

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Електротехніки та енергоефективності
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота
другий (магістрський) рівень
(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення ефективності споживання електричної енергії
цехом неформованих вогнетривів ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1419 з
спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
освітньої програми 141.00.11 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(назва освітньої програми)

Д.А. Яцун

(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., доц. Коваленко В.Л.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент Дригинич І.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут _____
Кафедра електротехніки та енергоефективності
Рівень вищої освіти другий (магістрський) рівень
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма 141.00.11 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

д.т.н., доц. 302 В.Л. Коваленко

«09» 12 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Яцун Данило Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Підвищення ефективності споживання електричної енергії цехом неформованих вогнетривів ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

керівник роботи Коваленко Віктор Леонідович, д.т.н., доцент

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

затверджені наказом ЗНУ від «14» вересня 2020 року № 1306-с

2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2020 р.

3 Вихідні дані до роботи Структура електроспоживання об'єкта дослідження, потужність силових трансформаторів 2500 кВА; розподіл електричного навантаження за ділянками, час роботи трансформаторів на рік – 8760 годин.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз можливостей підвищення енергоефективності системи енергоспоживання цеху неформованих вогнетривів ПрАТ «Запоріжвогнетрив».

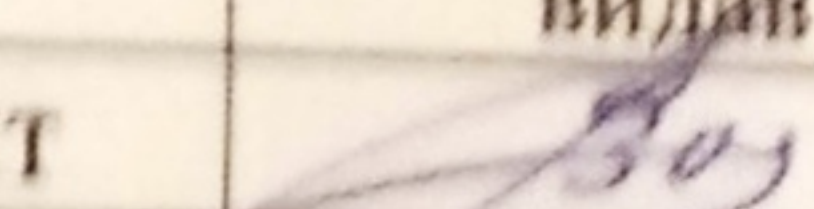
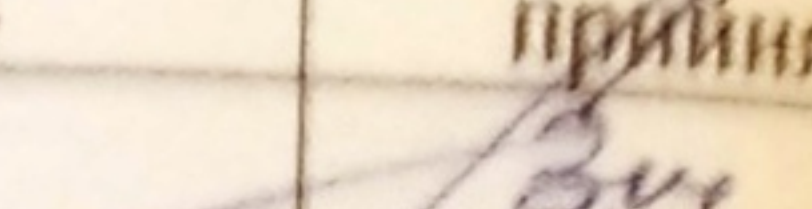



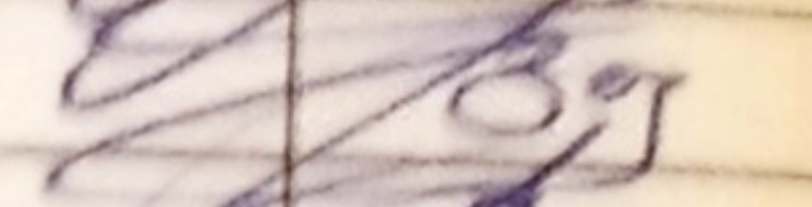

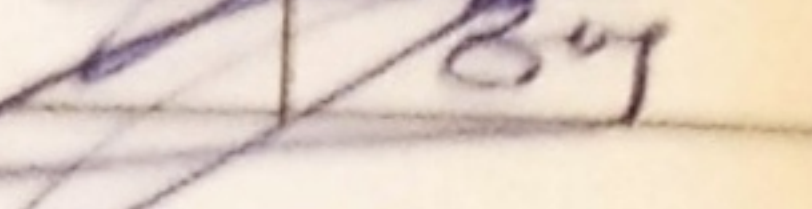
2) Оптимізація системи електропостачання цеху. 3) Техніко-економічне обґрунтування впровадження заходів з енергозбереження для системи електропостачання цеху. 4) Охорона праці та техногенна безпека.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1) Аналіз енергоспоживання цеху неформованих вогнетривів ПрАТ «Запоріжвогнетрив». 2) Схема електропостачання цеху неформованих

вогнетривів ПрАТ «Запоріжвогнетрив». 3) Блок-схема алгоритму оптимізації параметрів системи електропостачання. 4) Структурна та параметрична оптимізація системи електропостачання цеху неформованих вогнетривів ПрАТ «Запоріжвогнетрив». 6) Перелік груп заходів підвищення енергоефективності системи електропостачання цеху неформованих вогнетривів ПрАТ «Запоріжвогнетрив». 7) Техніко-економічне обґрунтування впровадження заходів з енергозбереження.

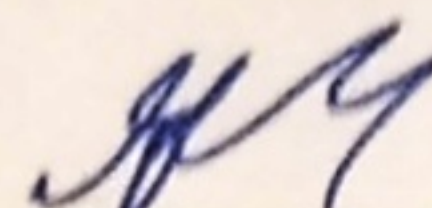
5 Консультанти розділів роботи

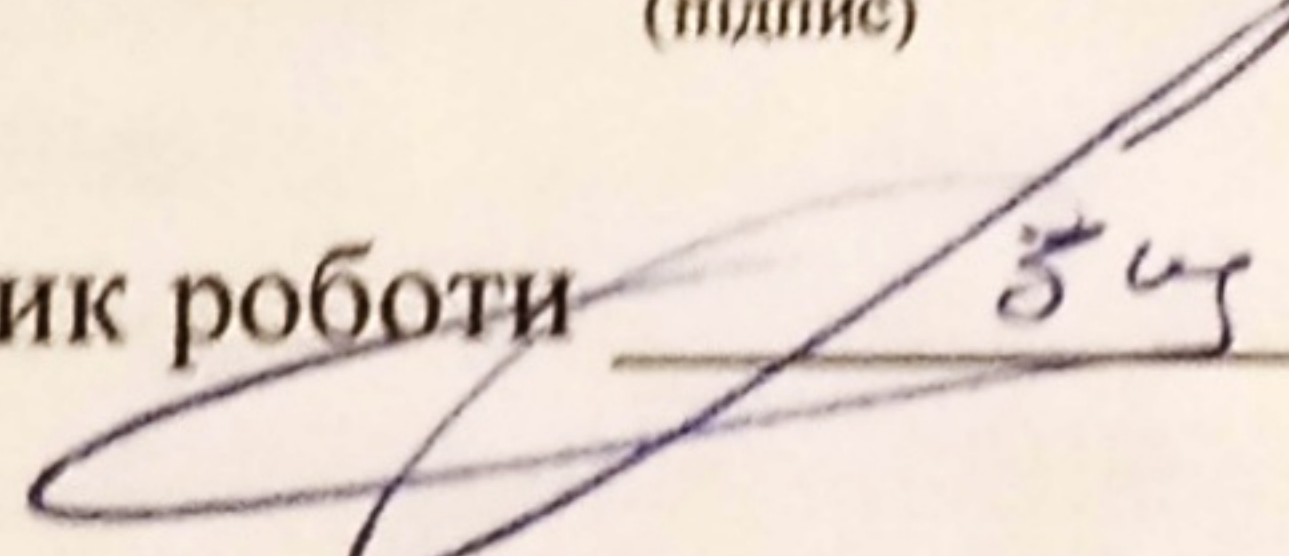
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Коваленко В. Л. к.т.н. доцент		
Розділ 2	Коваленко В. Л. к.т.н. доцент		
Розділ 3	Коваленко В. Л. к.т.н. доцент		
Розділ 4	Коваленко В. Л. к.т.н. доцент		

6 Дата видачі завдання 01.09.2020 р.

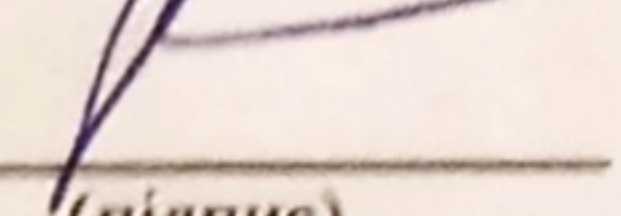
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз можливостей підвищення енергоефективності системи енергоспоживання цеху неформованих вогнетривів ПрАТ «Запоріжвогнетрив»	30.09.2020	
2	Оптимізація системи електропостачання цеху	30.10.2020	
3	Техніко-економічне обґрунтування впровадження заходів з енергозбереження для системи електропостачання цеху	19.11.2020	
4	Охорона праці та техногенна безпека.	30.11.2020	

Студент  (підпис) Д.А. Яцун (ініціали та прізвище)

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

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  (підпис) С.В. Башлій (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Яцун Д.А. Підвищення ефективності споживання електричної енергії цехом неформованих вогнетривів ПрАТ «Запоріжвогнетрив».

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник В.Л. Коваленко. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут. Кафедра електротехніки та енергоефективності, 2020.

В роботі було сформовано 10 взаємозалежних груп заходів для об'єкта, що розглядається, які можуть виступати окремими проектами з енергозбереження. Оцінивши техніко-економічні показники кожного заходу з енергозбереження, а також кожної групи, було запропоновано комплекс енергозберігаючих заходів, який передбачає: заміну перерізу кабельних мереж 0,4 кВ, а також розподільчої та живлячої мереж на 10 кВ, встановлення додаткових засобів компенсації реактивної потужності, заміна кількості РП.

Ключові слова: ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ПІДСТАНЦІЯ, ВТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

ABSTRACT

Yatsun D.A. Improving the efficiency of electricity consumption by the shop of unformed refractories of PJSC "Zaporizhvognetriv".

Qualification final work for obtaining a master's degree in the specialty 141 - Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, supervisor V.L. Kovalenko. Zaporizhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute. Department of Electrical Engineering and Energy Efficiency, 2020.

The work formed 10 interdependent groups of measures for the object under consideration, which can act as separate energy saving projects. Assessing the

technical and economic indicators of each energy saving measure, as well as each group, a set of energy saving measures was proposed, which includes: replacement of 0.4 kV cable networks, as well as distribution and supply networks by 10 kV, installation of additional reactive power compensation, replacement of the number of RP.

Keywords: ENERGY EFFICIENCY, POWER SUPPLY SYSTEM, SUBSTATION, LOSS OF ELECTRICITY

АННОТАЦИЯ

Яцун Д.А. Повышение эффективности потребления электроэнергии цехом неформованных огнеупоров ПАО «Запорожогнеупор».

Квалификационная выпускная работа на соискание степени высшего образования магистра по специальности 141 - Электроэнергетика, электротехника и электромеханика, научный руководитель В.Л. Коваленко. Запорожский национальный университет. Инженерный учебно-научный институт. Кафедра электротехники и энергоэффективности, 2020.

В работе было сформировано 10 взаимонезависимых групп мероприятий для объекта рассматривается, которые могут выступать отдельными проектами по энергосбережению. Оценив технико-экономические показатели каждого мероприятия по энергосбережению, а также каждой группы было предложено комплекс энергосберегающих мероприятий, который предусматривает: замену сечения кабельных сетей 0,4 кВ, а также распределительной и питающей сетей на 10 кВ, установка дополнительных средств компенсации реактивной мощности, замена количества РП.

Ключевые слова: ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ПОДСТАНЦИЯ, ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Аналіз можливостей підвищення енергоефективності системи енергоспоживання ПрАТ «Запоріжвогнетрив».....	11
1.1 Короткі відомості про ПрАТ «Запоріжвогнетрив».....	11
1.2 Аналіз енергоспоживання ПрАТ «Запоріжвогнетрив».....	13
1.3 Аналіз існуючих методів оцінювання втрат електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств.....	22
1.3.1 Метод оцінки втрат електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств	22
1.3.2 Методи оцінювання структурних станів систем промислового електропостачання	27
1.3.3 Методи оцінювання ефективності топології мережі системи промислового електропостачання	30
1.3.4 Організаційно-економічні фактори підвищення ефективності функціонування промислових підприємств	32
2 Оптимізація системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»...	46
2.1 Методика розрахунку втрат активної електроенергії в системі електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив».....	46
2.2 Алгоритм структурної та параметричної оптимізації системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив».....	57
2.3 Формування оптимальної системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив».....	64
3 Техніко-економічне обґрунтування впровадження заходів з енергозбереження для системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»	73
3.1 Техніко-економічна оцінка груп заходів з енергозбереження системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив».....	73

3.2 Техніко-економічні показники впровадження запропонованої групи заходів з енергозбереження для системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив».....	74
4 Охорона праці та техногенна безпека.....	78
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	78
4.2 Заходи з поліпшення умов праці	80
4.3 Заходи електричної безпеки.....	85
4.4. Заходи з пожежної та техногенної безпеки.....	87
4.5 Розрахунок загального освітлення робочого приміщення.....	89
Висновки.....	93
Перелік посилань.....	94

ВСТУП

Сучасний стан енергетики України викликає гостру необхідність у підвищенні ефективності використання енергоресурсів, що можливо тільки за рахунок застосування енергозберігаючих технологій на всіх ділянках енергетичного комплексу – від виробництва, через системи електропостачання до споживачів. Утім, процес ефективності споживання електричної енергії в Україні не стає поки-що значущою альтернативою у вирішенні зазначеної проблеми. Очевидна причина цього - відносно невеликий обсяг реалізованого на практиці потенціалу енергозберігаючого ефекту, який не сумірний з існуючим потенціалом енергозбереження, і занадто поступається необхідному загальному приросту виробництва енергії у країні. І це коли загально відомо з міжнародного досвіду, що підвищення енергоефективності є найбільш дешевим способом задоволення потреб в енергоресурсах для економіки будь-якої країни.

Поліпшення такої негативної енергетичної ситуації у нашій державі потребує розробки комплексу нових ефективних методів та заходів, які б сприяли досягненню економічно доцільного ефекту в енергозбереженні, зокрема економії максимальної кількості електричної енергії, яка є основним енергоресурсом у виробничих структурах України. Незважаючи на те, що найбільший ефект від енергозберігаючих заходів досягається у технологічних установках, електропостачання виробничих процесів також потребує до себе належної уваги, тому що втрати енергії в електричних мережах досягають 20% від обсягу, що передається.

Однією з основних причин існування значних втрат електроенергії в системах електропостачання (СЕП) є їхня недосконалість, тому що створювались вони ще у радянські часи. А фактор енергозбереження у проектних рішеннях тоді практично не враховувався через співвідношення цін на обладнання та електричну енергію, яке було не на користь останньої й

орієнтувало в основному на економію капітальних вкладень. Сучасні ж тенденції розвитку СЕП крім задоволення потреб виробництва в електричній енергії відповідної якості при мінімальних витратах і необхідному рівні надійності визначають нові акценти - підвищення енергоефективності за рахунок виявлення джерел втрат електроенергії та впровадження економічно доцільних заходів щодо їх зменшення.

В процесі впровадження енергозберігаючих заходів на промисловому підприємстві основною стратегічною метою є підвищення енергоефективності, отже поняття потенціалу енергозбереження підприємства можливо визначити як систему взаємопов'язаних поточних та перспективних, внутрішніх та зовнішніх можливостей, мобілізаційних здатностей керівників та персоналу підприємства до перетворення доступних вхідних ресурсів з метою підвищення енергоефективності виробництва.

Сучасний стан економіки надає багато можливостей щодо раціонального використання енергоресурсів. Однак, на мікрорівні ще недостатньо приділяють уваги питанню впровадження енергозберігаючих технологій. Процес впровадження енергозберігаючих заходів на підприємстві ускладнюються недостатністю фінансових ресурсів, зростанням тарифів на енергетичні ресурси, дефіцитом кваліфікованого персоналу та відсутністю мотивації промислових підприємств у ході реалізації заходів щодо зниження витрат на електроенергію. Отже, управління інноваційним розвитком систем енергозбереження та впровадження енергозберігаючих заходів стає можливим лише за умов створення ефективного економіко-організаційного механізму господарювання, що базується на використанні інноваційного потенціалу енергозбереження промислового підприємства.

Основний потенціал енергозбереження – це економія енергії у процесі її споживання. Це стосується, насамперед, електричної енергії. Тому вагомим напрямком енергозбереження, для подібних об'єктів, що розглядається в дипломному проекті, є зменшення втрат в проміжних ланках обладнання,

споживачах електричної енергії, а також електромережах, в яких втрати сягають 30 відсотків.

Основними завданнями магістерської роботи є: аналіз структури втрат електричної енергії в системі електропостачання підприємства; формування заходів з енергозбереження для системи електропостачання підприємства; мінімізація втрат електричної енергії за запропонованим алгоритмом оптимізації структури та параметрів системи електропостачання; визначення економічних показників впровадження заходів з енергозбереження в систему електропостачання підприємства.

Метою дослідження є формування заходів з енергозбереження для підвищення енергоефективності системи енергоспоживання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

1 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПрАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

1.1 Короткі відомості про ПрАТ "Запоріжвогнетрив"

ПрАТ "Запоріжвогнетрив" входить до п'ятірки найбільших виробників вогнетривкої продукції країн СНД і є найбільшим вогнетривким підприємством в Україні, що не має собі рівних за видами і асортименту продукції, що випускається високоякісної продукції - понад 1200 основних марок вогнетривів, неформованих матеріалів, бетонних сумішей та мас. Підприємство спеціалізується на виробництві шамотних, високо, магнезійних і неформованих виробів.

Основними споживачами продукції ПрАТ "Запоріжвогнетрив" є підприємства металургійної, цементної, скляної, хімічної, теплоенергетичної промисловості країн СНД, Європи, Азії та Африки.

Одним з ключових напрямків роботи підприємства, є сервісне обслуговування. В рамках сервісного обслуговування ПрАТ "Запоріжвогнетрив" виконує наступні роботи:

обстеження об'єктів і вивчення технічних параметрів їх експлуатації; підбір матеріалів та розробка проектів футерування; виконання вогнетривких робіт; здача об'єктів в експлуатацію і подальше гарантійне обслуговування.

За рахунок контролю всього технологічного ланцюжка - від виробництва вогнетривких виробів до монтажу футеровки і сервісного обслуговування, ПрАТ "Запоріжвогнетрив" забезпечує клієнтові підвищену стійкість вогнетривкої кладки.

З 2003 року в ПрАТ "Запоріжвогнетрив" введена і успішно функціонує система менеджменту якості, що відповідає вимогам міжнародного стандарту ISO 9001 діє до: 2015 в області розробки,

проектування, виробництва, постачання і післяпродажного обслуговування вогнетривів для металургійних і інших галузей промисловості.

У листопаді 2018 року міжнародними аудиторами органу з сертифікації «TÜV Thüringen e.V.» був проведений повторний аудит оцінки відповідності системи менеджменту якості ПрАТ "Запоріжвогнетрив" вимогам стандарту ISO 9001 діє до: 2015. За результатами проведеного аудиту органом по сертифікації «TÜV Thüringen e.V.» видано сертифікат відповідності системи менеджменту якості ПрАТ "Запоріжвогнетрив" вимогам міжнародного стандарту ISO 9001 діє до: 2015 в області розробки, проектування, виробництва, постачання і післяпродажного обслуговування вогнетривів для металургійної та інших галузей промисловості.

З метою реалізації стратегії підвищення енергоефективності та енергозбереження на підприємстві розроблена і впроваджена система енергетичного менеджменту. Впровадження міжнародного стандарту ISO 50001 дозволяє підприємству виробляти продукцію з мінімальним впливом на навколишнє середовище і раціональним використанням енергетичних ресурсів, яке досягається в більшій мірі не за рахунок впровадження нових енергозберігаючих технологій, а за рахунок змін в методах і способах управління.

У листопаді 2018 року міжнародними аудиторами було проведено другий наглядний аудит оцінки відповідності системи енергетичного менеджменту ПрАТ "Запоріжвогнетрив" вимогам міжнародного стандарту ISO 50001. В результаті проведеного аудиту системи енергетичного менеджменту підприємства продовжено дію сертифіката.

ПрАТ "Запоріжвогнетрив" приділяє особливу увагу технологічного контролю виробництва - від сировини, що надходить до кінцевого продукту. Всі вироби, що відвантажуються споживачам, мають сертифікат якості.

На підприємстві розроблена і впроваджена система якості лабораторії, яка відповідає вимогам ДСТУ ISO / ІЕС 17025: 2009 що підтверджується сертифікатом відповідності, виданим ПП "УкрНДІ промислового розвитку". У

червні 2018 року відділі технологічного контролю проведено метрологічний нагляд, за результатами якого підтверджено відповідність системи якості лабораторії вимогам ДСТУ ISO / ІЕС 17025: 2009 у Системі Мінекономрозвитку і торгівлі України «Промисловий Регістр» на право проведення випробувань.

1.2 Аналіз енергоспоживання ПрАТ "Запоріжвогнетрив"

У головному корпусі, термічній, ковальській, а також інструментальній ділянці відбуваються основні етапи технологічного процесу, які пов'язані між собою. Ремонтна ділянка є допоміжною, у якій ремонтується власне обладнання. Також на території підприємства знаходяться насосна та компресорна станції, столова та управління, центральна лабораторія (ЦЗЛ), яка оснащена обладнанням для аналізу якості продукції виробництва по кожному основному цеху. У головному корпусі розміщено основне електрообладнання, а також є ділянки на яких виконується завершальний процес виробництва деталей. На матеріальному складі зберігається уся виготовлена продукція підприємства.

Підприємство живиться від головної понижуючої підстанції ГПП 150/10кВ. З неї напруга подається на розподільчий пункт РП, з якого відбувається розподіл по комплексним трансформаторним підстанціям КТП. Далі напруга 0,4кВ подається безпосередньо до споживачів ПрАТ "Запоріжвогнетрив".

Схема електропостачання підприємства наведена на рисунку 1.1. У таблиці 1.1 наведено список споживачів електричної енергії ПрАТ "Запоріжвогнетрив" та їх розрахункове електричне навантаження.

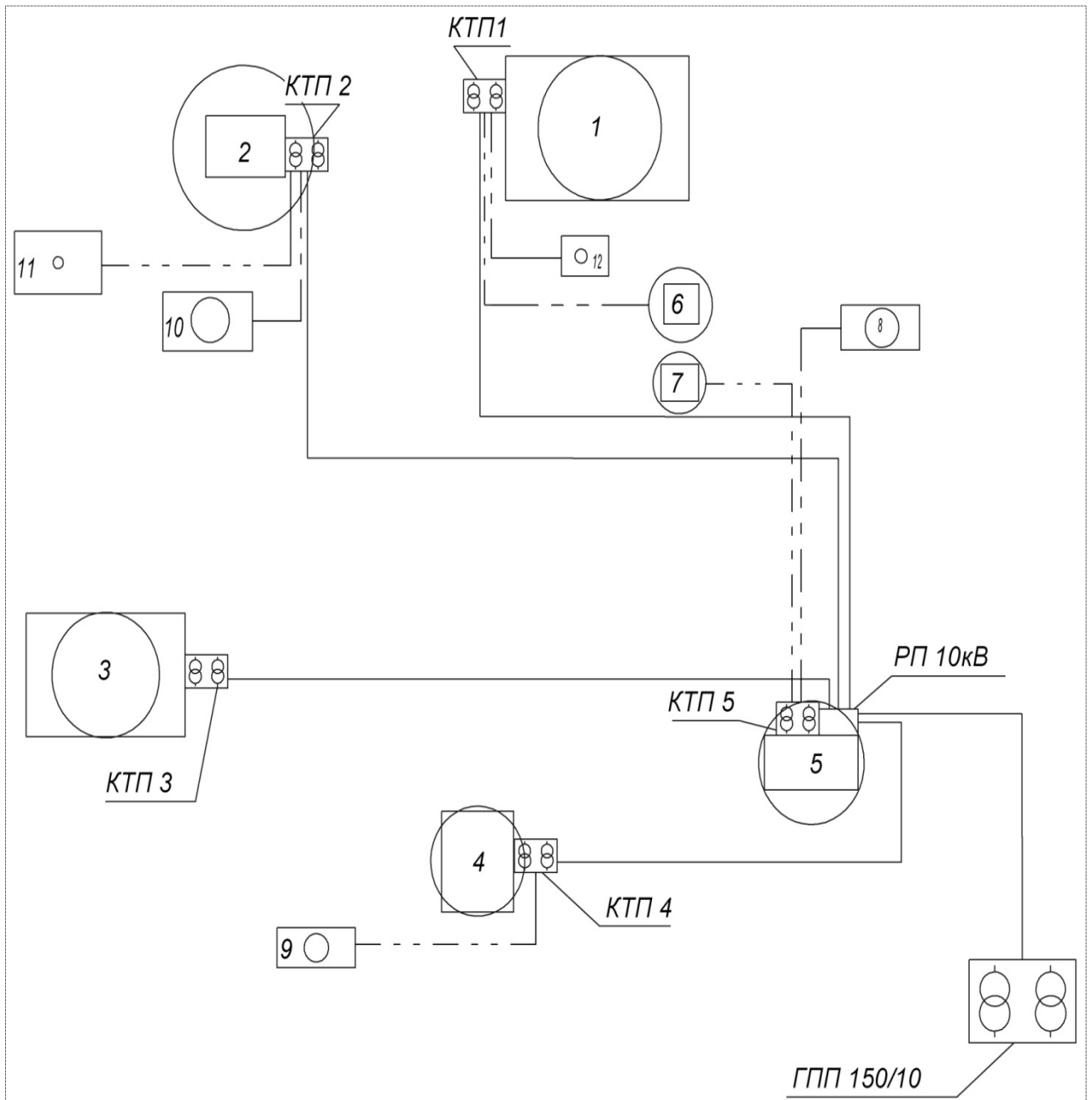


Рисунок 1.1 - Схема електропостачання ПрАТ "Запоріжвогнетрив"

Таблиця 1.1 - Розрахункове електричне навантаження споживачів

№ споживача на плані	Найменування споживача	Розрахункове електричне навантаження споживачів	
		P_p , кВт	Q_p , квар
1	2	3	4
1	Головний корпус	2012,8	927,3

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
2	Інструментальна ділянка	1829,9	1314,0
3	Термічна ділянка	797,4	617,4
4	Ковальська ділянка	616,7	464,1
5	Компресорна	767,8	377,5
6	Насосна	137,0	44,4
7	Ремонтна ділянка	91,0	32,8
8	Їдальня	32,0	28,2
9	Прохідна	14,3	8,3
10	ЦЗЛ, управління	33,2	30,7
11	Відкритий склад продукції 1	2,2	---
12	Відкритий склад продукції 2	3,1	---

На рисунку 1.2 у відсотках зображено структуру втрат підприємства на енергоресурси: витрати підприємства на питну воду складають 2%, витрати на технічну воду – 8%, витрати на електричну енергію складають 58%, на теплову енергію – 32%. Як видно найбільшу частку від загальної структури витрат на енергоресурси ПрАТ "Запоріжвогнетрив", складають витрати на електричну енергію. Однією з основних причин існування значних втрат електроенергії в системах електропостачання є їх недосконалість, пов'язана зі зміною, з часом, навантаження у вузлах системи електропостачання, яка, як правило, не передбачається і не враховується. Тому було проведено аналіз розподілу втрат електричної енергії в існуючій системі електропостачання ПрАТ "Запоріжвогнетрив".

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

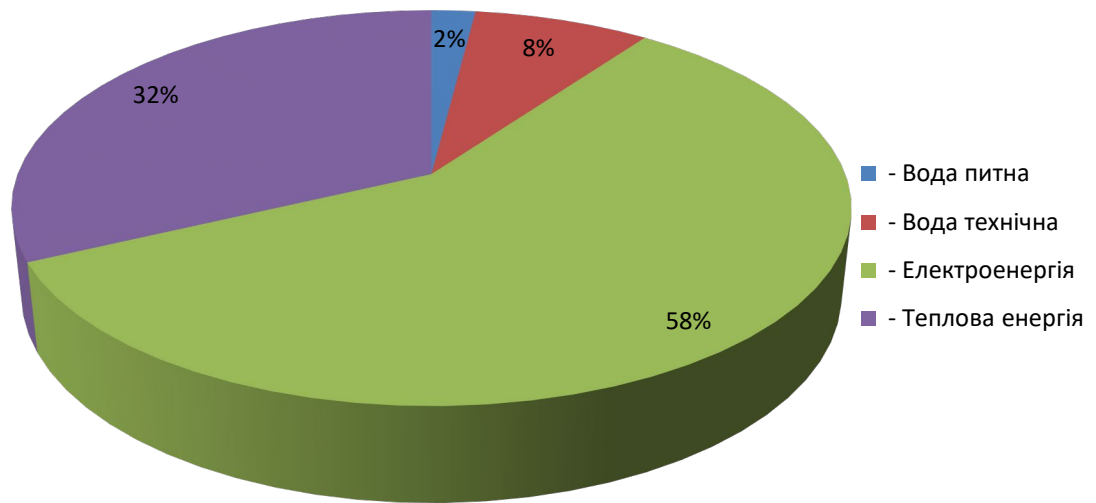


Рисунок 1.2 - Діаграма енергоспоживання ПрАТ "Запоріжвогнетрив"

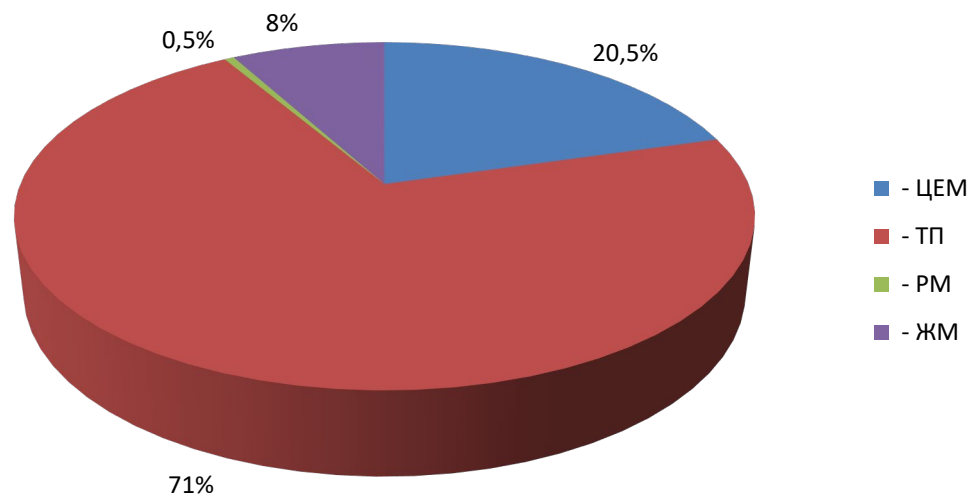


Рисунок 1.3 - Розподіл втрат електроенергії у системі електропостачання ПрАТ "Запоріжвогнетрив"

Більшість електричної енергії підприємства споживається основним виробництвом, тому по даним таблиці 1.1 сформовано діаграму, зображену на рисунку 1.4, яка відображає розподіл електричного навантаження за цехами ПрАТ "Запоріжвогнетрив". Найпотужнішими споживачами електричної енергії серед них є головний виробничий корпус, інструментальна, термічна та ковальська ділянки.

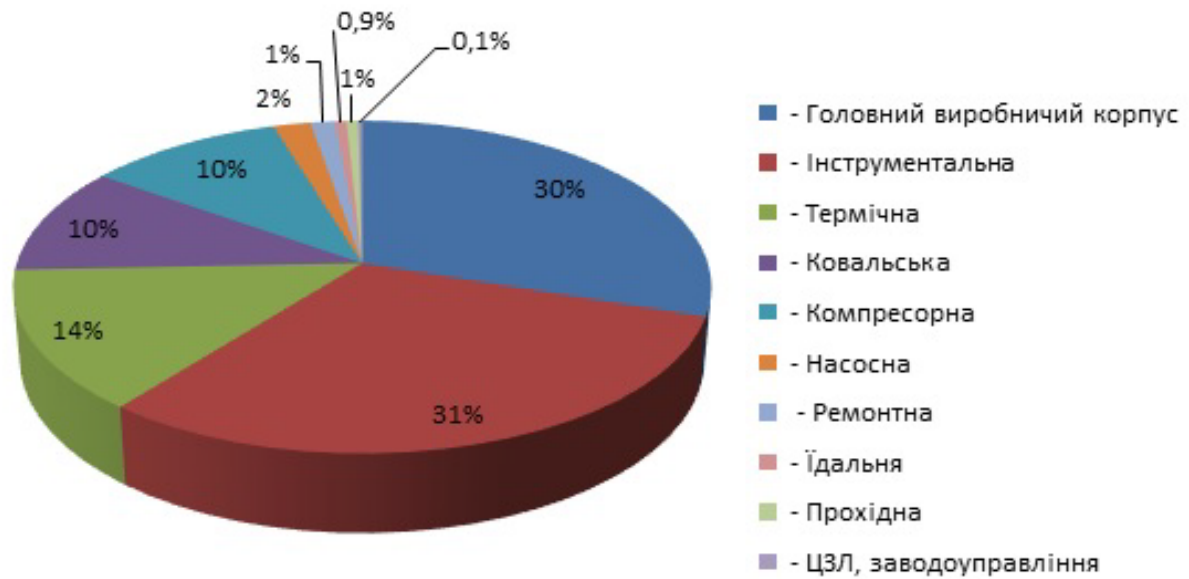


Рисунок 1.4 Розподіл електричного навантаження за ділянками
ПрАТ "Запоріжвогнетрив"

У таблиці 1.2 наведено перелік споживачів електроенергії по цехам ПрАТ "Запоріжвогнетрив".

Таблиця 1.2 Споживачі електроенергії по цехам
ПрАТ "Запоріжвогнетрив"

Найменування обладнання	Кількість, шт.	Потужність, кВт
1	2	3
Головний корпус		
Віброножиці	6	2,5
Роликові ножиці	6	4
Волочильний верстат	2	2
Гільйотинні ножиці	8	6,6
Гільйотинні ножиці	6	12,5
Гільйотинні ножиці	4	28
Внутрішньо шліфувальний верстат	4	20
Абразивно-відрізний верстат	10	7
Пи́ла	8	9
Вентилятор	6	4,5

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
Пресс	6	20
Безцентрово-шліфувальний верстат	8	21
Вентилятор	7	40
Наждаковий верстат	6	2,5
Безцентрово-шліфувальний верстат	6	14,5
Токарно-автоматичний верстат	6	5,5
Заточувальний верстат	6	2,2
Мийна машина	4	5
Абразивно-відрізний верстат	8	14
Вертикально-свердлильний верстат	2	3
Токарно-гвинторізний верстат	2	7
Вентилятор	10	22
Мостовий кран	4	20,7
Електричні печі опору	4	50
Освітлення		35
Всього	141	2012,8
Інструментальна ділянка		
Фрезерні верстати	3	13
Шліфувальні верстати	9	2,2
Шліфувальні верстати	8	5,5
Шліфувальні верстати	8	7,5
Шліфувальні верстати	7	3
Шліфувальні верстати	7	40
Шліфувальні верстати	4	5,5
Токарний верстат	7	69
Токарний верстат	5	17
Фрезерний верстат	4	4

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
Фрезерний верстат	4	7,5
Фрезерний верстат	4	13
Стругальні верстати	5	3,5
Стругальні верстати	8	5,5
Зубодовбальний верстат	1	10
Довбальні верстати	9	30
Довбальні верстати	2	3
Токарні верстати	10	7,5
Токарні верстати	7	10
Вентилятори	5	4,5
Мостовий кран	3	20,7
Кран-балка	6	11
Освітлення		35
Всього	126	1829,9
Термічна ділянка		
Електропечі неавтоматизовані	4	20
Електропечі неавтоматизовані	6	12
Електропечі неавтоматизовані	5	10
Електропечі неавтоматизовані	5	15
Верстати	10	7
Верстати	2	4,5
Верстати	6	10
Верстати	5	20
Насоси	4	4,5
Вентилятори	3	7
Вентилятори	3	12
Вентилятори	2	40

Продовження 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 таблиці 1.2

1	2	3
Наждаковий верстат	1	2,8
Опалювальні агрегати	1	1
Вентилятори компресорного відділення	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
Ремонтна ділянка		
Прес	1	28
Зварювальні перетворювачі	1	14
Вентилятор	4	4,5
Шліфувальні верстати	1	7
Універсально-фрезерні верстати	1	14
Освітлення		10
Всього	8	91,0

1.3 Аналіз існуючих методів оцінювання втрат електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств

1.3.1 Метод оцінки втрат електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств

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

Застосування завищеної напруги в електричних мережах, наприклад 10кВ (замість 6кВ), 380В і $U_3-380В = 660В$, а також глибокого вводу напруги 35кВ і вище значно знижує втрати електроенергії.

Потрібно відмітити, що втрати в трансформаторах визначаються також і числом годин їх роботи, тому однією з умов, що забезпечує економію електроенергії в трансформаторах, являється відключення їх при малих навантаженнях. Це можливо здійснювати, якщо в нічний час (не робочий) підживлювати електроустановки, необхідні для ремонтних робіт, дежурного освітлення та ін., від одного трансформатора. Живлення вказаних споживачів при цьому забезпечується знаходженням перемичок на нижчій напрузі між цеховими підстанціями. Іншими умовами економії електроенергії в трансформаторах являється установка раціонального режиму роботи включених трансформаторів, що забезпечується установкою оптимального коефіцієнту навантаження, що залежить від співвідношення між активними і реактивними складовими втрат.

Звідси, вміння правильно розрахувати втрати у всіх ланках системи електропостачання, виявити визначальні їх складові і установити основні напрямки по зниженню втрат і економії електроенергії - основні умови правильного проектування та експлуатації електричної мережі.

Розглянемо метод знаходження втрат електроенергії в окремих точках системи електропостачання.

Втрати потужності та електроенергії в повітряних та кабельних лініях. Електричне навантаження, як правило, має змінний характер, тому втрати потужності та електроенергії 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_f :

$$I_{ck} = \kappa_f \cdot I_{cp}, \quad (1.1)$$

де

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

де W – втрати активної електроенергії (кВт·год) за час T_v (доба, рік);

$\cos\varphi$ - середньозважений коефіцієнт потужності.

З достатньою для розрахунків точністю по даним проектних організацій при будь-якому числі (більше двох) струмоприймачів з довготривалим режимом роботи і числом струмоприймачів більше двадцяти з повторно-короткочасовим режимом коефіцієнт форми $\kappa_f = 1,05—1,1$.

Втрати активної потужності та електроенергії по середньоквадратичному струму знаходять по формулам:

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

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 витрата 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:

$$T_{макс} = W/P_{макс} \quad (1.5)$$

Час використання максимуму навантаження $T_{макс}$ визначається характером виробництва та змінності роботи споживача і становить у середньому в рік: для освітлювальних навантажень-1500-2000 год; для однозмінних підприємств-1800-2500 год; для двоззмінних - 3500-4500 год; для тризмінних-5000-7000 год.

По величинам W і $T_{макс}$ можна визначити максимальний струм за розглянутий проміжок часу:

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

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:

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

Знаючи втрати електроенергії, можна знайти відповідні їм втрати потужності:

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

Втрати електроенергії в трансформаторах складаються із втрат в міді та 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 $\tau = f(T_u, \cos\varphi)$, 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 ($\Delta P_{ст} = \Delta P_{xx}$) та часом включення трансформатора $T_{в}$:

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

Сумарні активні втрати електроенергії визначаємо за формулою:

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

Сумарні реактивні втрати електроенергії визначаємо за формулою:

$$\Delta V = \Delta Q \cdot \tau + \Delta Q_{\mu} \cdot T_{в}, \quad (1.12)$$

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

Втрати електричної енергії в трансформаторах складають значну величину і повинні бути доведені до можливого мінімуму шляхом правильного вибору потужності і числа трансформаторів, раціонального режиму їх роботи, а також виключення холостого ходу при малих навантаженнях. Кількість одночасно працюючих трансформаторів в залежності від навантаження повинне визначатися черговим персоналом з умов мінімальних втрат електричної енергії в трансформаторах.

Втрати електричної енергії в лінії залежать від опору, струму лінії і часу втрат; тому для зменшення втрат слід знижувати не тільки величину струму, а й величину опору лінії, для чого при наявності парних ліній необхідно включати їх паралельно.

Застосування підвищених напруг 20 кВ і 660 В для мереж промислових підприємств також значно скорочує втрати електроенергії в живильних і розподільних мережах промислових підприємств.

При складанні схеми зовнішнього і внутрішнього електропостачання слід вибирати варіант, при якому відсутні на лініях реактори, або варіант, при якому втрати в реакторах мінімальні. Наприклад, варіант електропостачання підприємств на напрузі 6 кВ з реакторами порівнюється з техніко-економічними показниками з варіантом електропостачання на напрузі 20 кВ без реакторів.

Слід прагнути до отримання рівномірного графіка навантаження, завдяки чому підвищується використання встановленого обладнання і одночасно знижуються втрати електроенергії. Зниження значення сумарного максимуму навантаження дозволяє при незмінній встановленій потужності трансформаторів забезпечити харчування більшого числа споживачів. Зниження значення сумарного максимуму навантаження підприємства та вирівнювання графіка можуть бути досягнуті (за домовленістю з енергосистемою) зміщенням часу початку роботи (підприємств та обідніх перерв цехів), а також встановленням годин роботи цехів.

Імовірність $p(B/B_j)$ є імовірністю переходу перетвореної системи електропостачання до структурного стану B у випадку, що оцінюється, при умові, що настала гіпотеза B_j .

Структура перетвореної системи відрізняється від структури вихідної тим, що в ній комутаційні стани перемичок апріорі задані відповідно до логіки гіпотези B_j . Тобто стану за працездатністю i -ої перемички, що поданий в B_j подією A_i , відповідає комутаційний стан "замкнутий", а подією \bar{A}_i – "розімкнутий". У результаті такого перетворення вихідна система електропостачання структурно буде являти собою сукупність нескладних послідовно-паралельних і (або) паралельно-послідовних схем.

Застосовуючи до перетвореної схеми традиційні моделі математичної логіки і теорії імовірностей, нескладно обчислити кожен імовірність $p(B/B_j)$. Загальна кількість перетворень вихідної системи електропостачання і відповідно імовірностей $p(B/B_j)$ дорівнює кількості гіпотез B_j .

Переваги такої методології полягають у такому: спрощує логічний аналіз складних за структурою систем електропостачання; дозволяє поряд із непрацездатними станами елементів системи через аварії врахувати непрацездатні їх стани через вивід у плановий ремонт; формалізується. Крім цього з її допомогою можна оцінити не тільки структурні стани системи електропостачання, що обумовлюють порушення електропостачання споживача, а і стани, які обумовлюють надійне (повне або часткове) електропостачання споживача, але супроводжувані зміною енергетичних станів системи електропостачання. Тобто методологія дає можливість оцінити тривалість кожного енергетичного стану системи, що обумовлюється працездатністю відповідного йому структурного стану, сприяючи тим самим підвищенню достовірності оцінок втрат електроенергії в мережі системи і дозволяючи моделювати систему електропостачання з раціональним рівнем структурного резерву з метою зниження втрат електроенергії в її мережі.

Достовірність результатів оцінювання структурних станів синтезованих і діючих систем електропостачання залежить від багатьох чинників. Серед них

недостатньо досліджуваними є такі: вплив представності статистичних показників (не)працездатності елементів ДСПЕП і принципи забезпечення її; вплив непевності початкових умов оцінювання. Під початковими умовами здобувач розуміє таке: принцип поділу працездатних і непрацездатних структурних станів системи електропостачання; ступінь відповідності пропускної спроможності елементів системи та її структурного резерву; ступінь повноти відображення станів за працездатністю елементів системи. У дисертаційній роботі на прикладі дворівневої системи електропостачання показано, як перелічені початкові умови позначаються на область припустимих рішень і достовірність рішень.

1.3.3 Методи оцінювання ефективності топології мережі системи промислового електропостачання

В цьому розділі подане теоретичне обґрунтування розробленого нового методологічного підходу до вирішення топологічної задачі електричної мережі.

Обґрунтована доцільність до визначення поняття «центр електричних навантажень», тому що воно обумовлює принципи формування раціональної топології електричної мережі. З цією метою виділені і досліджувані такі чинники, що впливають на вирішення топологічної задачі: чинник енергетичної двоїстості вузлів мережі, чинник суміщеності потужностних навантажень вузлів у мережі, чинник неоднозначності електричних зв'язків між вузлами розподільчої і живлячої мереж, чинник обумовленості параметрів мережі і чинник критеріальної функції вибору раціональних рішень. Запропоновано під «центром електричних навантажень» розуміти точку плану мережі, що обумовлена екстремумом обраної критеріальної функції, яка враховує енергетичну двоїстість вузлів мережі й їх навантаження за струмом

при фіксованих електричних зв'язках між вузлами й фіксованим конструктивно-параметричному виконанні мережі, що задовольняє технічним вимогам до її експлуатації.

Показано, що фізико-технічна суть топологічної задачі перекручується, коли вона вирішується відповідно принципам теорії функціонального аналізу з використанням адитивних критеріальних функцій (зокрема річних зведених витрат на мережу). Це обумовлено множиною стаціонарних точок критеріальних функцій (критеріальні функції не опуклі). До того ж топологічна задача електричної мережі є задача із змінними параметрами, що не дозволяє апіорі здійснити ідентифікацію критеріальної функції на опуклість класичними методами. Таким чином, топологічна задача вимагає нових математичних підходів до вирішення.

Запропоновано вирішувати топологічну задачу з використанням імітаційного детермінованого моделювання раціональної мережі, враховуючи перелічені вище чинники. Імітація мережі вимагає обумовленості її конструктивного виконання, параметрів аварійного режиму, електричних зв'язків і метрики між вузлами мережі, координат топологічного базису (x_0, y_0) . Детермінованість стосується варіювання координат вузлів мережі, що утворюють суміжний (з живлячими і розподільчими вузлами мережі) рівень. Варіювання координат пропонується здійснювати за дугами концентричних кіл із центром у точці з координатами (x_0, y_0) відповідно до алгоритму:

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

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}) , оцінювання параметрів мережі на відповідність цьому режиму, обчислення абсолютного і відносного значень критеріальної функції в точках (x_{ij}, y_{ij}) . Воно дозволяє врахувати багаточинність при розв'язуванні топологічної задачі, оцінити потенціал енергозбереження у мережі і є ефективним інструментом при синтезі раціональної електричної мережі.

1.3.4 Організаційно-економічні фактори підвищення ефективності функціонування промислових підприємств

Підвищення ефективності функціонування первинної ланки економіки підприємства зумовлює необхідність проведення поглиблених досліджень, які відбуваються в діяльності суб'єктів господарювання різних форм власності в умовах ринкової трансформації економіки України. Серед першочергових – проблема комплексної оцінки ефективності функціонування підприємницьких структур. Така постановка проблеми за своєю сутністю не є новою, однак зміна базисних відносин супроводжується глибокими змінами не тільки в структурі та організації виробництва, а й у підходах до оцінки їх діяльності.

В економічній літературі поняття “ефективність” є широко вживаним. Як правило, воно ототожнюється з ефективністю виробництва. Однак, як показує досвід, набутий в процесі економічних реформ, на практиці виникає потреба в розмежуванні понять “ефективність виробництва” та “ефективність функціонування підприємства”, оскільки ці категорії мають різне змістове навантаження. Якщо для визначення ефективності виробництва загальноприйнятим є використання таких показників, як фондвіддача, фондомісткість, фондоозброєність, матеріаломісткість та матеріаловіддача, продуктивність праці, трудомісткість і т.д., то оцінка ефективності діяльності

промислового підприємства в ринковому економічному середовищі включає в себе, крім перерахованих показників, ще й оцінку суто ринкових індикаторів, зокрема рівня конкурентоспроможності підприємства, його інвестиційної привабливості, фінансової стійкості, платоспроможності, ділової активності, тобто показників, які характеризують якісні параметри діяльності.

З урахуванням всієї сукупності показників під поняттям “ефективність функціонування підприємства” розуміється його здатність раціонально вирішувати завдання формування необхідного обсягу матеріальних, трудових і фінансових ресурсів та оптимального їх розподілу і використання з метою забезпечення стабільного розвитку та досягнення стратегічних цілей.

Багатоаспектна діяльність підприємств здійснюється під впливом сукупності факторів, які формують економічне середовище функціонування підприємницьких структур. Чисельність екзо- й ендогенних факторів зумовлює потребу в їх ранжуванні за ступенем і важливістю впливу на господарську діяльність суб'єктів господарювання. Запропонована класифікація факторів, які визначають фінансово-економічний та техніко-технологічний стан промислових підприємств, включає дві найбільш істотні групи: 1) фактори, об'єднані за характером їх походження; 2) фактори, об'єднані за способом впливу.

Запропонований підхід до структуризації факторів впливу на діяльність підприємств є вкрай важливим, оскільки фактори, віднесені до першої групи, показують місце формування кожного з них у структурі соціально-економічної ієрархії. Зокрема, макро і мезоекономічні в основному пов'язані з діяльністю галузей, регіонів, та ринків. На відміну від них, мікроекономічні визначають поведінку окремих суб'єктів господарювання. Другу групу становлять фактори за способом їх впливу на діяльність підприємств. В їх структурі основну роль відіграють внутрішні фактори, що включають економічні та організаційні чинники. В цій групі важливу роль посідають соціально-психологічні детермінанти, які “проникають” на підприємство

через психологічні особливості найманих працівників, акціонерів, представників владних органів тощо. Окрему підсистему в цій групі становлять фактори, зумовлені горизонтальними зв'язками, які впливають на діяльність підприємств через партнерські відносини, договірну систему, взаємні поставки і т.д.

Запропонована структуризація факторів суттєво підвищує можливість управління ними. Так, наприклад, якщо поведінка підприємств залежить значною мірою від факторів макроекономічного характеру, то на рівні держави та органів державного управління повинні розроблятися заходи, спрямовані на створення сприятливого макроекономічного середовища за допомогою інструментів макроекономічного впливу. Якщо превалюють мікроекономічні фактори, які залежать від самого підприємства, то для підвищення ефективності його роботи необхідно розробити гнучку комбінацію стимулюючих заходів з урахуванням характеру впливу внутрішніх факторів на діяльність господарюючого суб'єкта.

Системою електропостачання називають комплекс пристроїв для виробництва, передачі і розподілу електричної енергії.

Система електропостачання промислових підприємств забезпечує електричною енергією промислові споживачі. Основними споживачами є електроприводи різних машин і механізми, електричне освітлення, електричні нагрівальні пристрої, в тому числі електричні печі.

Робота промислових електроприводів та інших споживачів як при проектуванні, так і під час експлуатації повинна знаходитись в строгій відповідності як з окремими споживачами, так і з комплексом електроприводів, що забезпечують роботу складних механізмів.

Раціонально виконана сучасна система електропостачання промислового підприємства повинна задовольняти ряд вимог: бути економічною і надійною, безпечною і зручною в експлуатації, забезпечити належну якість електроенергії, рівні напруги, стабільність частоти та ін. Повинні передбачатися стислі терміни виконання будівельно-монтажних

робіт і необхідна гнучкість системи, що забезпечує можливість розширення при розвитку підприємства без істотних ускладнень і подорожання первинних варіантів. При цьому повинні по можливості прийматися рішення, що вимагають мінімальних витрат кольорових металів і електроенергії.

При розробці системи електропостачання підприємства на період будівництва передбачається максимальне її використання для постійної експлуатації електрогосподарства підприємства.

В даний час більшість споживачів одержують електроенергію від енергосистем. Але на багатьох підприємствах продовжується будівництво і власних ТЕЦ.

Необхідність в виробництві електроенергії на фабрично-підприємствоських електростанціях обумовлюється наступними причинами:

- а) потребою в теплі для технології і опалення і ефективністю потужного виробництва при цій електроенергії;
- б) необхідністю резервного живлення для відповідальних споживачів (друге незалежне джерело живлення);
- в) необхідністю використання вторинних енергоресурсів;
- г) великою віддаленістю деяких підприємств від енергосистем.

По мірі розвитку електроспоживання стають складнішими і системи електропостачання промислових підприємств. В них включаються мережі високих напруг, розподільчі мережі, а в деяких випадках і мережі промислових ТЕЦ. Виникає необхідність впроваджувати автоматизацію систем електропостачання промислових підприємств виробничих процесів, здійснювати в широких межах диспетчеризацію процесів виробництва з застосуванням телесигналізації і телеуправління і вести активну роботу по 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 кВА/м².

Зміни технологічних процесів виробництва, пов'язані, як правило, з їх ускладненням, приводять до необхідності модернізації і реконструкції систем електропостачання. В таких системах замість чергових встановлюється ЕОМ, що забезпечує управління системою електропостачання. Ця ЕОМ одержує інформацію в вигляді сигналів про стан системи електропостачання, роботі захисту та автоматики і на основі цієї інформації забезпечує чітку роботу технологічного обладнання. При цих умовах, черговий, що знаходиться на пульті управління, тільки спостерігає за проходженням технологічного процесу і вмішується в цей процес тільки в випадку його відхилення або відмов системи захисту, автоматики і телемеханіки.

Із сказаного видно, що сучасне виробництво пред'являє високі вимоги до підготовки інженерів-фахівців в області промислового електропостачання; одночасно потрібна значна кількість інженерів, що володіють знаннями в області автоматики, обчислювальної техніки та енергозберігаючих технологій.

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

Слід відмітити, що на більшості промислових підприємств нашої країни застосовуються старі системи ручного обслуговування, і вони повинні реконструюватись в умовах експлуатації і жорсткої конкуренції як з боку вітчизняних так і зарубіжних виробників.

Необхідність наукового підходу до керування системи електропостачання великих підприємств, застосування автоматизованих систем керування з використанням комп'ютерних технологій та обчислювальної техніки диктується, з однієї сторони, складністю сучасних систем електропостачання, наявністю різноманітних внутрішніх

взаємозв'язків, а також недостатньо високими характеристиками надійності пристроїв автоматики, що знаходяться в експлуатації; з другої сторони, можливістю негативного впливу великих споживачів електроенергії на роботу енергосистеми.

Реальними гарантами застосування керованої обчислювальної техніки в системах електропостачання можна вважати наступне:

- характер виробництва, передачі, прийому і розподілу електроенергії між споживачами є неперервним, без інерційним, скороминучим; об'єкт управління - розвинута складна технічна система;

- керовану обчислювальну техніку доцільно застосовувати в системах з високим рівнем автоматизації технологічного процесу, з значними інформаційними потоками в системах контролю і керування; система електропостачання великих промислових підприємств відносяться якраз до таких систем;

- високі темпи розвитку виробництва обчислювальної техніки, вдосконалення її елементної бази ведуть до зниження вартості обчислювальної техніки, що в свою чергу дозволяє розширити сферу її застосування;

- сучасний рівень автоматизації систем електропостачання на підприємствах дозволяє використовувати наявні засоби локальної автоматизації в АСУ електропостачанням.

Основною особливістю АСУ електропостачанням є уніфікація, єдиний підхід, універсальність рішень для систем електропостачання підприємств незалежно від характеру виробництва, в той час як для автоматизованої системи управління технологічними процесами (АСУТП) характерні різноманітність і індивідуальність в залежності від виду виробництва. Тому можна розробляти універсальні принципи побудови АСУ електропостачанням.

Важливою особливістю системи електропостачання є неможливість створення запасів основного продукту – електроенергії. Вся одержана

електроенергія негайно споживається. При непередбачених коливаннях навантажень необхідна точна і негайна реакція системи управління, що повинна компенсувати виниклий дефіцит.

Системі електропостачання великого підприємства властиві наявність глибоких внутрішніх зв'язків, що не дозволяють подрібнювати системний, комплексний підхід, що враховує взаємовплив факторів, і облік їх динамічності. Під впливом різноманітних збурень проходять безперервні зміни стану системи.

Застосування засобів керованої обчислювальної техніки в системах електропостачання є закономірним продовженням розвитку автоматизації цих систем. Існуючі засоби локальної автоматизації вирішують наступні основні задачі: захисту, регулювання напруги, регулювання потужності конденсаторних батарей та ін. Одним із засобів вдосконалення автоматики є використання керованих ЕОМ та комп'ютерів. Логічні можливості ЕОМ практично безмежні, що дозволяє реалізувати досить складні алгоритми керування. Можливості нагромадження і статистичної обробки інформації дозволяє вирішити задачі аналізу і самоконтролю системи. Централізація функції контролю і керування дозволяє коректувати керовану систему практично на будь-якому рівні.

Модель керування системою електропостачання може включати в себе наступні рівні: перший – пристрої автоматики, датчики електричних і технологічних параметрів; другий – аналіз первинної інформації, її обробка; третій – контроль-обчислювальна операційна система; четверта – оптимальне керування, видача керуючих сигналів на виконавчі органи

Створення універсальної системи керування системою електропостачання, яка могла би знайти застосування на всякому великому підприємстві незалежно від характеру виробництва, можна розглядати як перший крок до створення інтегрованої автоматизованої системи управління, яка об'єднує безпосереднє керування електропостачанням з управлінням енергогосподарством, технологією виробництва і адміністративно-

господарськими питаннями. Комплекс керованих обчислювальних машин слід застосовувати для вирішення задач оптимального управління виробництвом з врахуванням всіх сторін діяльності підприємства.

Для покращення техніко-економічних показників систем промислового електропостачання необхідно:

- вдосконалення стандарту номінальних потужностей силових трансформаторів;
- випускати трансформатори із з'єднанням обмоток зірка-зигзаг або трикутник-зигзаг, що знизить капіталовкладення і зменшить втрати електроенергії; замінити, де це можливо, симетруючі і фільтро-компенсуючі пристрої раціональними схемними рішеннями;
- створення ефективного математичного забезпечення автоматизованих систем управління електропостачанням, що включає в себе розробку найбільш універсальних алгоритмів і програм по розрахунку режимів і надійності СЕС, що дозволяли би враховувати реальні умови функціонування систем і її динамічність.

Все це повинно сприяти скороченню капіталовкладень і економії електроенергії в умовах експлуатації.

Головною проблемою в найближчому майбутньому є створення раціональних схем електропостачання промислових підприємств, що пов'язане з наступним:

- вибором і застосуванням раціонального числа трансформації.

В даний час існують системи електропостачання з недопустимо великою кількістю трансформацій; так, наприклад, на одному металургійному комбінаті є напруги - 500, 220, 110, 35, 10, 6, 3, 0,5, 0,38 і 0,22кВ. або, наприклад, групи нових промислових підприємств, створено за останні ≈ 20 років мають напругу 500, 220, 110, 35, 10, 6, 0,38 і 0,22кВ. Такі великі кількості напруг тягне за собою не оправдано велике число трансформації (п'ять-шість).

Застосування на промислових підприємствах раціональних напруг приведе до скорочення числа трансформації до двох-трьох. В цьому випадку економія електроенергії становитиме не менше 10-15% всього її споживання промисловим підприємством.

Причинами появи нераціональних систем електропостачання в промисловості є їх постійне зростання і реконструкція при локальному вирішенні задач електропостачання всякий раз, коли настає необхідність реконструкції цих систем. Застосування напруги 20кВ могло би сприяти різкому скороченню числа трансформацій;

– вибором і застосуванням раціональних напруг. Застосування раціональних напруг в системах електропостачання промислових підприємств дає значну економію по втратах електроенергії.

Причинами застосування нераціональних напруг є постійне зростання електроспоживання і вирішення окремих завдань електропостачання, та вимоги енергосистем здійснювати живлення на напрузі, яка є в даній енергосистемі. Нераціональні рішення в цьому напрямку приводять до того, що в експлуатації знаходяться системи електропостачання, в яких втрати електроенергії доходять до 35-40%.

– правильним вибором місця розташування цехових і головних розподільчих (понижувальних) підстанцій. Розміщення живильних підстанцій у відповідних центрах електричних навантажень забезпечує мінімальні річні приведені затрати. Всяке зміщення живильної підстанції з центра електричних навантажень веде до збільшення цих затрат і підвищенню витрат електроенергії.

Підтримання напруги, близької до номінальної, як правило проводиться за рахунок регулювання напруги різними додатковими пристроями, в тому числі і РПН. При цьому особливо в умовах глибокого регулювання напруги мають місце додаткові втрати електроенергії. В таких випадках ефективніше застосовувати підвищену номінальну напругу, що значно вигідніше економічно.

Загальна задача оптимізації системи промислового електропостачання крім вказаних вище положень включає також раціональні рішення по вибору січень проводів і жил кабелів, способів компенсації реактивної потужності, автоматизації, диспетчеризації та ін.

Оптимізація виробничих процесів в сукупності з оптимізацією систем промислового електропостачання може і повинні дати державі додаткові ресурси за рахунок скорочення непродуктивних витрат.

Проектанти електрики повинні зробити все від них залежне, щоб проєктовані ними електропристрої по можливості менше впливали на розташування і експлуатацію технологічного обладнання, забезпечуючи при цьому високу надійність і безпеку при експлуатації цих установок.

Для правильного вирішення поставлених задач необхідна узгоджена робота декількох проєктних організацій, або створення єдиного координаційного центра, який повинен проводити ув'язку проєктних рішень, що приймаються різними проєктними організаціями.

Коли застосування рішень системи електропостачання входить в протиріччя з вимогами будівельників або технологів, питання повинні вирішуватися на основі техніко-економічного порівняння варіантів.

При розробці схеми електропостачання враховуються також режими роботи електроспоживачів, зокрема способи і частота пуску двигунів, пускові стрибки навантажень електродвигунів та ін. При проєктуванні електропостачання підприємств і районів повинен послідовно проводитись принцип „децентралізації“ трансформації і комутації електроенергії. В результаті децентралізації і максимального наближення джерел високої напруги до електроустановок споживачів зводяться до мінімуму мереживні ланки і ступені проміжної трансформації і комутації, знижуються первинні затрати і зменшуються втрати енергії з одночасним підвищенням надійності.

Система електропостачання в цілому повинна бути побудована таким чином, щоб в умовах після аварійного режиму, після відповідних переключень вона була здатна, як правило, забезпечити живлення

навантажень підприємства (з певним обмеженням) з врахуванням використання всіх додаткових джерел і можливостей резервування (перемички, зв'язки по вторинній напрузі, аварійні джерела та ін), перевантажувальної здатності обладнання та ін. При цьому можливі короточасні перерви живлення електроспоживачів 2^ї категорії на час виконання необхідних переключень і перерви в живленні електроспоживачів 3^ї категорії на час до 1 доби.

Задачі оптимізації повинні вирішуватися з точки зору системного підходу. При цьому вибір раціональних режимів роботи систем електропостачання промислового підприємства необхідно проводити, оцінюючи економічну ефективність роботи всього підприємства в цілому. В деяких випадках при дефіциті потужності в системі електропостачання більш вигідним може бути пониження напруги на 5-10% порівняно з номінальним. Цей захід дозволяє для багатьох виробництв без значних збитків для технологічного процесу зменшити збитки в порівнянні зі збитками від промислового відключення, що часто застосовується в даний час.

Системний підхід при вирішенні оптимізаційних задач передбачає керування якістю електроенергії, направлений на зменшення її втрат в системах промислового електропостачання, а також на підвищення продуктивності механізмів і якості випущеної продукції. Комплексне рішення цієї проблеми забезпечує всеосяжне підвищення ефективності народного господарства.

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

Споживачі електроенергії промислових підприємств поділяються на наступні групи:

- споживачі трьохфазного струму напругою до 1000 В, частотою 50 Гц;
- споживачі трьохфазного струму напругою вище 1000В, частотою 50 Гц;
- споживачі однофазного струму напругою до 1000 В, частотою 50 Гц;
- споживачі, які працюють з частотою відмінною від 50 Гц, як

- живляться від перетворюючих підстанцій і установок;
- споживачі постійного струму, які живляться від перетворюючих підстанцій і установок.

Для правильної побудови системи промислового електропостачання всіх споживачів перерахованих вище груп необхідно вяснити:

1. Вимоги, які обумовлені діючими „Правилами устроїв електроустановок” ПУЕ до надійності живлення споживачів (1-а, 2-а і 3-тя категорії);
2. Режим роботи (тривалий, короткочасний, повторно-короткочасний);
3. Місця розташування споживачів електроенергії, необхідно також вяснити стаціонарні вони чи пересувні.

В даний час електропостачання промислових підприємств здійснюється на змінному струмі. Для живлення групи споживачів постійного струму споруджуються перетворюючі підстанції, на яких встановлюються перетворюючі агрегати: напівпровідникові випростувачі, ртутні випростувачі, двигуни-генератори і механічні випростувачі.

Перетворюючі агрегати живляться від мережі трьохфазного струму і тому є споживачами трьохфазного струму.

Споживачі постійного струму, які мають індивідуальні перетворюючі агрегати: електропривід по системі генератор-двигун, вентильний електропривід і т. ін. є з точки зору електропостачання споживачами трьохфазного струму.

Такими споживачами є внутрішньо підприємствоський електрифікований транспорт, установки електролізу, підйомно-транспортних і деяких інших механізмів.

Згідно ПУЕ електротехнічні установки, які виробляють, перетворюють, розподіляють і споживають електроенергію діляться на електроустановки напругою до 1000 В і електроустановки напругою вище 1000 В.

Електротехнічні установки напругою до 1000 В виконуються як з глухо заземленою, так і з ізольованою нейтраллю, а установки постійного струму з глухо заземленою і ізольованою нульовою точкою.

Електричні установки з ізольованою нейтраллю слід застосовувати для підвищення надійності живлення систем промислового електропостачання (торфові розробки, вугільні шахти та ін) при умові, що в цьому випадку забезпечується контроль ізоляції мережі і цілість пробивних запобіжників, швидке виявлення персоналом замикань на землю і швидке усунення їх або автоматичне відключення ділянок з замиканням на землю.

В чотирьохпровідних мережах змінного струму, або трьох провідних мережах постійного струму для установок без підвищеної небезпеки глухе заземлення нейтралі обов'язкове.

Електричні установки напругою вище 1000В поділяються на установки:

- з ізольованою нейтраллю (напругою до 35кВ);
- з нейтраллю, включеною на землю через індуктивний опір для компенсації ємнісних струмів (напругою до 35кВ і рідко 110кВ);
- з глухо заземленою нейтраллю (напругою 110кВ і вище).

Крім цього, всі ці установки поділяються на установки з малими струмами замикання на землю (до 500А) і установки з великими струмами замикання на землю (більше 500А).

По частоті струму споживачі електроенергії діляться на споживачі промислової частоти (50Гц) і споживачі з високою (понад 10кГц), підвищеною (до 10кГц) і пониженою (нижче 50Гц) частотами.

Більшість споживачів використовують електроенергію нормальної промислової частоти. Установки високі і підвищеної частоти застосовуються для нагріву під загартування, ковку і штампову металів, та для плавки металів.

Для перетворення змінного струму промислової частоти в струми високої і підвищеної частоти служать двигуни-генератори (електромашинні перетворювачі), а також тиристорні і іонні перетворювачі. Для одержання підвищеної частоти (до 10кГц) застосовують переважно тиристорні

перетворювачі (інвертори). Для одержання частоти 10кГц і вище застосовують лампові генератори. Від іонних генераторів можна одержати частоти до 2800Гц.

Споживачі електроенергії можуть бути поділені на групи по подібності режимів, тобто по подібності графіків навантажень. Поділ споживачів на групи дозволяє більш точно визначати сумарне електричне навантаження.

2 ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

ПрАТ "ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ"

2.1 Методика розрахунку втрат активної електроенергії в системі електропостачання ПрАТ "Запоріжвогнетрив"

Вибір методу розрахунку втрат активної електроенергії (ВАЕЕ) в системі електропостачання визначається використовуваними даними про параметри її елементів (опорів). Останні досить стабільні та отримання їх не пов'язане з великими труднощами. Значення існуючих або прогнозованих електричних навантажень визначаються або відомими способами, використовуваними в умовах експлуатації, або обчислюються методами розрахунку, прийнятими в проектуванні. Залежно від виду та повноти інформації про навантаження при розрахунку ВАЕЕ останнім часом використовуються детерміновані; ймовірно-статистичні методи і методи, що відповідають умовам невизначеності (нечіткості) інформації. Перші рекомендуються, якщо в якості вихідних даних виступають параметри елементів мережі та електричні навантаження.

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:

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

де $T_{ма}$ - число годин використання максимуму навантаження, яке залежить від режиму роботи підприємства.

Відомо, що в теорії проектування складних технічних об'єктів, що використовують принципи декомпозиції та ієрархії опису об'єктів, останній передбачає поділ його на рівні, яке зазвичай проводиться за функціональною ознакою і залежить від ступеня деталізації відображуваних властивостей і характеристик об'єкта. Принцип декомпозиції означає розбиття кожного рівня на ряд частин (блоків) з можливістю поблочного проектування об'єкта на кожному ієрархічному рівні. Очевидно, що розглянутий підхід доцільно реалізувати і при моделюванні системи електропостачання.

Використовуємо вище наведені принципи в роботу програми розрахунку ВАЕЕ в системі електропостачання, а також на формування моделі енергоефективної системи, кінцевою метою застосування якої є отримання системи, що функціонує з мінімальними втратами в ній. Для побудови цієї моделі розіб'ємо систему електропостачання на підсистеми (цехова електрична мережа (ЦЕМ), внутрішньопідприємствська електросистема (ВЗЕС), джерело живлення підприємства (ДЖП)), що враховує її ієрархічну структуру і визначає структуру самої моделі, згідно з якою сумарні ВАЕЕ в системі (W , кВт·год/рік) визначаються за 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.

Іншим з принципів проектування складних технічних систем є також типізація і уніфікація проектних рішень. Тому структура даної моделі повинна відповідати типовій схемі системи електропостачання промислового підприємства (рисунок 2.1), яка може бути легко адаптована під інші схеми шляхом або виключення неіснуючих ділянок та елементів, або їх додатковим включенням в різні рівні системи з відповідними зв'язками.

Таким чином, складання моделі системи електропостачання буде засновано на математичних залежностях для обчислення ВАЕЕ у зазначених її підсистемах, таких як цехова електромережа, внутрішня електрична система і джерело живлення підприємства. Ці складові моделі повинні представляти собою самостійні обчислювальні блоки, придатні для подальшої ефективної реалізації моделі електросистеми стосовно до системи електропостачання не тільки в цілому по підприємству, а й у кожному його підрозділі окремо.

Для побудови моделі цехової електромережі визначимо залежності втрат активної електричної енергії від параметрів елементів цехової мережі (3-ій рівень на рисунку 2.1), що представляють собою провідники ділянок останньої, трансформатори ТП. Умовно цехову електромережу можна розділити на два фрагменти з відповідними втратами активної електроенергії в них, сума яких і визначить представлені втрати 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.

Нехай для деякого цеху є сукупність $i = \overline{1, N}$ розподільних вузлів N . У число N входить все, що повинно житись від трансформаторів j -ї трансформаторної підстанції ТП, наприклад, потужні одиничні ПЕ, які

неможливо підключити до розподільних вузлів, тролєї та ін. 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.

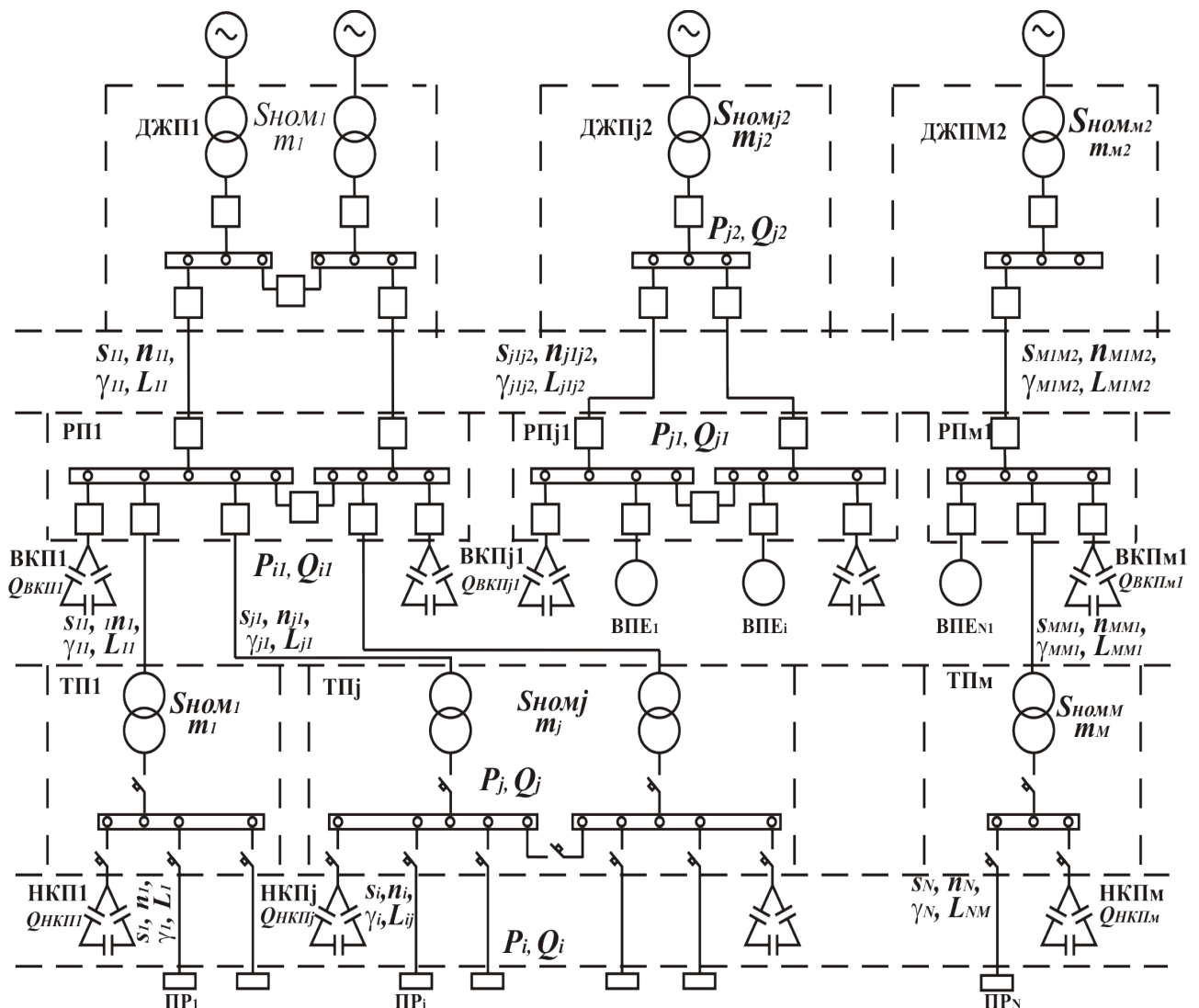


Рисунок 2.1 - Типова схема системи електропостачання промислового підприємства

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 реального плану розміщення устаткування в цеху, тобто коригуванням довжини ділянки відповідно пропонованій трасі прокладки мережі.

Річні втрати активної електричної енергії в цехових трансформаторних підстанціях при установці на них трансформаторів, відповідних t -ому типорозміру, обчислюються як сума втрат в останніх w_{jt} (кВт·год/рік):

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

Тут значення втрат в трансформаторах обумовлені їх завантаженням 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:

$$k_{3jt} = S_j / (m_j S_{номjt}), \quad (2.12)$$

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 КРМ, введемо також змінну $Q_{нкпj}$, значення якої відображає генерируючими низьковольтними КУ в мережу номінальну реактивну потужність, при підключенні їх до шин розподільчого пристрою низької напруги (РПНН) j -ої ТП. Тоді формула (2.13) з урахуванням вищесказаного прийме вигляд:

$$W = \sum_j \sum_i \left(\left(\frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{\text{номЦЭС}}^2} \frac{1}{\gamma_i s_i n_i} \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \tau_i \right) 10^{-3} \right) X_{ij} + \sum_t \sum_j \left((P_{x_{jt}} T_{v_{jt}} + P_{k_{jt}} \frac{P_j^2 + (Q_j - Q_{\text{нкв}})^2}{S_{\text{ном}_{jt}}^2} \tau_j) \right) T_{tj}, \quad (2.14)$$

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

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

Для побудови моделі внутрішньопідприємство́вської електричної системи виділимо основні її елементи (2-ий рівень на рисунку 2.1.): Розподільні вузли вище 1000 В - РП; вузли відгалуження, які є або цеховими ТП, або ВПЕ, а також лінії електропередачі. Ця мережа має один або кілька джерел живлення (ДЖ), наприклад, головна підприємство́вська підстанція (ГЗП), із заданими значеннями номінальної напруги шин розподільчий пункт номінальної напруги (РПНН) і струмів короткого замикання на них. В якості джерела реактивної потужності тут використовуються або високовольтні компенсуючі пристрої (ВКП), або синхронні двигуни вище 1000 В, що працюють в режимі перезбудження.

Зв'язки між джерелом живлення і розподільчим пунктом визначають схему живильної, а між розподільчим пунктом та трансформаторною підстанцією (ВПЕ) - розподільної мереж. При цьому можуть бути випадки безпосереднього підключення частини або всіх трансформаторних підстанцій до джерела живлення мережі, що обумовлено її топологічними та енергетичними показниками. Аналогічно випадку з цеховою електричною мережею відобразимо схеми розподільної (зв'язки між j -им ТП (ВПЕ) і i -им

РП) і живильної (зв'язки між $i1$ - ої РП та $j1$ -им ДЖ) мереж булевими змінними - X_{jil} і X_{jlil} .

Енергоефективність внутрішньопідприємствської електричної системи також визначатиметься мінімальними сумарними втратами активної електричної енергії на ділянках розподільної і живильної мереж, а, отже, і основою моделі є обчислення цих втрат на зазначених ділянках (W_{II}):

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

де W_p , $W_{жс}$ - 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) jil -ї та $iljl$ -ї ділянок мережі;

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

Опори зазначених ділянок мережі залежать від типу провідника: перетину (s_{jil}, s_{iljl}), питомої провідності матеріалу його жили ($\gamma_{jil}, \gamma_{iljl}$), кількості ниток в ньому (n_{jil}, n_{iljl}), а також від довжин ділянок (l_{jil}, l_{iljl}). 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:

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

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

де (x_j, y_j) , (x_{il}, y_{il}) і (x_{jl}, y_{jl}) - координати розміщення j -ї трансформаторної підстанції, il -ого розподільчого пункту та jil -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 ($U_{\text{номВЗЕС}}$, 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 il -ого розподільчого пункту.

Токи ділянок мережі живлення I_{iljl} обумовлені навантаженнями за активної і реактивної потужностей il -ого розподільчого пункту (P_{il}, Q_{il}) і

генерується потужністю джерела реактивної потужності ($Q_{вкнiл}$, квар), підключених до неї. Зазначені електричні навантаження можуть бути отримані або за показаннями встановлених на розподільчих пунктах приладів обліку, або обчислені одним з аналітичних методів, наприклад, коефіцієнта попиту.

Підставляючи у формулу (2.16) вищеописані змінні отримаємо модель внутрішньопідприємствоської електричної системи, що враховує живильний і розподільний рівні мережі, що відображає особливість розглянутої системи - ієрархічність:

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

У разі якщо у внутрішньопідприємствоській електросистемі передбачена проміжна трансформація, то логіка побудови моделі залишиться такою ж, тільки у формулу (2.21) необхідно додати складову, що представляє собою суму втрат активної електричної енергії в трансформаторах цих вузлів і врахувати зміну напружень при переході від одного рівня мережі до іншого .

Обчислення втрат активної електричної енергії в джерелі живлення підприємства (якщо вони містять знижувальні підстанції) алгоритмічно збігається з розрахунком втрат у трансформаторах цехових трансформаторних підстанцій (формули (2.10) - (2.12), (2-14)), з тією відмінністю, що зміняться конструктивні характеристики трансформаторів, а так само активні і реактивні навантаження на шинах джерела живлення підприємства (P_j, Q_{j1}). Останні можуть бути отримані або безпосередньо за показниками приладів обліку (встановлених на джерелах живлення підприємства), або обчислені одним з аналітичних методів по висхідному принципу, тобто від ПЕ до їх живлячих вузлів , від трансформаторних підстанцій до розподільчих пунктів і т.д.

Таким чином, при установці трансформаторів $t1$ - го типу виконання (описується змінною T_{tlj1}) з відповідними технічними характеристиками ($S_{номt1}$, P_{xt1} , $P_{кт1}$) і числом m_{j1} , на $j1$ -му джерелі живлення підприємства сумарні річні втрати активної електричної енергії при їх загальній кількості $M1$ і часу включення T_{ej1} визначатися за формулою:

$$W_{unn} = \sum_{t1}^{T1} \sum_{j1}^{M1} \left((m_{j1} P_{xj1t1} T_{ej1} + \frac{1}{m_{j1}} P_{kj1t1} \frac{P_{j1}^2 + Q_{j1}^2}{S_{номj1t1}^2} \tau_{mj1}) \right) T_{tlj1}. \quad (2.22)$$

У разі живлення електроспоживачів підприємства від підстанції без трансформації, розрахунки втрат активної електричної енергії в джерелах живлення промислових підприємств будуть аналогічні розрахункам втрат в елементах внутрішньопідприємствоської електричної системи (формула 2.21).

2.2 Алгоритм структурної та параметричної оптимізації системи електропостачання ПрАТ "Запоріжвогнетрив"

Алгоритм оптимізації системи електропостачання розроблений відносно до типової схеми промислового підприємства (рисунок 2.1), яка містить наступні вищевказані структурні елементи: ділянки цехової електричної мережі; цехові трансформаторні підстанції; ділянки розподільної (РЕМ), електричної мережі понад 1000 В і проміжні вузли розподільчих пунктів; а також джерела живлення підприємства, наприклад, головна підприємствоська підстанція. Мета роботи алгоритму - для заданого списку пунктів розподілу і високовольтних електричних пристроїв промислового підприємства визначити топологію (структуру) і параметри елементів енергоефективної системи електропостачання.

Перелік вихідних даних для вирішення поставленої задачі представлений в таблиці 2.1. Вони обумовлені математичними залежностями для обчислення втрат активної електричної енергії і вихідною інформацією, необхідною для завдання режимів електроспоживання. Тут же зазначені і змінні, що визначають технічні вимоги до режимів експлуатації системи і відображаються у математичному описі обмежень. Для подальшої оцінки економічної ефективності можливих енергозберігаючих заходів окремим блоком вводяться дані за вартістю електрообладнання, а також тариф на електричну енергію та інформація з оплати за реактивну потужність.

Нижче представлена інформація про можливе конструктивне виконання елементів електричних мереж, з якої вибираються відповідні параметри. Необхідність цього обумовлена, як можливостями економічного, так і організаційного характеру. Там же вказується і список джерел реактивної потужності, зазвичай, ними є компенсуючі пристрої (КП), підключені або до шин низької напруги цехових трансформаторних підстанцій ТП (НКУ), або до шин високої напруги розподільчих пунктів РП або джерела живлення підприємства ДЖП (ВКП). У разі наявності на підприємстві синхронних двигунів - вказується мінімально допустима генеруюча ними реактивна потужність.

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_l , 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, $Q_{сдiмiн}$, 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 , $1/\text{ом}\cdot\text{мм}^2\cdot\text{м}$;

- 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 пошуку оптимальних структури і параметрів системи представлений на рисунку 2.2. Частина з них визначається рішенням окремих задач оптимізації, які включені в загальну схему алгоритму, як проміжні оптимізаційні блоки. До них відносяться: блок I - оптимізація перерізу, матеріалу і кількості ниток провідників ділянок електричної мережі; блок II - розподіл електричного навантаження по вузлах електричної мережі; блок III - визначення місця розташування трансформаторних підстанцій, розподільчих пунктів та джерел живлення підприємства; блок IV - вибір числа і потужності трансформаторів (трансформаторних підстанцій та джерел живлення підприємства). Спільним результатом роботи блоків II і III, заснованих на використанні вище розроблених алгоритмів, є побудова оптимальної топології електричної мережі.

У пропонованому алгоритмі взаємозв'язок між окремими завданнями врахований через повний перебір кількості вузлів електричної мережі (трансформаторних підстанцій, розподільчих пунктів та джерел живлення підприємства) та отриманням рішень за допомогою оптимізаційних блоків для кожного варіанту кількості вузлів. Підсумком перебору і роботи оптимізаційних блоків є багатовимірна матриця рішень з сумарними значеннями втрат активної електричної енергії в системі для кожної кількості вузлів. Далі з останніх вибирається мінімальне значення втрат активної електричної енергії з конкретною структурою та переліком шуканих параметрів системи.

Вирішення завдання в блоці I ґрунтуються на послідовному переборі перерізу провідників з паралельною зміною кількості ниток і матеріалу жили для конкретного розрахункового навантаження по струму.

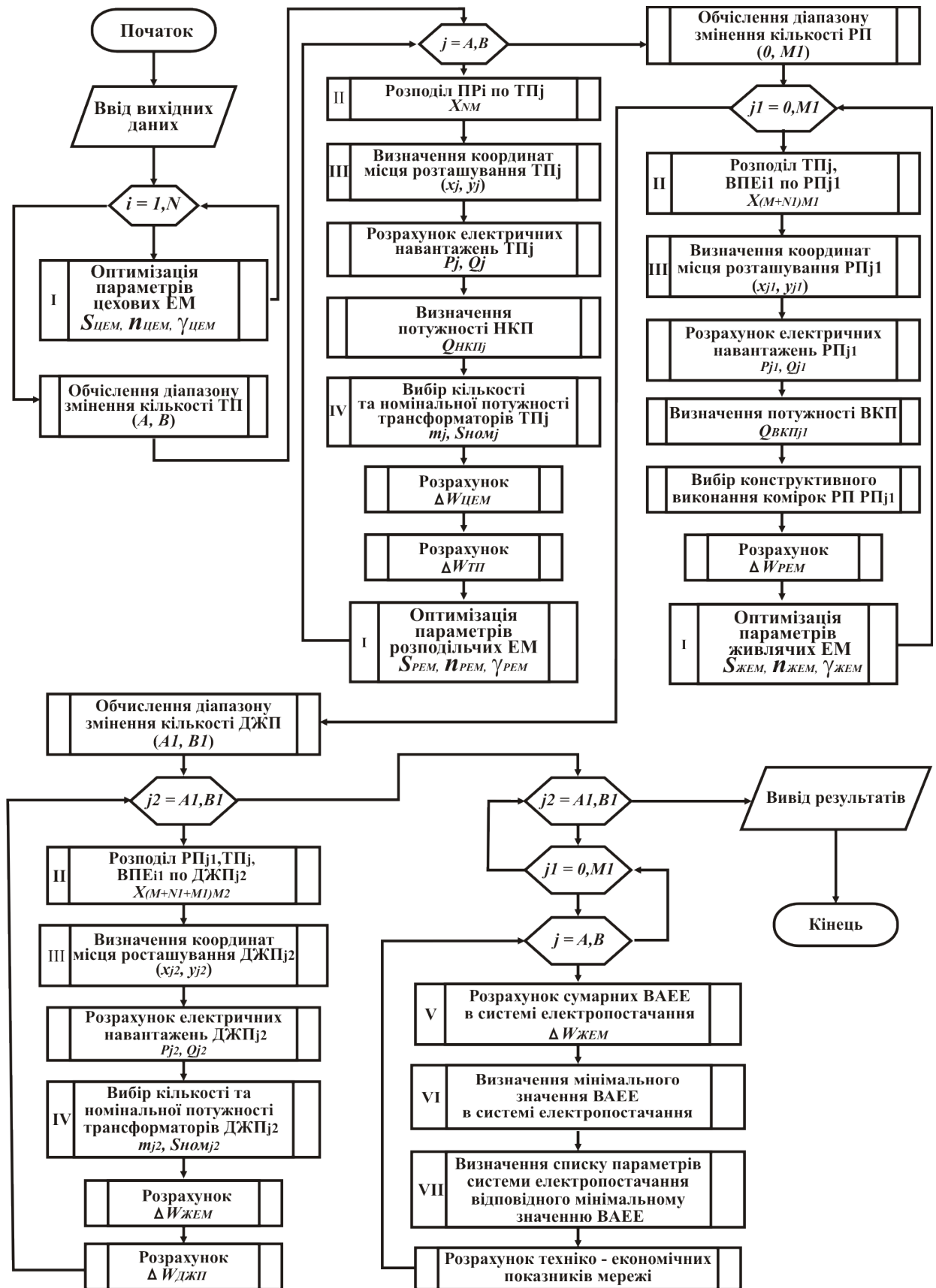


Рисунок 2.2 - Блок-схема алгоритму оптимізації параметрів системи електропостачання

Звісно, чим більше розтин, кількість ниток, і матеріал жили – мідь, тим втрати в провіднику будуть менше (оптимізується питомий показник – втрати активної електричної енергії на одиницю довжини). Обмеженням в переборі можуть бути: 1) економічні показники (відпущені кошти), 2) конструктивна реалізація електричної мережі, яка передбачає можливість підключення її до свого джерела живлення.

Початкова межа діапазону змінних перерізів визначається умовами їх вибору стосовно до мереж до і вище 1000В. Вирішення цього оптимізаційного блоку - перерізу провідників ділянок цехової електромережі і внутрішньопідприємствоської електричної системи. У якості вихідних даних тут є розрахункове навантаження по струму, причому для цехової електричної мережі це початкова інформація, а для внутрішньопідприємствоської електричної системи вона обчислюється після розподілу електричних навантажень по розподільчим пунктам та джерелам живлення підприємства при відповідних номінальних напругах мережі.

Підсумком роботи блоків II і III є координати місця розташування вузлів електричної мережі з урахуванням топологічних обмежень на місцях їх розміщення та проходження траси мережі, а також схема зв'язку між ними. Для формалізації подальших розрахунків остання представляється у вигляді матриці розподілу вузлів електричної мережі за своїми джерелами живлення, наприклад, для цехової електричної мережі це розподіл пунктів розподілу по трансформаторним підстанціям, а для внутрішньопідприємствоської електричної системи трансформаторних підстанцій і високовольтних електричних пристроїв по розподільчим пунктам. Елементи зазначеної матриці дорівнюють двом значенням: 0 - якщо зв'язок між вузлами відсутній, 1 - якщо такий є. Також результатом роботи цих двох блоків є розрахункові електричні навантаження вузлів мережі – трансформаторної підстанції, розподільчого пункту та джерела живлення підприємства, які в свою чергу, є вихідною інформацією для вибору числа і потужності трансформаторів та компенсуючих пристроїв, що підключаються до трансформаторних підстанцій

і розподільчих пунктів, а також перерізів провідників, що живлять їх ділянки мережі.

Розрахунок номінальних потужностей компенсуючих пристроїв виконується з умови повної компенсації реактивної потужності у вузлах мережі (шини розподільчого пристрою трансформаторних підстанцій та розподільчих пунктів), а їх остаточний вибір (стандартне значення) обмежується балансом реактивної потужності, який і дає оптимальні значення номінальної потужності низьковольтних компенсуючих пристроїв та високовольтних компенсуючих пристроїв з точки зору енергозбереження.

Вибір числа і потужності трансформаторів (трансформаторних підстанцій та джерела живлення підприємства) у блоці IV заснований також на повному переборі номенклатурного ряду заданих номінальних потужностей трансформаторів паралельно з їх кількістю (якщо немає обмежень з точки зору надійності). Розрахункові навантаження по реактивній потужності при цьому коригуються (зменшуються) на значення номінальних потужностей компенсуючих пристроїв. При розрахунку втрат активної електричної енергії в кожній трансформаторній підстанції (джерелі живлення підприємства) враховуються втрати, як холостого ходу, так і короткого замикання, які по різному залежать від номінальної потужності трансформаторів та їх числа (збільшуються і зменшуються відповідно). Значення суми цих складових по всьому номенклатурному ряду дасть інформацію для вибору потужності та кількості трансформаторів, для яких втрати активної електричної енергії будуть мінімальні. Цей оптимізаційний блок перебирає всю кількість трансформаторних підстанцій і джерел живлення підприємства.

У завершальному блоці V формується матриця значень сумарних втрат активної електричної енергії для всіх варіантів кількості вузлів електричної мережі, з відповідними рішеннями оптимізаційних блоків. Потім з цього повного масиву втрат активної електричної енергії обирається мінімальне сумарне значення втрат активної електричної енергії і виписуються всі

відповідні йому параметри системи електропостачання, які і є рішенням задачі розрахунку енергоефективної системи електропостачання. Паралельно складанню масиву втрат активної електроенергії для кожного його значення втрат (з відповідними параметрами системи) розраховуються вартісні показники електричної мережі для подальшої оцінки економічної ефективності пропонуваніх енергозберігаючих заходів.

2.3 Формування оптимальної системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

Зазначений в попередньому розділі алгоритм має реалізацію на мові Delphi у вигляді програми «POTENTIAL». На рисунку 2.3 показана її головна сторінка, де БД - база даних, що включає всі змінні, необхідні для оптимізації і оцінки втрат активної електричної енергії в досліджуваній системі.

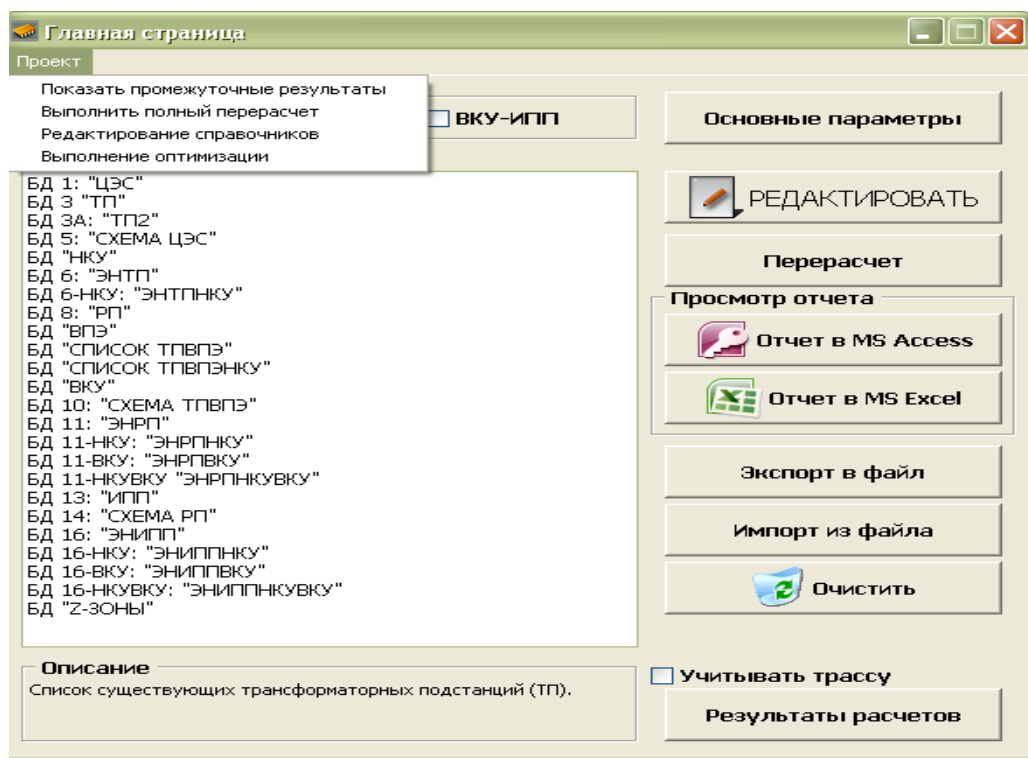


Рисунок 2.3 – Головна сторінка меню програми «POTENTIAL»

Параметры оптимизации

Тип оптимизации

Выбор оптимизации

Полная Выборочная

Вариант оптимизации:

- А. Сечения проводников ЦЭС
- В. Количество ТП
- С. Номинальная мощность ТП
- D. Распределение ПР на ТП
- E. Место расположения ТП
- F. Номинальная мощность НКУ
- G. Сечения РС
- H. Распределение ТП, ВПЭ по РП
- I. Количество РП
- J. Место расположения РП
- K. Сечения ПС
- L. Распределение РП по ИПП
- M. Количество ВКУ
- N. Место расположения ИПП
- O. Место расположения ИПП
- P. Номинальная мощность ИПП

Сечения по умолчанию

s(ЦЭС)	185	N(ЦЭС)	5
s(РС)	120	N(РС)	2
s(ПС)	120	N(ПС)	2

Параметры оптимизации

1. Использование установл. КУ

Использовать НКУ для ТП
 Использовать ВКУ для РП
 Использовать ВКУ для ИПП

2. Тип трансформаторов ТП

ТМ ТСЗ

3. Сечения проводников

$J_{EK} = 1,4$

Сечения короткого замыкания:

s(РС)	95	N(РС)	1
s(ПС)	185	N(ПС)	1

4. Стоимость ячеек КРУ 10кВ

Вводная	60	Отходящая	45
ТН	25	СН	80

Стоимость в тыс. грн за штуку

5. Проценты на амортизацию

НКУ	6,5	ВКУ	2,3
Каб. л.	6,2	ТП	4,5
РП	4,5	ИПП	4,5

6. Разное

Тариф за эл. эн. грн/(кВтч) **1,04**

Норм. коэф. отчислений **0,12**

Учитывать внешний ист. питания

Рисунок 2.4 – Вихідні дані для програми оптимізації

На рисунку 2.4 представлена окрема сторінка програми, де під типом оптимізації мається на увазі включення в процес розрахунку енергоефективної системи електропостачання або всього списку параметрів системи (повна), або якогось поєднання з них. Останнє визначається технічною, організаційною та економічною можливостями реалізації заходів з енергозбереження.

Сформований по вищеписаному принципу перелік технічних енергозберігаючих заходів для кожного вузла системи, в кінцевому підсумку переслідує єдину мету - створення енергозберігаючої електричної системи, що сприяє максимальному зниженню електроспоживання на промисловому підприємстві. В таблиці 2.2 наведено координати вузлів вихідної та оптимальної системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив».

Таблиця 2.2 - Координати вузлів вихідної та оптимальної системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

	Вихідна система		Оптимальна система	
	Координата <i>X</i>	Координата <i>Y</i>	Координата <i>X</i>	Координата <i>Y</i>
Головний корпус	125	111	125	111
Інструментальна ділянка	73	108	73	108
Термічна ділянка	52	42	52	42
Ковальська ділянка	108	17	108	17
Компресорна	158	30	158	30
Насосна	138	88	138	88
Ремонтна ділянка	137	78	137	78
Їдальня	168	85	168	85
Прохідна	85	7	85	7
ЦЗЛ	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
КТП 2	82	108	65	108
КТП 3	67	42	67	42
КТП 4	116	18	135	30
КТП 5	155	36	---	---
РП	162	35	---	---
ГПП	189	0	189	0

В результаті оптимізації сформовано нову топологію розташування вузлів системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив», (рисунок 2.5, рисунок 2.6) та спрогнозовано розподіл та рівень втрат електроенергії в її елементах (рисунок 2.7).

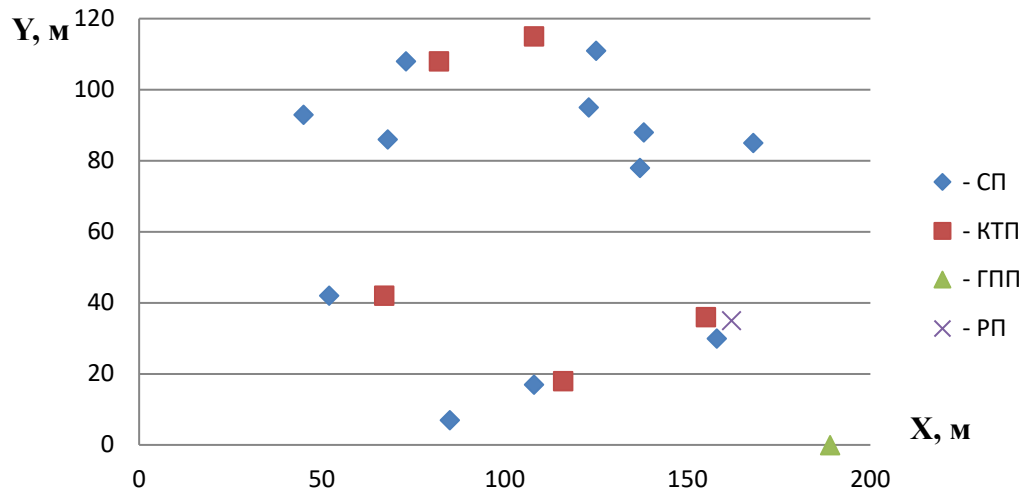


Рисунок 2.5 - План розташування вузлів вихідної системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

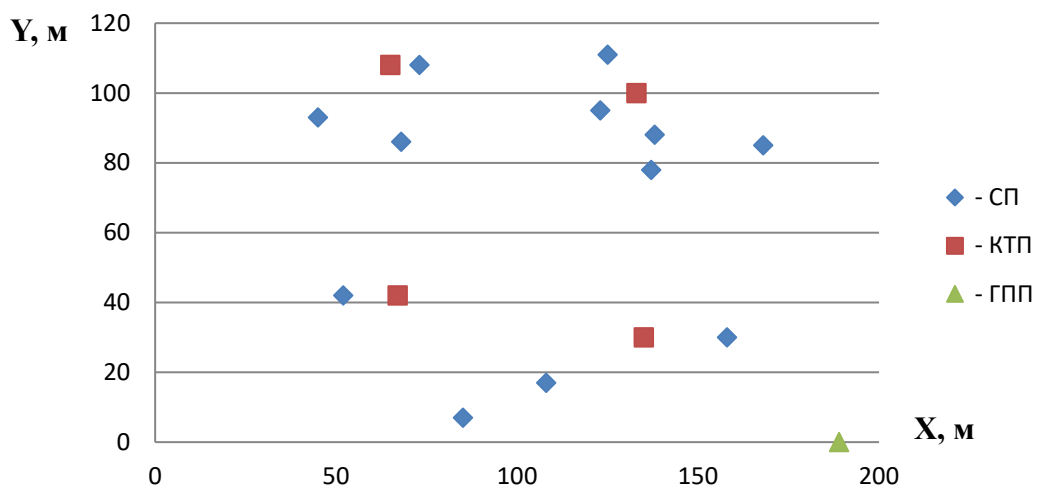


Рисунок 2.6 - План розташування вузлів оптимальної системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

Спрогнозований розподіл втрат електричної енергії в оптимальній системі електропостачання показує діаграма, зображена на рисунку 2.7. Втрати активної електричної енергії в цеховій електромережі складають

13,7%, втрати в трансформаторних підстанція – 82,3%, втрати в розподільчій мережі складають 4%.

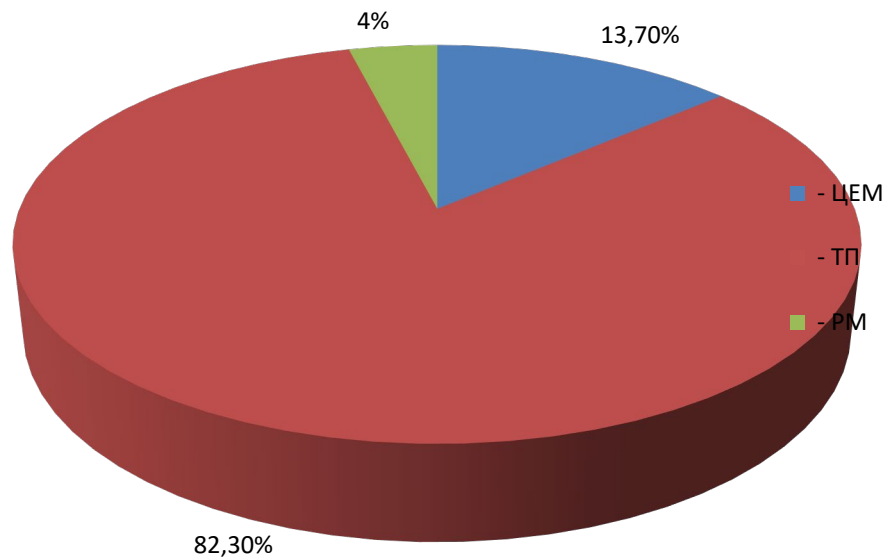


Рисунок 2.7 - Розподіл втрат електричної енергії в оптимальній системі електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

Для реалізації такої системи необхідне впровадження комплексу заходів, які можливі лише на етапі проектування нового підприємства, а реалізація їх на вже існуючому об'єкті, як правило, неможлива і економічно недоцільна.

Тому в роботі було сформовано 10 взаємозалежних груп заходів для об'єкта, що розглядається, які можуть виступати окремими проектами з енергозбереження.

Перелік оптимальних заходів для підвищення енергоефективності системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

1. Заміна недовантажених трансформаторів.
2. Зміна кількості трансформаторів високої напруги.
3. Зміна кількості трансформаторів низької напруги.
4. Відключення недовантажених трансформаторів.
5. Заміна перерізу кабельних мереж 0,4 кВ.
6. Переключення на інші шини живлячої мережі.
7. Заміна трансформаторів на трансформатори вищої напруги.
8. Раціональний розподіл навантаження між компресорами відповідно до їх параметрів.

9. Встановлення додаткових високовольтних компенсуючи пристроїв.
10. Зниження електричного навантаження в вентиляційних установках за рахунок автоматизації їх роботи.
11. Заміна перерізу кабельних мереж 10 кВ (розпод.).
12. Використання додаткових кранів з меншою вантажопідйомністю для постійної роботи.
13. Заміна малонавантажених асинхронних двигунів двигунами меншої потужності.
14. Заміна перерізу кабельних мереж 10 кВ (живл.).
15. Обмеження холостого ходу двигунів та зварювальних трансформаторів.
16. Перехід на тиристорне керування існуючими конденсаторними установками.
17. Встановлення додаткових низьковольтних компенсуючи пристроїв.
18. Заміна асинхронних двигунів синхронними.
19. Установка уасних засобів контролю та обліку електроенергії.
20. Розподіл навантаження між вводами.
21. Відключення електроустаткування в неробочі зміни.
22. Заміна кількості розподільчих пунктів РП (підключення до ГПП).
23. Заміна існуючих світильників з лампами розжарювання на світильники з газорозрядними лампами.
24. Встановлення пристроїв плавного пуску двигунів компресорів.
25. Встановлення фільтрокомпенсуючих пристроїв системи електропостачання печей.
26. Заміна електромашинних перетворювачів на сучасний тиристорний електропривод.
27. Капітальний ремонт енергоємних споживачів, що експлуатуються довгий час.
28. Заміна фізично зношеного старого електроустаткування.
29. Встановлення частотного регулювання приводами компресорів.

Вищезазначені заходи було сформовано за групами в окремі незалежні проекти.

Перша група

1. Перехід на тиристорне керування існуючими конденсаторними установками.
2. Раціональний розподіл навантаження між компресорами відповідно до їх параметрів.
3. Використання додаткових кранів з меншою вантажопідйомністю для постійної роботи.
4. Встановлення пристроїв плавного пуску двигунів компресорів.

Друга група

1. Заміна перерізу кабельних мереж 0,4 кВ.
2. Заміна перерізу кабельних мереж 10кВ (розпод.).
3. Заміна перерізу кабельних мереж 10 кВ (живл.).
4. Встановлення додаткових НКП.
5. Встановлення додаткових ВКП.
6. Заміна кількості РП (підключення до ГПП).

Третя група

1. Обмеження холостого ходу двигунів та зварювальних трансформаторів.
2. Заміна малонавантажених асинхронних двигунів двигунами меншої потужності.
3. Зниження електричного навантаження в вентиляційних установках за рахунок автоматизації їх роботи.
4. Заміна асинхронних двигунів синхронними.

Четверта група

1. Заміна трансформаторів на трансформатори вищої напруги.
2. Заміна недовантажених трансформаторів.
3. Зміна кількості трансформаторів високої напруги.
4. Зміна кількості трансформаторів низької напруги.

5. Впровадження частотного регулювання приводами компресорів.

П'ята група

1. Відключення електроустаткування в неробочі зміни.

2. Відключення недовантажених трансформаторів.

3. Переключення на інші шини живлячої мережі.

4. Розподіл навантаження між вводами.

5. Заміна існуючих світильників з лампами розжарювання на світильники з газорозрядними лампами.

6. Заміна фізично зношеного старого електроустаткування.

Шоста група

1. Заміна електромашинних перетворювачів на сучасний тиристорний електропривод.

2. Капітальний ремонт енергоємних споживачів, що експлуатуються довгий час.

3. Встановлення фільтрокомпенсуючих пристроїв системи електропостачання печей.

4. Впровадження частотного регулювання приводами компресорів.

5. Установка сучасних засобів контролю та обліку електроенергії.

Сьома група

1. Встановлення пристроїв плавного пуску двигунів компресорів.

2. Розподіл навантаження між вводами.

3. Заміна асинхронних двигунів синхронними.

4. Зміна кількості трансформаторів низької напруги.

5. Відключення електроустаткування в неробочі зміни.

Восьма група

1. Установка сучасних засобів контролю та обліку електроенергії.

2. Відключення електроустаткування в неробочі зміни.

3. Відключення недовантажених трансформаторів.

Дев'ята група

1. Зниження електричного навантаження в вентиляційних установках за рахунок автоматизації їх роботи.

2. Встановлення пристроїв плавного пуску двигунів компресорів.

3. Переключення на інші шини живлячої мережі.

Десята група

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

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

3. Обмеження холостого ходу двигунів та зварювальних трансформаторів.

4. Розподіл навантаження між вводами.

3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПрАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

3.1 Техніко-економічна оцінка груп заходів з енергозбереження системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

Оцінивши техніко-економічні показники кожного заходу з енергозбереження, а також кожної групи, було зроблено висновок, що друга група є найбільш доцільною до впровадження на підприємстві за економічним критерієм. Таблиця 3.1 відображає економічні показники впровадження енергозберігаючих заходів для системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив» за групами. Рисунок 3.1 відображає величину економії електричної енергії, МВт·год/рік, від впровадження кожної групи заходів з енергозбереження в систему електропостачання підприємства та зображено термін окупності запропонованих груп заходів з енергозбереження.

Таблиця 3.1 - Техніко-економічне обґрунтування впровадження заходів з енергозбереження за групами

Група заходів з енергозбереження	Економія електроенергії, МВт·год/рік ΔW	Економія витрат на електричну енергію, 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 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

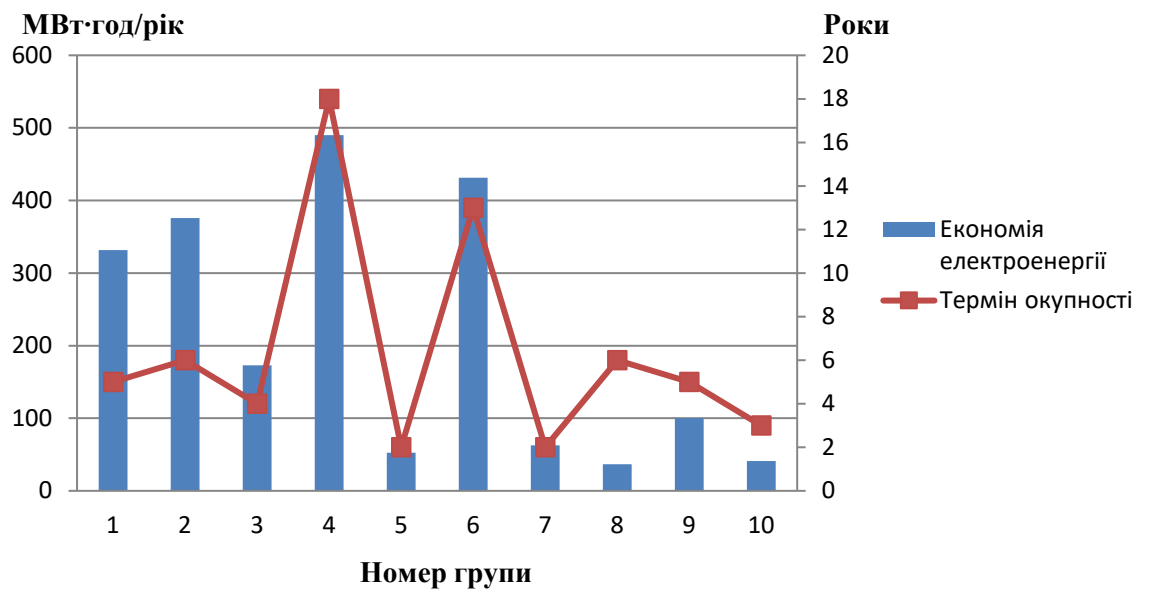


Рисунок 3.1 - Техніко-економічне обґрунтування впровадження заходів з енергозбереження за групами.

3.2. Техніко-економічні показники впровадження групи заходів з енергозбереження для системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

Проаналізувавши всі можливі групи заходів з підвищення енергоефективності системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»,

та оцінивши техніко-економічні показники кожного заходу з енергозбереження, а також кожної групи, було зроблено висновок, що друга група є найбільш доцільною до впровадження на підприємстві за економічним критерієм. Даний комплекс заходів з енергозбереження представлений в таблиці 3.2 передбачає: заміну перерізу кабельних мереж 0,4 кВ, а також розподільчої та живлячої мереж на 10 кВ, встановлення додаткових засобів компенсації реактивної потужності, заміна кількості РП.

Таблиця 3.2 - Техніко-економічні показники другої групи заходів для системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

№ 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	Заміна перерізу кабельних мереж 0,4 кВ	182,8	122	126,8
2	Заміна перерізу кабельних мереж 10 кВ (розпод.)	436,6	4,5	4,7
3	Заміна перерізу кабельних мереж 10 кВ (живл.)	1062,4	79,5	82,7
4	Встановлення додаткових НКП	289,6	67	69,7
5	Встановлення додаткових ВКП	133,3	3,5	3,6

Продовження таблиці 3.2

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

Сумарні витрати на заміну параметрів системи, $\sum K$:

$$\sum K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 \quad (3.1)$$

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

Сумарна економія електроенергії, $\sum \Delta W$:

$$\sum \Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_2 + \Delta W_3 + \Delta W_4 + \Delta W_5 + \Delta W_6 \quad (3.2)$$

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

Сумарна економія витрат на електроенергію, $\sum E$:

$$\sum E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 \quad (3.3)$$

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

Простий термін окупності дорівнює:

$$T_{ок} = (\sum K / \sum E) \quad (3.4)$$

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

Оскільки економія витрат на електроенергію при встановленні додаткових високовольтних компенсуючих пристроїв незначна, а їх вартість досить велика у порівнянні з низьковольтними, виявилось, що збільшення кількості низьковольтних компенсуючих пристроїв є більш економічно доцільним. У таблиці 3.3 наведено параметри вихідної та оптимальної системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

Таблиця 3.3 - Параметри вихідної та оптимальної системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

Параметри системи	Вихідна система	Оптимальна система
Цехова електромережа	АВВГ(3×50) – АВВГ3(3×150) $\sum L=0,846$ км	АВВГ2(3×50) – АВВГ4(3×150) $\sum L=0,591$ км
Розподільча електромережа 10 кВ	ААШВ (3×95) $\sum L=0,846$ км	ААШВ 2 (3×95) $\sum L=9,207$ км
Живляча електромережа 10 кВ	ААШВ (3×185) $\sum L=1,112$ км	--- ---
Номінальна потужність цехових ТП	2×1000; 2×1000; 2×630; 2×250; 2×400;	2×1000; 2×1000; 2×630; 2×630;
Номінальна потужність НКП	$\sum Q_{НКП}=3300$ квар	$\sum Q_{НКП}=4940$ квар
Номінальна потужність ВКП	$\sum Q_{ВКП}=1800$ квар	---

Капіталовкладення в запропонований комплекс заходів з енергозбереження складають 2325,1 тис.грн., при цьому економія електричної енергії після їх впровадження в систему електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив» становить 786 тис.грн / рік або 376 МВт·год / рік. Термін окупності запропонованої групи заходів з енергозбереження для системи електропостачання підприємства 5,9 років, що не перевищує максимально допустимий.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Об'єктом дослідження є приміщення, яке розташоване на першому поверсі будівлі ПрАТ «Запоріжвогнетрив». Поблизу є виробничі приміщення з підвищеним рівнем вібрації та шуму, а також високі дерева, які закривають небосхил, зменшуючи природну освітленість.

У приміщенні розташовано 4 персональних комп'ютера, принтер, сканер, розміщено 4 письмових столів, шафа для зберігання документів.

В приміщенні на людину можуть негативно впливати наступні фактори:

1) шкідливі:

- підвищена або знижена температура повітря;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- недостатня освітленість робочого місця;
- підвищений рівень шуму;
- статична електрика;

2) небезпечні:

- небезпека ураження електричним струмом;

3) психофізіологічні:

- статичні, фізичні навантаження та недостатня рухова активність;
- нервово-емоційне напруження;
- розумове напруження.

Біологічні та хімічні фактори в даному приміщенні відсутні.

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

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу працівника приміщення ПрАТ «Запоріжвогнетрив».

№	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці			Час дії фактора, %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ :						
	I клас безпеки – озон	0,1	0,1				40
	II клас безпеки						
	III-IV клас безпеки – оксиди азоту	5	2				40
2	Пил, фіброгенної дії, мг/м ³	4	4				50
3	Шум, дБА	50-60	60				75
4	Мікроклімат в приміщенні:						
	- температура повітря, °С	22-24	24				100
	- швидкість руху повітря, м/с	0,1-0,2	0,2				100
	- відносна вологість повітря, %	40-60	50				100
5	Важкість і напруженість праці	категорія важкості праці – легка, категорія напруженості праці – мало напружена					

Таким чином, аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок, що умови праці в приміщенні характеризуються наявністю нешкідливих виробничих чинників, які не призводять до зростання захворюваності з втратою працездатності та проявом початкових ознак професійної патології.

4.2 Заходи з 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.

Для створення і автоматичної підтримки в приміщенні оптимальних значень температури та вологості повітря в холодну пору року використовується водяне опалення, в теплу пору року застосовується кондиціонування повітря. Кондиціонер є вентиляційною установкою, яка за допомогою приладів автоматичного регулювання підтримує в приміщенні задані параметри повітряного середовища [21].

При виконанні зорових робіт високої точності загальна освітленість повинна складати 300 лк, а комбінована – 750 лк; аналогічні вимоги при виконанні робіт середньої точності – 200 лк і 300 лк відповідно. При цьому все поле зору повинне бути освітлено достатньо рівномірно – це основна гігієнічна вимога [22].

У зв'язку з тим, що природне освітлення приміщення здійснюється через віконні отвори і є дуже слабким, на робочому місці має застосовуватися також штучне освітлення. Штучне освітлення створюють електричним джерелом світла, яке включають в міру необхідності, регулюють інтенсивність світлового потоку і його спрямованість.

Додаткове штучне освітлення застосовується не тільки в темний, але і в світлий час доби. У якості джерела штучного освітлення звичайно використовуються люмінесцентні лампи типа ЛБ, ДРЛ, ЛБХ, які попарно об'єднуються в світильники, які повинні розташовуватися рівномірно над робочими поверхнями [22].

Тривала дія шуму високої інтенсивності призводить до патології

слухового органу та негативно впливає на нервову систему. Шум призводить до швидкої стомлюваності людини, що веде до виробничих помилок.

Високий рівень шуму створюється в приміщенні друкованими пристроями, розмножувальною технікою, обладнанням для кондиціонування повітря та вентиляторами систем охолодження.

Рівень шуму на робочому місці не повинен перевищувати 60 дБА. Для того, щоб домогтися цього рівня шуму рекомендується застосовувати звукопоглинаюче покриття стін та екранування робочого місця.

Також для зниження шуму під настільні шумливі апарати можна підкладати м'які килимки з синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені, – прокладки з м'якої гуми, войлоку, завтовшки 6-8 мм. Кріплення прокладок можливо шляхом приклейки їх до опорних частин. Зниження рівня шуму, проникаючого в приміщення ззовні, може бути досягнуто збільшенням звукоізоляції захищаючих конструкцій, ущільненням по периметру притворів вікон, дверей.

Основним джерелом електромагнітного випромінювання та електричного поля є дисплеї (монітори). Вони являють собою джерела найбільш шкідливих випромінювань, що несприятливо впливають на здоров'я працівника. Електромагнітне поле має електричну і магнітну складову. Вважається, що магнітна складова викликає велику реакцію, ніж електрична.

Персональний комп'ютер (ПК) є джерелами таких випромінювань 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 корисне в невеликих кількостях, але у великих дозах приводить до дерматиту шкіри та головного болю. Інфрачервоне випромінювання приводить до перегріву тканин людини

(особливо хрусталика ока), підвищенню температури тіла. Рівні напруженості електростатичних полів повинні складати не більш 20 кв/м. Поверхневий електростатичний потенціал не повинен перевищувати 500 В. При підвищеному рівні напруженості полів варто скоротити час роботи за комп'ютером, робити п'ятнадцятихвилинні перерви на протязі півтори годин роботи і, звичайно ж, застосовувати захисні екрани. Захисний екран, виготовлений із дрібної сітки або скла, збирає на собі електростатичний заряд. Для зняття заряду екран монітора заземлюють.

Може виникнути небезпека по рівнях напруженості електромагнітного поля (ЕМП). На відстані 5-10 см від екрана і корпусу монітора рівні напруженості можуть досягати 140 В/м по електричній складовій.

Для безпечної роботи на ПК необхідно перебувати на відстані не менше 50 см від екрана дисплея. Для зниження впливу всіх видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання, встановлювати захисні екрани, а також дотримуватися регламентованих режимів праці та відпочинку.

На протязі роботи на корпусі комп'ютера накопичується статична електрика. На відстані 5-10 см від екрана напруженість електростатичного поля складає 60-280 кв/м, тобто в 10 разів перевищує норму 20 кв/м. Для запобігання утворення та захисту від статичної електрики необхідно використовувати нейтралізатори та зволожувачі, а підлоги повинні мати антистатичне покриття.

Для підвищення працездатності, одним із головних чинників є правильно організоване робоче місце в приміщенні.

Оскільки кожне робоче місце оснащено ПК, то в приміщенні має забезпечуватися підтримання оптимальної робочої пози з відповідними ергономічними характеристиками. Результати дослідження виконання заданих умов представлені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Виконання умов оптимальної робочої пози за ергономічними характеристиками

Параметри	Нормативна ергономічна характеристика	Виконання нормативу
Ступні ніг	На підлозі або на підставці для ніг	Ступні знаходяться на підлозі
Стегна	В горизонтальній площині	Норматив виконується
Передпліччя	Вертикально	Норматив виконується
Лікті	Під кутом 70-90 до вертикальної площини	Лікті працівників знаходяться під кутом приблизно 70-80
Зап'ястя	Зігнуті під кутом не більше 20 відносно горизонтальної площини	Норматив виконується
Нахил голови	15-20 відносно вертикальної площини	Нахил голови у різних працівників коливається від 15 до 45 градусів

Оскільки користування ПК є невід'ємною функцією основного виду діяльності, вони розміщуються на основному столі кожного працівника. Використання периферійних приладів (сканеру) є періодичним, тому вони доцільно розміщені на приставному столі.

Кут між поздовжніми осями основного та приставного столів складає 120 градусів. Висота робочої поверхні столу для ПК знаходиться у необхідних межах і складає 800 мм. Ширина робочого столу забезпечує можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля. Робочі столи для ПК в досліджуваному приміщенні не обладнані підставкою для ніг.

Основні нормативні параметри для сидінь та їх дотримання у приміщенні представлені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Дотримання нормативів параметрів сидінь

Параметр	Необхідна характеристика	Виконання необхідних вимог
Регулювання елементів сидіння для лінійних розмірів	15-20 мм	Виконується: 20 мм
Регулювання елементів сидіння для кутових розмірів	2-5 мм	Виконується: 5 мм
Зусилля під час регулювання	20 Н	Виконується: 20 Н
Ширина та глибина сидіння	не менше 400 мм	Виконується
Висота поверхні сидіння	має регулюватися в межах 400-500 мм	Виконується: регулюється в межах 500 мм
Кут нахилу поверхні сидіння	від 15 вперед до 5 назад	Виконується
Поверхня сидіння	пласка, передній край - закруглений	Виконується
Висота спинки сидіння	300±20мм	Не виконується: висота більше 300 мм
Ширина спинки сидіння	не менше 380 мм	Виконується
Радіус кривизни в горизонтальній площині	400 мм	Виконується
Відстань від спинки до попереднього краю сидіння	260 – 400 мм	Виконується: становить 350 мм

Робочі сидіння персоналу становлять крісла, які мають необхідні елементи: сидіння, спинку, стаціонарні або змінні підлокітники. У конструкцію сидіння не введені додаткові елементи. Робочі сидіння працівників, як користувачів ПК, є підйомно-поворотними, регулюються за висотою, за відстанню спинки до переднього краю сидіння, висотою

підлокітників. Регулювання кожного параметра є незалежним, ступінчастим, має надійну фіксацію.

Поверхні сидіння, спинки та підлокітників є напівм'якими, з ненаелектризованим, повітронепроникним покриттям та забезпечує можливість чищення від бруду.

Монітор та клавіатура мають розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, але не більше 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків та символів [23]. В приміщенні монітори та клавіатура ПК знаходяться на відстані приблизно 500-600 мм від очей. Клавіатура розміщується на столах не відповідно нормі – 100-300 мм від краю, а розташовується майже на краю стола на всіх робочих місцях. Кут нахилу клавіатури становить приблизно 5 градусів, що відповідає нормі.

Повна видимість монітору не порушується іншими пристроями введення-виведення інформації, адже вони розташовані на окремому приставному столі.

4.3 Заходи з електробезпеки

Приміщення згідно ПУЕ можна віднести до 1 класу – без підвищеної небезпеки ураження струмом (сухе, безпилоче, з нормальною температурою повітря, ізольованими підлогами і малим числом заземлених приладів) [24].

Основними споживачами електроенергії в приміщенні є система штучного освітлення, 4 персональних комп'ютера, 1 кондиціонер, допоміжні пристрої (принтер, сканер). Напруга, яка використовується для роботи електричних приладів складає 220 В.

Основними причинами поразки працівника приміщення електричним струмом на робочому місці можуть бути: поява напруги дотику на металевих конструктивних частинах комп'ютера у результаті пошкодження ізоляції;

несправність розетки; пошкодження ізоляції дротів комп'ютера; порушення правил експлуатації техніки; заборонене використання електричних приладів, таких як електричні плити, чайники, обігрівачі.

Небезпека електричного струму велика, внаслідок чого була розроблена ефективна система по її запобіганню. Основними мірами захисту від поразки електричним струмом є [24]:

- правильне улаштування і експлуатація електричного устаткування;
- електрична ізоляція; усі струмоведучі частини електроустановок повинні мати гарну ізоляцію з урахуванням напруги в ланцюзі;
- захисні пристрої, що забезпечують неприступність для людини елементів, що знаходяться під напругою;
- заземлення елементів устаткування; занулення;
- наявність попереджувальних написів.

При різних несправностях частини електроустаткування можуть виявитися під напругою. Так як людина включається в ланцюг заземлення паралельно, то відбувається розподіл струму відповідно до законів Кірхгофа: струм, що протікає по двом паралельним провідникам прямо пропорційний опорі провідника. Так як опір людини на кілька порядків перевищує опір провідника, то струм, що протікає через людину, буде на кілька порядків менше.

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

Основними мірами профілактики в таких випадках є: щільне приєднання проводів у місцях контакту скручування і з'єднань проводів; застосування захисного заземлення і системи захисного відключення. Захисне відключення виконується на додаток чи замість заземлення. Відключення здійснюється автоматично.

У випадку загоряння проводів необхідно їх знеструмити і погасити за допомогою вуглекислого газу чи покривалами з азбесту.

Для виключення випадків загоряння електропроводки, необхідно застосовувати провідник такого діаметру, при якому не відбувається розігріву. А також не перевантажувати електромережу.

При ураженні людини електричним струмом необхідно застосовувати такі перші міри [24]:

- відключити напругу;
- відтягнути людину від струмоведучих частин устаткування;
- винести на свіже повітря, розстебнути комір;
- викликати лікаря.

4.4 Заходи з пожежної та техногенної безпеки

Будівлю, в якій знаходиться приміщення, по вибуховій і пожежній небезпеці можна віднести до приміщення категорії В, оскільки є горючі (книги, документи, меблі) і важкоспалімі речі (різне лабораторне устаткування), які при взаємодії з вогнем можуть горіти без вибуху [25].

За конструктивними характеристиками будівлю можна віднести до будівель з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону, де для перекриттів допускається використання дерев'яних конструкцій, захищених штукатуркою або важко горючими листовими, а також плитковими матеріалами. Отже, ступінь вогнестійкості будівлі можна визначити як другу (II).

Причинами виникнення пожежі в приміщенні можуть бути:

- несправності електропроводки, розеток і вимикачів, які можуть призвести до короткого замикання або пробоя ізоляції;
- використання пошкоджених (несправних) електроприладів;
- використання в приміщенні електронагрівальних приладів з відкритими нагрівальними елементами;

- виникнення пожежі внаслідок попадання блискавки в будинок;
- загоряння будівлі внаслідок зовнішніх впливів;
- неакуратне поводження з вогнем та недотримання заходів пожежної безпеки.

Для гасіння пожеж в приміщенні використовується вуглекислотний вогнегасник ВВ-5. Для швидкого виявлення та повідомлення про місце виникнення пожежі в будівлі є пожежна сигналізація ЛИПНУВ-1, димові датчики. Для зв'язку використовують телефон чи інші засоби першої зв'язку.

Необхідними заходами для запобігання пожежі є своєчасний ремонт електроприладів, якісне виправлення поломок, не використання несправних електроприладів, протипожежний інструктаж, на якому працівники ознайомлюються з правилами протипожежної безпеки та використання первинних засобів пожежогасіння.

У випадку виникнення пожежі необхідно:

- відключити електроживлення;
- викликати по телефону пожежну команду;
- евакуювати людей із приміщення відповідно до плану евакуації;
- приступити до ліквідації пожежі.

При загоранні одягу на людині необхідно збити полум'я. При опіках обов'язково необхідно надати медичну допомогу. До надання медичної допомоги треба обережно звільнити потерпілого від одягу і накрити місця опіків стерильною пов'язкою. Не можна доторкатися руками до опеченого місця, скривати пухирі, обривати приставші до шкіри шматки одягу, обмивати або змазувати поранену поверхню будь-якими розчинами або мазями. Це може робити тільки лікар у відповідних умовах.

Особливу увагу необхідно приділяти евакуації людей з приміщень. Евакуація проводиться по заздалегідь спланованих шляхах. Схеми евакуації розташовані в доступних для погляду людини місцях.

4.5 Розрахунок загального освітлення робочого приміщення

Природне освітлення приміщення здійснюється через віконні отвори і є дуже слабким, тому що поблизу є високі дерева, які закривають небосхил, зменшуючи природну освітленість. Тому на робочому місці застосовується також штучне освітлення.

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

У якості джерела штучного освітлення у приміщенні використовуються люмінесцентні лампи типу ЛТБ-40-4 (люмінесцентна лампа тепло-білого кольору) по чотири лампи в кожному світильнику, які попарно об'єднуються в світильники та розташовуються над робочими поверхнями. У приміщенні розміщено 4 світильника.

При роботі з ПК категорію виконуваних робіт можна віднести до робіт дуже високої точності з присвоєнням розряду Пв.

Необхідно визначити кількість світильників для забезпечення нормованої освітленості E_{\min} і потужність освітлюваної установки.

У відповідності з розрядом зорових робіт освітленість робочої поверхні приймається $E_{\min} = 300-500$ лк.

Визначимо індекс приміщення за наступною формулою:

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

де A и B – довжина та ширина приміщення, м;

h – висота підвісу світильників над розрахунковою поверхнею, м.

Довжина приміщення – 8 м, ширина – 6 м, висота – 3,5 м.

Розрахункова висота:

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

де H - геометрична висота приміщення;

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

Тоді

$$h = 3,5 - 1 = 2,5 \text{ м,}$$

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

Необхідний світловий потік ламп світильників:

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

де E – найменша нормована освітленість, $E = 500$ лк, так як розряд зорових робіт дорівнює Пв;

k_z – коефіцієнт запасу;

S – освітлювана площа приміщення, м²;

z – поправочний коефіцієнт для переходу від найменшої освітленості до середньої;

N – кількість світильників;

η – коефіцієнт використання, тобто відносна доля потоку лампи, падаюча на поверхню S .

Коефіцієнт запасу k враховує запиленість приміщення, зниження світлового потоку ламп в процесі експлуатації. Для виробничого приміщення з люмінесцентними лампами $k = 1,2$.

Коефіцієнт мінімальної освітленості z характеризує нерівномірність освітлення. Він є функцією багатьох змінних і найбільшою мірою залежить від відстані між світильниками до розрахункової висоті (L / h). При розташуванні світильників в лінію (ряд), якщо витримано найвигідніше відношення L / h , для ЛТБ рекомендується приймати $z = 1,1$.

Коефіцієнт використання світлового потоку η є складною функцією, яка залежить від типу світильника, індексу приміщення і коефіцієнта відображення стелі, стін і підлоги.

Згідно з умовою коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення: стелі $\rho_{стел} = 70\%$, стін $\rho_{стін} = 50\%$, підлоги $\rho_{підл} = 30\%$.

За довідковими таблицями [23] методом інтерполяції знаходимо $\eta = 53,8\%$.

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

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

Визначаємо кількість використовуваних світильників N , вважаючи, що кожен світильник містить чотири ($n = 4$) лампи:

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

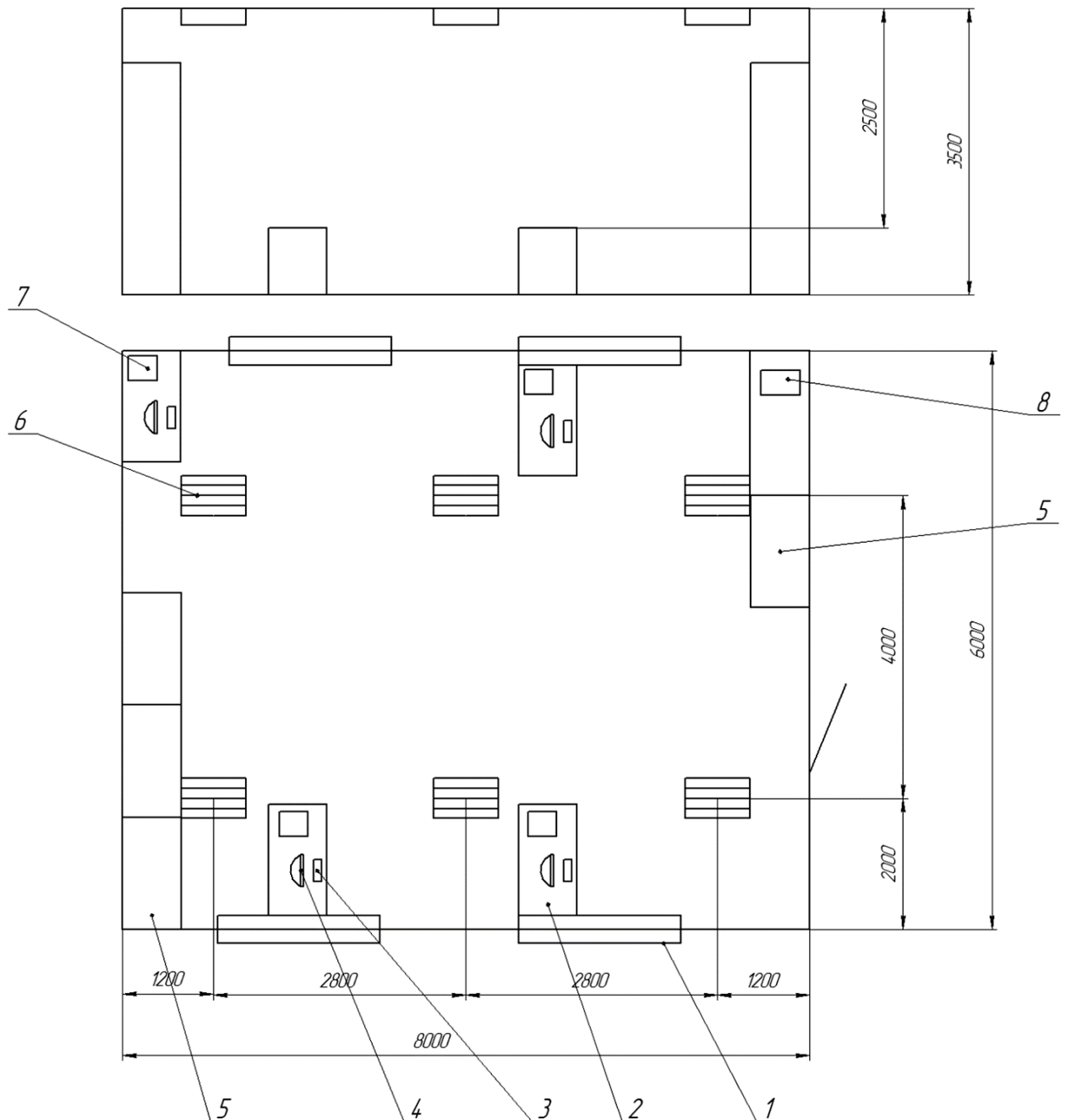
Таким чином, при використанні ламп типу ЛТБ-40-4 необхідно для забезпечення нормованої освітленості кількість світильників $N = 6$.

Найбільш оптимальний варіант розміщення світильників буде при $L1 = B / 2$. Тоді приймаємо в нашому випадку $L1 = 4$ м.

Порівняємо розрахункові дані з наявними в приміщенні. Приміщення має лише 4 світильники з лампами типу ЛТБ-40-4, що не відповідає розрахунковим даним. Отже, штучне освітлення даного приміщення не

відповідає вимогам ДБН В.2.5-28-2006 (Природне і штучне освітлення) і вимагає поліпшення.

Для поліпшення умов праці, щоб штучне освітлення даного приміщення відповідало вимогам ДБН В.2.5-28-2006 варто додати ще 2 світильники (рисунок 4.1).



1 – вікно; 2 – робочий стіл; 3 – клавіатура; 4 – монітор; 5 – шафа;
6 – світильники; 7 – принтер; 8 - сканер

Рисунок 4.1 – Остаточний варіант розміщення світильників

ВИСНОВКИ

Основними результатами кваліфікаційної магістерської роботи є наступне:

1. В роботі досліджено систему енергоспоживання ПрАТ «Запоріжвогнетрив» і виконано оцінку рівня та структури втрат електричної енергії;

2. Визначено оптимальну структуру і параметри системи електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив» та запропоновано кілька заходів з енергозбереження, а також сформовано кілька незалежних груп заходів для такої системи;

3. Визначено найбільш доцільну за економічним критерієм групу заходів з енергозбереження, що дає можливість значно зменшити втрати в системі електропостачання ПрАТ «Запоріжвогнетрив»;

4. Визначено базові економічні показники впровадження групи заходів з енергозбереження для системи електропостачання обраного об'єкта дослідження. Сумарна економія електроенергії після впровадження запропонованих заходів з енергозбереження складає 376 МВт·год/рік або 786 тис. грн/рік. Термін окупності запропонованої групи близько 5,9 років, що не перевищує максимально допустимий.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Железко, Ю. С. Оцінка втрат електроенергії, обумовлених інструментальними похибками виміру [Текст] / Ю. С. Железко // Електричні станції — Вінниця : ВНТУ, 2001. — №10. — С. 185-189.
2. Железко, Ю.С. Систематичні і випадкові похибки методів розрахунку втрат навантажень електроенергії [Текст] / Ю. С. Железко // Електричні станції — Вінниця : ВНТУ, 2001. — №12. — С. 158-163.
3. Железко, Ю.С. Визначення інтегральних характеристик графіків навантаження для розрахунку втрат електроенергії в електричних мережах [Текст] / Ю. С. Железко // Електричні станції — Вінниця : ВНТУ, 2001. — №11. — С. 153-168.
4. Железко, Ю.С. Принципи нормування втрат електроенергії в електричних мережах і програмне забезпечення розрахунків [Текст] / Ю. С. Железко // Електричні станції — Вінниця : ВНТУ, 2001. — №9. — С. 133-142.
5. Железко, 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 енергосистемах з реверсивними міжсистемними зв'язками [Текст] / Ю. С. Железко // Електрика — Вінниця : ВНТУ, 1996. — №7. — С. 125-138.
7. Клер, А.М., Деканова, Н.П., Степанова, Е.Л. Оптимизация режимных параметров и состава работающего оборудования крупных энергоисточников // Известия РАН. Энергетика. 2004. № 6. — 43–52 с.
8. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчёт. /А.С. Овчаренко, М.Л. Рабинович - К.:Техника, 1985. — 279 с.

9. Жежеленко, И. В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях [Текст] / И. В. Жежеленко - М. Электроатомиздат, 1986 – 168 с.
10. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций [Текст] / Б.Н. Неклепаев - М.: Энергия, 1976. – 552 с.
11. Усатенко, С.Т, Даченюк Т. К., Терехова, М. В. Выполнение электрических схем по ЕСКД [Текст] / С.Т Усатенко, М.В. Терехова, Т.К. Даченюк - М.: Издательство стандартов, 1989. – 325 с.
12. Гарнов, В.К. Оптимизация работы мощных металлургических установок [Текст] / В.К. Гарнов - М.: Металлургия, 1975. - 334 с.
13. Каталог-справочник: Силовые кремниевые вентили (диоды, тиристоры, симисторы). – М.: Информэлектро, 1970 г., 51 с.
14. Каталог-справочник: Выпрямительные агрегаты серий ВАК и ВАКВ. – М.: Информэлектро, 1970. - 83 с.
15. Семенко, Н.Г. Измерительные преобразователи больших электрических токов и их метрологическое обеспечение [Текст] / Н.Г. Семенко - М.: Издательство стандартов, 1984. – 152 с.
16. Спектор, С.А. Измерение больших постоянных токов [Текст] / С.А. Спектор – Л.: Энергия, 1978. – 215 с.
17. Розанов, Ю.К. Основы силовой преобразовательной техники [Текст] / Ю.К. Розанов - М.: Энергия, 1979. - 392 с.
18. Методичні вказівки до дипломного проектування з розділу “Охорона праці”. – ЗДІА: Запоріжжя, 2012р. – 48с.
19. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 713с.
20. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила / Видавництво: ДП “НТУКЦ” АсЕлЕнерго, Київ, 2003 р. – 612с.
21. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. – М.: Энергия, 1987. – 578с.

22. Андреев, В.А. Релейная защита, автоматика систем электроснабжения [Текст] / В.А. Андреев – М.; Высшая школа, 1983. – 213с.

23. Князевский, Б.А. Охрана труда в электроустановках [Текст] / Б.А. Князевский – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 278 с.

24. Использование вторичных энергоресурсов на металлургических предприятиях Украины / Ботштейн, В. А., Каневский, А. Л., Литвиненко, В. Г., Скоромный, А. Л. // Экология и промышленность. – 2011. – № 1. – с. 85–90. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekolprom_2011_1_18 – 10.11.18 – Заголовок з екрану.

25. Интегрированное планирование и управление процессами энергосбережения в энергетическом комплексе предприятия / Барбасова, Т. А. – 2015– [Электронный ресурс] – Режим доступа: WWW/URL: http://eneff.susu.ru/publish/Integririvannoye_planirovaniye_i_upravleniye_protsessami_yenergosberezheniya_v_teployenergeticheskom_komplekse_metallurgicheskogo_predpriyatiya/ – 14.11.2017 – Заголовок з екрану.

26. Перевод в условное топливо [Электронный ресурс] – Режим доступа: WWW/URL: http://www.vinser-audit.ru/fuel_calc – 16.11.2018 – Заголовок з екрану.

27. Швецов, В. Л. Опыт ОАО «Турбоатом» в создании и совершенствовании энергосберегающего оборудования для тепловых и атомных электростанций. Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ" : Энергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування №5 , 2006 — с. 6. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: \WWW/ URL <http://archive.kpi.kharkov.ua/View/20644/> – 05.12.2018 – Заголовок з екрану.

28. Клер, А.М., Деканова, Н.П., Степанова, Е.Л. Оптимизация режимных параметров и состава работающего оборудования крупных энергоисточников // Известия РАН. Энергетика. 2004. № 6. – 43–52 с.

29. Математическое моделирование и оптимизация в задачах оперативного управления электростанциями / Клер, А.М. и др. Новосибирск: Наука, 1997. – 120 с.

30. Структура производства [Электронный ресурс] – Режим доступа: \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 розробки, погодження та затвердження проектної документації для будівництва».

32. СН 174-75 - «Вказівки щодо проектування електропостачання промислових підприємств».

33. Анализ опасных и вредных производственных факторов [Электронный ресурс] – Режим доступа: WWW/URL: <http://trud.bobrodobro.ru/6620> – 10.12.2018 – Заголовок з екрану.

34. Мероприятия по обеспечению электробезопасности в цехе [Электронный ресурс] – Режим доступа: WWW/URL: <http://refdb.ru/look/2592551.html> – 11.12.2018 – Заголовок з екрану.