

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз можливості мінімізації втрат електричної енергії у
внутрішньоцехових мережах ПрАТ «Запоріжвогнетрив»

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

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Світлий Д. С.

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц., Башлій С.В.

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

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

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

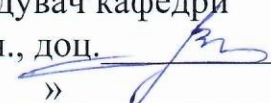
Запоріжжя
2023

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

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

Світлому Дмитру Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи Аналіз можливості мінімізації втрат електричної енергії у внутрішньоцехових мережах ПрАТ «Запоріжвогнетрив»
керівник роботи Башлій С.В., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від « 01 » травня 2023 року № 639 - с _____
- 2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2023 р.
- 3 Вихідні дані до роботи Структура електроспоживання об'єкта дослідження, план розміщення основного обладнання ділянки, компресор типу ВП2-10 потужністю 70 кВт, різноманітні верстати та інше технологічне обладнання.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз існуючих методів оцінювання втрат електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств. 2) Розрахунок втрат електроенергії та визначення параметрів, що впливають на зменшення цих втрат 3) Приклад застосування результатів дослідження. 4) Охорона праці та техногенна безпека.
- 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1) Аналіз енергоспоживання ділянки карбідокремнієвих виробів 2) Аналіз енергоспоживання ділянки карбідокремнієвих виробів 3) Схема однолінійна 4) План розміщення основного обладнання ділянки карбідокремнієвих виробів

5) Розробка моделі втрат електричної енергії 6) Втрати електроенергії в системі електропостачання при мінімізації функції 7) Техніко - економічні показники заходів 8) Охорона праці та техногенна безпека

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Башлій С.В., к.т.н., доцент	<i>Башлій С.В.</i>	<i>Башлій С.В.</i>
Розділ 2	Башлій С.В., к.т.н., доцент	<i>Башлій С.В.</i>	<i>Башлій С.В.</i>
Розділ 3	Башлій С.В., к.т.н., доцент	<i>Башлій С.В.</i>	<i>Башлій С.В.</i>
Розділ 4	Башлій С.В., к.т.н., доцент	<i>Башлій С.В.</i>	<i>Башлій С.В.</i>

7 Дата видачі завдання 01.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючих методів оцінювання втрат електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств	30.09.2023	
2	Розрахунок втрат електроенергії та визначення параметрів, що впливають на зменшення цих втрат	15.10.2023	
3	Приклад застосування результатів дослідження.	25.10.2023	
4	Охорона праці та техногенна безпека.	10.11.2023	

Студент *Світлий* Д.С. Світлий
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи *Башлій* С.В. Башлій
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

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

АНОТАЦІЯ

Світлий Д. С. Аналіз можливості мінімізації втрат електричної енергії у внутрішньоцехових мережах ПрАТ «Запоріжвогнетрив».

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

Здійснено аналіз параметрів, які мають найбільший вплив на втрати електроенергії в системах промислового електропостачання. Використовуючи методику планування багатофакторного експерименту, проведено математичне моделювання. Отримана функція оцінки втрат була піддана мінімізації для визначення оптимальних значень параметрів, при яких втрати електроенергії досягають мінімуму. Застосовано цей підхід на практиці на конкретному підприємстві.

Ключові слова: ВТРАТИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ, СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ОПТИМАЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ, МІНІМІЗАЦІЯ ФУНКЦІЇ

ABSTRACT

Svitly D. S. Analysis of the possibility of minimizing electrical energy losses in intra-shop networks of Zaporizhvognetriv PJSC.

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

An analysis of the parameters that have the greatest impact on power losses in industrial power supply systems has been carried out. Using the method of planning a multifactorial experiment, mathematical modeling was carried out. The resulting loss estimation function was subjected to minimization to determine the optimal values of the parameters at which the power losses reach a minimum. This approach was applied in practice at a specific enterprise.

Key words: LOSSES OF ELECTRIC ENERGY, ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM, OPTIMAL VALUE, MINIMIZATION OF THE FUNCTION

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Аналіз існуючих методів оцінки втрат електричної енергії	11
1.1 Методика оцінки втрат електроенергії в СЕП промислових підприємств.....	11
1.2 Принципи та методи оцінки енергетичного стану промислових систем електропостачання.....	16
1.3 Методи оцінки структурних станів систем промислового електропостачання.....	21
1.4 Методи оцінки ефективності структури системи електропостачання.....	25
1.5 Економіко-організаційні чинники підвищення ефективності діяльності промислових підприємств.....	28
2 Розробка моделі втрат електроенергії в системах електропостачання.....	35
2.1 Розрахунок втрат потужності і визначення параметрів, що впливають на зменшення втрат.....	35
2.2 Визначення функції втрати потужності в системах електропостачання.....	38
2.3 Аналіз моделі втрат електричної енергії на адекватність.....	42
2.4 Визначення мінімального значення функції втрат електричної енергії.....	45
3 Застосування результатів дослідження в умовах ПрАТ «Запоріжвогнетрив»	48
3.1 Характеристика об'єкта дослідження.....	46
3.2 Структура та асортимент виробів підприємства	50
3.3 Аналіз існуючої системи електропостачання об'єкта.....	55

3.3.1. Система електропостачання	55
3.3.2. Внутрішні електричні мережі	60
3.4 Енергетичний баланс підприємства.....	63
3.5 Техніко-економічне обґрунтування втрат електроенергії в системах електропостачання цеху.....	67
3.5.1 Розрахунок втрат потужності в трансформаторах.....	67
3.5.2 Розрахунок втрат потужності в лініях.....	68
3.5.3 Розрахунок втрат в асинхронних двигунах.....	73
3.6 Визначення потенційної економії енергії	74
4 Охорона праці та техногенна безпека.....	78
4.1 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища. .	78
4.2 Технічні рішення в галузі гігієни праці та виробничої санітарії.....	79
4.2.1 Природне і штучне освітлення	81
4.2.2 Санітарні рішення.....	82
4.2.3 Шум і вібрація в цеху.....	84
4.3 Заходи щодо поліпшення умов праці.....	84
4.4 Електробезпека	86
4.5 Засоби індивідуального захисту.....	88
4.6 Електробезпека.....	88
4.7 Пожежна безпека.....	94
4.8 Охорона навколишнього середовища.....	95
Вісновки.....	97
Перелік посилань.....	98

ВСТУП

Питання енергозбереження є актуальним на сьогоднішній день і знаходиться перед очима всіх представників сучасного суспільства. Запаси енергоносіїв в Україні зменшуються, а процес видобутку корисних копалин стає дуже складним і небезпечним. Використання альтернативної енергетики в Україні ще не набуло широкого поширення. Єдиний вихід – економія електроенергії. В даний час світовий енергетичний сектор має тенденцію до поступового збільшення виробництва і споживання енергії, особливо електроенергії.

Навіть з урахуванням значних структурних змін в галузі і переходу на енергоефективні технології, попит на тепло і електроенергію в найближчі десятиліття буде тільки зростати.

Об'єктом дослідження є система електропостачання цеху виробів з карбіду кремнію ПрАТ «Запоріжвогнетрив» Об'єктом дослідження є втрати електричної енергії в системі електропостачання Метою дослідження є вивчення можливості підвищення енергоефективності підрозділу виробів з карбіду кремнію ПрАТ «Запоріжвогнетрив» шляхом створення алгоритму, що визначає сумісні параметри, за допомогою яких мінімізуються втрати електроенергії.

У більшості країн світу енергозбереження вважається одним з головних пріоритетів енергетичної політики, а питання підвищення ефективності використання паливно-енергетичних джерел у всіх без винятку галузях економіки з кожним роком стає все більш актуальним. Тому головним завданням українського уряду є забезпечення належного рівня енергоефективності національної економіки з метою забезпечення її незалежності від інших країн. Таким чином, головним завданням підвищення енергоефективності економіки України є, з одного боку, збереження інтелектуального та творчого потенціалу країни, а з іншого – задоволення ринкового попиту.

У процесі впровадження енергозберігаючих заходів на промислових підприємствах головною стратегічною метою є підвищення енергоефективності. Таким чином, поняття енергозберігаючого потенціалу підприємства можна визначити як систему поточних і майбутніх відносин, внутрішніх і зовнішніх можливостей, а також мобілізаційну здатність керівників і персоналу підприємства до трансформації наявних вхідних ресурсів з метою підвищення ефективності використання і виробництва енергії. Сучасний стан економіки відкриває безліч можливостей для раціонального використання енергоресурсів.

Однак на мікрорівні питанню впровадження енергозберігаючих технологій не приділяється належної уваги. Процес впровадження енергозберігаючих заходів на підприємствах все ще ускладнюється через брак фінансових ресурсів, зростання цін на енергоносії, нестачу кваліфікованих кадрів та недостатню мотивацію промислових підприємств до впровадження цих заходів. Таким чином, управління інноваційним розвитком енергозберігаючих систем і впровадження енергозберігаючих заходів може здійснюватися тільки в умовах створення ефективного організаційно-економічного механізму управління, заснованого на використанні інноваційного енергозберігаючого потенціалу промислового підприємства.

Основний потенціал енергозбереження полягає в економії енергії при споживанні. В першу чергу це стосується електроенергетики. Тому важливим напрямком енергозбереження для тих предметів, які враховуються в дипломному проекті, є зниження втрат в проміжних ланках обладнання, споживачів електричної енергії, а також в електричних мережах, де втрати досягають до 30 відсотків.

Раціональне використання джерел електроенергії є однією з найактуальніших проблем в Україні та за її межами. Для того щоб досягти максимальної ефективності від їх використання, необхідно враховувати виробничі плани і потреби в енергії. Оцінюючи енергоефективність українських промислових підприємств, вітчизняні та зарубіжні експерти дійшли висновку, що багато з них витрачають на виробничо-господарські потреби не більше 50%

енергоресурсів, які згодом витрачаються даремно. Основною енергією, що використовується підприємствами у своїй виробничій діяльності, є споживана ними електрична енергія, що дорівнює 60% виробленої в країні енергії. Зниження втрат енергії в розподільчих мережах і трансформаторах промислових підприємств є важливою складовою комплексу енергозберігаючих рішень.

Метою роботи є аналіз можливості втрат електроенергії в системі електропостачання промислових підприємств; Встановити комбінацію параметрів, які мають найбільший вплив на втрати потужності на промислових підприємствах, мінімізуючи функцію втрат потужності; Техніко-економічні розрахунки втрат електроенергії проводилися на прикладі системи електропостачання цеху виробів з карбіду кремнію промислового підприємства ПрАТ «Запоріжвогнетрив».

Методи розрахунку та аналізу втрат електроенергії в електричних мережах і трансформаторах, а також вибір заходів щодо їх мінімізації докладно розглянуті в технічній літературі. У той же час застосуванню цих методів на практиці приділяється недостатня увага. У зв'язку з цим представляє інтерес систематизація методів розрахунку втрат електроенергії та оцінки ефективності їх використання на підприємствах.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

1.1 Методика оцінки втрат електроенергії в СЕП промислових підприємств

Передача електроенергії від джерела живлення до споживача пов'язана з втратою частини системи електропостачання (трансформаторів, ліній). Ці втрати визначаються струмом, що протікає по лініях, і величиною переданої напруги.

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

Слід зазначити, що втрати в трансформаторах також визначаються кількістю годин їх роботи, тому однією з умов, що забезпечують економію електроенергії в трансформаторах, є їх відключення при малих навантаженнях. Це можна зробити, якщо в нічний час (непрацюючі) електроустановки, призначені для проведення ремонтних робіт, аварійного освітлення і т. Д., Живляться від одного трансформатора. При цьому електропостачання цих споживачів забезпечується наявністю перемичок при меншій нарузі між цеховими підстанціями. Іншими умовами економії електроенергії в трансформаторах є встановлення раціонального режиму роботи включених трансформаторів, що забезпечується встановленням оптимального коефіцієнта навантаження в залежності від співвідношення між активною і реактивною складовими втрат.

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

Розглянемо методику знаходження втрат електроенергії в окремих точках системи електропостачання.

Втрати потужності та електроенергії на повітряних та кабельних лініях. Електричне навантаження, як правило, носить змінний характер, тому втрати потужності і електроенергії в лініях залежать від зміни навантаження. Втрати потужності та електроенергії по проєктованому об'єкту можна розраховувати або за величиною середньоквадратичного струму I_{cp} з урахуванням часу включення лінії $T_{в}$, або максимальному току $I_{макс}$ при часі втрат τ .

Середньоквадратичне значення струму - це еквівалентний струм, який, проходячи через час T , викликає такі ж втрати потужності та електрики, як і струм, що змінюється за той самий час.

Час втрат τ - розрахунковий час, протягом якого лінія, що працює при постійному максимальному навантаженні I_{max} , буде мати такі ж втрати потужності і потужності, як і при роботі за допустимим графіком змінного навантаження. Значення τ можна визначити з графіка (рис. 1.1), [1].

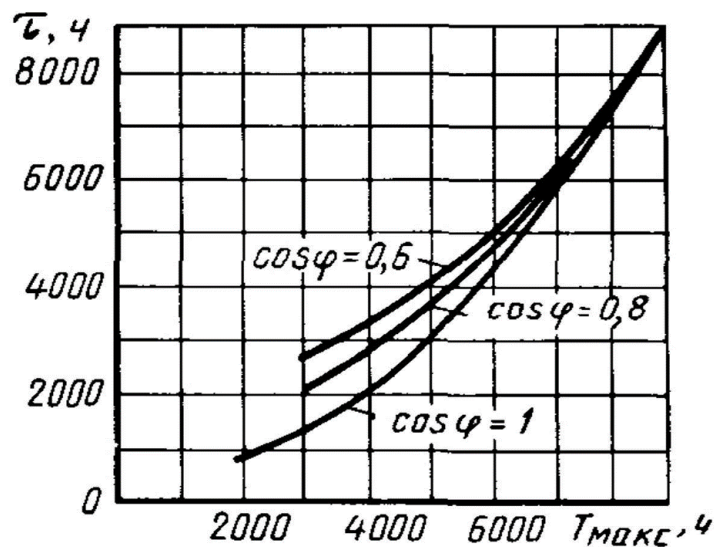


Рисунок 1.1 – Графік часу збитку

Середньоквадратичне значення струму є похідним від середнього струму I_c і форм-фактора графіка навантаження κ_f :

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

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

Тут W – розхід активної електроенергії (кВт·год) за час T_{ϵ} (доба, рік);
 $\cos\varphi$ - середньозважений коефіцієнт потужності.

При достатній точності для розрахунків за даними проектних організацій, при будь-якій кількості (більше двох) струмоприймачів з тривалим режимом роботи і кількості струмоприймачів при повторюваному-короткочасному режимі коефіцієнт виду $\kappa_{\phi} = 1,05—1,1$.

Втрати активної потужності та електроенергії в середньоквадратичному струмі такі:

$$\Delta P = 3 \cdot P_{ск} \cdot R \cdot 10^{-3}; \Delta W = \Delta P \cdot T_{\epsilon}, \quad (1.3)$$

Втрати реактивної потужності і реактивної енергії складають:

$$\Delta Q = 3 \cdot P_{ск} \cdot X \cdot 10^{-3}; \Delta V = \Delta Q \cdot T_{\epsilon}, \quad (1.4)$$

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

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

Максимальний час використання навантаження $T_{макс}$, 1] визначається характером виробництва і зміною праці споживача і становить в середньому 1500-2000 на рік для світлових навантажень; для однозмінних підприємств – 1800-2500; для двозмінних – 3500-4500; для тризмінних змін - 5000-7000.

За значеннями W і $T_{макс}$ можна визначити максимальний струм за розглянутий проміжок часу (добу, рік):

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

При розрахунку втрати потужності та електроенергії по максимальному струму вводиться поняття часу втрат τ , яке залежить від часу використання максимуму T_{\max} і коефіцієнту потужності $\cos\varphi$. Знаючи ці величини, по кривих залежності $\tau = f(T_{\max}, \cos\varphi)$ [(рис . 2.24),1] знаходять час втрат, а потім визначають активні і реактивні втрати електроенергії:

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

Знаючи втрати електроенергії, можна знайти відповідні їм втрати потужності:

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

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

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

$$\Delta W_{\text{м}} = \Delta P_{\text{м ном}} \cdot \kappa_3^2 \cdot \tau, \quad (1.9)$$

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

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

Сумарні активні втрати електроенергії визначаються за формулою:

$$\Delta W_{mp} = \Delta P_{m \text{ ном}} \cdot \kappa^2 \cdot \tau + \Delta P_{ст} \cdot T_{в}, \quad (1.11)$$

Сумарні реактивні втрати електроенергії визначаються за формулою:

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

Зниження втрат потужності. Таке скорочення можна отримати в основних ланках системи електропостачання промислових підприємств - в трансформаторах, силових і освітлювальних мережах і шинопроводах.

Втрати електричної енергії в трансформаторах. Вони представляють значну величину і повинні бути зведені до мінімуму правильним вибором потужності і кількості трансформаторів, їх раціональним режимом роботи, а також виключенням холостого ходу при малих навантаженнях. Кількість одночасно працюючих трансформаторів в залежності від навантаження повинно визначатися черговим персоналом в умовах мінімальних втрат електричної енергії в трансформаторах.

Втрата електричної енергії в лінії. Ці втрати залежать від опору, струму мережі та часу втрат; Тому для зменшення втрат необхідно зменшити не тільки величину струму, але і величину опору лінії, для чого при наявності парних ліній необхідно з'єднувати їх паралельно.

Застосування підвищених напруг 20 кВ і 660 В для мереж промислових підприємств також значно знижує втрати електроенергії в мережах живлення і розподілу промислових підприємств.

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

Коригування графіків навантажень. Необхідно прагнути до рівномірного графіка навантаження, що збільшує використання встановленого обладнання і при цьому знижує втрати енергії. Зменшення величини сумарного максимального навантаження дає можливість забезпечити електроенергією більшу кількість споживачів при однаковій встановленій потужності трансформаторів. Зниження загального максимального навантаження підприємства і вирівнювання графіка може бути досягнуто (за погодженням з енергосистемою) шляхом зсуву часу початку роботи (підприємств і обідніх перерв цехів), а також встановленням режиму роботи цехів.

1.2 Принципи та методи оцінки енергетичного стану промислових систем електропостачання

Принципи оцінки енергетичних станів ДСЕП по максимальному тривалому нагріву обладнання були розроблені на основі аналізу моделей, що відображають процес перегріву (щодо температури навколишнього середовища) провідника під впливом електричного навантаження $I(t)$, яка змінюється за законом [8]:

$$I(t) = \begin{cases} I_1(t) = \text{const}, & t \in (t_0, t_1) \\ I_2(t) = \text{const}, & t \in (t_1, t_2) \end{cases}, \quad (1.13)$$

Для таких моделей використовуються розв'язки класичного диференціального рівняння теплового балансу в однорідному провіднику, перегрітому постійним струмом $I(t)$ за час dt . Якщо припустити, що перегрів провідника в момент до дорівнює нулю, а постійна часу нагріву провідника (T_0) незмінна під дією навантаження на нього, що відбивається залежністю виду

(1.13), то рішенням цього рівняння на інтервалі (t_1, t_2) буде наступна залежність [8]:

$$\theta = \theta_1 \left(1 - e^{-\frac{t_1 - t_0}{T_0}} \right) e^{-\frac{t}{T_0}} + \left(\frac{I_2(t)}{I_1(t)} \right)^2 \frac{R_2}{R_1} \theta_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_0}} \right), \quad (1.14)$$

де θ_1 – стале значення перегріву провідника від дії навантаження $I_1(t)$;

R_1, R_2 – опір провідника при проходженні по ньому струмів $I_1(t)$ і $I_2(t)$ відповідно [8].

З виразу випливає, що результуюче перегрівання провідника за час (t_1, t_2) залежить від початкового перегріву і відношення втрат активних потужностей, що супроводжують проходження струмів $I_2(t)$ і $I_1(t)$. Він може бути будь-яким відносно початкового перегріву: залишатися рівним йому, збільшуватися або зменшуватися. При множині навантажень $I_2(t)$ найбільший перегрів провідника існуватиме на інтервалі (t_1, t_2) , де втрати активної потужності будуть максимальні. При цьому тривалість кожного інтервалу повинна бути достатньою для найбільшого перегріву провідника від дії $I_2(t)$. Цій умові задовольняє відрізок часу в $6T_0$, після закінчення якого навантаження $I_1(t)$ практично припиняє свою дію на провідник [8].

У ДСПЕП $I_2(t)$ в загальному випадку змінюється випадково. Тому адекватність реальних та оціночних втрат активної потужності у провіднику від їхньої дії досягається при квадратичних осереднених оцінках $I_2(t)$. Оцінювані втрати активної потужності (P) у провіднику опором R_2 , від дії дискретного навантаження $I_2(t)$ протягом (t_1, t_2) відображаються такою моделлю [8]:

$$P = R_2 \frac{\sum_{i=1}^n (I_2(\Delta t_i))^2}{n}, \quad (1.15)$$

де $I_2(\Delta t_i)$ – значення $I_2(t)$ на i -ому дискретному інтервалі (t_i, t_{i+1}) тривалістю $\Delta t_i = \text{const}$, $i = 1, n$;

n – кількість інтервалів (t_i, t_{i+1}) , які знаходяться в інтервалі (t_1, t_2) .

Щоб не упустити (t_1, t_2) , на якому P у провіднику будуть максимальні від дії $I(t)$ за час T (T багато більше тривалості (t_1, t_2)), (t_1, t_2) повинний ковзати в інтервалі $(0, T)$. Алгоритмічно така процедура зводиться до пошуку глобального на інтервалі $(0, T)$ максимуму (I_p) середньоквадратичного на всіляких інтервалах (t_1, t_2) навантаження $I(t)$ і відображається залежністю такого вигляду [8]:

$$I_p = \left(\max_{i=j}^{j+n-1} \frac{\sum_{i=j}^{j+n-1} (I(\Delta t_i))^2}{n} \right)^{0.5}, \quad (1.16)$$

де j – початковий номер дискретного інтервалу Δt_i , який належить ковзному інтервалові (t_1, t_2) тривалістю $n \Delta t_i$; $j=1, T/\Delta t$ [8].

Розрахункове значення, що задовольняє умові (1.16), є оцінкою навантаження $I(t)$ провідника за найбільшим тривалим нагріванням. Якщо діюче на провідник навантаження подане дискретними потужностями $P(t)$, $Q(t)$ і модулем лінійної напруги $U(t)$, то алгоритм оцінювання її відображається залежністю такого вигляду [8]:

$$I_p = \left(\max_{i=j}^{j+n-1} \frac{1}{3n} \frac{\sum_{i=j}^{j+n-1} (P(\Delta t_i))^2 + (Q(\Delta t_i))^2}{(U(\Delta t_i))^2} \right)^{0.5}, \quad (1.17)$$

Процедура оцінювання T_0 провідника опором R (при температурі θ_R) і теплоємністю C (при температурі θ_C) під час дії на нього навантаження $I(t)$ відображає така залежність, яка відома з фізики:

$$T_0 = \frac{C(1 + \beta(\theta - \theta_c)) \cdot (\theta - \theta_{SR})}{I^2(t)R(1 + \alpha(\theta - \theta_R))}, \quad (1.18)$$

де α , β – температурні коефіцієнти опору і теплоємності провідника відповідно;

θ – температура нагріву провідника під час проходження по ньому навантаження $I(t)$;

θ_{SR} – температура навколишнього середовища, при якій визначена θ [8, с.34-35].

З формул (2) – (6) випливає, що коректність оцінки I_p обумовлюється коректністю оцінки T_0 , коректністю математичного відображення характеру та дії $I(t)$ на кожному інтервалі осереднення (t_1, t_2) , тривалостями інтервалів $(t_i, t_{i+1}), (t_1, t_2)$ і $(0, T)$. Наявність функціональної залежності між T_0 і $I(t)$ вносить невизначеність до оцінки T_0 (а разом з нею й в тривалість інтервалів (t_1, t_2)), що обумовлює необхідність застосування ітераційного підходу під час пошуку I_p . Зворотньоквадратичний характер цієї залежності та характерна для ДСПЕП відсутність усталених режимів на інтервалах (t_1, t_2) обумовлюють доцільність введення при пошуку I_p динамічного підходу до осереднення $I(t)$ варіюванням тривалостей (t_1, t_2) [8].

З виразу видно, що для практичної реалізації динамічного підходу до осереднення $I(t)$ треба використовуватися значеннями тривалостей (t_1, t_2) , які належать ряду чисел від $3T_0$ до $6T_0$ з кроком Δt_i . При цьому залежності (1.16) і (1.17), які відображають алгоритм пошуку I_p , повністю зберігаються, але розширюється область значень параметру n [8].

Наявність кореляційних зв'язків між параметрами $P(t)$, $Q(t)$, $U(t)$ фактичного ЕС ДСПЕП вносить непевність в аналогічні параметри енергетичних станів, прогнозованих на основі фактичного. Чисельні оцінки цих зв'язків дозволяють побудувати модельні рівняння регресії одних параметрів стану на інші. За допомогою рівнянь регресії з'являється можливість спрогнозувати очікувані вихідні параметри нових станів з використанням передбачуваних регулюючих впливів на фактичне та потім оцінити їх. Прийнятний для

практичних цілей результат прогнозування можна одержати за допомогою лінійних регресивних залежностей, що і показано в дисертаційній роботі [8].

У загальному випадку осереднені на інтервалах (t_1, t_2) втрати активної потужності в провіднику не еквівалентні осередненим втратам на інтервалі $(0, T)$. Тому перші не можуть застосовуватися для оцінювання ВЕ в ДСПЕП. Коректне оцінювання ВЕ вимагає граничної інтеграції навантажень в інтервалі $(0, T)$. Для цього у формулах (1.15) – (1.17) параметр n повинен дорівнювати відношенню тривалостей інтервалів $(0, T)$ і (t_i, t_{i+1}) [8].

З виразу видно, що для практичної реалізації динамічного підходу до усереднення $\Delta I(t)$ необхідно використовувати значення тривалостей (t_1, t_2) , що належать ряду чисел від $3T_0$ до $6T_0$ з кроком t_i .

Наявність кореляцій між параметрами $P(t)$, $Q(t)$, $U(t)$ фактичної ЕС ДСЕП вносить невизначеність в аналогічні параметри енергетичних станів, передбачених на основі фактичного. Чисельні оцінки цих залежностей дозволяють будувати модельні рівняння для регресії одного параметра стану на інший. За допомогою рівнянь регресії з'являється можливість прогнозувати очікувані початкові параметри нових станів, використовуючи прогнозовані регуляторні впливи на фактичні, а потім оцінювати їх. Прогностичний результат, прийнятний для практичних цілей, може бути отриманий за допомогою лінійних регресійних залежностей, як показано в дисертації [8].

У загальному випадку інтервально-усереднені (t_1, t_2) втрати активної потужності в провіднику не еквівалентні усередненим втратам за інтервал $(0, T)$. Тому перші не можуть бути використані для оцінки ВЕ в ДСПЕП. Правильна оцінка ВЕ вимагає граничного інтегрування навантажень в інтервалі $(0, T)$. Для цього у формулах (1.15) – (1.17) параметр n повинен дорівнювати відношенню інтервалів $(0, T)$ і (t_i, t_{i+1}) [8].

Похибка оцінки ВЕ в ЕСПЕ залежить від тривалості інтервалів $(t_i, t_i + 1)$, $(0, T)$ і з урахуванням стійких функціональних залежностей між параметрами навантаження і характерними для неї напруженнями. Це також залежить від достовірності оцінок опору провідників і повноти обліку структурних станів

ДСЕП. Опори змінюються при зміні температури нагріву провідників. А в силовому трансформаторі з перемикачем під навантаженням опір змінюється і зі зміною його технічних характеристик, зі зміною параметрів $P(t)$, $Q(t)$, $U(t)$ енергетичного стану ДСЕП. Описано метод формування емпіричної залежності величини опору такого трансформатора від його змінного коефіцієнта трансформації [8].

У нормі ДСЕП характеризується набором структурних станів об'ємом m (m не дорівнює одиниці). Кожному j -му структурному стану ДСПЕП відповідає енергетичний стан з параметрами $P_j(t)$, $Q_j(t)$, $U_j(t)$. Як правило, перехід ДСЕП з одного структурного стану в інший не є детермінованим, що визначає стохастичність тривалості кожного з них. При оцінці ймовірності (q_j) працездатності кожного j -го структурного стану в інтервалі $(0, T_l)$ можна оцінити сумарний ВЕ при $(0, T)$ з урахуванням всіх m енергетичних станів ДСЕП. Наприклад, втрати активної електроенергії (W_a) в провіднику з опором R на інтервалі $(\Delta 0, T_l)$ представляються моделлю виду [8]:

$$\Delta W_a = \frac{RT}{n} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n q_j \frac{(P_j(\Delta t_i))^2 + (Q_j(\Delta t_i))^2}{(U_j(\Delta t_i))^2}, \quad (1.18)$$

У розділі сформульовано вимоги до вихідних параметрів енергетичних станів ДСЕП та запропоновано алгоритми їх коригування. Сформульовано принципи та методологічні засади оцінки енергетичних станів ДСЕП при найвищому тривалому нагріванні обладнання та відновлюваних джерел енергії в його мережі. Результати їх застосування для оцінки енергетичних станів декількох ЦЗОЗ представлені за допомогою шести формалізованих комп'ютерних обчислювальних процедур, розроблених заявником [8].

Ймовірність $p(B / B_j)$ - ймовірність переходу трансформованої системи електропостачання в структурний стан B в оцінюваному випадку за умови, що гіпотеза B_j збулася. Структура перетвореної системи відрізняється від структури вихідної системи тим, що вона апіорі задає стани перемикання перемичок відповідно до логіки гіпотези B_j . Тобто стан працездатності i -го перемички, який задається в B_j подією A_i , відповідає стану перемикання «закрито», а події «відкрито». В результаті такого перетворення вихідна система електропостачання буде являти собою сукупність простих послідовно-паралельних і (або) паралельно-послідовних ланцюгів. Застосовуючи традиційні моделі математичної логіки та теорії ймовірностей до перетвореної схеми, легко обчислити будь-яку ймовірність $p(B/B_j)$. Загальне число перетворень вихідної системи електропостачання i , відповідно, ймовірності $p(B/B_j)$ дорівнюють числу гіпотез B_j [9].

Переваги даної методики полягають в наступному: спрощує логічний аналіз складних систем електропостачання; дозволяє поряд з непрацездатними станами елементів системи внаслідок аварій враховувати їх непрацездатний стан внаслідок виведення на плановий ремонт; формалізовано. Крім того, з його допомогою можна оцінити не тільки конструктивні стани системи електропостачання, що викликають порушення електропостачання споживача, але і умови, що визначають надійне (повне або часткове) електропостачання споживача, але супроводжуються зміною енергетичних станів системи електропостачання. Тобто метод дає можливість оцінити тривалість кожного енергетичного стану системи, яка визначається працездатністю відповідного стану конструкції, тим самим сприяючи підвищенню достовірності оцінок ВЕ в мережі системи і дозволяючи моделювати систему електропостачання з раціональним рівнем структурного резерву з метою зниження ВЕ в її мережі [9].

Достовірність результатів оцінки структурних станів синтезованих і діючих систем електропостачання залежить від багатьох факторів. Серед них недостатньо вивчені: вплив репрезентативності статистичних показників на (не)імплементацию елементів ДСЕП та принципи її реалізації; вплив

невизначеності в умовах початкової оцінки. Під вихідним рівнем абітурієнт розуміє наступне: принцип поділу експлуатаційних і неробочих структурних станів системи електропостачання; ступінь відповідності між ємністю елементів системи та її структурним резервом; ступінь повноти відображення станів відповідно до працездатності елементів системи. У дисертації на прикладі дворівневої системи електропостачання показано, як перераховані вихідні умови впливають на діапазон допустимих рішень і надійність рішень [9].

Досліджено вплив репрезентативності статистичних показників (не)працездатності елементів DSEP на прикладі аварійних відмов захисно-комутаційних та передавальних елементів існуючої високовольтної електричної мережі ГПП М1 металургійного комбінату «Запоріжсталь» з використанням закону розподілу випадкових величин Стюдента (характеристики статистики малих вибірок). У статті представлено технологічну програму, за допомогою якої досліджено такі фактори, що впливають на подання статистичних показників виходу з ладу електрообладнання: принцип формування статистичного ряду первинної інформації, вплив конструктивних особливостей обладнання та ступеня його зносу, вплив обсягу статистики та ремонтних циклів. В результаті реалізації цієї програми було сформульовано сім принципів формування репрезентативної бази даних для оцінки структурних станів ДСЕП [9].

1.4 Методи оцінки ефективності структури системи електропостачання

У цьому розділі представлено теоретичне обґрунтування розробленого здобувачем нового методичного підходу до розв'язання топологічної задачі електричної мережі.

Обґрунтовано доцільність визначення поняття «центр електричних навантажень», оскільки воно визначає принципи формування раціональної

топології електричної мережі. З цією метою визначено та досліджено наступні фактори, що впливають на розв'язання топологічної задачі: коефіцієнт енергетичної двоїстості вузлів мережі, коефіцієнт сумісності силових навантажень вузлів мережі, коефіцієнт неоднозначності електричних зв'язків між вузлами розподільчих та живильних мереж, коефіцієнт обумовленості параметрів мережі та фактор критеріальної функції вибору раціональних рішень. Під «центром електричних навантажень» пропонується розуміти точку плану мережі, що обумовлено екстремумом обраної критеріальної функції, яка враховує енергетичну подвійність вузлів мережі та їх поточне навантаження при фіксованих електричних зв'язках між вузлами та фіксованою структурно-параметричною структурою мережі, що відповідає технічним вимогам до її роботи [11].

Показано, що фізико-технічна сутність топологічної задачі спотворюється при її розв'язанні відповідно до принципів теорії функціонального аналізу з використанням адитивних критеріальних функцій (зокрема, річних консолідованих витрат мережі). Це пов'язано з множиною стаціонарних точок критеріальних функцій (критеріальні функції не опуклі). Крім того, топологічна задача електричної мережі - це задача зі змінними параметрами, яка априорі не дозволяє визначити критеріальну функцію опуклості класичними методами. Таким чином, топологічна задача вимагає нових математичних підходів до її розв'язання [11].

Топологічну задачу запропоновано розв'язувати за допомогою імітаційного детермінованого моделювання раціональної мережі з урахуванням перелічених вище факторів. Моделювання мережі вимагає обумовленості її проектування, параметрів аварійного режиму, електричних зв'язків і метрик між вузлами мережі, координат топологічного базису (x_0, y_0) . Під детермінізмом розуміється зміна координат вузлів мережі, що утворюють суміжний шар (з силовими і розподільними вузлами мережі). Координати по дугах концентричних кіл з центром в точці з координатами (x_0, y_0) пропонується варіювати відповідно до алгоритму [11]:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{ij}(y_{ij}) = x_0(y_0) + r_i(r_i) \cos \varphi_j (\sin \varphi_j) \\ r_i = i \frac{R}{m_i}, \varphi_j = j \frac{360}{m_2} \\ i = 1, m_1; j = 1, m_2 \end{array} \right. , \quad (1.23)$$

де R – радіус метричної області моделювання мережі;

m_1, m_2 – параметри моделювання [11].

Моделювання включає в себе розрахунок параметрів аварійного режиму в точках (x_{ij}, y_{ij}) , оцінку параметрів мережі на відповідність цьому режиму, обчислення абсолютних і відносних значень критеріальної функції в точках (x_{ij}, y_{ij}) . Він дозволяє враховувати кратність при вирішенні топологічної задачі, оцінювати потенціал енергозбереження в мережі конкретного КППБ і є ефективним інструментом при синтезі раціональної електричної мережі. З іншого боку, на його основі експериментально обґрунтовано можливість і доцільність заміни вартісних складових річних консолідованих витрат «технічними» функціоналами M_{1j}, M_{2j}, M_{3j} ізоморфно збігаються з першими при зміні метричних параметрів мережі (lij) . Функціональні можливості представлені залежностями виду [11]:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{1j} = \sum_{i=1}^N I_{\Delta lij} \cdot \ell_{ij} \\ M_{2j} = \sum_{i=1}^N \frac{(I_{pi}^n)^2}{I_{\Delta lij}} \cdot \ell_{ij} \\ M_{3j} = \sum_{i=1}^N I_{pi} \cdot \ell_{ij} \end{array} \right. , \quad (1.24)$$

де $I_{\Delta lij}$ – технічно нормоване значення тривало припустимого струму провідника i -ої ділянки мережі в j -ому топологічному рішенні, що відповідає перетину і матеріалові провідника та конструктивному виконанню ділянки;

I_{pi}^n – параметр енергетичного стану провідника i -ої ділянки мережі за втратами потужності;

I_{pi} – параметр енергетичного стану провідника i -ої ділянки мережі за найбільшим тривалим нагріванням [11].

Застосування імітаційного детермінованого моделювання представлено на прикладі існуючої розподільчої мережі 10 кВ з чотирнадцятьма трансформаторними підстанціями 10/0,4 кВ, які електрично підключені до блоку живлення ДБЖ-1 за радіальною схемою. Це дозволило виявити потенціал енергозбереження в даній мережі на рівні 30% [1].

Не тільки раціональна топологія мережі, але і раціональна структура ДСПЕП сприяє зниженню ВЕ в ДСПЕП. Для того щоб оцінити ефективність реальної структури ДСПЕП (по відношенню до ВЕ), необхідно порівняти її з раціональною (гіпотетичною) структурою, що не може обійтися без вирішення топологічної задачі, але в умовах невизначеності електричних зв'язків між вузлами розподільчих і живильних мереж. При такій постановці топологічна задача являє собою комбінаторну задачу цілочисленого математичного програмування з булевими змінними Z_{ij} (електричні зв'язки між i -ми та j -ми вузлами мережі), апріорі відомими L_j (метричні параметри m ділянок живлячої мережі) і C_j (кількість відгалужень живлячих вузлів для приєднання до них вузлів розподільчої мережі) й являє собою таке: знайти мінімум цільової функції вигляду [11]:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n I_{ij} \cdot \ell_{ij} \cdot Z_{ij} + \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n I_{ij} \cdot Z_{ij} \right) \cdot L_j, \quad (1.25)$$

Під обмеженнями:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^m Z_{ij} = 1; \quad i = \bar{1}, n; \quad j = \bar{1}, m \\ \sum_{i=1}^n Z_{ij} \leq C_j; \quad Z_{ij} \geq 0; \quad Z_{ij} \end{array} \right., \quad (1.26)$$

Де I_{ij} – – техніко-економічні параметри задачі, що відповідають обраній меті моделювання. Таким чином, при оцінці потенціалу енергозбереження ці параметри будуть функціональними параметрами M_{2j} .

У розділі представлена математична модель цілеспрямованого формування раціональної структури ДСЕП на рівнях розподільчих і постачальних мереж разом [11].

1.5 Економіко-організаційні чинники підвищення ефективності діяльності промислових підприємств

Підвищення ефективності функціонування первинної ланки економіки – підприємства – зумовлює необхідність глибоких досліджень, які мають місце в діяльності суб'єктів господарювання різних форм власності в умовах ринкової трансформації економіки України. Серед пріоритетних завдань – проблема комплексної оцінки ефективності функціонування бізнес-структур. Така постановка проблеми не є новою за своєю суттю, але зміна основних відносин супроводжується глибокими змінами не тільки в структурі та організації виробництва, але і в підходах до оцінки їх діяльності [29].

Поняття «ефективність» широко використовується в економічній літературі. Як правило, її ототожнюють з ефективністю виробництва. Однак, як показує досвід, набутий у процесі економічних реформ, на практиці виникає необхідність розрізняти поняття «ефективність виробництва» та «ефективність функціонування підприємства», оскільки ці категорії мають різне значення. Якщо для визначення ефективності виробництва прийнято використовувати такі показники, як рентабельність активів, капіталомісткість, співвідношення капіталу до праці, матеріаломісткість, продуктивність праці, трудомісткість і т. Д., То оцінка ефективності промислового підприємства в ринкових економічних умовах включає в себе, крім перерахованих показників, ще й оцінку чисто

ринкових показників, Зокрема, рівень конкурентоспроможності підприємства, його інвестиційна привабливість, фінансова стійкість, платоспроможність, ділова активність, тобто показники, що характеризують якісні параметри діяльності [29].

Беручи до уваги сукупність показників, під поняттям «ефективність функціонування підприємства» розуміють його здатність раціонально вирішувати проблему формування необхідного обсягу матеріальних, трудових і фінансових ресурсів та їх оптимального розподілу і використання з метою забезпечення сталого розвитку і досягнення стратегічних цілей [29].

Багатогранна діяльність підприємств здійснюється під впливом комплексу факторів, що формують економічне середовище функціонування підприємницьких структур. Кількість екзогенних та ендогенних факторів обумовлює необхідність їх ранжування за ступенем та значимістю їх впливу на господарську діяльність господарюючих суб'єктів. Запропонована в дисертації класифікація факторів, що визначають фінансово-економічний, техніко-технологічний стан промислових підприємств, включає дві найбільш значущі групи: 1) фактори, об'єднані характером їх виникнення; 2) фактори, згруповані за режимом впливу [29].

Запропонований підхід до структуризації факторів впливу на діяльність підприємств є надзвичайно важливим, оскільки фактори, віднесені до першої групи, показують місце формування кожного з них у структурі соціально-економічної ієрархії. Зокрема, макро- і мезоекономіка в основному пов'язані з діяльністю галузей, регіонів і ринків. Навпаки, мікроекономічні фактори визначають поведінку окремих економічних агентів. Другу групу складають фактори в залежності від того, як вони впливають на діяльність підприємств. Головну роль в їх структурі відіграють внутрішні чинники, в тому числі економічні та організаційні. У цій групі важливу роль відіграють соціально-психологічні детермінанти, які «пронизують» підприємство через психологічні особливості працівників, акціонерів, державних службовців тощо. Окрему підсистему в цій групі складають фактори, обумовлені горизонтальними

зв'язками, які впливають на діяльність підприємств через партнерські відносини, договірну систему, взаємні поставки і т.д. [29]

Запропоноване структурування факторів значно розширює можливості управління ними. Наприклад, якщо поведінка підприємств значною мірою залежить від макроекономічних чинників, необхідно розробити на рівні держави та органів державного управління заходи, спрямовані на створення сприятливого макроекономічного середовища за допомогою інструментів макроекономічного впливу. Якщо переважають мікроекономічні фактори, які залежать від самого підприємства, то для підвищення ефективності його роботи необхідно розробити гнучку комбінацію стимулюючих заходів з урахуванням характеру впливу внутрішніх факторів на діяльність господарюючого суб'єкта [29].

З метою нормалізації діяльності підприємств харчової промисловості України та забезпечення їх успішного функціонування обґрунтовано доцільність підвищення значущості таких організаційно-економічних важелів, як: відновлення державного замовлення на основні види сільськогосподарської продукції; державна підтримка вітчизняних товаровиробників шляхом стимулювання експорту та обмеження імпорту товарів, для виробництва яких достатньо власних виробничих потужностей та сировини, а також внутрішніх факторів підвищення ефективності діяльності підприємств (активізація маркетингових досліджень, зокрема, бенчмаркінг, реструктуризація цінової політики, технічне переоснащення підприємств, заміна застарілого та фізично застарілого обладнання на нове для виробництва високоякісного харчових продуктів, удосконалення їх упаковки, упаковки та дизайну) [29].

З метою розширення сировинної бази підприємств харчової промисловості доцільно створення агропромислових формувань у структурі «виробництво-переробка-збут» шляхом передачі частини часток переробних підприємств підприємствам із заготівлі сировини, щоб виробники сировини були зацікавлені в результатах реалізації кінцевої продукції населенню [29].

Основою успішної роботи компанії є ефективна система управління. В умовах переходу до ринкової економіки, коли різко змінюються принципи координації виробничо-господарської діяльності, різко зростає динамізм всіх економічних процесів, стає очевидним, що методи, які використовуються на вітчизняних підприємствах для формування організаційних структур управління, які часто не є економічно обґрунтованими, себе не виправдовують. Не враховують зростаючу динаміку зовнішнього і внутрішнього середовища, появу нових функцій управління. У зв'язку з цим виникає необхідність структурування такої системи, оптимізації її компонентів і оптимізації системи [29].

Одним з підходів до формування оптимальної структури управління є використання функціонального і вартісного аналізу, в основі якого лежить системний аналіз функцій об'єкта і витрат на їх реалізацію. У результаті практичного застосування цього методу для оцінювання роботи структурних підрозділів одного з підприємств харчової промисловості Закарпаття у дисертації запропоновано модифікацію організаційної структури цього підприємства з виділенням центрів відповідальності (виробничий центр, центр збуту та фінансовий центр). Така структура дозволяє чітко визначити обов'язки керівника кожного підрозділу, підвищити ефективність оперативного управління і, крім того, скоротити час і витрати, пов'язані з впровадженням бізнес-процесів [29].

Узагальнені висновки про результати діяльності підприємства дозволяють зробити комплексну оцінку ефективності його функціонування. У дисертації розроблено методику комплексної оцінки ефективності, яка ґрунтується на використанні показників фінансового стану та дозволяє врахувати інтереси різних груп осіб, пов'язаних з підприємством [29].

Процедура проведення комплексної оцінки передбачає поетапний синтез окремих показників фінансового стану з метою переходу до узагальнення, а потім до комплексного. Для визначення узагальненої оцінки за кожною групою показників фінансового стану використано середньозважену формулу:

$$Q_j = \sum_{i=1} k_{ij} \alpha_{ij}, \quad (1.27)$$

де Q_j – узагальнююча оцінка по j -ій групі показників фінансового стану;
 k_{ij} – значення i -го одиничного показника в j -й групі;
 α_{ij} – вагове значення i -го показника [29].

На сучасному етапі в умовах становлення ринкових відносин особливої актуальності набуває проблема підвищення ефективності роботи промислових підприємств - первинної ланки економіки. Особливо це стосується підприємств харчової промисловості, успішна робота яких дозволить вирішити проблему продовольчого забезпечення, зростання конкурентоспроможної продукції, раціонального використання ресурсів, сталого розвитку національної економіки [23].

Необхідність наукового підходу до управління системою електропостачання великих підприємств, застосування автоматизованих систем управління з використанням комп'ютерних технологій і комп'ютерних технологій продиктована, з одного боку, складністю сучасних систем електропостачання, наявністю різних внутрішніх взаємозв'язків, а також недостатньо високими характеристиками надійності пристроїв автоматизації в експлуатації; з іншого боку, існує можливість негативного впливу великих споживачів електроенергії на роботу енергосистеми [32].

Система електропостачання в цілому повинна бути побудована таким чином, щоб в умовах після аварійного режиму, після відповідної комутації вона була здатна, як правило, забезпечити електропостачання навантажень підприємства (з певним обмеженням) з урахуванням використання всіх додаткових джерел і резервних можливостей (перемичок, підключення вторинної напруги, аварійні джерела тощо), перевантажувальна здатність обладнання тощо. 2b) Для цілей цієї Директиви Договірні Сторони забезпечують, щоб Договірні Сторони не були зобов'язані брати до уваги

положення цієї Директиви протягом терміну дії Договірних Сторін Договірних Сторін

Задачі оптимізації повинні вирішуватися з точки зору системного підходу. При цьому вибір раціональних режимів роботи систем електропостачання промислового підприємства слід здійснювати, оцінюючи економічну ефективність всього підприємства в цілому. У деяких випадках при дефіциті потужності в системі електропостачання може бути більш вигідним зниження напруги на 5-10% в порівнянні з номінальною напругою. Цей захід дозволяє багатьом галузям промисловості без значних втрат технологічного процесу скоротити втрати в порівнянні з втратами від зупинок виробництва, що часто використовується в наш час.

Системний підхід до вирішення оптимізаційних завдань передбачає управління якістю електроенергії, спрямоване на зниження втрат потужності в промислових системах електропостачання, а також підвищення продуктивності механізмів і якості продукції, що випускається. Комплексне вирішення цієї проблеми забезпечує всебічне підвищення ефективності національної економіки.

2 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок втрат потужності і визначення параметрів, що впливають на зменшення втрат

Розглянувши методи розрахунку втрат електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств, можна виділити основні параметри, що впливають на втрати електроенергії. Для подальших розрахунків встановлюються мінімальні і максимальні значення цих параметрів.

Таблиця 2.1 – Мінімальні та максимальні значення обраних параметрів

Параметри	Мінімальне значення	Максимальне значення
Довжина кабеля, $L_{каб}$	3 м	12 метрів
Площа перерізу, $S_{каб}$	2,5	25
Час втрат в трансформаторі, τ	2500	3500
Коефіцієнт завантаження трансформатора, κ_3	0,5	1,4

Електричне навантаження, як правило, носить змінний характер, тому втрати потужності і електроенергії в лініях залежать від зміни навантаження. Втрати потужності та електроенергії для проектного об'єкта можуть бути розраховані або за величиною середньоквадратичного значення струму I_{sp} з урахуванням часу включення на телевізійну лінію, або за максимальним струмом I_{max} в момент втрати τ .

У даній роботі розрахунки ведуться на основі максимального струму I_{max} .

Час втрат τ - розрахунковий час, протягом якого лінія, що працює при постійному максимальному навантаженні I_{max} , буде мати такі ж втрати потужності і потужності, як і при роботі за допустимим графіком змінного навантаження. Значення τ можна визначити з графіка 2.1 [1].

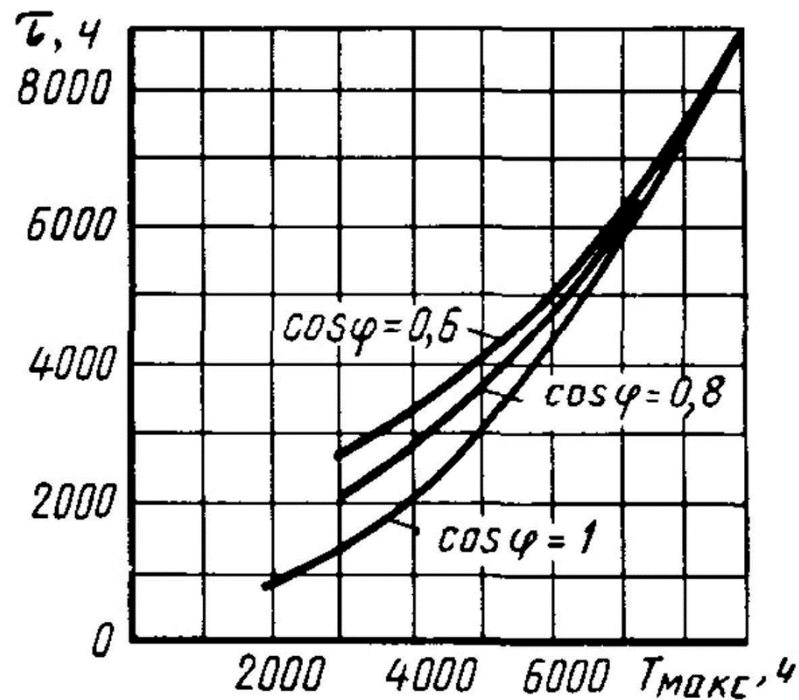


Рисунок 2.1 – Графік часу збитку

Якщо знати споживання електроенергії W за певний час (добу, рік), а також максимальну потужність навантаження P_{max} , то можна знайти час T_{max} , протягом якого така лінія могла передати цю електроенергію:

$$T_{max} = W/P_{max}, \quad (2.1)$$

Час використання максимального навантаження T_{max} [1] визначається характером виробництва і змінами роботи споживача і середніми показниками за рік: для освітлювальних навантажень - 1500 - 2000; для однозмінних підприємств - 1800 - 2500; для двозмінних - 3500 - 4500; для тризмінних - 5000 - 7000 .

В даному випадку ми розглядаємо двозмінне підприємство і для нього вибираємо $T_{max} = 4500$.

За значеннями W і T_{max} можна визначити максимальний струм за розглянутий проміжок часу (добу, рік):

$$I_{max} = W / (T_{max} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi), \quad (2.2)$$

При розрахунку втрати потужності та електроенергії по максимальному струму вводиться поняття часу втрат τ , яке залежить від часу використання максимуму T_{max} і коефіцієнту потужності $\cos\varphi$. Знаючи ці величини, по кривих залежності $\tau = f(T_{max}, \cos\varphi)$ [1] знаходять час втрат, а потім визначають активні і реактивні втрати електроенергії:

$$\Delta W_l = 3 \cdot I_{max}^2 \cdot R \cdot \tau, \quad (2.3)$$

Знаючи втрати потужності, можна знайти відповідні втрати потужності:

$$\Delta P = \Delta W / \tau, \quad (2.4)$$

Втрати електроенергії в трансформаторах.

Втрати потужності в трансформаторах складаються з втрат в міді і втрат в сталі. Втрати електроенергії в міді можна визначити по втратах потужності міді $\Delta P_{м ном}$, максимальному навантаженні S_{max} і часу втрат τ , знайденим по кривій залежності $\tau = f(T_{max}, \cos\varphi)$, де $\cos\varphi$ приймають незмінним за певний час (доба, рік і т. д.):

$$\Delta W_m = \Delta P_{м ном} \cdot \kappa_3^2 \cdot \tau, \quad (2.5)$$

де $\Delta P_{м ном} = 4,2$ кВт;

Втрати електроенергії в сталі визначаються втратою потужності на холостому ході ($\Delta P_{st} = \Delta P_{xx}$) і часом перемикання трансформатора T_V :

$$\Delta W_{cm} = \Delta P_{cm} \cdot T_v, \quad (2.6)$$

де $T_v = 8760$.

Сумарні активні втрати електроенергії визначаються за формулою:

$$\Delta W_{mp} = \Delta P_{mном} \cdot \kappa_3^2 \cdot \tau + \Delta P_{cm} \cdot T_v \quad (2.7)$$

2.2 Визначення функції втрати потужності в системах електропостачання

Проектування експерименту включає в себе вибір числа і видів факторів, що впливають на досліджуваний параметр, встановлення нульового рівня і інтервалів їх варіації, вибір матриці планування.

Нульовий і основний рівні позначаються цифрою 0 (це центр проектування експериментів).

Кількісно це значення параметрів, при яких раніше були досягнуті найкращі результати, або поширені в промисловості результати, або результати, отримані в результаті анкетного опитування фахівців, або найбільш вивчені результати.

Верхній рівень (+1) - максимальне значення змінної (X_{max}).

Нижній рівень (-1) - мінімальне значення змінної (X_{min}).

При побудові експерименту прийняте значення незалежної змінної в натуральній формі X замінюється закодованим x . Для закодованого x використовуються наступні:

$$x = \frac{X - X_0}{\Delta X}, \quad (2.8)$$

де: X - натуральне значення змінної;

X_0 - значення змінної на нульовому рівні;

ΔX - інтервал варіації.

$$\Delta X = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2}. \quad (2.9)$$

Відповідно до математичної моделі технологічного об'єкта вибираються коефіцієнти варіації. Вибір коефіцієнтів варіювання величини втрат електроенергії в лініях і трансформаторах наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти зміни втрат електроенергії

Ні За рп ла та	Фактори (параметри)		Умови варіації			Інтервал варіації
			-1	0	+1	
1	Довжина кабелю, м	L	3	9	12	3
2	Площа поперечного перерізу кабелю, мм ²	S	2,5	5	25	2,5
3	Час втрат трансформатора, год	T	2500	3000	3500	500
4	Коефіцієнт навантаження трансформатора	$KЗ$	0,5	0,8	1,4	0,3

Складання матриці планування. Цей вибір пов'язаний з визначенням кількості, типу і порядку експерименту. При вивченні теплотехнічних процесів розрізняють лінійні, нелінійні, квадратичні залежності, знаходження яких пов'язане з використанням повного факторіального експерименту. У випадку з

PFE планування здійснюється на двох рівнях: верхньому «+1» і нижньому «+1», «-1».

Таблиця 2.3 – План експерименту

№ з/П	L , м	S , мм ²	τ , год	k_3	L , м	S , мм ²	τ , год	k_3	ΔW , кВт·год/рік
1	-1	-1	-1	-1	3	2,5	2500	0,5	15498,26
2	1	-1	-1	-1	12	2,5	2500	0,5	34670,85
3	-1	1	-1	-1	3	25	2500	0,5	9746,486
4	1	1	-1	-1	12	25	2500	0,5	11663,74
5	-1	-1	1	-1	3	2,5	3500	0,5	19104,61
6	1	-1	1	-1	12	2,5	3500	0,5	45946,23
7	-1	1	1	-1	3	25	3500	0,5	11052,12
8	1	1	1	-1	12	25	3500	0,5	13736,28
9	-1	-1	-1	1	3	2,5	2500	1,4	33453,26
10	1	-1	-1	1	12	2,5	2500	1,4	52625,85
11	-1	1	-1	1	3	25	2500	1,4	27701,49
12	1	1	-1	1	12	25	2500	1,4	29618,74
13	-1	-1	1	1	3	2,5	3500	1,4	44241,61
14	1	-1	1	1	12	2,5	3500	1,4	71083,23
15	-1	1	1	1	3	25	3500	1,4	36189,12
16	1	1	1	1	12	25	3500	1,4	38873,28

Число дослідів L залежить від числа множників k і визначається за формулою:

$$L = 2^K, \quad (2.10)$$

Експериментальна частина. Отримання вихідної інформації для статичної обробки здійснюється на комп'ютері шляхом реалізації програми відповідно до розробленої математичної моделі.

Вводимо в комп'ютер матрицю планування - Data Fit з урахуванням прийнятих значень параметрів і станів об'єкта управління. Виходячи з розрахункових даних, підбираємо найбільш підходящу модель втрат електроенергії:

$$\Delta W = 30775,12 + 13940 \cdot L - 8627,66 \cdot S + 4077,987 \cdot \tau + 10773 \cdot k_3 + 5176,61 \cdot L \cdot S + 1054,592 \cdot L \cdot \tau - 1437,94 \cdot S \cdot \tau + 1795,5 \cdot \tau \cdot k_3 + 862,766 \cdot L \cdot S \cdot \tau \quad (2.11)$$

Таблиця 2.4 – Параметри впливу на втрати електроенергії

№ з/п	Параметри	Значення
1	L	13940
2	S	-8627,66
3	τ	4077
4	k_3	10773
5	LS	5176
6	$L\tau$	1054
7	$S\tau$	-1437
8	τk_3	1795
9	$LS\tau$	862

Після аналізу отриманої функції будується гістограма, яка дозволяє наочно оцінити вплив кожного з параметрів, а також вплив комбінування цих параметрів на втрати електроенергії.

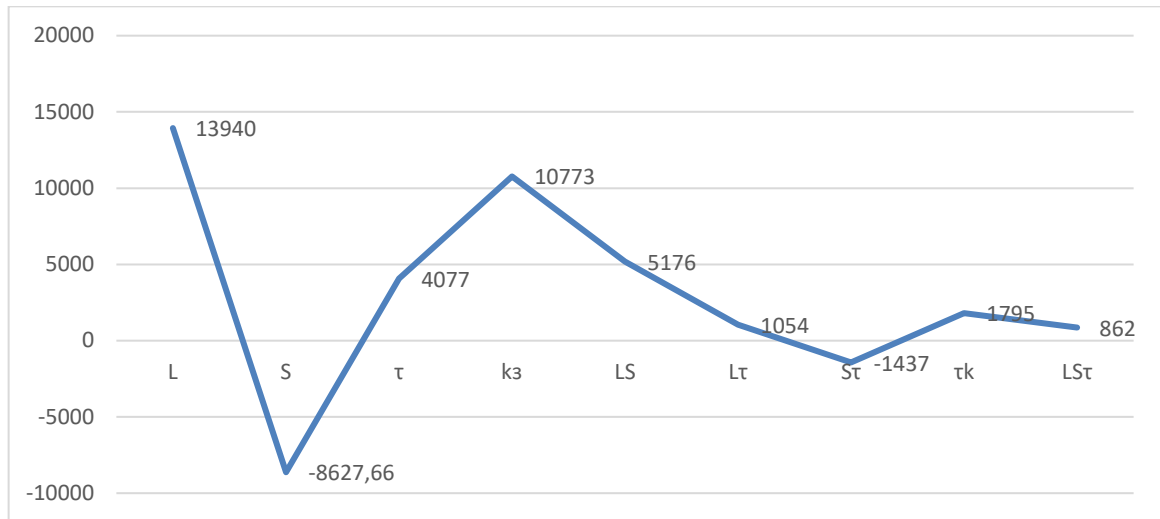


Рисунок 2.3 – Гістограма впливу параметрів на втрати потужності

На рисунку 2.3 видно, що на втрати потужності в системах електропостачання найбільше впливає довжина кабелю і коефіцієнт навантаження трансформатора. Тобто, щоб домогтися зниження втрат електроенергії на промислових підприємствах, необхідно працювати над заходами щодо зменшення довжини кабелю, а також зниження коефіцієнта навантаження трансформатора. Навпаки, площа поперечного перерізу кабелю повинна бути збільшена.

2.3 Аналіз моделі втрат електричної енергії на адекватність

Відповідність прогнозованих втрат електроенергії в системі електропостачання представлено у вигляді:

$$Y_{II}^* = a_0 + a_1 \cdot Y_D, \quad (2.12)$$

Де:
$$a_0 = \bar{Y}_{II} - r_{Y_D Y_{II}} \cdot \sigma_{Y_{II}} / \sigma_{Y_D} \cdot \bar{Y}_D; \quad (2.13)$$

$$a_1 = r_{Y_D Y_{\Pi}} \cdot \sigma_{Y_{\Pi}} / \sigma_{Y_D} . \quad (2.14)$$

де \bar{Y}_{Π} - Середнє значення прогнозованого значення втрат електроенергії

\bar{Y}_D - середнє значення фактичної величини втрат електроенергії;

$r_{Y_D Y_{\Pi}}$ - коефіцієнт кореляції між цими значеннями;

$\sigma_{Y_D}, \sigma_{Y_{\Pi}}$ є стандартними відхиленнями.

Ці значення розраховувалися за такими формулами:

$$r_{Y_D Y_{\Pi}} = \frac{\sum_1^L (Y_D - \bar{Y}_D)(Y_{\Pi} - \bar{Y}_{\Pi})}{L \cdot \sigma_{Y_D} \cdot \sigma_{Y_{\Pi}}} ; \quad (2.15)$$

$$\sigma_{Y_D} = \sqrt{\sum_1^L (Y_D - \bar{Y}_D)^2 / (L - 1)} ; \quad (2.16)$$

$$\sigma_{Y_{\Pi}} = \sqrt{\sum_1^L (Y_{\Pi} - \bar{Y}_{\Pi})^2 / (L - 1)} , \quad (2.17)$$

де: L кількість експериментів.

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.5 – Розрахунок стандартного відхилення

L	Y_{Π}	Y_D	$r_{Y_{\Pi} Y_D}$	σ_{Y_D}	$\sigma_{Y_{\Pi}}$	Y_{Π}^*	$\sigma_{Y_{\Pi}}^*$
1	15498,26	18400,05	0,270251	2256,296	2215,305	63,08027	-11,9274
2	34670,85	31053,95	0,20803	1948,903	1519,697	97,51036	-11,1774
3	9746,486	1144,718	0,131484	1239,188	954,7819	131,9404	-9,17736
4	11663,74	13798,62	0,053917	382,188	520,5609	166,3705	-5,67736
5	19104,61	26556,02	0,014904	70,045	217,0337	200,8006	-3,17736
6	45946,23	39209,93	-0,00046	0,330605	44,20018	235,2307	-1,17736
7	11052,12	9300,692	0,000294	2,866305	2,060429	269,6608	-0,92736

8	13736,28	21954,6	0,00129	7,902005	14,41784	279,7195	-0,67736
9	33453,26	39946,05	0,003757	25,4734	37,93015	289,7783	-0,17736
10	52625,85	52599,95	0,00635	38,0091	72,59738	299,837	0,072645
11	27701,49	22690,72	0,00958	53,0448	118,4195	309,8958	0,322645
12	29618,74	35344,62	0,013449	70,5805	175,3965	319,9545	0,572645
13	44241,61	48102,02	0,004338	74,38764	17,31595	281,2706	0,622645
14	71083,23	60755,93	0,069238	1016,33	322,8153	340,072	5,822645
15	36189,12	30846,69	0,022358	99,33048	344,4077	342,5899	0,922645
16	38873,28	43500,6	0,024105	108,4448	366,699	345,1077	1,022645

Визначаємо a_0 a_1 за формулою (2.13) і (2.14):

$$a_0 = 240,86 - 0,919066 \cdot 87,196 / 90,357 \cdot 237,42 = 37,428;$$

$$a_1 = 0,919066 \cdot 87,196 / 90,357 = 0,952381.$$

Зміст формули (2.12):

$$Y_{\Pi}^* = 37,428 + 0,952381 \cdot Y_{\Delta}.$$

У таблиці 2.5 наведені середні значення прогнозних і фактичних значень втрат електроенергії:

$$- \bar{Y}_{\Pi} = 30950,86,$$

$$- \bar{Y}_{\Delta} = 30945,42.$$

Середньоквадратична абсолютна похибка вимірювань дорівнює:

$$\Delta Y_{\Pi} = t_p \cdot \sigma_{Y_{\Pi}}^* = 1,6444 \cdot 5,248 = 8,6298,$$

де t_p - коефіцієнт Стюдента, який визначається з таблиць відповідного розподілу ($t_p = 1,6448$);

$\sigma_{Y_{II}}^*$ - залишкове стандартне відхилення, яке розраховується за формулою:

$$\sigma_{Y_{II}}^* = \sqrt{\sum_1^L (Y_{II} - \bar{Y}_{II}^*)^2 / (L - 1)} = 5,248.$$

В результаті відносна похибка прогнозу визначається наступним чином:

$$\delta_{Y_{II}} = \frac{|\Delta Y_{II}|}{Y_{II \text{ макс}}} \cdot 100\%.$$

$$\delta_{Y_{II}} = \frac{8,6298}{300} \cdot 100\% = 2,88\% \leq 5\%$$

Результати тестування математичної моделі втрат електроенергії показали, що модель адекватна, з похибкою 2,88%.

2.4 Визначення мінімального значення функції втрат електричної енергії

Для мінімізації функції втрати потужності був використаний багатовимірний метод проектування експерименту. В якості вихідного параметра процесу вибираються втрати електроенергії. Функція згортається за допомогою комп'ютерної програми MatCad.

Mathcad - система комп'ютерної алгебри з класу систем автоматизованого проектування, орієнтована на підготовку інтерактивних документів з розрахунками і візуальним супроводом, що відрізняється простотою

використання і застосуванням для командної роботи. Mathcad був задуманий і спочатку написаний Алленом Раздоу з Массачусетського технологічного інституту (МІТ), співзасновником Mathsoft, яка є частиною РТС (Parametric Technology Corporation) з 2006 року. Mathcad має простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача. Для введення формул і даних можна використовувати як клавіатуру, так і спеціальні панелі інструментів.

Деякі математичні особливості Mathcad (версії до 13.1 включно) засновані на підмножині системи комп'ютерної алгебри Maple (МКМ, Maple Kernel Mathsoft). Починаючи з 14 версії - використовує ядро символів MuPAD. Робота виконується на робочому аркуші, в якому рівняння та вирази відображаються графічно, на відміну від текстової нотації на мовах програмування.

При створенні програмних документів використовується принцип WYSIWYG (What You See Is What You Get). Хоча ця програма в основному орієнтована на непрограмістів, Mathcad також використовується в складних проектах для візуалізації результатів математичного моделювання, за рахунок використання розподілених обчислень і традиційних мов програмування. Mathcad також часто використовується у великих інженерних проектах, де важливе відстеження та відповідність.

Mathcad досить зручно використовувати для навчання, обчислень та інженерних розрахунків. Відкрита архітектура додатків у поєднанні з технічною підтримкою. NET і XML дозволяють легко інтегрувати Mathcad практично в будь-які ІТ та інженерні додатки. Є можливість створювати електронні книги.

$$\begin{aligned}
 f(L, S, \tau, \kappa_3) := & 30775,12 + 13940 \cdot L - 8627,66 \cdot S + 4077,987 \cdot \tau + \\
 & + 10773 \cdot \kappa_3 + 5176,61 \cdot L \cdot S + 1054,492 \cdot L \cdot \tau - 1437,94 \cdot S \cdot \tau + \\
 & + 1795,5 \cdot \tau \cdot \kappa_3 + 862,766 \cdot L \cdot S \cdot \tau
 \end{aligned} \quad (2.18)$$

При початкових середніх значеннях параметрів:

$$L := 10\text{м} \quad S := 5\text{мм}^2 \quad \tau := 3000\text{год} \quad k := 0,8,$$

річні втрати електроенергії становлять $f(L, S, \tau, k_c) = 70\,000$ кВт·год/рік.

Встановивши граничні умови:

$$1 < L < 30$$

$$2.5 < S < 35$$

$$2500 < \tau < 3500$$

$$0.5 < k < 1.4$$

Мінімізація функції:

$$Q := \text{Мінімізація}(f, L, S, \tau, k)$$

$$Q = \begin{pmatrix} 1 \\ 35 \\ 2.5 \times 10^3 \\ 0.5 \end{pmatrix}$$

$$L := Q0 \quad S := Q1 \quad \tau := Q2 \quad k := Q3$$

і отримуємо, що втрати електроенергії складуть $f(L, S, \tau, k) = 23180$ кВт·год/рік.

Мінімізація функції втрат проводиться з метою отримання найбільш прийнятних значень параметрів, при яких втрати потужності будуть найменшими.

3 ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ В УМОВАХ ПРАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»

3.1 Характеристика об'єкта дослідження

ПрАТ «Запоріжвогнетрив» входить до п'ятірки найбільших виробників вогнетривкої продукції в країнах СНД і є найбільшим вогнетривким підприємством України, якому немає рівних за видами і номенклатурою продукції, що випускається, високоякісної продукції - більше 1200 основних марок вогнетривів, неформових матеріалів, бетонних сумішей і мас. Підприємство спеціалізується на виробництві шамотної глини, смоли, магнезії та неформових виробів.

Основними споживачами продукції ПрАТ «Запоріжвогнетрив» є підприємства металургійної, цементної, скляної, хімічної, теплової енергетики країн СНД, Європи, Азії та Африка.

Одним з ключових напрямків роботи компанії є сервіс. В рамках сервісу ПрАТ «Запоріжвогнетрив» виконує наступні роботи:

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

Завдяки контролю всього технологічного ланцюжка - від виробництва вогнетривких виробів до монтажу футерування і сервісного обслуговування, ПАТ «Запоріжвогнепор» забезпечує замовнику підвищену стійкість вогнетривкої кладки.

З 2003 року на ПрАТ «Запоріжнеупорт» впроваджена та успішно функціонує система менеджменту якості, що відповідає вимогам міжнародного стандарту ISO 9001:2022 у сфері розробки, проектування, виробництва, постачання та сервісного обслуговування вогнетривів для металургійної та інших галузей промисловості.

У листопаді 2022 року міжнародні аудитори сертифікаційного органу TÜV Thüringen e.V. провели повторний аудит оцінки відповідності системи менеджменту якості ПрАТ «Запоріжвогнетрив» вимогам ISO 9001:2022. За результатами аудиту орган з сертифікації «TÜV Thüringen e.V.» видав сертифікат відповідності системи менеджменту якості ПрАТ «Запоріжвогнетрив» вимогам міжнародного стандарту ISO 9001:2022 у сфері розробки, проектування, виробництва, постачання та післяпродажного обслуговування вогнетривів для металургійної та інших галузей промисловості.

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

У листопаді 2022 року міжнародні аудитори провели другий наглядний аудит з оцінки відповідності системи енергетичного менеджменту ПрАТ «Запоріжвогнетрив» вимогам міжнародного стандарту ISO 50001. В результаті аудиту системи енергетичного менеджменту компанії було продовжено термін дії сертифіката.

ПрАТ «Запоріжвогнетрив» приділяє особливу увагу технологічному контролю виробництва - від сировини до кінцевого продукту. Вся продукція, що відвантажується споживачам, має сертифікат якості.

На підприємстві розроблена та впроваджена лабораторна система якості, яка відповідає вимогам ДСТУ ISO/IEC 17025:2009, що підтверджується сертифікатом відповідності, виданим Державним підприємством «УкрНДІ промислового розвитку». У червні 2022 року відділом технологічного контролю здійснювався метрологічний нагляд, за результатами якого було підтверджено відповідність системи якості лабораторії вимогам ДСТУ ISO/IEC 17025:2009 в

системі Міністерства економічного розвитку і торгівлі України «Промисловий реєстр» на право проведення випробувань.

3.2 Структура та асортимент виробів підприємства

На ПрАТ «Запоріжвогнетрив» існує 5 основних видів виробництва:

- виробництво магнезії;
- виробництво шамотної глини;
- виробництво вогню;
- виробництво високоглиноземистої сировини;
- виробництво неформованих вогнетривів.

Виробництво магнезії

Виробництво магнезії характеризується широким асортиментом периклазних, периклазо-хромітових, хромопериклазових виробів, які використовуються для футерування мартенівських і електричних сталеплавильних печей, конвертерів, обертових печей, термічних агрегатів. Продукція обпалюється в тунельній печі довжиною 156 м з автоматичним режимом випалу. Пресова дільниця виробництва оснащена гідравлічними пресами німецької фірми «Laeis Bucher».

Одним з перспективних напрямків діяльності ПрАТ «Запоріжвогнетрив» є поліпшення технічних характеристик магнезійних вогнетривів, які, на думку фахівців, в найближчому майбутньому залишаться основним конструкційним матеріалом для футеровки сталеплавильних і металургійних агрегатів. Серед магнезійної продукції, що випускається ПАТ «Запоріжнейпор», особливе місце займають периклазовуглецеві вогнетриви, які дозволяють забезпечити впровадження передових металургійних процесів на провідних підприємствах України та світу.

Шамотне виробництво

Виробництво шамотної глини - це різноманітні вогнетривкі вироби, до яких відносяться ковші, складної і особливо складної форми, вироби загального призначення, фіксатори, центральні труби, воронки і багато іншого. Пресова дільниця виробництва оснащена гідравлічними пресами німецької фірми «Laeis Bucher», механічними пресами SM +1085 і системою люлькових конвеєрів, які забезпечують мультимарочне завантаження на вагони-печі. Виробництво оснащено тунельними печами довжиною 168 м, 165 м і 87 м.

Виробництво обсмажування Шамото

Шамотне виробництво спеціалізується на випуску шамотної продукції, асортимент якої невеликий, але вкрай важливий, так як саме обпалена шамотна глина є основним компонентом вогнетривких виробів, що випускаються підприємством. Основним обладнанням вогнепереробної промисловості є обертові печі.

Виробництво глинозему з високим вмістом глинозему

Вироби з високим вмістом глинозему використовуються для футерування доменних печей, трубопроводів гарячого дуття, позапічної обробки сталі та інших теплових агрегатів кольорової металургії. Вироби високоглиноземного виробництва мають високу міцність і вогнестійкість. Виробництво оснащено механічними пресами вітчизняного виробництва та гідравлічними пресами німецької фірми «Laeis Bucher». Випал здійснюється в тунельній печі довжиною 156 м.

Виробництво неформованих вогнетривів

Виробництво неформованих вогнетривів є відносно новим напрямком діяльності ПрАТ «Запоріжвогнетрив», який є частиною масштабної інвестиційної стратегії підприємства, спрямованої на диверсифікацію виробництва.

Виробнича лінія виробляє вогнетривкі бетонні суміші для металургійної, феросплавної, алюмінієвої та цементної промисловості. Потужність виробничої лінії дозволяє випускати близько 16 тисяч тонн продукції на рік.

Високопериклазо-вуглецеві продукти для кисневих продувних перетворювачів наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Марка	MgO, %	SiO, %	Fe ₂ O ₃ , %
ПУКК-1	92	1,0	1,0
ПУКК-2	92	1,0	1,0
ПУКК-3	92	1,0	1,0
ПУКК-4	92	1,0	1,0
ПУКК-5	93	1,0	1,0
ПУКК-6	93	1,0	1,0
ПУКК-7	91	1,0	1,0

Виробнича лінія оснащена високотехнологічним обладнанням фірм GALICO (Словаччина) та EIRICH (Німеччина), які є світовими лідерами з виробництва сумішей для обладнання.

Виробництво вогнетривкого сухого бетону не передбачає випалу, як в класичній технології виробництва вогнетривких виробів. Це дає значну конкурентну перевагу новим матеріалам, оскільки для їх виробництва не використовується дорогий природний газ.

Із запуском нової виробничої лінії асортимент продукції значно розширився, в першу чергу за рахунок марок теплоізоляційних сумішей ЛПС і УСК-Л, які користуються попитом у споживачів. Дана продукція

використовується при розливанні різних марок сталі, зокрема, для облаштування прес-форм, сталеливарних і промислових ковшів.

Периклазовуглецеві вогнетриви - це необпалені вироби, що утворюються під високим тиском за допомогою вуглецевого зв'язку з маси, що містить периклаз і графіт в різних співвідношеннях. Наявність вуглецю значно підвищує шлакостійкість периклазових вогнетривів при їх експлуатації за рахунок уповільнення проникнення шлакового розплаву у вогнетрив. Зі збільшенням вмісту графіту зростає шлакова і жаростійкість, але знижується механічна міцність і стійкість до окислення. В процесі експлуатації відбувається окислення графіту, що негативно позначається на стійкості вогнетриву матеріалу і є основним недоліком цих виробів. Для запобігання окислення в шихту додають різні присадки: карбід кремнію, кремній, алюмінієвий, магнієвий порошок та ін. Ці добавки окислюються швидше, ніж вуглецеві зв'язки і графіт, а утворення оксидів призводить до ущільнення структури, зниження пористості і газопроникності вогнетриву.

Використовується спечений або плавлений периклаз. Плавлені периклазові вироби мають більш високу корозійну стійкість. Сировина (плавлений або спечений периклаз, графіт, Si, C, Al, Mg, фенол, рідкий бакеліт) змішують і отриману масу пресують під тиском не менше 100 МПа. Отриману продукцію сушать при температурі понад 150°C. Периклазовуглецеві вогнетриви використовуються для футерування кисневих конвертерів, сталеливарних ковшів при позапічній обробці.

Вогнетриви з карбиду кремнію (карборунд). У минулому ці вогнетриви також називали вуглецевими вогнетривами, оскільки вони містять вуглець, хоча і неявно. Зараз вони виділені в самостійний тип, який включає в себе дві групи: карбід кремнію і карбід кремнію. До першої групи належать вогнетриви, що містять SiC в кількості понад 70%, до другої – від 15 до 70%.

Карбід кремнію виробляють синтетичним шляхом з використанням кварцових пісків з вмістом SiO₂ не менше 98,5% і малозольного антрациту і коксу. При температурі 2000-2200°C між ними відбувається реакція

Шихта виготовляється з піску (45-60%), коксу (34-44%), тирси (3-11%) і кухонної солі (до 8%). Тирса розпушують шихту, полегшуючи видалення CO, NaCl пов'язує домішки, що містяться в шихті, в хлориди. Карбід кремнію не плавиться, а розкладається при нормальному тиску і температурі 2050°C. Його істотним недоліком є окислення, що обмежує його використання в якості вогнетриву. Але на його основі виробляють ряд вогнетривів на мінеральній зв'язці (глина, муліт, кремнезем і ін.), Без зв'язку (самозв'язані), на органічному зв'язку (смола, смола), його використовують для підвищення експлуатаційних властивостей шамотної глини, динасу і ін.

Самоскріплені вироби отримують шляхом випалу сировини, що складається з SiC і графіту, в електричних печах опору з вугільним нагрівачем в атмосфері парів кремнію при температурі 2050 ° C або у вакуумі при температурі 1500 °C. У процесі випалу пари кремнію взаємодіють з вуглецем шихти і утворюється карбід кремнію, який пов'язує зерна вихідного карборунду в щільне тіло. Такі вироби можна скласти практично повністю, до 98%, з карборунду.

Карборундові маси застосовують для виготовлення електронагрівачів печей опору, плит муфельних печей.

Графітові шамотні вогнетриви виготовляються з графіту, шамотної і вогнетривкої глини за технологією шамотних вогнетривів, із застосуванням пластичного і напівсухого пресування. Після перемішування і зволоження до 20-25% компонентів (20-50% графіту, 10-40% шамотної глини, 20-40% глини) масу пропускають через стрічкові преси для досягнення рівномірного розподілу графіту, потім витримують протягом 10-20 діб. Для підвищення пластичності його знову пропускають через стрічкові преси 2-3 рази і потім формують вироби. Потім їх сушать і обпалюють при температурі 1250-1350°C.

При напівсухому способі виробництва отриману таким чином заготовку висушують і подрібнюють. З отриманого порошку готують нову масу вологістю 7-8% і пресують з неї продукт під тиском до 30 МПа. Їх сушать і обпалюють. Шамотно-графітові вогнетриви характеризуються наступними властивостями:

антипірен до 1900°C (1580-1770°C);

температура початку деформації під навантаженням 1380-1490°C (1250-1400°C);

Термостійкість, ВТС до 50.

Шамотна глина використовується для виготовлення тиглів, сталевих розливних стаканів, стопорних пробок.

4.3 Аналіз існуючої системи електропостачання об'єкта

3.3.1 Система електропостачання

Система електропостачання - це сукупність електроустановок, з'єднаних єдиним процесом виробництва, передачі, перетворення і розподілу електричної енергії споживачам.

1. Взаємозв'язок між конструкцією обладнання та прес-формами заготовок, що випускаються, порівняно невеликий. На одних і тих же технологічних агрегатах в таких цехах можна виробляти різноманітні заготовки без істотної переналагодження, схожі між собою тільки в необхідному класі точності виготовлення і припусках на подальшу обробку.

2. Стабільна повторюваність технологічних процесів і окремих операцій. Технологічні операції, що виконуються в заготівельних цехах, відрізняються невеликою номенклатурою і односпрямованим зв'язком між собою. У цехах підприємства технологічні процеси протікають з ще більш короткою фазою, завдяки чому в заготівельних цехах створюються сприятливі умови для забезпечення прямолінійності процесів і впровадження потокових методів виробництва.

3. Підвищені вимоги до забезпечення якості, якості виготовлення заготовок безпосередньо впливають на витрати на складальних ланках виробництва і тому повинні бути максимально високими. У зв'язку з цим

особливе значення в заготівельному виробництві має суворе дотримання технологічної дисципліни і систематичне виконання різних організаційно-технічних заходів.

4. Високий рівень шкідливого впливу на навколишнє середовище. Виробництво характеризується низьким рівнем температури, шумовим впливом на навколишнє середовище і незначними обсягами шкідливих викидів в атмосферу. У зв'язку з цим такі виробництва, як правило, не виносяться в окремі будівлі, по відношенню до переробних і складальних цехів, розташовуються за вітром, і характеризуються підвищеною увагою до забезпечення безпеки працівників.

Виробнича структура ділянки включає в себе основний і допоміжний цехи, склади, офісні та побутові приміщення.

Цех оснащений технологічним обладнанням - відрізними верстатами, зварювальними автоматами, болгарками та іншими.

Відрізні верстати - це верстати для різної обробки заготовок, в основному шляхом видалення стружки. Крім основної робочої операції, пов'язаної зі зміною форми і розмірів заготовки, верстатам необхідно виконувати допоміжні операції по зміні заготовок, їх затиску, вимірювання, зміни ріжучого інструменту, контролю за його станом і станом всього стану.

Зварювальні напівавтомати конструктивно складаються зі зварювального випрямляча та живильника і прості в експлуатації. Особливістю зварювальних напівавтоматів є зварювання металів спеціальним зварювальним дротом, яка автоматично надходить по шлангу до місця зварювання. Зварювальні напівавтомати дозволяють зварювати дуже тонкий метал.

Апарати для контактного зварювання дозволяють уникнути деформації металу за рахунок його нагрівання і тому широко використовуються при зварюванні тонколистового металу. Точкове зварювання опором застосовується для з'єднання деталей кузова автомобіля, шовне зварювання застосовується при виготовленні невеликих тонких металевих ємностей, вентиляційних труб, стикове зварювання застосовується для стикових з'єднань прутків і труб.

За даними EIR, електроприймачі за рівнем безперебійного електропостачання за надійністю належать до II та III категорій. Електроприймачі працюють в повторюваному – короткочасному (RPM) і тривалому режимах.

Навколишнє середовище ділянки нормальне – сухе приміщення, в якому відсутні ознаки, властиві жаркому, запиленому і приміщенням з хімічно активним середовищем.

Електроприймач - це електроустановка, яка є елементом мережі електропостачання і підключається до джерела живлення в окремій точці мережі.

До мереж електропостачання належать лінії електропередачі, кабельні та повітряні лінії, трансформатори.

За надійністю електропостачання механічна установка відноситься до 2-ї категорії. До них відносяться електроприймачі, відключення живлення яких призводить до масового пошкодження або простою обладнання. Рекомендується живлення від двох незалежних джерел, але вони можуть житися від однострансформаторної підстанції, якщо в наявності є резервний трансформатор.

Розрахунок електричних навантажень - одна з найскладніших і відповідальних завдань при проектуванні систем електропостачання об'єктів. Він дозволяє підбирати елементи системи електропостачання відповідно до допустимого тривалого нагріву, перевіряти значення допустимих відхилень і коливань напруги і т.д.

В ході розрахунку визначаються наступні види електричного навантаження: середнє розрахункове навантаження і пікове навантаження [1]. Для визначення потужності і втрат електроенергії в елементах системи електропостачання доцільно визначити середньоквадратичне навантаження.

Для розрахунку навантажень використовуються: схема електричної мережі, номінальна активна потужність приймачів електроенергії (PE), середньозважені коефіцієнти потужності \cos , ϕ коефіцієнти використання K_v , тривалість перемикання, кратність збільшення номінального навантаження в пусковому режимі.

Розрахунок електричного навантаження освітлювальної мережі. На промислових підприємствах близько 10% споживаної електроенергії витрачається на електричне освітлення. Освітлювальні мережі живляться цехом ТКС вторинною напругою 0,22 і 0,38 кВ.

Правильний вибір джерела світла та світильників має вирішальне значення для продуктивності, економічності та надійності освітлювальних установок.

Лампи розжарювання є тепловим джерелом світла. Переваги ламп розжарювання: широкий асортимент ламп по потужності, напрузі, умовам використання; Пряме підключення до мережі без додаткової незалежності приладів від зовнішнього середовища, в тому числі температури; Компактний; Відносна стабільність світлового потоку (інерція випромінювання). До недоліків можна віднести низьку світловіддачу; обмежений термін служби; переважання в спектрі жовто-червоного випромінювання; Висока залежність світлового потоку і терміну служби від напруги.

Газорозрядні джерела світла широко використовуються для освітлення виробничих, адміністративних і побутових приміщень, приміщень адміністративних, освітніх, наукових організацій, зовнішнього освітлення і багато чого іншого. Газорозрядні джерела світла мають такі особливості: вони підключаються до мережі через баластну апаратуру контролю і (за винятком ксенонових ламп) через баластний опір (активний, індуктивний або ємнісний); викликають високочастотні коливання в мережі, що створюють радіоперешкоди; Чутливий до низької напруги. Зниження напруги до 90% від номінальної може призвести до згасання ламп, при цьому повторне запалювання (крім трубчастих люмінесцентних ламп) відбувається через 8-10 хвилин після відновлення напруги; Світловий потік дугових ламп змінного струму коливається з подвоєною частотою, що викликає коливання освітленості і викликає стробоскопічний ефект.

Залежно від виду інертного газу, яким заповнені лампи, вони можуть бути: ртутними, натрієвими, ксеноновими. Серед газорозрядних ламп найбільш поширені ртутні лампи, до них відносяться:

- лампи низького тиску $1 \div 1,5$ Па люмінесцентні;
- високого тиску $0,3 \div 1,5$ МПа – це ртутно-дугові лампи.

При проектуванні мереж електропостачання цеху необхідно дотримуватися таких вимог:

- необхідно використовувати раціональну схему електропостачання, що враховує специфіку розташування електроприймачів, їх підключення в технологічному процесі з метою забезпечення мінімальних втрат електроенергії в елементах цехової мережі;

- необхідно забезпечити надійність електропостачання приймачів відповідно до їх вимог до надійності згідно з ЕІР;

- необхідно забезпечити можливість раціональної експлуатації цехових мереж, а також можливість заміни елементів цехових мереж у разі зміни технологічного процесу;

- Забезпечити, наскільки це можливо, мінімальні витрати цехових мереж на експлуатацію та монтаж.

Мережі цехів включають в себе наступні елементи:

- ПТС, призначені для зниження напруги від рівня внутрішньозаводської розподільчої мережі до рівня напруги цехової мережі (10/0,4; 6/0,4);

- цехова мережа електропостачання – ділянка цехової мережі від шин розподільчих пристроїв 0,4 кВ трансформаторної підстанції до електроприймачів, що живляться від шин розподільчих пристроїв 0,4 кВ;

- розподільні мережі, включаючи перетин мереж від розподільчих пунктів до електроприймачів.

Вибір ПТС полягає у визначенні його місця розташування і кількості трансформаторів [2]. ОВ фургон може бути виконаний 3 способами: вбудованим в приміщення; ПТС підключеного типу; Від'єднаний ОВ фургон.

На рисунку 3.1 представлений ситуаційний план з розміщенням основного і додаткового обладнання.

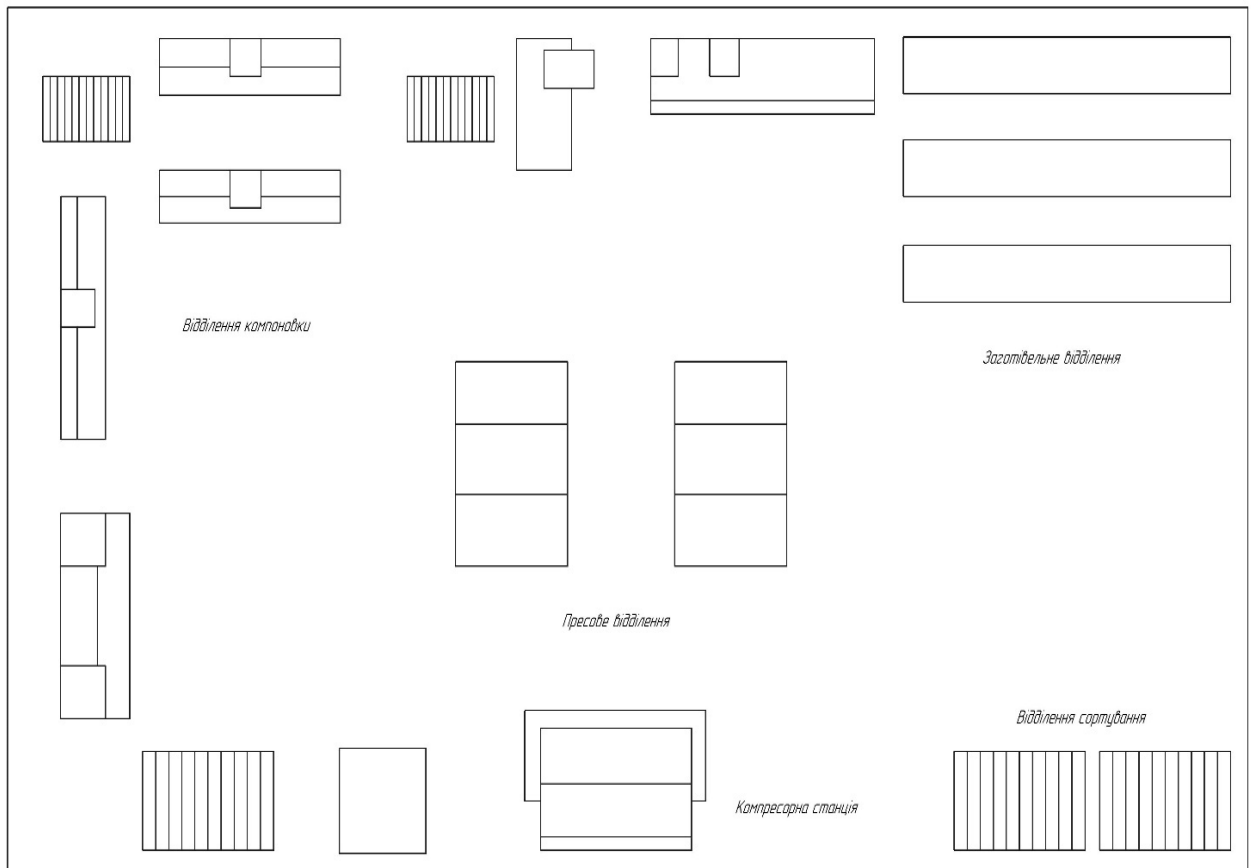


Рисунок 3.1 – Ситуаційний план з розміщенням основного і додаткового обладнання

3.3.2 Внутрішні електричні мережі

Електричні мережі всередині об'єкта виконуються за основною, радіальною і змішаною схемами.

Радіальні схеми розподілу електроенергії застосовуються, коли приймальні точки розташовані в різних напрямках від енергоцентру. Вони можуть бути одно- або двоступеневими. На невеликих об'єктах і для харчування великих концентрованих споживачів застосовують одноступінчасті схеми. Двоступеневі радіальні схеми виготовляються для великих і середніх об'єктів з підрозділами, розташованими на великій площі. На двотрансформаторних підстанціях живлення кожного трансформатора здійснюється від окремої лінії за

схемою лінійно-трансформаторного блоку. Пропускна здатність агрегату в післяаварійному режимі розраховується виходячи з категоризації конкретних споживачів. У випадку з односторонніми підстанціями взаємне резервування електропостачання малих груп приймачів першої категорії здійснюється за допомогою кабельних або шинних перемичок при вторинній напрузі між сусідніми підстанціями. Радіальні ланцюги характеризуються тим, що від джерела живлення відгалужуються лінії, що живлять великі електроприймачі або групові розподільні пункти, від яких, в свою чергу, відгалужуються лінії, що живлять інші невеликі електроприймачі.

Переваги радіальних схем:

- забезпечувати надійність електропостачання;
- Елементи автоматики прості в застосуванні.

Недоліки: високі витрати на монтаж розподільних пунктів і прокладку кабелів і проводів.

Магістральні ланцюги напругою від 6 до 10 кВ використовуються для лінійного розміщення підстанцій на території об'єкта, коли лінії від енергоцентру до приймальних точок можуть бути прокладені без значних зворотних напрямків. Магістральні схеми виготовляються в одно- і двосторонньому, односторонньому і двосторонньому живленні.

Поодинокі магістралі застосовуються, коли відключення одного споживача викликає необхідність відключення всіх інших споживачів. Надійність одномагістральної схеми може бути підвищена, якщо електричні підстанції або трансформаторні підстанції розташовані таким чином, щоб можна було зробити часткове резервування по низьковольтних з'єднаннях між сусідніми підстанціями.

Схеми з подвійними («прохідними») магістралями використовуються для живлення критичних і технологічно взаємопов'язаних споживачів одного об'єкта.

Одинарні і подвійні мережі з двостороннім електропостачанням («зустрічні мережі») застосовуються при живленні від двох незалежних джерел,

необхідних умовами забезпечення надійності електропостачання споживачів першої і другої категорій.

Змішані схеми електропостачання, що поєднують в собі принципи роботи радіальної і основної систем розподілу електроенергії, найбільш поширені на великих об'єктах. Ступінь надмірності визначається категоризацією споживачів. Споживачі першої категорії повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних джерел. В якості другого джерела живлення можуть використовуватися секційні шини електростанцій або підстанцій, а також перемички в мережах для зниження напруги, якщо вони живляться від найближчого розподільного пункту.

Переваги магістральних схем:

- не вимагають установки розподільного щита на підстанції;
- він надійний для електропостачання споживачів першої, другої та третьої категорій.

Недоліки магістральних ланцюгів: пошкодження магістралі призводить до відключення всіх споживачів, що живляться від неї.

Для даного проекту ми вибрали радіальну схему електропостачання, так як її перевага полягає в забезпеченні високої надійності електропостачання і в даній схемі можна легко використовувати елементи автоматики. Також радіальна схема проста і зрозуміла, що підвищує її експлуатаційну надійність, а також можливість легкої адаптації схеми до мінливих умов експлуатації, як в експлуатації, так і при розширенні станції, можливість ремонту радіочастотного обладнання без порушення нормальної роботи з'єднань.

3.4 Енергетичний баланс підприємства

Метою розробки енергетичних балансів є підвищення ефективності використання всіх видів палива та енергії в промисловості. За допомогою

енергетичних балансів можна визначити та проаналізувати фактичний стан використання енергетичних ресурсів, встановити причини та наслідки нераціонального використання енергії, розробити організаційно-технічні заходи, спрямовані на зменшення втрат паливно-енергетичних ресурсів тощо.

Енергетичні витрати виробництва наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Енерговитрати на виробництво

Енергоносій	Споживання, нат.од.	Витрати за 2023 рік, грн	%
Технічна вода	3900	11700	8,2726
Питна вода	712	7832	5,5377
Природний газ	4227	30434,4	21,519
Електрика для обладнання	37914	60662,4	42,892
Електрика для освітлення	12625	20200	14,283
Кисень	124	2,7	0,0019
Вентиляції	6625	10600	7,4948

На рисунку 3.2 показаний баланс витрат на енергоносії.

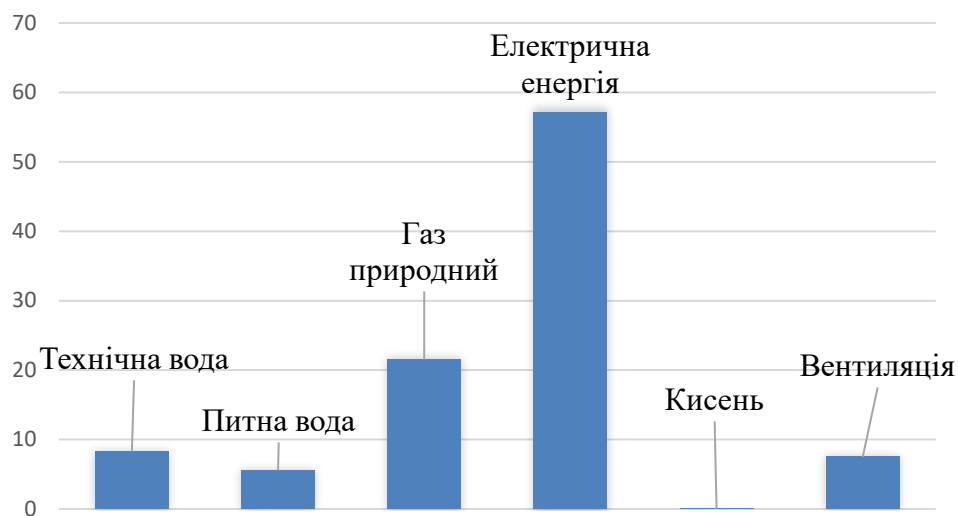


Рисунок 3.2 – Баланс енерговитрат

Енергетичний баланс споживання електроенергії та її витрат за окремими підрозділами складається на основі інформації про фактичне споживання електроенергії за минулий рік для галузей, які не змінилися і не планують змінювати обсяги виробництва більш ніж на 20-30% у найближчі роки. Енергетичний баланс може бути складений на основі даних споживання електроенергії різними технологічними навантаженнями, енергоємними споживачами і окремими підрозділами підприємства.

Енергетичні витрати виробництва наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Енергоспоживання виробництва

Тип обладнання	Споживання, кВт·год	Витрати за 2022 рік, тис. грн	%
FR-226	2636,875	4219	4,6
SC550PS	2992,5	4788	5,2
SDT 275	2713,125	4341	4,7
СК-412	3063,75	4902	5,4
KD-305	2164,375	3463	3,8
КМ-213	3140	5024	5,5
СА-601	2865,625	4585	5,0
ТК-501	3841,25	6146	6,7
Компресорне обладнання	14496,25	23194	25,4
Вентиляція	6625	10600	11,6
Освітлення	12625	20200	22,1
Всього	57163,75	91462	100

З точки зору енергетичного балансу витрат на енергоносії ми бачимо, що найбільші витрати витрачаються на електроенергію, обладнання та газ.

Основне обладнання сайту можна представити таким чином:

1. ТК-501 - Одноголовий зварювальний апарат Yılmaz - Зварювання під кутом від 35° до 180° Потужність 15 кВт Витрата повітря 35 л/цикл Напруга живлення 220 В / 50 Гц Тиск повітря 6-8 атм Розміри 780 × 850 × 1400 мм Вага 230 кг;

2. ТК-505 - Одноголовий зварювальний апарат Yılmaz - Зварювальний апарат Yılmaz призначений для зварювання з товщиною шва 0,2 мм на лицьових поверхнях профілю. Технічні характеристики: напруга 220В; частота 50 Гц; потужність 1,5 кВт; витрата повітря 6-8 атм;

На рисунку 3.3 показаний баланс витрат на енергоносії.

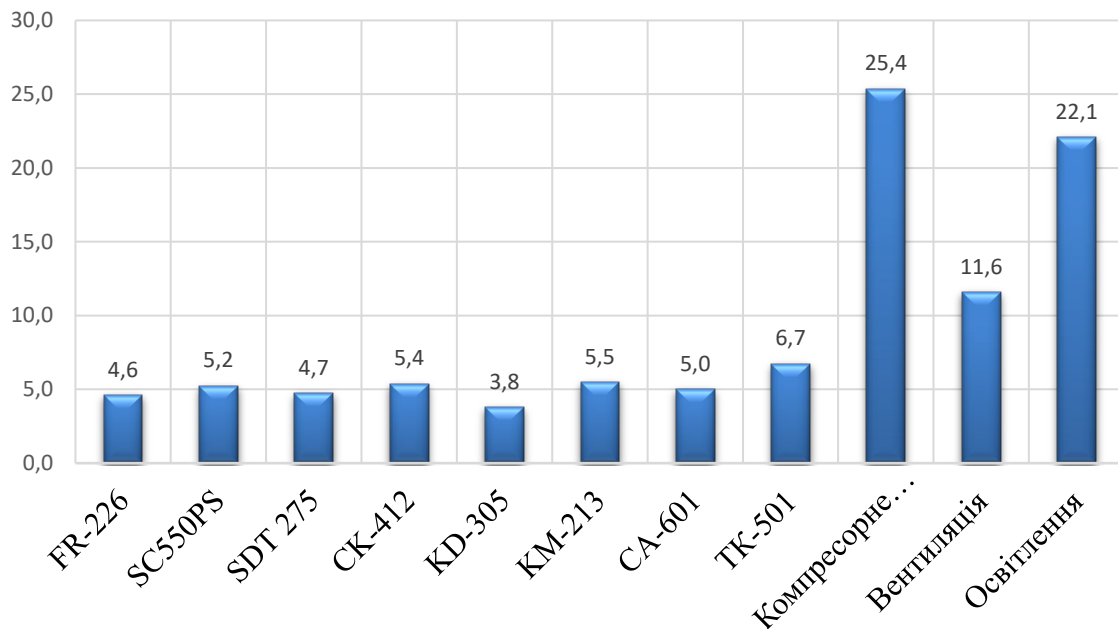


Рисунок 3.3 – Баланс витрат на енергоносії

3. ST-263 - Канальний фрезерний верстат Yılmaz - YILMAZ ST 263 призначений для фрезерування в двох або трьох напрямках під різними кутами. Автоматично центрується по осі. Цикл обробки автоматичний, починається з однієї кнопки. Двигун вибирається за допомогою перемикача. Специфікації: Однофазний двигун 3 × 0,6 кВт - 220 В - 50 Гц 10000 об/хв Габарити: 500 × 510 × 1 380 мм;

4. F270 АВ678 Поршневий компресор з ремінним приводом -
 Продуктивність: 650 л/хв Потужність двигуна, кВт: 40.0 Кількість циліндрів: 2/2
 Об'єм ресивера: л: 270 Тиск бар: 10, напруга 380В;

5. Компресор ВП2-10/9 - Витрата, 10 м³/хв. Потужність, 75 кВт

3.5 Техніко-економічне обґрунтування втрат електроенергії в системах електропостачання цеху

3.5.1 Розрахунок втрат потужності в трансформаторах

Розрахуємо потужність і втрати енергії в трансформаторах на основі даних, наведених у таблиці 3.4.

Річні втрати активної енергії в трансформаторах визначаються за формулою:[3]

$$\Delta W_{mp} = n \cdot \Delta P_x \cdot T_n + \frac{1}{n} \cdot k_{з.т}^2 \cdot \Delta P_{кз} \cdot T_{роб}, \quad (3.1)$$

де ΔP_x , $\Delta P_{кз}$ - втрати непрацюючих і короткозамкнених трансформаторів, кВт;

n - кількість трансформаторів;

$k_{з.т}$ - коефіцієнт навантаження трансформатора;

T_n - Річний час перемикання трансформаторів, годин;

$T_{роб}$ - Річний час роботи трансформаторів під навантаженням, годин.

Коефіцієнт навантаження трансформаторів визначається за формулою:

$$k_{з.т} = I_{ср} / I_n, \quad (3.2)$$

де I_{cp} - середній струм, А;

I_H - Низький номінальний струм плати, А.

Таблиця 3.4 – Паспортні дані трансформаторів

Тип трансформатора	Номінальна потужність, кВ·А	$U_{ном}$, кВ		$U_{к.з.}$, %	$I_{х.х.}$, % $I_{ном}$	Втрати, кВт	
		ВН	НН				
ТМЗ-250/10	250	10	0,4	6,5	1,6	1,15	5,4
ТМЗ-630/10	630	10	0,4	5,5	1,63	1,25	7,9
ТМЗ-1000/10	1000	10	0,4	5,5	1,7	1,9	12,2

Знайдіть струм навантаження:

$$I_H = S / \sqrt{3} \cdot U_{H2} \quad (3.3)$$

$$I_H = 1000 / \sqrt{3} \cdot 0,4 = 1443,37 \text{ А}$$

За звітний період (рік) було витрачено:

- активної енергії $E_a = 1818$ тис. кВт·год.
- реактивної енергії $E_p = 1363,5$ тис квар·год.

Для заводу річний час включення трансформаторів:

$$T_n = 8760 \text{ годин};$$

$$T_{роб} = 6024 \text{ годин}.$$

Знайдемо середній струм:

$$I_{cp} = \sqrt{E_a^2 + E_p^2} / \sqrt{3} \cdot U_{H2} \cdot T_{роб} \quad (3.4)$$

$$k_{3,m} = 544/1443,37 = 0,38.$$

Визначимо активні втрати в трансформаторі:

$$\Delta W_{mp} = 2 \cdot 2,45 \cdot 8760 + 0,38^2 \cdot 12,2 \cdot 6024 = 48230 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Річні втрати реактивної потужності:

$$\Delta W_{mp.p.} = \Delta Q_{xx} \cdot T_n + k_{3,m}^2 \cdot \Delta Q_{кз} \cdot T_p \quad (3.5)$$

де ΔQ_{xx} та $\Delta Q_{кз}$ - втрати реактивної енергії,

$$\Delta Q_{xx} = 1000 \cdot 1,4 / 100 = 14 \text{ квар}$$

$$\Delta Q_{кз} = 1000 \cdot 5,5 / 100 = 55 \text{ квар}.$$

$$\Delta W_{mp.a.} = 14 \cdot 8760 + 18 \cdot 0,38^2 \cdot 6024 = 170482 \text{ квар/рік}.$$

3.5.2 Розрахунок втрат потужності в лініях

Втрати активної та реактивної потужності та електроенергії за відповідний розрахунковий період визначаються за формулами відповідно. [3]

$$\Delta P_l = 3 \cdot K_\phi^2 \cdot I_{сер}^2 \cdot l \cdot BE \cdot 10^{-3} \cdot T_p \quad (3.6)$$

$$\Delta Q_l = 3 \cdot k_\phi^2 \cdot I_{сер}^2 \cdot l \cdot X_e \cdot 10^{-3} \cdot T_p \quad (3.7)$$

де R_e – еквівалентний лінійний активний опір, Ом;

X_e - еквівалентний опір лінії, Ом.

$I_{сер}$ - середнє значення струму в рядку за типовий день, А:

$$I_{сер} = W_a / T_p \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_{св} \quad (3.8)$$

де $\cos \varphi_{св}$ – середньозважений коефіцієнт потужності;

W_a - Активне споживання електроенергії за розрахунковий період, за 2023 рік $W_a = 78,2$ млн кВт·год.

$$I_{сер} = 1818000 / 6024 \cdot \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 = 5,7 \text{ А.}$$

Для обчислення форм-фактора лінійного графіка навантаження розглянемо Щоденний графік завантаженості майстерні станом на 12.12.2023 р.

K_ϕ – коефіцієнт форми графіка навантаження на лінію:

$$K_\phi = P_{ср.кв} / P_{ср} ; \quad (3.9)$$

де $P_{ср}$ - середньої потужності,

$P_{ср.кв}$ - середньоквадратична потужність,

$$P_{ср.кв} = \sqrt{\Sigma(P_{ср}^2 \cdot \Delta t) / T} \quad (3.10)$$

K_ϕ – коефіцієнт форми графіка навантаження на лінію:

$$K_\phi = P_{ср.кв} / P_{ср} ; \quad (3.11)$$

де $P_{ср}$ - середньої потужності,

$P_{ср.кв}$ - середньоквадратична потужність.

Добовий графік споживання активної потужності цехом наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Добовий графік споживання активної потужності цехом станом на 12.12.2023

Години	Потужність, кВт
00:00-01:00	280
01:00-02:00	280
02:00-03:00	280
03:00-04:00	280
04:00-05:00	280
05:00-06:00	280
06:00-07:00	280
07:00-08:00	640
08:00-09:00	1040
09:00-10:00	1300
10:00-11:00	1420
11:00-12:00	1360
12:00-13:00	1550
13:00-14:00	1600
14:00-15:00	1500
15:00-16:00	1230
16:00-17:00	1150
17:00-18:00	1220

$$P_{cp.kv} = \sqrt{\Sigma(P_{cp}^2 \cdot \Delta t) / T} \quad (3.12)$$

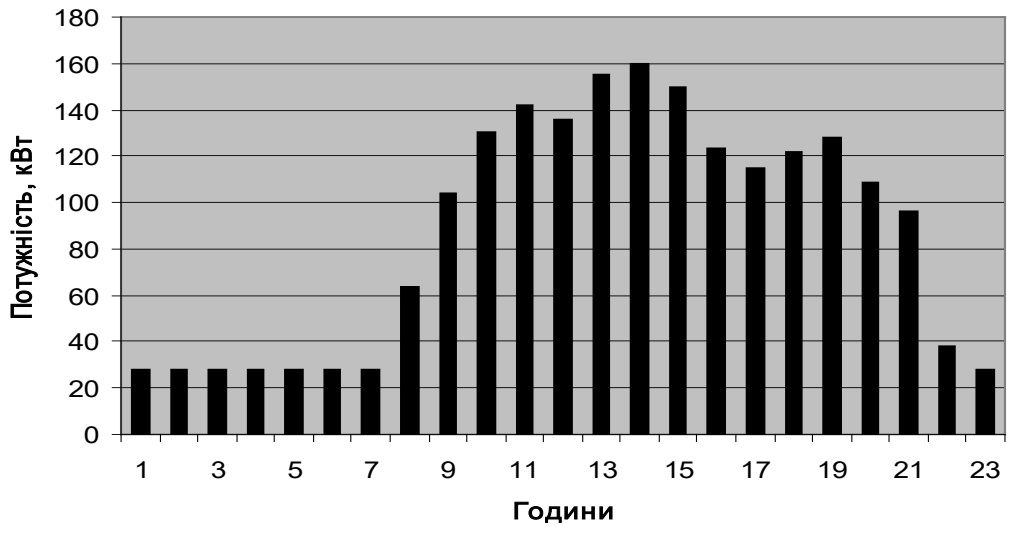


Рисунок 3.4 Добовий графік споживання активної потужності станом на 12.12.2023 р.

$$P_{cp} = P_{cp\Sigma} / t_{роб} \quad (3.13)$$

$$P_{cp.кв.} = 98,11 \text{ кВт.} \quad (3.14)$$

То

$$K_{\phi} = 98,11 / 83,16 = 1,1.$$

Цех живиться від двох кабельних ліній АВВГ 370+125 протяжністю 0,05 км.··

Втрати активної потужності в лінійці АВВГ 370+125:··

$$\Delta P_{л} = 3 \cdot 1,1^2 \cdot 57,32^2 \cdot 0,05 \cdot 0,46 \cdot 10^{-3} \cdot 6024 = 1652,4 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік};$$

Втрати реактивної потужності в лінійці АВВГ 370+125:··

$$\Delta Q_{л} = 3 \cdot 1,1^2 \cdot 57,32^2 \cdot 0,05 \cdot 0,364 \cdot 10^{-3} \cdot 6024 = 1307,6 \text{ квар} / \text{рік}.$$

Визначаємо втрати потужності в розподільчій мережі, кВт:

$$\Delta P_i = n_{KL} \cdot 3 \cdot I_{роз}^2 \cdot r_0 \cdot l \cdot 10^{-3}, \quad (3.15)$$

де r_0 - Питомий опір кабельної лінії, Ом/км;

$I_{роз}$ - розрахунковий струм в кабельній лінії розподільної мережі, А;

l – довжина кабельної лінії, км;

n_{KL} - Кількість кабельних ліній, шт.

Визначення втрат потужності в кабельній лінії 10 кВ представлено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 Визначення втрат потужності в КЛ 10 кВ

Найменування КЛ	Марка та перетин каб., мм ²	Довжина, км	r_0 , Ом/км	Варіант I		Варіант II		Варіант III	
				$I_{роз}$, А	ΔP , кВт	$I_{роз}$, А			
РУ-КТП1	ААШВ 3х150	0.4	0.165	92.5	3.39	99.7	3.94	108.4	4.96
РУ-КТП2	ААШВ 3х35	0.2	0.894	36.1	0.87	36.1	0.87	51.4	2.51
РУ-КТП3	ААШВ 3х35	0.1	0.894	41.6	0.46	52.6	0.78	64.7	1.12
РУ-КТП4	ААШВ 3х35	0.1	0.894	24.8	0.33	26.2	0.55	36.4	0.71
РУ-КТП5	ААШВ 3х35	0.1	0.894	8.5	0.07	18.5	0.33	18.5	0.33

Розрахунковий струм в кабельній лінії визначається за такою формулою: А:

$$I_{роз} = \sqrt{P_{роз}^2 + (Q_{роз} - Q_{HKY})^2} / \sqrt{3} \cdot U_c \quad (3.16)$$

де $P_{роз}$ - Розрахункове активне навантаження кабельної лінії, кВт;

$Q_{роз}$ - Розрахункове реактивне навантаження кабельної лінії, квар;

Q_{HKY} – сумарна номінальна потужність компенсуючих пристроїв, квар;

U_c - Номінальна напруга кабельної лінії, кВ.

3.5.3 Розрахунок втрат в асинхронних двигунах

Сумарні втрати активної потужності двигуна визначаються за формулою:[5]

$$\Delta P_{\text{сум}} = [Q_{xx} \cdot (1 - K_n^2) + K_n^2 \cdot Q_n] \cdot K_{i.n} + \Delta P_{xx} + K_n^2 \cdot \Delta P_{\text{в.н.}}, \quad (3.17)$$

де $Q_{xx} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{n.x}$ реактивна потужність, споживана двигуном від мережі при номінальному навантаженні, квар;

U_n - номінальна напруга, В;

$I_{n.x}$ - струм електродвигуна, А;

$K_n = P_{\text{ср}} / P_n$ - Коефіцієнт навантаження електродвигуна

$P_{\text{ср}}, P_n$ - середнє навантаження і номінальна потужність електродвигуна, кВт;

$Q_n = P_n / \eta_n \cdot \text{tg} \varphi_n$ - реактивна потужність електродвигуна при номінальному навантаженні, квар;

η_n - ККД електродвигуна при номінальному навантаженні;

$\text{tg} \varphi_n$ - Вихід від номінального коефіцієнта потужності електродвигуна;

$\Delta P_{xx} = P_n \cdot (1 - \eta_n) \cdot \gamma / [\eta_n \cdot (1 + \gamma)]$ - втрата активної потужності на холостому ходу електродвигуна, кВт;

$\Delta P_{\text{в.н.}} = P_n \cdot (1 - \eta_n) / [\eta_n \cdot (1 + \gamma)]$ - Збільшення втрат активної потужності в електродвигуні при 100% навантаженні, кВт

$\gamma = \Delta P_{xx} / [(100 - \eta_n) \cdot \Delta P_{xx}]$ - розрахунковий коефіцієнт, який залежить від конструкції електродвигуна.

3.6 Визначення потенційної економії енергоресурсів на об'єкті

Узагальнимо вихідні дані для розрахунку та результати застосування моделі за таблицями 3.7 та 3.8.

Таблиця 3.7 – Річне споживання електроенергії

№	Найменування	Встановлена потужність, кВт	Час роботи, години	Кв	Річне споживання електроенергії, $10^3 \cdot \text{кВт} \cdot \text{год}$
1	2	3	4	5	6
1	Різальні верстати	20	4000	0,17	13,6
2	Токарні верстати та каруселі	56	4000	0,17	38,08
3	Роликові потокові машини	56	4000	0,8	179,2
4	Зварювальні перетворювачі	36	4000	0,8	115,2
5	Токарно-гвинторізні верстати	168	4000	0,7	470,4
6	Зварювальні перетворювачі	84	4000	0,65	218,4
7	Протяжний верстат	10	4000	0,05	2
8	Шліфувальні та точильні верстати	20	4000	0,8	64
9	Обігрівачі	28	4000	0,8	89,6
10	Вентилятор	28	4000	0,65	72,8

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6
11	Шліфувальні верстати	7	4000	0,7	19,6
12	Шліфувальні верстати	10	4000	0,5	20
13	Горизонтально-фрезерні верстати	56	4000	0,5	112
14	Вертикально-свердлильний верстат	7	4000	0,65	18,2
15	Поворотно-револьверний верстат	14	4000	0,18	10,08
16	Стругальні верстати	42	4000	0,17	28,56
17	Універсальні фрезерні верстати	28	4000	0,12	13,44
Всього					1508,68

Таблиця 3.8 - Техніко-економічне обґрунтування втрат електроенергії

№	Найменування	$L_{поч}$	$L_{кін}$	S	$\Delta W_{поч}$	$\Delta W_{кін}$
		м	м	мм ²	кВт·год/рік	кВт·год/рік
1	2	3	4	5	6	7
1	Різальна машина	8	4	4	27328	20937
2	Токарна карусель	6	3	10	18381	16464
3	Токарна карусель	10	3	10	20937	16464
4	Роликова потокова машина	9	3	6	24133	17742
5	Роликова потокова машина	10	5	6	25198	19872
6	Роликова потокова машина	7	3	6	22002	17742
7	Роликова потокова машина	7	5	6	22002	19872
8	Зварювальний апарат (двигун)	9	7	6	24133	22002
9	Зварювальний апарат (двигун)	6	5	6	20937	19872

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5	6	7
10	Токарно-гвинторізний верстат	10	8	10	20937	19659
11	Токарно-гвинторізний верстат	11	7	10	21576	19020
12	Токарно-гвинторізний верстат	9	2	10	20298	15825
13	Токарно-гвинторізний верстат	8	3	10	19659	16464
14	Токарно-гвинторізний верстат	7	4	10	19020	17103
15	Токарно-гвинторізний верстат	5	5	10	17742	17742
16	Автоматичне конверсійне зварювання	6	6	10	18381	18381
17	Автоматичне конверсійне зварювання	7	5	10	19020	17742
18	Автоматичне конверсійне зварювання	8	4	10	19659	17103
19	Протяжний верстат	10	2	4	30524	17742
20	Шліфувально-шліфувальна машина	10	4	4	30524	20937
21	Шліфувально-шліфувальна машина	11	3	4	32121	19340
22	Нагрівач	9	3	6	24133	17742
23	Нагрівач	5	6	6	19872	20937
24	Вентилятор	8	3	10	19659	16464
25	Шліфувальний верстат	8	5	2,5	34997	27328
26	Шліфувальний верстат	10	4	4	30524	20937
27	Міллер	8	7	10	19659	19020
28	Горизонтально-фрезерний верстат	7	6	10	19020	18381
	Всього				904793	732666

На основі вихідних даних цеху були проведені техніко-економічні розрахунки. Вони представлені в таблиці 3.5.

Ці розрахунки показали, що економія електроенергії в цьому цеху може скласти 172 127,2 кВт·год/рік, тобто близько 17,2% від загального споживання.

При вартості електроенергії 1,68 грн/кВт-год економія складе:

$$172127,2 \cdot 1,68 = 289,173 \text{ тис. грн.}$$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища

У дисертації розглядаються питання економічної доцільності заходів з підвищення енергоефективності майданчика виробів з карбіду кремнію ПрАТ «Запоріжвогнетрив». Охорона праці під час будівництва та експлуатації забезпечується прийняттям рішень згідно з відповідними нормами та правилами.

Будівельні, електромонтажні та пусконаладжувальні роботи виконуються відповідно до чинних правил ЕІР, а також відповідно до чинних «Будівельних норм і правил», які затверджуються Державним комітетом будівництва.

В умовах експлуатації ливарного обладнання існують такі потенційні небезпеки: комутація, перенапруга; перехід більш високої напруги в більш низьку сторону; помилкові дії персоналу при оперативному перемиканні; можливість випадкового дотику до струмоведучих частин; пошкодження ізоляції електроустановок; Короткі замикання в електроустановках.

Технічне обслуговування обладнання цеху здійснюється черговим оперативним персоналом, що складається з п'яти осіб. Ремонт і технічне обслуговування виконуються спеціалізованими ремонтними бригадами. Електротехнологічний персонал виробничих цехів і дільниць, які не входять до складу енергослужби, що експлуатує електротехнологічні установки, і мають II групу з електробезпеки і вище, за своїми правами і обов'язками прирівнюються до електротехніки; У технічному плані він підпорядкований енергослужбі підприємства.

Керівники, які безпосередньо підпорядковані електротехнічному персоналу, повинні мати групу з електробезпеки не нижче, ніж у підлеглого персоналу. Вони повинні забезпечувати технічне керівництво та нагляд за цим персоналом.

Відповідно до ПТЕ з метою забезпечення норм охорони праці передбачається ряд захисних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці в ливарному цеху.

Виникнення короткого замикання в електроустановках може призвести до пошкодження обладнання та створити небезпеку ураження людей електричним струмом. Для забезпечення безпеки людей і запобігання пошкодженню обладнання проектом передбачені наступні заходи: розташування обладнання з дотриманням нормативних відстаней між струмоведучими частинами і землею; використання обладнання без конструктивних недоліків; Використання надійного заземлення з відповідним нормативним значенням опору; Монтаж релейного захисту окремих елементів обладнання.

4.2 Технічні рішення в галузі гігієни праці та виробничої санітарії

З метою виключення можливості випадкового дотику або небезпечної близькості до струмоведучих частин, згідно з проектом, передбачені наступні заходи відповідно до вимог ПТЕ: засоби індивідуального захисту від ураження електричним струмом, ізолюючі та вимірювальні електричні щипці; покажчики напруги, ізоляційні пристрої та ремонтні засоби; діелектричні рукавички, гумові килими, ізоляційні прокладки, переносні ґрунтовки, плакати та попереджувальні знаки. В процесі експлуатації ізолюючі захисні засоби періодично випробовуються підвищеною напругою по ПТЕ.

У зв'язку з тим, що ливарний цех віддалений від інших будівель, в проекті не застосовуються спеціальні заходи по шумоізоляції прилеглої території відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Загальні вимоги безпеки». Так як більш висока напруга в цеху не перевищує 1 кВ, то спеціального захисту від електромагнітних полів по ГОСТ 12.1.006.-84 «Електромагнітні поля

радіочастот. Загальні вимоги» не передбачено. Основні небезпеки роботи електрика перераховані в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничо-трудового процесу електромонтера

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне	Фактичне	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці.			Довготри- валість дії фактору за зміну %
				1 ступ.	2 ступ.	3 ступ.	
1	Класи 3-4 Напруженість небезпечного електромагнітного поля, кВ	5	7,5	1,5р	-	-	85
2	Локальна вібрація, дБ	92	95	3	-	-	80
3	Рівень шуму, дБА	80	90	-	10	-	80
4	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, °С	27	31	-	4	-	90
	- Швидкість повітря, м/с	0,3	0,5	-	-	-	90
	- Відносна вологість повітря, %	65	64	-	-	-	90
5	Трудомісткість і інтенсивність роботи	Категорія середньої важкості 2б; помірно-напружена					

Так, як видно з таблиці, умови праці помірно важкі, робота помірно напружена і вимагає заходів щодо її поліпшення і полегшення.

4.2.1 Природне і штучне освітлення

Приміщення цеху забезпечуються достатнім природним освітленням, а в нічний час - електричним освітленням. Місця, які з технічних причин не можуть бути забезпечені природним світлом, забезпечуються електричним освітленням. Освітлення відповідає СНиП 2-4-79 «Природне і штучне освітлення».

Характеристика приміщень цеху:

- Характер роботи	Постійний моніторинг
- Розслаблення зорової роботи	8
- підкатегорія робіт	В
- Контраст об'єкта визнання	Гарна робота
-тіло	Світлий
- коефіцієнт природної освітленості E_n З верхньою і комбінованою. Освітлення	0,9%
- коефіцієнт природної освітленості E_n При звичайному освітленні	0,3%

Раціональне освітлення має важливе значення для створення сприятливої робочої обстановки. Незадовільне освітлення ускладнює роботу, призводить до зниження продуктивності і працездатності очей, може бути причиною їх захворювань і нещасних випадків.

На промислових підприємствах штучне освітлення поділяють на робоче (для роботи в нічний час або в місцях без достатньої кількості природного освітлення), аварійне (для робіт у разі аварійного відключення робочого освітлення), евакуаційне (аварійне освітлення для евакуації людей з приміщення у разі аварійного відключення робочого освітлення) та охоронне. При необхідності

частина ламп того чи іншого типу освітлення використовується для аварійного освітлення. Використовуються ртутно-дугові лампи (ДРЛ).

Штучне освітлення проектується двома системами: загальною (рівномірною або локалізованою, з урахуванням розташування робочих місць) і комбінованою, коли до загального освітлення додається локальне освітлення. Не допускається використання тільки місцевого освітлення, так як різкий контраст між яскраво освітленими і неосвітленими ділянками стомлює око, уповільнює швидкість роботи і часто є причиною аварій. Для штучного освітлення використовуються стельові світильники типу ДРЛ-150, або світильники типу Астра. Для локального освітлення використовуються лампи розжарювання потужністю 150 Вт і лампи НСП-200.

Відповідно до СНиП II-4-79 «Природне і штучне освітлення» на території підстанції передбачені наступні норми освітлення: приміщення обладнання зв'язку – 150 лк; пульт управління приміщенням - 100 лк; Зовнішнє освітлення - 0,5 лк. Зовнішнє освітлення реконструйованої підстанції здійснюється прожекторними світильниками типу СЗГ, які встановлюються на спеціальних щоглах. світильники СЗЛ встановлюються на стійці СВ-95-1 на висоті 7 м; Світильники СЗЛ призначені для освітлення трансформаторів. Внутрішня здійснюється при напрузі 220 В люмінесцентними лампами і лампами розжарювання. Осередки КМ-1 F освітлюються лампами розжарювання, встановленими в стіні відсіку, доступ до яких повинен бути тільки для персоналу повітряного судна, який повинен виконувати всі вимоги безпеки відповідно до [2].

4.2.2 Санітарно-побутові приміщення

При облаштуванні санітарно-побутових приміщень в дипломній роботі керуємося СНиП 2.09.04-87 «Адміністративно-побутові будівлі». Зведення стін,

вікон, стель і т.д. у виробничих приміщеннях відповідає санітарним нормам, забезпечує сприятливі умови праці для працюючого персоналу.

До побутових об'єктів належать приміщення для задоволення санітарних потреб працівників під час їх перебування на роботі: їдальні, роздягальні, душові, туалети, вбиральні, запас питної води та комора для інвентарю. На території підприємства працюють медпункти, укомплектовані аптечками та іншими медикаментами.

4.2.3 Шум і вібрація в цеху

Робота обладнання, а також пульсація потужного електричного поля всередині печей ливарного цеху створюють шум і вібрацію. Тому існують різні види шуму. Серед них можна виділити механічні (вентилятори, двигуни), аеродинамічні (газоходи, насоси, вентилятори), гідродинамічні (трубопроводи). Найбільший шум - в електролізному цеху, середній - на робочому місці оператора, а найнижчий - в побутових і допоміжних приміщеннях.

Сильний шум шкідливо впливає на здоров'я людини. Тривалий шум, який пригнічує, впливає на центральну нервову систему, а через неї і на весь організм. Це свідчить про необхідність розробки та впровадження заходів щодо зниження шуму та захисту обслуговуючого персоналу від нього.

З метою зниження шуму використовуються звукоізоляційні конструкції:

- звукоізольоване місце управління робочим місцем оператора електролізера;
- Звукоізоляція трубопроводу.

Джерелом вібрації в ливарних цехах є насоси, двигуни, пічні трансформатори та ін. Максимально допустимий рівень вібрації - 92 дБ. Вплив вібрації призводить до різних порушень здоров'я людини і може викликати вібраційну хворобу. Загальна вібрація впливає на нервову і серцево-судинну системи людини, відбувається

порушення в вестибулярному апараті, порушується обмін речовин, виникають головні болі, погіршується сон і т.д.

В якості захисних заходів використовується віброізоляція. Для зменшення передачі вібрацій і шуму по повітроводах і трубах їх з'єднують з вентиляторами і насосами за допомогою гнучкої вставки з прогумованої тканини. Під джерелом вібрації встановлюють міцну основу.

Згідно ГОСТ 12.1.012-90 «Вібрація. Загальні вимоги безпеки» на проєктованій підстанції захист від вібрацій здійснюється за рахунок застосування віброгасників, зниження рівня вібрації за рахунок установки трансформаторів на фундаментах.

4.3 Заходи щодо поліпшення умов праці

Відповідно до вимог охорони праці була проведена компоновка обладнання цеху, визначений комплекс заходів з охорони праці. Використано засоби контролю параметрів автоматичної системи управління технологічними процесами, а також систему протиаварійних заходів та блокувань. Електрообладнання та заходи щодо його безпечної експлуатації. Безпечні умови експлуатації багато в чому залежать від пристроїв, які потрібно захистити.

Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 «ССБТ. Електрична безпека. Терміни та визначення» обладнання котельні забезпечується робочою ізоляцією – електричною ізоляцією струмоведучих частин електроустановки, що забезпечує її нормальну роботу та захист від ураження електричним струмом.

Відповідно до ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Електротехнічні вироби. Загальні вимоги безпеки» електротехнічні вироби котельні за способом захисту людини від ураження електричним струмом відносяться до 1 класу, в якому є робоча ізоляція, а також є елемент для заземлення. Враховуючи вимоги Правил улаштування електроустановок, НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної

експлуатації електроустановок споживачів», ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Система стандартів безпеки праці. Електротехнічні вироби. Загальні вимоги безпеки» обладнання котельні забезпечується від перевантажень автоматизованою системою управління. Захисне заземлення слід використовувати для запобігання ураженню електричним струмом при дотику до металевих частин під напругою в результаті порушення ізоляції. Для розподілу електроенергії котельня обладнана модульною шафою з автоматичним вимикачем і магнітним пускачем.

Перед пуском електродвигунів подається попереджувальний сигнал. Особи, які обслуговують електроустановки, мають кваліфікаційну групу не нижче 3. Всі деталі, які проводять струм, ізолювані. В якості захисної ізоляції використовуються термостійкі лаки, плівки, емалеві і масляні фарби, а також запірні пристрої для запобігання помилкових спрацьовувань за допомогою автоматичних вимикачів.

Захисне заземлення електроприймачів здійснюється сталевими трубами, опір заземлюючого пристрою не перевищує 4 Ом. Положення «включено» і «вимкнено» чітко позначені на проводах комутаційних апаратів. Для захисту від короткого замикання використовуються швидкодіючі релейні захисти і вимикачі, запобіжники.

У семінарі реалізовано комплекс організаційних заходів, спрямованих на запобігання виникненню надзвичайних ситуацій. До таких заходів можна віднести чітке розмежування обов'язків обслуговуючого персоналу, доручення обслуговування окремих одиниць обладнання конкретним працівникам, розробку посадових інструкцій для всіх категорій працівників і періодичну перевірку знань персоналу.

З метою запобігання аварійних ситуацій такий об'єкт, як цех електролізу, підлягає періодичному огляду і випробуванню обладнання територіальними органами Держгірпромнагляду. Для запобігання витоку газу через зварні та болтові з'єднання, запірну арматуру, газопровід у зборі складають іспит Державного нагляду з охорони праці України.

Дотримання всіх правил і норм техніки безпеки призводить до значного зниження нещасних випадків на виробництві.

4.4 Електробезпека

Для забезпечення електробезпеки обслуговуючого персоналу і нормальної роботи систем релейного захисту і автоматики захисне і експлуатаційне заземлення пристроїв цих систем виконується відповідно до вимог ЕІР.

Для контрольно-вимірювальних кіл трансформаторів струму і трансформаторів напруги повинні застосовуватися кабелі з металевою оболонкою або оболонкою і бронею. Не допускається об'єднання в одному контрольному кабелі ланцюгів різних класів випробувальної напруги, ланцюгів вимірювання напруги і струму, ланцюгів управління з вимірювальними і сигнальними ланцюгами, а також з силовими ланцюгами.

Кабельні лінії різного призначення рекомендується прокладати по різних трасах, з'єднуючи кабелі з горизонтальними заземлювачами. Металеві оболонки і броня кабелю повинні бути заземлені в місці входу релейного щита в будівлю, а також в місцях остаточного роз'єднання кабелів. Металеві коробки, через які прокладаються кабелі, повинні бути заземлені з інтервалом 5-10 метрів.

Для схем «машина-машина» слід використовувати тільки екрановані симетричні кабелі. Ці кабелі повинні бути прокладені якомога далі від силових ланцюгів.

В цілому, в залежності від характеру ПУЕ на лінії зв'язку і підключеного до них релейного обладнання, можна рекомендувати наступні способи захисту:

- Використання двопровідних симетричних ліній зв'язку, добре ізольованих один від одного і від землі;
- відмова від використання однопровідних зовнішніх ліній зв'язку;

- екранування підземних кабелів мідною, алюмінієвою, свинцевою оболонкою або прокладання їх в металоконструкціях, трубах;
- електромагнітне екранування вузлів і агрегатів обладнання;
- Використання різних видів пристроїв захисту від входу та засобів блискавкозахисту (кабелі, контури заземлення тощо).

Для захисту від прямого контакту використовуються такі заходи: ізоляція струмоведучих частин; паркани та снаряди; Бар'єри; Розміщення в недоступному місці. В якості заходів захисту при непрямому контакті застосовуються: Автоматичне відключення живлення; ізоляційні зони; еквіпотенціальна система зв'язку; Електричне розділення ланцюгів.

Існуючі та проєктовані заходи захисту від ураження електричним струмом відповідають вимогам ДСН 3.3.6.037, ДСНіП 239-96, ГОСТ 12.1.002-84, Д СанПіН 3.3.6-2002.

Струмоведучі частини повністю покриті ізоляцією, видалити яку можна тільки шляхом руйнування. Ізоляція струмоведучих частин електрообладнання повинна відповідати стандартам або технічним умовам, що пред'являються до відповідного електрообладнання. Струмопровідні частини електрообладнання та шинопроводів знаходяться в недоступному місці на висоті не менше 3,2 м над рівнем землі.

Розподільчий пристрій 6 кВ розташований в окремому приміщенні. Струмоведучі частини розподільного пристрою укладені в корпуси, що забезпечують ступінь захисту не нижче IP2X по ГОСТ 14254.

Для електричного обладнання, яке може утримувати електричний заряд після відключення (наприклад, конденсатори), необхідно зробити попереджувальну етикетку, щоб уникнути дотику до нього. Перш ніж торкатися струмоведучих частин відключених конденсаторних батарей, необхідно провести додатковий розряд шляхом короткого замикання висновків і до корпусу металевим прутком із заземлюючим провідником, насадженим на ізолюючий стрижень.

Для забезпечення автоматичного відключення електроенергії необхідно реалізувати систему заземлення і базову систему вирівнювання потенціалів, а також забезпечити гармонізацію характеристик захисних пристроїв, що здійснюють дане відключення.

4.5 Засоби індивідуального захисту

Для захисту органів слуху використовуються зовнішні і внутрішні протишумові пристрої (антифони). В якості зовнішнього протишумного пристрою рекомендується використовувати навушники з шумозаглушенням, що закривають вушну раковину, а в якості внутрішнього протишумного навушника - штекери і вкладиші, які вставляються в зовнішній слуховий прохід.

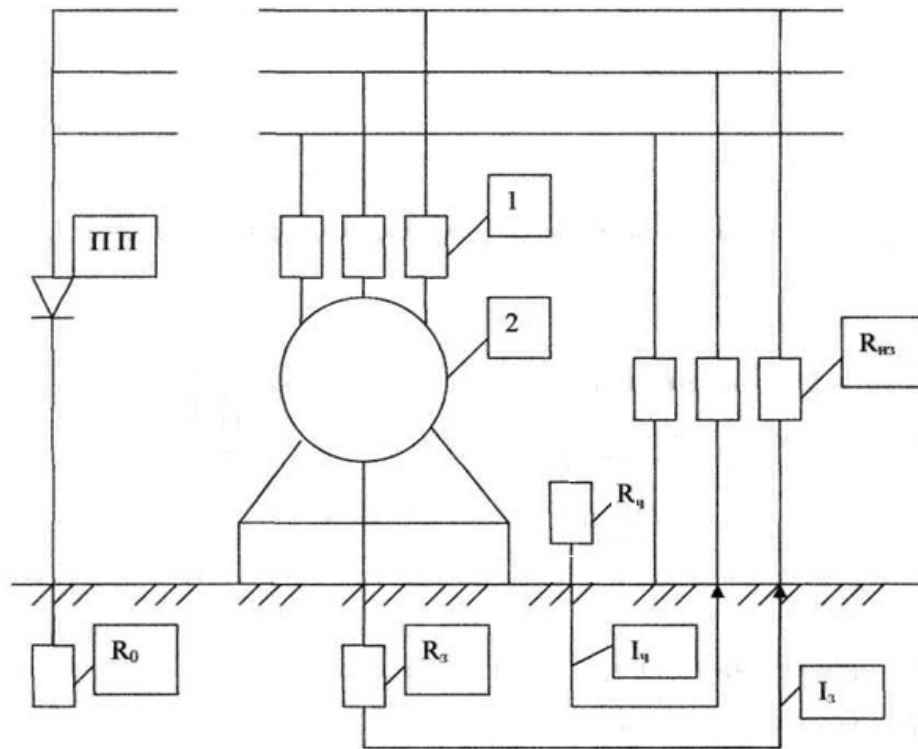
Ступінь шумозаглушення залежить від конструкції та частоти шумозаглушення. Штекери гасять шум на 5-7 дБ на частотах до 500 Гц і на 15 дБ на частотах вище 3000 Гц. Шумозаглушення МІОТ послаблює шум до 8 дБ на частотах до 500 Гц і до 55 дБ на частотах 5000-7000 Гц.

Для захисту від низькочастотних шумів підходять заглушки - кліпси, що представляють собою гумові заглушки з плоскою торцевою поверхнею, які закріплюються на ободі з підпружиненого сталевого дроту діаметром 1,5-2 мм.

4.6 Технічні рішення щодо забезпечення умов праці з точки зору електробезпеки

Відкриті струмопровідні частини електроустановки повинні бути з'єднані з системою заземлення за допомогою захисних провідників. У цеху використовується система заземлення типу TN-C.

Принципова схема заземлення електрообладнання показана на рисунку 4.1.



ПП - пробивний запобіжник; R_0 - заземлення нульової точки трансформатора; R_z - пристрій заземлення; $R_{из}$ - ізоляція; - струм I_z , замикання на землю; - I_q струм, що протікає через людину; 1 - запобіжники; 2 - електродвигун

Рисунок 4.1 Принципова схема захисного заземлення

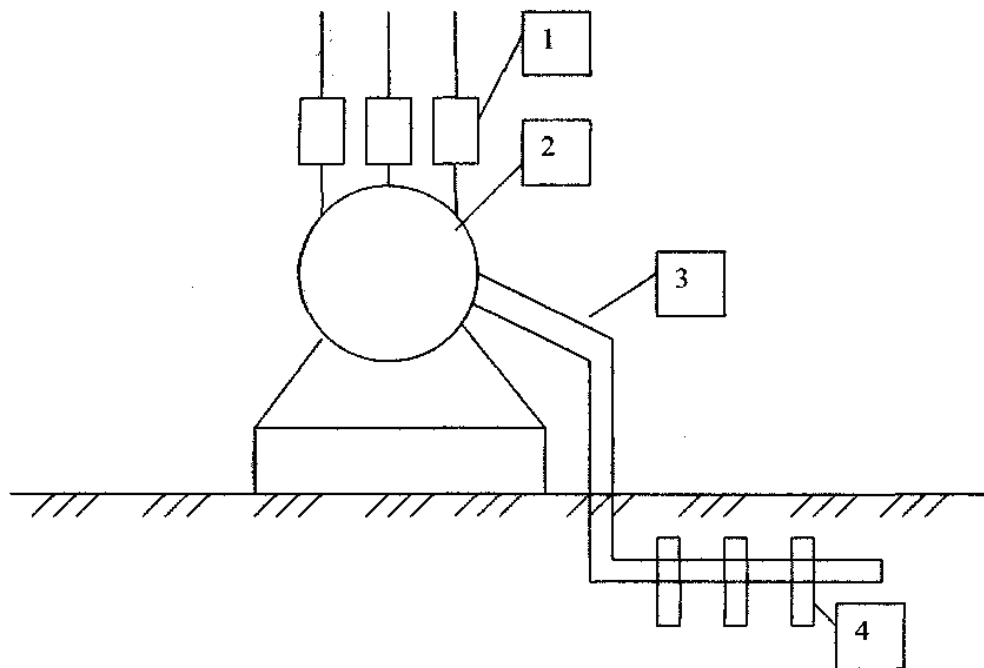
Захисне заземлення і заземлення системи блискавкозахисту будівель і споруд заводу здійснюється за допомогою одного загального заземлюючого пристрою. В якості заземлюючих пристроїв використовуються природні і штучні заземлювальні пристрої, з'єднані сталеву смугою 40x4. Опір заземлюючого пристрою, характерне для високовольтних і низьковольтних електроприймачів, не повинно перевищувати 0,5 Ом в будь-який час року.

Ураження людини електричним струмом може статися не тільки при дотику до струмоведучих частин, але і в результаті контакту з металевими корпусами електрообладнання, які випадково опинилися під напругою в

результаті пошкодження ізоляції. Для запобігання подібних випадків ураження електричним струмом широко використовуються захисні заземлення і занулення. Щоб обчислити подовження землі, спочатку визначимо опір струму одного вертикального електрода.

В якості заземлення візьмемо вертикальні стрижневі електроди довжиною 10 м і діаметром 11 мм.

Принципова схема заземлюючого пристрою показана на рисунку 4.2.



1 - запобіжники; 2 - електродвигун; 3 - з'єднувальна планка; 4 – трубчасте заземлення

Рисунок 4.2 Конструкція заземлюючого пристрою

Кожна конструкція має базову систему зрівнювання потенціалів, яка реалізується шляхом приєднання до основної заземлювальної шини електроустановки наступних струмопровідних частин: захисні провідники; заземлювальні провідники захисних і блискавковідводних заземлювальних пристроїв; металеві труби комунікацій; металеві частини каркаса будівлі (споруди) та металоконструкцій промислового призначення; металеві частини систем вентиляції та кондиціонування; основні металеві частини будівельних конструкцій; металеві оболонки, щити та броньовані кабелі.

Всі стики виконуються за допомогою зварювання. Відкриті лінії заземлення покриваються антикорозійною фарбою.

Глибина середини електрода від поверхні землі:

$$t = t_0 + \frac{1}{2};$$

де t_0 – відстань від верхньої точки трубчастого заземлення до поверхні землі, м (t_0 – від 0,5 до 1 м).

У нашому випадку $t_0 = 0,5$ м.

Для початку обчислимо: $t = 0,5 + \frac{10}{2} = 5,5$ м;

$$R_e = \frac{\rho}{(2\pi \cdot l)} \cdot \left[\left(\ln \frac{2l}{d} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4t + l}{4t - l} \right) \right] \quad (4.1)$$

де R_E – опір поширенню струму одного вертикального електрода, Ом

ρ – питомий опір ґрунту в точці заземлення, Ом · м

l – довжина трубчастого електрода, м

d – діаметр трубчастого електрода, м

t – глибина середини електрода від поверхні землі, м

Тепер у нас є всі метрики для розрахунку R_E :

$$R_e = \frac{100}{(2 \cdot 3,14 \cdot 10)} \cdot \left[\left(\ln \frac{2 \cdot 10}{0,011} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 5,5 + 10}{4 \cdot 5,5 - 10} \right) \right] = 9,07 \text{ Ом.}$$

Знайдене значення R_E порівнюється з допустимим опором заземлюючого подовжувача R .

R_e (9,07 Ом) > R_{don} (4 Ом), тобто потрібно знайти необхідну кількість вертикальних електродів.

Для цього спочатку розрахуйте попередню кількість заземлень без урахування типу підключення (воно повинно бути цілим числом) за формулою:

$$n' = \frac{R_e}{R_{\text{доп}}} \quad (4.2)$$

Де $R_{\text{доп}}$ - допустимий опір заземлюючого пристрою, що визначається в залежності від напруги, що подається на електроустановку.

При цьому: 4 Ом для установок до 1000 В.

$$n' = \frac{9.07}{4} \approx 3 \text{ шт.}$$

Потім встановлюємо необхідну кількість вертикальних електродів:

$$n = \frac{n'}{\eta_e}, \quad (4.3)$$

де n - коефіцієнт використання вертикального електрода з урахуванням взаємного екранування.

Для вибору цього коефіцієнта беремо значення відношення відстані між електродами до їх довжині «параметр по» і вибираємо ϵ , в залежності від попереднього числа заземлень, nI і «параметр a ».

Візьмемо $a = 1$. Заземлення розміщують в ряд. То:

$$n = \frac{3}{0.73} \approx 5 \text{ шт.}$$

Знаючи кількість заземлень, знаходимо довжину сполучної штиби (L), яка з'єднає всі вертикальні стрижневі електроди за формулою:

$$L = a \cdot n \cdot l, \quad (4.4)$$

де a – це відношення відстані між електродами до їх довжині.

Обчислимо довжину з'єднувальної струни:

$$L = 1 \cdot 5 \cdot 10 = 50 \text{ м.}$$

Розрахуємо опір поширенню струму сполучного типу без урахування екранування за формулою:

$$R_u = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t_0} \right], \quad (4.5)$$

де b – ширина приєднувального типу, м $b=d$.

$$R_u = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot 50^2}{0,011 \cdot 0,5} \right] = 3,64 \text{ Ом.}$$

Нарешті, визначаємо сумарний опір заземлюючого подовжувача R_z , який є результатом опору вертикальних електродів і опору з'єднувального типу:

$$R_z = \frac{R_e \cdot R_u}{R_e \cdot \eta_u + R_u \cdot \eta_l \cdot n} \quad (4.6)$$

де коефіцієнт використання типу роз'єму $\eta_u = 0,72$.

Обчислимо загальний опір заземлюючого пристрою R_z :

$$R_z = \frac{9,07 \cdot 3,64}{9,07 \cdot 0,72 + 3,64 \cdot 0,72 \cdot 5} = 1,68 \text{ Ом.}$$

Набуте значення R_3 порівнюємо з $R_{доп}$.

R_3 (1,68 Ом) < $R_{доп}$ (4 Ом), тобто опір заземлюючого пристрою менше допустимого опору.

Висновок: Заземлення спроектоване з урахуванням стандартів і забезпечує безпеку працівників.

4.7 Пожежна безпека

Відповідно до вимог СНиП 2.01.02-85 «Будівельні норми і правила, правила пожежної безпеки» цех відноситься до категорії «Г» за ступенем вогнестійкості будівельних конструкцій. Проектом передбачена можливість швидкої евакуації людей з цеху. Ливарний цех має два запасних виходи з протилежних сторін будівлі. Двері з службових і допоміжних приміщень відкриваються в бік майстерні. Також є дві пожежні драбини.

Гасіння пожежі на підстанції забезпечує міська пожежна охорона, а також первинні засоби пожежогасіння, які встановлюються на протипожежних щитах згідно з таблицею 4.2.

Таблиця 4.2 – Первинні засоби пожежогасіння на підстанції

Найменування Споруди	Найменування та тип засобів вогнегасіння	Кіл-сть шт.
ВРУ – 35 кВ	Ящик з піском	2
	Щит с первинними засобами вогнегасіння	2
	Вогнегасник ОУ 8	2
ЗРУ-10 кВ	Вогнегасник ОУ 8	4
	Пересувний вогнегасник ОУ 80	1
ЗПК	Вогнегасник ОУ 2	4

До основних засобів пожежогасіння в цеху відносяться: пінні вогнегасники ОВП-10, порошкові вогнегасники ОП-5, ОП-7, пожежне обладнання (ковдра з теплоізоляційного листа, ящики з піском, діжки з водою, пожежні відра, лопати, гаки, ломи, сокири та ін.). У цеху є внутрішній протипожежний водопровід з пожежними гідрантами і шлангами, а також пожежні щити, до складу яких входять: два вогнегасники, ящик з піском, два лому, три гака, дві лопати. Протипожежні навчальні заходи проводяться для персоналу цеху один раз на квартал; Ступінь вогнестійкості всіх будівель відповідно до СНиП 2.01.02-85 «Норми пожежної безпеки при проектуванні будівель і споруд» - II.

Прийнятий обсяг протипожежних заходів відповідає вимогам ГОСТ 12.1.004 – 91 «Пожежна безпека. Загальні вимоги».

4.8 Охорона навколишнього середовища

Стан навколишнього природного середовища в Україні викликає серйозне занепокоєння, оскільки є наслідком економічних помилок та екологічних прорахунків, оскільки самовідновлення та самоочищення природного середовища вже неможливе, а відбувається активна деградація та небезпечне знищення природних ресурсів [10]. .

У зв'язку з цим сформульовано основні шляхи виходу України з найважчої екологічної кризи:

- розроблення інтегрованих природоохоронних програм на основі моніторингових спостережень;

- Збільшення витрат на охорону природи та прискорення темпів будівництва природоохоронних об'єктів

- заборона відхилень від проектів, які завдають шкоди навколишньому середовищу і т.д.

Проектовані об'єкти системи електропостачання станції не мають шкідливих джерел впливу на навколишнє середовище.

Електрообладнання цеху не споживає воду і повітря в технологічному процесі, тому викиди забруднюючих речовин в атмосферу і воду відсутні. Електромагнітне випромінювання від електрообладнання та кабельних ліній потужністю частоти знаходиться в межах допустимих санітарних норм СН 245-75.

Випромінювання від встановленого електрообладнання збільшується, природний фон відсутній.

Низький рівень шуму і вібрації від встановленого електрообладнання забезпечується їх конструктивними рішеннями за рахунок низької потреби в механічній енергії і становить 20 дБ, що не перевищує допустимих норм по СНиП II-12-77 «Захист від шуму».

При будівництві максимально зберігаються зелені насадження і рослинний покрив в місцях зведення фундаментів і установки опор, після будівництва відновлюються зелені насадження і рослинний покрив.

При виникненні аварійних ситуацій в проектованій системі електропостачання відсутні шкідливі викиди, небезпечні для життя і здоров'я людей.

З урахуванням екологічної безпеки об'єкта природоохоронні заходи не передбачені.

ВИСНОВКИ

1. Проведено детальний аналіз параметрів, які мають найбільший вплив на втрати електроенергії в промислових системах електропостачання, та створено алгоритм, за допомогою якого можна визначити комбінацію параметрів, що впливають на ці втрати.

2. Математичне моделювання проводилося з використанням методу проектування багатofакторного експерименту, метою якого є виявлення сукупності факторів, які найбільше впливають на величину втрат електроенергії.

3. За допомогою методики проектування експерименту отримано функцію оцінки втрат електроенергії.

4. Функція була зведена до мінімуму для визначення найбільш прийнятних значень параметрів, при яких втрати потужності будуть найменшими. З'ясовано, що ці втрати потенційно можуть бути зменшені до 33%.

5. Цей метод був випробуваний на прикладі майданчика виробів з карбиду кремнію ПрАТ «Запоріжвогнетрив». Техніко-економічне обґрунтування показало, що економія енергії може становити близько 17,2%.

ПОСИЛАННЯ

1. Розенгарт Ю.І. Вторинні енергетичні ресурси чорної металургії та їх використання [Текст]/ Ю.І. Розенгарт, Б.І. Якобсон., З.А. Мурадова - Київ: "Вища школа", 1988 - 328 с.
2. Дєєв Л.В., Балахнічев Н.А. - М.: "Вища школа", 1990 - 214 с.
3. Довідник оператора газових котелень / За редакцією Столпнера Е.Б. - Ленінград: "Надра", 1976 - 528 с.
4. Александров В.Г. Парові котли середньої та малої потужності [Текст]/ В.Г. Александрова. М., Видавництво «Енергія», 1966, 246 с.
5. Петкін, А.М. Енергозбереження: резерви та фактори Ефективність. [Текст]/ А.М. Петкін, - М.: "Техніка", 1982 - 216 с.
11. Михайлов, В.В. Раціональне використання енергетичних ресурсів. [Текст]/ В.В. Михайлов - М.: "Вища школа", 1980 - 228 с.
12. Гольстрем, В.А. Довідник з економії паливно-енергетичних ресурсів. [Текст]/ В.А. Гольстрем, Ю.Л. Кузнецов - К.: "Техніка", 1985 - 383 с.
13. Алієв Г.М. Техніка пилеуловлювання промислових газів: [Текст]/ Довідник. , Г.М. Алієв. - М.: «Металургія», 1986 - 543 с.
14. Беренда Н.В. Методичні вказівки до контрольної роботи "Економіка природокористування". [Текст]/ Н.В. Беренда. - Запоріжжя, ЗГІА, 2003 - 28 с.
15. Колобов А.Д., Осипенко В.Д. Використання вторинних енергоресурсів чорної металургії. [Текст]/ А.Д. Колобов, В.Д. Осипенко. - К.: "Техніка", 1979 - 168 с.
16. Гічев Ю.А. Джерела теплопостачання промислових підприємств. [Текст] Частина І: Конспекти лекцій/ Ю.А. Гічев, Дніпропетровськ : НМетАУ, 2011. 52 с.
17. Гічев Ю.А. Вторинні енергетичні ресурси промислових підприємств. [Текст] / Частина І: Конспекти лекцій / Ю.А. Гічев, Дніпропетровськ : НМетАУ, 2012. 57 с.

18. Бахвалов, Н. С. Чисельні методи [текст] : учеб. Довідник з фізики і математики. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобелков Г. М.; під редакцією Н. І. Тихонова. – 2-ге видання – М. : Фізматліт : Лабораторні базові знання ; СПб.: Нев. Діалект, 2002.

19. Вступний курс з економічної теорії [Електронний ресурс]. – 2001. – Режим доступу до ресурсу: <http://bibliotekar.ru/biznes-38/1.htm>.

20. Програма зменшення споживання природного газу в системі теплопостачання м. Запоріжжя [Електронний ресурс] <http://www.myshaVED.ru/slide/544857/> – назва проекту.

21. Підвищення ефективності роботи сучасних промислових підприємств на базі інформаційних систем оперативного управління виробництвом (МЕС) [Електронний ресурс] <http://www.sitebs.ru/blogs/734.html?comments=> – назва виробничої системи.

22. Попова Г.І., Іванов Б.А. Легенди в кресленнях і схемах для ЕСКД.- Ленінград: Машинобудування Видав., 1976.-106 с.

23. Про охорону прав на винаходи і корисні моделі [Електронний ресурс]: Закон України: [приня Постанове Верховної Ради України от 23 декабря 1993 р. No 3769–XII от 19 июня 2009 р.]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nVEg=3687-12&p=1245416087126024>

24. Методичні вказівки щодо оформлення диплома розділу «Охорона праці» [Текст] / Укр.: Г.І. Дудник, В.В. Порохненко, А.А. Потурець, А.А. Писарський, О.В. Коваленко, А.М. Савчук. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2000. 60 с.

25. Коберник, В. Ф. Охорона праці [текст] / В.Ф. Коберник; – Київ, видавництво «Віща школа», 1990. 286 с.

26. Методичні вказівки з економічного обґрунтування дипломних проектів для студентів спеціальностей 7.080203 «Системний аналіз і управління» / Укр.: Р.Г. Бобровнікова, Т.М. Тиховська, О.Б. Борисенко, Н.Л. Онуфрієнко. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. – 20 с. : іл.

27. Електротехнічні вироби. Загальні вимоги електробезпеки [текст]: ГОСТ 12.2.007.0-75. – 1978-01-01. М.: Видавництво «Будвид», 2003. 17 с.
28. Пожежна безпека об'єктів будівництва [Текст]: ДБН В.1.1-7-2002. – Введено. – 2017-06-01. – К.: УкрРІТЦ, 2017. – 39 с.
29. Електричні прилади [Текст]: СНиП 3.05.06-85. -Увійшов. – 1985-06-05. Москва, УГПІ Видавництво «Тяжпромелектропроект», 1985. 59 с.
30. Енергозбереження. Основні положення: ДСТУ 2339-94. – 1994-01-31. Київ: Держстандарт України, 1994. 29 с.
31. Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму підвищеної напруги 6-750 кВ [Текст]: ГКД 341.004.001-94. – 1994-09-05. Х.: Промисловість, 2011. 58 с.