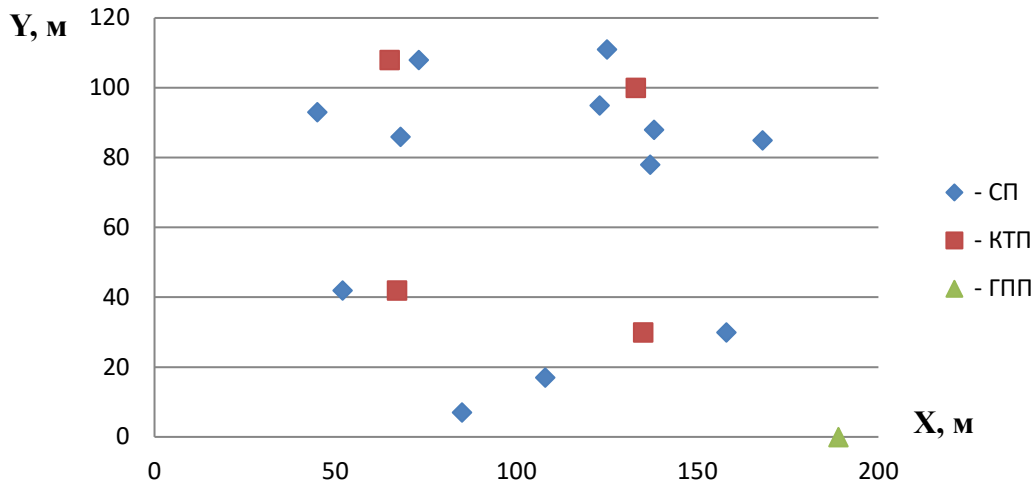


Рисунок 2.6 – План розташування вузлів оптимальної системи електропостачання

Прогнозований розподіл втрат електричної енергії в оптимальній системі електропостачання наведено на схемі, зображеній на рисунку 2.7. Втрати активної електричної енергії в електромережі становлять 13,7%, втрати на підстанціях – 82,3%, втрати в розподільчій мережі – 4%.

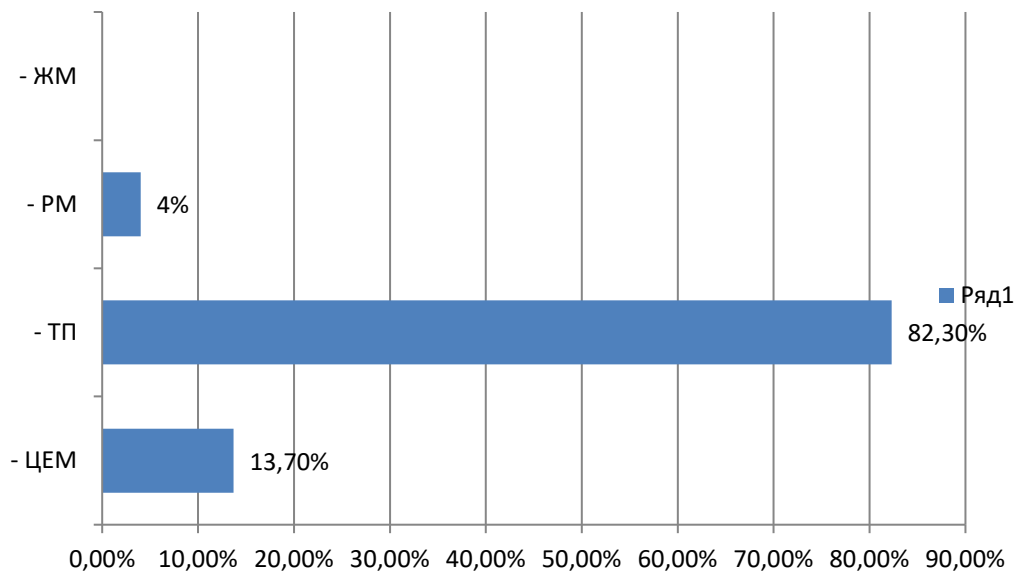


Рисунок 2.7 – Розподіл втрат електричної енергії в оптимальній системі електропостачання

Для реалізації такої системи необхідно реалізувати ряд заходів, які можливі тільки на етапі планування нової компанії, а їх реалізація на вже існуючому об'єкті, як правило, неможлива і економічно недоцільна.

Тому в дипломній роботі було сформовано 10 взаємозалежних груп заходів для об'єкта, що розглядається, які можуть функціонувати як окремі проекти з енергозбереження.

Перелік оптимальних заходів щодо підвищення енергоефективності системи електропостачання

1. Заміна недостатньо навантажених трансформаторів.
2. Зміна кількості високовольтних трансформаторів.
3. Зміна кількості низьковольтних трансформаторів.
4. Відключення недовантажених трансформаторів.
5. Оновлення перерізу кабельних мереж 0,4 кВ.
6. Пересісти на інші автобуси.
7. Заміна трансформаторів на трансформатори вищої напруги.
8. Раціональний розподіл навантаження між компресорами відповідно до їх параметрами.
9. Установка додаткових високовольтних компенсаційних пристроїв.
10. Зниження електричного навантаження у вентиляційних установках за рахунок автоматизації їх роботи.
11. Оновлення перерізу кабельних мереж 10 кВ (розподілених).
12. Використання додаткових кранів з меншою вантажопідйомністю для безперервної роботи.
13. Заміна низьконавантажених асинхронних двигунів на двигуни меншої потужності.
14. Оновлення перерізу кабельних мереж 10 кВ (електроживлення).
15. Обмеження частоти обертання холостого ходу двигунів і зварювальних трансформаторів.
16. Перехід до тиристорного управління існуючими конденсаторними установками.

17. Монтаж додаткових низьковольтних компенсаторів.
 18. Заміна асинхронних двигунів на синхронні.
 19. Встановлення автоматизованих засобів контролю та вимірювання електроенергії.
 20. Розподіл навантаження між входами.
 21. Вимикання електроприладів у неробочі зміни.
 22. Заміна кількості розподільчих пунктів розподільного пункту (підключення до ГПП).
 23. Заміна існуючих ламп на лампи розжарювання на лампи з газорозрядними лампами.
 24. Установка пристроїв плавного пуску компресорних двигунів.
 25. Монтаж фільтруючих компенсаційних пристроїв системи живлення печі.
 26. Заміна перетворювачів електричних машин на сучасний електричний тиристорний привід.
 27. Капітальний ремонт енергоємних споживачів, які тривалий час перебувають в експлуатації.
 28. Заміна фізично зношеного старого електрообладнання.
 29. Монтаж частотного регулювання приводами компресорів.
- Вищезгадані заходи були згруповані в самостійні проекти.

Перша група

1. Перехід на тиристорне управління існуючими конденсаторними установками.
2. Раціональний розподіл навантаження між компресорами відповідно до їх параметрами.
3. Використання додаткових кранів з меншою вантажопідйомністю для безперервної роботи.
4. Установка пристроїв плавного пуску компресорних двигунів.

Друга група

1. Оновлення перерізу кабельних мереж 0,4 кВ.

2. Оновлення перерізу кабельних мереж 10 кВ (Discord).
3. Оновлення перерізу кабельних мереж 10 кВ (електроживлення).
4. Створення додаткових НКП.
5. Установка додаткових ВКП.
6. Заміна номера розподільного пристрою (підключення до ГПП).

Третя група

1. Обмеження частоти обертання холостого ходу двигунів і зварювальних трансформаторів.
2. Заміна низьконавантажених асинхронних двигунів на двигуни меншої потужності.
3. Зниження електричного навантаження на вентиляційні установки за рахунок автоматизації їх роботи.
4. Заміна асинхронних двигунів на синхронні.

Четверта група

1. Заміна трансформаторів на високовольтні.
2. Заміна недостатньо навантажених трансформаторів.
3. Зміна кількості високовольтних трансформаторів.
4. Зміна кількості низьковольтних трансформаторів.
5. Впровадження частотного регулювання приводами компресорів.

П'ята група

1. Відключення електроприладів у неробочі зміни.
2. Відключення недостатньо навантажених трансформаторів.
3. Переключитися на інші шини живлення.
4. Розподіл навантаження між входами.
5. Заміна існуючих світильників на лампи розжарювання на світильники з газорозрядними лампами.

6. Заміна фізично зношеного старого електрообладнання.

Шоста група

1. Заміна перетворювачів електричних машин на сучасний електричний тиристорний привід.

2. Капітальний ремонт енергоємних споживачів, які тривалий час перебувають в експлуатації.

3. Монтаж фільтруючих компенсаційних пристроїв системи живлення печі.

4. Впровадження частотного регулювання приводами компресорів.

5. Встановлення сучасних засобів контролю та вимірювання електроенергії.

Сьома група

1. Установка пристроїв плавного пуску для компресорних двигунів.

2. Розподіл навантаження між входами.

3. Заміна асинхронних двигунів на синхронні.

4. Зміна кількості низьковольтних трансформаторів.

5. Відключення електроприладів у неробочі зміни.

Восьма група

1. Встановлення сучасних засобів контролю та вимірювання електроенергії.

2. Вимикання електроприладів у неробочі зміни.

3. Відключення недовантажених трансформаторів.

Група розробників

1. Зниження електричного навантаження на вентиляційні установки за рахунок автоматизації їх роботи.

2. Установка пристроїв плавного пуску компресорних двигунів.

3. Переключитися на інші шини живлення.

Десята група

1. Використання додаткових кранів з меншою вантажопідйомністю для безперервної роботи.

2. Заміна існуючих світильників на лампи розжарювання на світильники з газорозрядними лампами.

3. Обмеження частоти обертання холостого ходу двигунів і зварювальних трансформаторів.

3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

3.1 Техніко-економічне обґрунтування груп енергозберігаючих заходів системи енергопостачання

Оцінивши техніко-економічні показники кожного енергозберігаючого заходу, а також кожної групи, було зроблено висновок, що друга група є найбільш доцільною за економічним критерієм впровадження на підприємстві. У таблиці 3.1 наведені економічні показники реалізації енергозберігаючих заходів для Запорізького машинобудівного заводу по групах. На рисунку 3.1 показаний обсяг економії електроенергії, МВт·год/рік, реалізація кожної групи енергозберігаючих заходів в системі енергопостачання підприємства та термін окупності запропонованих груп енергозберігаючих заходів.

Таблиця 3.1 - Техніко-економічне обґрунтування виконання енергозберігаючих заходів за групами

Робоча група з енергозберігаючих заходів	Економія електроенергії, МВт·год/рік ΔW	Економія на витратах на електроенергію, Тис.грн./рік	Термін окупності
1	2	3	4
1	331,5	344,8	5,3
2	376	391	5,9
3	173	179,9	4,2
4	490	509,6	18,1

Продовження з таблиці 3.1

1	2	3	4
5	52,5	54,6	2,6
6	431,5	448,7	13,4
7	62,5	65	2,2
8	36,5	37,9	6,2
9	100	104	5,8
10	41	42,6	3,6

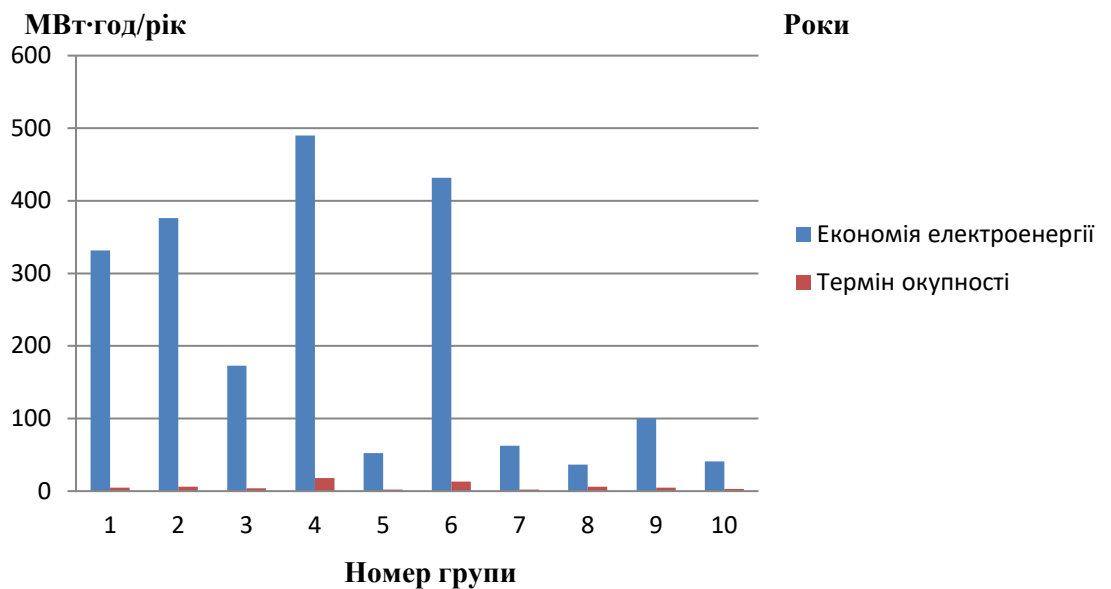


Рисунок 3.1 - Техніко-економічне обґрунтування виконання енергозберігаючих заходів групами.

3.2. Техніко-економічні показники реалізації запропонованої групи енергозберігаючих заходів для системи електропостачання

Проаналізувавши всі можливі групи заходів щодо підвищення енергоефективності системи електропостачання, та враховуючи техніко-

економічні показники кожного енергозберігаючого заходу, а також кожної групи, було зроблено висновок, що друга група є найбільш доцільною для впровадження на підприємстві за економічним критерієм. Даний комплекс енергозберігаючих заходів наведений у таблиці 3.2 і передбачає оновлення перерізу кабельних мереж 0,4 кВ та мереж розподілу та постачання 10 кВ, встановлення додаткових засобів компенсації реактивної потужності, заміну кількості розподільчих пристроїв.

Таблиця 3.2 - Техніко-економічні показники другої групи заходів з підвищення енергоефективності системи електропостачання

№ п/п	Енергозберігаючі заходи	Витрати на зміну параметрів системи K , тис.грн	Економія електроенергії ΔW , МВт·год/рік	Економія витрат на електроенергію E , тис.грн/рік
1	2	3	4	5
1	Оновлення перерізу кабельних мереж 0,4 кВ	182,8	122	126,8
2	Оновлення перерізу кабельних мереж 10 кВ (розподілене)	436,6	4,5	4,7
3	Оновлення перерізу кабельних мереж 10 кВ (електроживлення)	1062,4	79,5	82,7
4	Встановлення додаткових НКП	289,6	67	69,7
5	Установка додаткових ВКП	133,3	3,5	3,6

Продовження з таблиці 3.2

1	2	3	4	5
6	Заміна кількості донорів (підключення до ГПЗ)	220,4	99,5	103,5

Загальна вартість заміни параметрів системи, $\sum K$:

$$\sum K = K1 + K2 + K3 + K4 + K5 + K6 \quad (3.1)$$

$$\sum K = 182,8 + 436,6 + 1062,4 + 289,6 + 133,3 + 220,4 = 2325,1 \text{ тис.грн.}$$

Загальне енергозбереження, $\sum \Delta W$:

$$\sum \Delta W = \Delta W1 + \Delta W2 + \Delta W3 + \Delta W4 + \Delta W5 + \Delta W6 \quad (3.2)$$

$$\sum \Delta W = 122 + 4,5 + 79,5 + 67 + 3,5 + 99,5 = 376 \text{ МВт-год/рік.}$$

Економія загальних витрат на електроенергію, $\sum E$:

$$\sum E = E1 + E2 + E3 + E4 + E5 + E6 \quad (3.3)$$

$$\sum E = 126,8 + 4,7 + 82,7 + 69,7 + 3,6 + 103,5 = 391 \text{ тис грн/рік.}$$

Простий термін окупності еквівалентний:

$$Strom = (\sum K / \sum E) \quad (3.4)$$

$$Поточний = 2325,1 / 391 = 5,9 \text{ років.}$$

Так як економія витрат на електроенергію при установці додаткових високовольтних еквалайзерів незначна, а їх вартість досить висока в порівнянні з низьковольтними еквалайзерами, виявилось, що збільшення кількості низьковольтних еквалайзерів економічно. У таблиці 3.3 наведені параметри початкової та оптимальної системи електропостачання.

Таблиця 3.3 - Параметри вихідної та оптимальної системи електропостачання

Параметри системи	Target	Оптимальна система
Купити електромережу	АВВГ(3×50) – АВВГ3(3×150) $\sum L=0,846$ км	АВВГ2(3×50) – АВВГ4(3×150) $\sum L=0,591$ км
Розподільча мережа 10 кВ	ААШ (3×95) $\sum L=0,846$ км	ААШ 2 (3×95) $\sum L=9.207$ км
Живильна мережа 10 кВ	ААСу (3×185) $\sum L=1.112$ км	--- ---
Проектна потужність цехових підстанцій	2×1000; 2×1000; 2×630; 2×250; 2×400;	2×1000; 2×1000; 2×630; 2×630;
Номінальна потужність НКС	$\sum Q_{NCP}=3300$ варвар	Масштаб $\sum Q_{NCP}=4940$
Номінальна потужність ВКП	$\sum Q_{VKP}=1800$ квар	---
Кількість ПР	ПР 1 – 10 кВ	---

Інвестиції у запропонований пакет енергозберігаючих заходів становлять 2325,1 тис грн, тоді як економія електричної енергії після їх впровадження в систему електропостачання становить 786 тис грн/ рік або 376 МВт·год/рік. Термін окупності запропонованої групи енергозберігаючих заходів для системи енергопостачання підприємства становить 5,9 року, що не перевищує гранично допустимого значення.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробництва

Об'єктом дослідження є приміщення, розташоване на першому поверсі будівлі заводу. Поруч знаходяться виробничі приміщення з високим рівнем вібрації і шуму, а також високі дерева, що закривають небо і знижують природне освітлення.

У кімнаті є 4 комп'ютери, принтер, сканер, 4 столи та картотека.

У приміщенні на людину можуть впливати такі чинники:

1) шкідливі:

- висока або знижена температура повітря;
- підвищена або знижена вологість;
- недостатнє освітлення робочого місця;
- підвищений рівень шуму;
- статично-електричні;

2) Небезпечні:

- небезпека ураження електричним струмом;

3) психофізіологічні:

- статика, фізичне навантаження і недостатня фізична активність;
- нервове та емоційне напруження;
- психіатричний стрес.

У цьому просторі відсутні біологічні та хімічні фактори.

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів для робочого місця приміщення наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничо-трудоного процесу працівника на базі Запорізького машинобудівного заводу ім. В.І. Омельченко

№	Фактори робочого середовища та процес роботи	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі і небезпечні умови, вид робіт			Час дії фактора, %
				I.	II	III	
	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ : Клас безпеки I – озон	0,1	0,1				40
	II клас безпеки Клас III-IV не відрізняється – оксид азоту	5	2				40
	Пил, фіброгенний ефект, мг/м ³	4	4				50
	Рівень шуму, дБА	50-60	60				75
	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, °C	22-24	24				100
	- швидкість руху повітря, м/с	0,1-0,2	0,2				100
	- відносна вологість повітря, %	40-60	50				100
	Твердість і інтенсивність роботи	Категорія складності роботи легка, категорія інтенсивності роботи не напружена					

Таким чином, аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок, що умови праці в просторі характеризуються наявністю нешкідливих факторів виробництва, які не призводять до зростання захворюваності з втратою працездатності і проявом перших ознак трудової

патології.

4.2 Заходи щодо поліпшення умов праці

Приміщення відноситься до 1 категорії (виконуються легкі фізичні роботи), тому повинні дотримуватися такі вимоги [21]: оптимальна температура повітря – 22 °С (допустима – 21-25 °С), оптимальна відносна вологість – 40-60 % (допустима – не більше 75%), швидкість руху повітря не більш 0,1 м/с.

Водяне опалення використовується для створення і автоматичної підтримки оптимальних значень температури і вологості в приміщенні в холодну пору року, а кондиціонування використовується в теплу пору року. Кондиціонер - це вентиляційна установка, яка підтримує задані параметри повітряного середовища в приміщенні за допомогою автоматичних блоків управління [21].

Для високоточної візуальної роботи загальна освітленість повинна становити 300 лк, а комбінована - 750 лк. Аналогічні вимоги до робіт середньої точності – 200 люкс і 300 люкс відповідно. При цьому все поле зору має висвітлюватися досить рівномірно – це найважливіша гігієнічна вимога [22].

У зв'язку з тим, що природне освітлення приміщення забезпечується через віконні прорізи і є дуже слабким, до штучного освітлення слід вдатися і на робочому місці. Штучне світло виробляється електричним джерелом світла, яке включається при необхідності і регулює інтенсивність світлового потоку і його залежність від напрямку.

Не тільки в темний час доби, але і вдень використовується додаткове штучне освітлення. В якості штучного джерела світла зазвичай використовують люмінесцентні лампи типів LB, DRL, LBH, які згруповані попарно, утворюючи світильники, які повинні бути рівномірно розташовані по

робочих поверхнях [22].

Тривалий вплив високоінтенсивного шуму призводить до патології слухового органу і негативно впливає на нервову систему. Шум призводить до швидкої стомлюваності людини, що призводить до виробничих помилок.

Високий рівень шуму створюється в приміщенні обладнанням, що працює під тиском, дублюючими пристроями, кондиціонерами і вентиляторами.

Рівень шуму на робочому місці не повинен перевищувати 60 дБА. Для досягнення такого рівня шуму рекомендується використовувати звукопоглинаюче покриття стін і щиток робочого місця.

Для зниження шуму під шумозахисні пристрої столів також можна підкладати м'які килимки з синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені, - подушки з м'якої гуми, повсті, товщиною 6-8 мм. Кріплення прокладок можливо шляхом приклеювання їх до несучих деталей. Зниження рівня шуму, що надходить в приміщення ззовні, може бути досягнуто за рахунок підвищення звукоізоляції захисних конструкцій і герметизації по периметру віконних і дверних карнизів.

Основним джерелом електромагнітного випромінювання та електричного поля є дисплеї (монітори). Вони є джерелами найбільш шкідливих випромінювань, які негативно впливають на здоров'я працівника. Електромагнітне поле має електричну і магнітну складову. Вважається, що магнітна складова виробляє більш сильну реакцію, ніж електрична.

Персональний комп'ютер (ПК) є джерелом випромінювання, такого як:

- м'якого рентгенівського;
- ультрафіолетового 200-400 нм;
- видимого 400-700 нм,
- ближнього інфрачервоного 700-1050 нм;
- радіочастотного 3 кГц-30МГц;
- електростатичних полів.

Ультрафіолетове випромінювання корисно в невеликих кількостях, але у великих дозах призводить до шкірного дерматиту і головного болю. Інфрачервоне випромінювання призводить до перегріву тканин людини (особливо кришталіка ока) і підвищення температури тіла. Напруженість електростатичних полів не повинна перевищувати 20 м^2 . Електростатичний поверхневий потенціал не повинен перевищувати 500 В. При підвищеній напруженості поля варто скоротити час роботи за комп'ютером, робити п'ятнадцятихвилинні перерви протягом півтори години роботи і, звичайно ж, використовувати захисні екрани. Захисний екран з дрібної сітки або скла збирає електростатичний заряд. Для зняття заряду екран заземлюють.

Напруженість електромагнітних полів (ЕМП) може бути небезпечною. На відстані 5-10 см від екрану та корпусу монітора рівні напруги в електричній складовій можуть досягати 140 В/м.

Для безпечної роботи на ПК потрібно знаходитися на відстані не менше 50 см від екрана. Для зниження впливу всіх видів випромінювань рекомендується використовувати монітори зі зниженим випромінюванням, встановлювати захисні екрани, а також дотримуватися регламентованих періодів праці та відпочинку.

Під час роботи на корпусі комп'ютера накопичується статична електрика. На відстані 5-10 см від екрану напруженість електростатичного поля становить $60\text{-}280 \text{ м}^2$, тобто в 10 разів перевищує норму в 20 м^2 . Для запобігання утворенню і захисту від статичної електрики необхідно використовувати нейтралізатори і зволожувачі повітря, а підлоги забезпечити антистатичним покриттям.

Для підвищення ефективності одним з головних факторів є грамотно організований робочий простір в приміщенні.

Оскільки кожне робоче місце обладнане ПК, приміщення повинно забезпечувати підтримання оптимальної робочої пози з відповідними ергономічними характеристиками. Результати дослідження щодо виконання зазначених умов представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Виконання умов оптимальної робочої пози за ергономічними особливостями

Параметри	Нормативне ергономічне виконання	Відповідність стандарту
Футів	На підлозі або на підставці для ніг	Ноги на землі
Хіп	У горизонтальній площині	Стандарт дотримано
Передпліччя	Вертикальні	Стандарт дотримано
Лікоть	Під кутом 70-90 до вертикальної площини	Лікті робочих рук знаходяться під кутом близько 70-80
Зап'ястя	зігнуті під кутом не більше 20° до горизонтальної площини	Стандарт дотримано
Нахил Хедс	15-20 відносно вертикальної площини	Нахил голови різних працівників коливається від 15 до 45 градусів

Оскільки використання ПК є невід'ємною функцією основної діяльності, вони розміщуються на головному столі кожного співробітника. Використання периферійних пристроїв (сканерів) періодичне, тому бажано розміщувати їх на приставному столику.

Кут між поздовжніми осями основного і бічних столів становить 120 градусів. Висота робочої поверхні столу ПК знаходиться в необхідних межах і становить 800 мм. Ширина робочого столу дає можливість проводити роботи в межах діапазону моторного поля. Настільні комп'ютери в тестовій кімнаті не обладнані підставкою для ніг.

Найважливіші нормативні параметри розсадки і дотримання в приміщенні наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Відповідність стандартам за параметрами крісел

Ставлення	Обов'язкова функція	Виконання необхідних вимог
Регулювання елементів сидіння під лінійні розміри	15-20 міліметрів	Потужність: 20 мм
Адаптація елементів сидіння до кутових розмірів	2-5 міліметрів	Обробка: 5 мм
Сили регулювання	20 Н	Виконується: 20 Н
Ширина і глибина сидіння	Не менше 400 мм	Ведеться
Висота сидіння	повинні регулюватися в межах 400-500 мм	Версія: регулюється в межах 500 мм
Нахил сидіння	від 15 до 5 років тому	Ведеться
Сидіння	плоский, передній край закруглений	Ведеться
Висота спинки сидіння	300+20 мм	Не проводиться: висота більше 300 мм
Ширина спинки сидіння	не менше 380 мм	Ведеться
Радіус кривизни в горизонтальній площині	400 міліметрів	Ведеться
Відстань від спинки до попереднього краю сидіння	260 – 400 міліметрів	Виконання: становить 350 мм

Робочі крісла для персоналу - це стільці, які мають необхідні елементи: сидіння, спинки, стаціонарні або змінні підлокітники. Ніяких додаткових елементів в конструкцію сидіння не введено. Робочі сидіння співробітників як

користувачів ПК можуть підніматися і повертатися, регулюючись по висоті, по відстані спинки до переднього краю сидіння, по висоті підлокітників. Регулювання кожного параметра здійснюється самостійно, крок за кроком, і має надійну фіксацію.

Поверхні сидіння, спинки і підлокітників напівм'які, не електризовані, герметичні і без бруду.

Монітор і клавіатура повинні розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, але не більше 600 мм з урахуванням розміру буквено-цифрових символів і символів [23]. У приміщенні монітори та клавіатура ПК знаходяться на відстані близько 500 метрів від очей. Клавіатура не розміщується від краю до столів за стандартом - 100 - а розташовується практично на краю столу на всіх робочих місцях. Кут нахилу клавіатури становить близько 5 градусів, що є нормальним явищем.

Повний огляд монітора не заважають інші пристрої введення-виведення, оскільки вони розташовані на окремому бічному столику.

4.3 Заходи з електробезпеки

Згідно з ПУЕ, приміщення можна віднести до 1 класу – без підвищеного ризику ураження електричним струмом (сухі, без пилу, з нормальною температурою повітря, утепленими підлогами та невеликою кількістю заземлених пристроїв) [24].

Основними споживачами електроенергії в приміщенні є система штучного освітлення, 4 шт, 1 кондиціонер, допоміжне обладнання (принтер, сканер). Напруга, що використовується для роботи електроприладів, становить 220В.

Основними причинами ураження працівника електричним струмом на робочому місці можуть бути: поява напруги дотику на металевих

конструктивних деталях комп'ютера в результаті пошкодження ізоляції; несправність розетки; пошкодження ізоляції комп'ютерних кабелів; порушення правил експлуатації обладнання; Забороняється користуватися електроприладами, такими як електроплити, чайники та обігрівачі.

Небезпека електричного струму велика, саме тому розроблена ефективна система його запобігання. Найважливішими заходами захисту від ураження електричним струмом є(24):

- правильна компоновка та експлуатація електрообладнання;
- електрична ізоляція; Всі струмоведучі частини електроустановок повинні бути добре ізольовані з урахуванням напруги в ланцюзі.
- захисні пристрої, що забезпечують недоступність струмоведучих елементів для людини;
- заземлення елементів обладнання; Нулі;
- наявність попереджень.

При виникненні різних несправностей частини електрообладнання можуть опинитися під напругою. Так як людина підключена до контуру заземлення паралельно, то струм розподіляється за законами Кірхгофа: струм, що протікає по двох паралельних провідниках, прямо пропорційний опору провідника. Оскільки опір людини на кілька порядків перевищує опір провідника, то струм, що протікає через людину, на кілька порядків менше.

Несправності електричних мереж, приладів і запобіжних пристроїв можуть призвести до пожеж і вибухів.

Основними профілактичними заходами в таких випадках є: щільне з'єднання проводів в місцях контакту скручування і з'єднання проводів; Застосування системи захисного заземлення та захисного відключення. Крім заземлення або замість нього, виконується струм замикання. Поділ відбувається автоматично.

При виникненні пожежі в проводах необхідно знеструмити їх і загасити вуглекислотними або азбестовими ковдрами.

Щоб виключити випадки загоряння в електропроводці, необхідно використовувати провідник з таким діаметром, щоб не було нагріву. І не варто перевантажувати електромережу.

У разі ураження людини електричним струмом слід вжити таких початкових заходів [24]:

- Вимкніть напругу;
- відтягнути людину від струмоведучих частин пристрою;
- винести на свіже повітря, послабити комір;
- викличте лікаря.

4.4 Протипожежний захист і техногенні заходи безпеки

Будівлю, в якій розташоване приміщення, можна віднести до приміщень категорії В за ступенем ризику вибуху і пожежі, так як в ньому беруть участь горючі (книги, документи, меблі) і трудногорючі речі (різне лабораторне обладнання), які можуть горіти без вибуху при поєднанні з вогнем [25].

За конструктивними характеристиками будівлю можна віднести до будівель з несучими та огорожувальними конструкціями з натуральних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону, де для перекриттів допускається використання дерев'яних конструкцій, захищених штукатуркою або вогнезахисними плитними і плитковими матеріалами. Тому вогнестійкість будівлі може бути визначена як друга (II).

Причинами пожежі в приміщенні можуть бути:

- несправності електропроводки, розеток і вимикачів, які можуть призвести до короткого замикання або виходу з ладу ізоляції;
- користування пошкодженими (несправними) електроприладами;
- використання в приміщенні електронагрівачів з відкритими нагрівальними елементами;

- виникнення пожежі в результаті удару блискавки в будинок;
- загоряння будівлі в результаті зовнішніх впливів;
- необережне поводження з вогнем і недотримання заходів пожежної безпеки.

Для гасіння пожеж в приміщенні використовується вуглекислотний вогнегасник ВВ-5. Для швидкого виявлення та оповіщення про місце пожежі в будівлі є пожежний сповіщувач ЛІПНУВ-1, датчик диму. Для зв'язку використовуйте телефон або інші засоби первинного зв'язку.

Необхідними протипожежними заходами є своєчасний ремонт електроприладів, якісне усунення несправностей, невикористання несправних електроприладів, інструктаж з пожежної безпеки, під час якого працівники ознайомлюються з правилами пожежної безпеки, та використання первинних засобів пожежогасіння.

При виникненні пожежі необхідно:

- Вимкніть електроживлення;
- викликати пожежну команду по телефону;
- евакуація осіб з приміщень відповідно до плану евакуації;
- Почніть з гасіння пожежі.

Якщо у людини загорівся одяг, необхідно збити полум'я. При опіках обов'язково потрібно надати медичну допомогу. Перед наданням медичної допомоги потерпілого слід обережно звільнити від одягу, а місця опіків накрити стерильною пов'язкою. Не торкайтеся обпеченої ділянки руками, не ховайте пухирі, не зривайте одяг, що прилипає до шкіри, не мийте і не змащуйте поранену поверхню розчинами або мазями. Це може зробити тільки лікар при відповідних умовах.

Особливу увагу слід приділити евакуації людей з майданчика. Евакуація здійснюватиметься за заздалегідь спланованими маршрутами. Евакуаційні системи розташовуються в місцях, доступних для людського ока.

4.5 Розрахунок загального освітлення робочої зони

Природне освітлення кімнати здійснюється через віконні отвори і дуже тьмяне, оскільки поблизу є високі дерева, які закривають небо та зменшують природне освітлення. Тому штучне світло використовується і на робочому місці.

У приміщеннях висотою до 6 м рекомендується використовувати люмінесцентні лампи, головною якістю яких є висока світловіддача (до 75 лм/Вт), термін служби до 10 000 годин, хороша передача кольору і низька температура.

В якості джерела штучного світла в приміщенні використовуються люмінесцентні лампи типу ЛТБ-40-4 (люмінесцентна лампа теплого білого кольору), по чотири лампи в кожній лампі, які згруповані попарно, утворюючи світильники і розташовуються над робочими поверхнями. У номері 4 світильники.

При роботі з ПК категорія виконуваних робіт може бути присвоєна дуже високого рівня точності з присвоєнням категорії Шв.

Необхідно визначити кількість світильників, щоб забезпечити нормовану освітленість E_{\min} і продуктивність освітлюваної установки.

За категорією зорової роботи освітленість робочої поверхні приймається рівною $E_{\min} = 300-500$ лк.

Визначимо індекс простору за такою формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{(A + B) \cdot h} \quad (4.1)$$

де A і B – довжина і ширина приміщення, м;

h – Висота підвісу світильників над поверхнею конструкції, м.

Довжина приміщення 8 м, ширина , висота .6 м3,5 м

Ефективна глибина:

$$h = H - h_p, \quad (4.2)$$

де H - геометрична висота простору;

h - висота робочої поверхні, $h_p = 1,0$ м.

То

$$h = 3,5 - 1 = 2,5 \text{ м,}$$

$$i = \frac{6 \cdot 8}{2,5 \cdot (6 + 8)} = 1,4.$$

Необхідний світловий потік ламп лампи:

$$F = \frac{E \cdot k_z \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}, \quad (4.3)$$

де E – найнижчий стандартизований рівень освітлення, $E = 500$ лк, так як розряд зорової роботи IIв;

k_z - коефіцієнт запасу міцності;

S – освітлювана площа приміщення, м²;

z - поправочний коефіцієнт при переході від найнижчої до середньої освітленості;

N - число ламп;

η - коефіцієнт використання, тобто відносна частка потоку лампи, що припадає на поверхню S .

Коефіцієнт запасу міцності k враховує пилове навантаження приміщення, зменшення світлового потоку ламп під час роботи. Для виробничого приміщення з люмінесцентними лампами $k = 1,2$.

Мінімальний коефіцієнт освітленості z характеризує нерівномірність освітленості. Вона є функцією багатьох змінних і найсильніше залежить від відстані світильників до корисної висоти (L/h). Якщо при розташуванні світильників в лінію (ряд) зберігається найбільш вигідне співвідношення L/h , для ЛТВ рекомендується брати $z = 1,1$.

Коефіцієнт використання світлового потоку η – це комплексна функція, яка залежить від типу світильника, індексу приміщення та коефіцієнта відбиття стелі, стін та підлоги.

Залежно від стану коефіцієнти відображення поверхонь приміщення: стелі = $\rho_{стелі}$ 70%, стіни = 50%, підлоги = $30 \rho_{стін} \% \cdot \rho_{підл}$

Згідно з довідковими таблицями [23], метод інтерполяції дає $\eta = 53,8\%$.

За довідковими таблицями [23] знаходимо значення світлового потоку $F = 2450$ Лм для лампи ЛТБ-40.

Освітлювана площа відповідає площі приміщення $S = 48$ м².

Визначаємо кількість ламп N , які будуть використовуватися, виходячи з того, що кожен світильник містить чотири ($n = 4$) лампи:

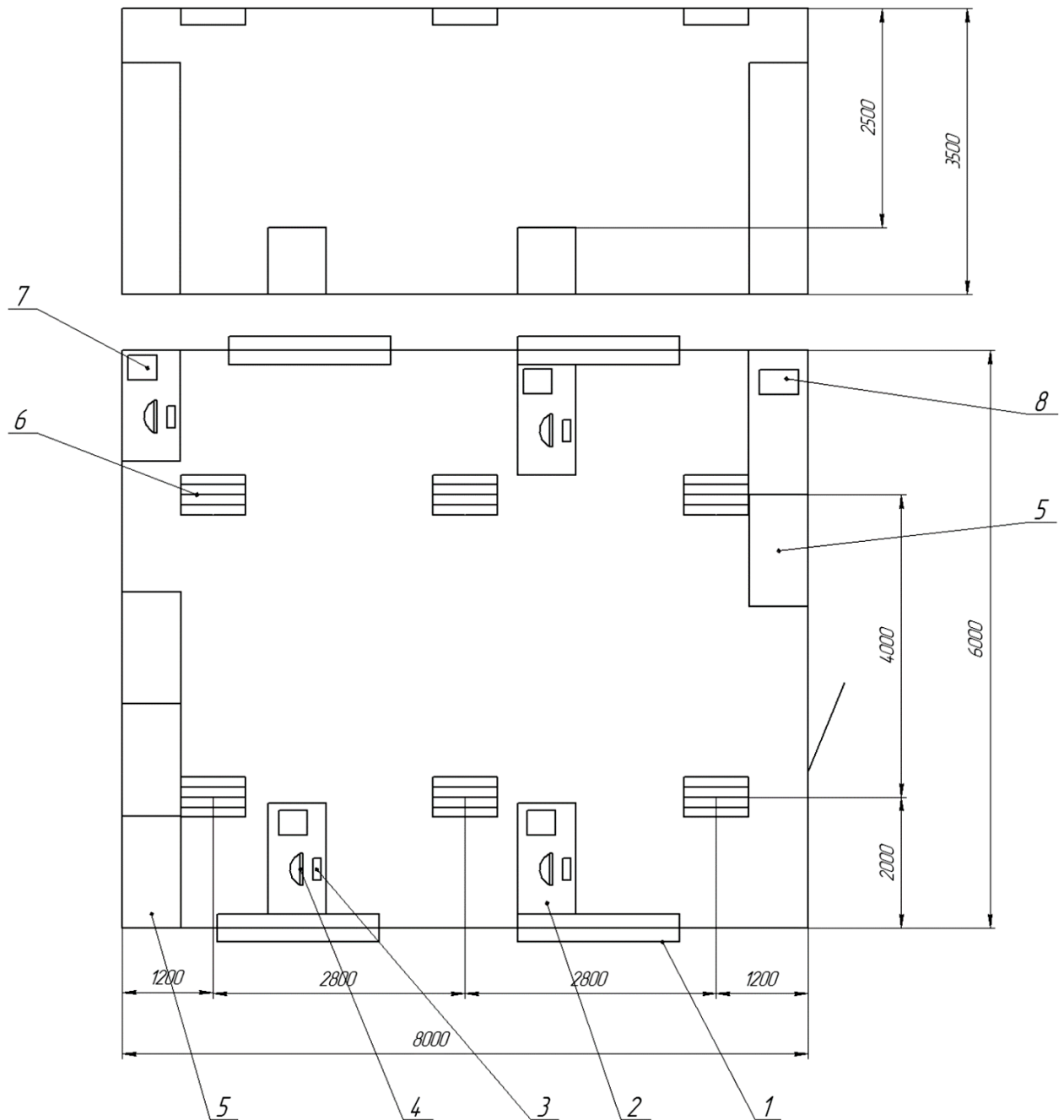
$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{л} \cdot n \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 1,2 \cdot 48 \cdot 1,1}{2450 \cdot 4 \cdot 0,538} = 6.$$

Тому при використанні ламп ЛТБ-40-4 для забезпечення нормованого освітлення потрібно кількість ламп $N = 6$.

Найоптимальніший варіант розміщення світильників - на $L1 = B / 2$. Тоді в нашому випадку беремо $L1 = 4$ м.

Порівняємо розрахункові дані з наявними в приміщенні. У приміщенні всього 4 світильники з лампами типу ЛТБ-40-4, що не відповідає розрахунковим даним. Тому штучне освітлення цього приміщення не відповідає вимогам ДБН В.2.5-28-2006 (Природне та штучне освітлення) і потребує вдосконалення.

Для того, щоб поліпшити умови праці, щоб штучне освітлення цього приміщення відповідало вимогам ДБН В.2.5-28-2006, варто додати ще 2 лампи (рисунок 4.1).



1 – Вікна; 2 – робочий стіл; 3 – клавіатура; 4 – монітор; 5 – шафа для одягу;
6 – лампи; 7 – принтери; 8 - сканер

Рисунок 4.1 – Остаточний варіант розміщення світильників

ВИСНОВКИ

Основними результатами кваліфікаційної магістерської роботи є:

В роботі досліджено систему енергоспоживання машинобудівного заводу ім В.І. Омельченка та проведено оцінку величини та структури втрат потужності;

Визначається оптимальна конструкція і параметри системи електропостачання та запропоновано декілька енергозберігаючих заходів, а також сформовано декілька самостійних груп заходів щодо такої системи.

За економічним критерієм визначено найбільш розумну групу енергозберігаючих заходів, що дозволяє значно знизити втрати в системі електропостачання.

Визначено основні економічні показники реалізації групи енергозберігаючих заходів для системи енергозабезпечення обраного об'єкта дослідження. Загальна економія електроенергії після впровадження запропонованих енергозберігаючих заходів становить 376 МВт-год/рік або 786 тис кВт-год. грн/рік. Термін окупності пропонованої групи становить близько 5,9 років, що не перевищує максимально допустиму межу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

А. Железко Ю. С. «Оцінка втрат потужності внаслідок інструментальних похибок вимірювань» [Текст] / Ю. С. Железко // Електричні станції — Вінниця: ВНТУ, 2001. (№ 10). – С. 185-189.

2. Железко Ю.С. Систематичні та випадкові похибки методів розрахунку втрат електричних силових навантажень [Текст] / Ю. С. Желецко // Електричні станції — Вінниця : ВНТУ, 2001. (№ 12). – С. 158-163.

3. Желецько Ю.С. Визначення інтегральних властивостей графіків навантаження для розрахунку втрат електроенергії в електричних мережах [Текст] / Ю. С. Желецко // Електричні станції — Вінниця: ВНТУ, 2001. (№ 11). – С. 153-168.

4. Желецько Ю.С. Принципи нормування втрат електроенергії в електричних мережах та програмне забезпечення для розрахунків [текст] / Ю. С. Желецко // Електричні електростанції — Вінниця: ВНТУ, 2001. (№ 9). – С. 133-142.

5. Желецко Ю.С. Розрахунок нормативних характеристик технічних втрат електроенергії [Текст] / Ю. С. Железко // Електричні станції — Вінниця: ВНТУ, 2002. (№ 2). – С. 189-196.

6. Железко Ю. С. Розрахунок втрат електроенергії в електричних мережах з інвертованими міжсистемними приєднаннями [Текст] / Ю. С. Железко // Електрока — Вінниця: ВНТУ, 1996. (№ 7). – С. 125-138.

7. Клер, А.М., Деканова, Н.П., Степанова, Є.Л. Оптимізація режимних параметрів та складу інструментів великих джерел енергії. Енергетичні технології. 2004. № 6 – 43–52 століття

8. Керівництво по електропостачанню промислових підприємств: проектування і розрахунок. /А.С. Овчаренко, М.Л. Рабінович - К.:Техніка, 1985. 279 с.

9. Жежеленко І. В. Показники якості електроенергії та її контроль на промислових підприємствах [Текст] / І. В. Жежеленко - М. Електроатоміздат, 1986 – 168 с.
10. Неклепаєв Б.Н. Електротехнічна частина електростанцій / Б.Н. Неклепаєв - М.: Енергія, 1976. 552 с.
11. Усатенко С.Т., Дачанюк Т.К., Терехова М.В. Ісполненієніє електроелектричних схем по ЕСКД / С.Т. Усатенко, М.В. Терехова, Т.К. Дачнитюк - М.: Издательство стандартов, 1989. – 325 с.
12. Гарнов В.К. Оптимізація роботи високопродуктивних металургійних комбінатів [Текст] / В.К. Гарнов - М.: Металургія, 1975. - 334 с.
13. Посилання на каталог: силові кремнієві вентиля (діоди, тиристори, симистори). М., Видавництво «Інформелектро», 1970, 51 с.
14. Посилання на каталог: Випрямні блоки серій ВАК і ВАКВ. М., Видавництво «Інформелектро», 1970. - 83 с.
15. Семенко, Н.Г. Измеренные преобразовательные больших электроческіх токов и их метрологическое обеспечение / Н.Г. Семенко - М.: Издательство стандартов, 1984. – 152 с.
16. Спектор С.А. Измерение больших дентковных токов / С.А. Спектор – Ленінград, Видавництво «Енергія», 1978. 215 с. (в русишер Sprache).
17. Розанов Ю.К. Основи технології перетворення енергії / Ю.К. Розанов - М.: Енергія, 1979. - 392 с.
18. Методичні вказівки до дипломних робіт з розділу «Охорона праці». – ЗДІА: Запоріжжя, 2012. – 48 с. : іл.
19. Правила улаштування електроустановок. М.: Видавництво «Енергоатоміздат», 1987. – 713 с.
20. Технічна експлуатація електростанцій та мереж. Правила / Видавництво: ДП «НТУЦК» «АсЕльЕнерго», Київ, 2003 – 612 с.
21. Правила технічної експлуатації електростанцій і мереж. М.: Видавництво «Енергія», 1987. – 578 с.

22. Андреев В.А. Релейна зашина, автоматика систем електропостачання / В.А. Андреев – М.; Гімназія, 1983. – 213 с.
23. Князевський Б.А. Охрана труда в электроустановках / Б.А. Князевський – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 278 с.
24. Ботштейн В. А., Каневський А. Л., Литвиненко В. Г., Скоромний А. Л. // *Ökologie und Industrie*. – 2011. – No 1. – С. 85–90. – [Elektronische Ressource] Art des Zugangs: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekolprom_2011_1_18 – 10.11.18 – Titel des Projekts.
25. Комплексне планування та управління енергозберігаючими процесами в енергетичному комплексі підприємства / Барбасова, Т. А. – 2015– [Електронний ресурс] – Режим доступу: WWW/URL: http://eneff.susu.ru/publish/Integrirovannoye_planirovaniye_i_upravleniye_protsessami_yenergosberezheniya_v_teployenergeticheskom_komplekse_metallurgicheskogo_predpriyatiya/– 14.11.2017 – Назва проекту.
26. Переклад на умовне паливо [Електронний ресурс] – Режим доступу: WWW/URL: http://www.vinser-audit.ru/fuel_calc – 16.11.2018 – Назва з екрану.
27. Швецов, В. Л. Досвід ВАТ «Турбоатом» у розробці та вдосконаленні енергозберігаючого обладнання для теплових та атомних електростанцій. Збірник наукових праць «Вісник НТУ «ХПІ»: Енергетичні та теплотехнічні методи та усацкування No 5, 2006 — с. 6. – [Електронний ресурс] – Тип доступу:\WWW/ URL <http://archive.kpi.kharkov.ua/View/20644/> – 05.12.2018 – Title z ekranu.
28. Клер А.М., Деканова Н.П., Степанова Є.Л. Оптимізація режимних параметрів та складу обладнання великих джерел енергії. Енергетичні технології. 2004. No 6 – 43–52 століття
29. Математичне моделювання та оптимізація в задачах оперативного управління електростанціями / Клер А.М. та ін., Новосибірськ: Наука, 1997. 120 с.
30. Структура виробництва [Електронний ресурс] – режим доступу: \WWW/ URL: <http://www.zaporizhstal.com/ru/predpriyatie/struktura->

proizvodstva/– 19.10.18 – заголовок з екрану.

31. ДБН А.2.2-3-2004 - "Проектування. Порядок підготовки, погодження та затвердження будівельної документації».

32. СН 174-75 - «Керівництво по проектуванню енергозабезпечення промислових підприємств».

33. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробництва [Електронний ресурс] – Режим доступу: WWW/URL: <http://trud.bobrodobro.ru/6620> – 10.12.2018 – Назва проекту.

34. Заходи щодо забезпечення електробезпеки в цеху [Електронний ресурс] – Тип доступу: WWW/URL: <http://refdb.ru/look/2592551.html> – 11.12.2018 – Назва проекту.